

Diseño de Experimentos de Taguchi para Analizar Métodos de Facturación de un Servicio Público

Taguchi Experimental Design to Analyze Billing Methods for a Public Utility

DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.6.2.2024.03>

Fecha de recepción: 15/06/24. Fecha de Publicación: 04/07/2024

Brian Sáez

Esp. En Gestión Integral de la Calidad, Universidad de la Costa
bsaez@cuc.edu.co

Cyrelle Mejía

Esp. En Gestión Integral de la Calidad, Universidad de la Costa
cmejia33@cuc.edu.co

Eduardo Herrera

Esp. En Gestión Integral de la Calidad, Universidad de la Costa
eherrera@cuc.edu.co

Ivis Cervantes

Esp. En Gestión Integral de la Calidad, Universidad de la Costa
icervant9@cuc.edu.co

Vanessa Rueda

Esp. En Gestión Integral de la Calidad, Universidad de la Costa
vrueda1@cuc.edu.co

Alexander Troncoso-Palacio

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
atroncos1@cuc.edu.co

*Como citar en IEEE este artículo: Sáez, B y Otros, «Diseño de Experimentos de Taguchi para Analizar Métodos de Facturación de un Servicio Público» *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, vol. 6. No. 2. pp. 15-23, 2024. Online. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/5900>*

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo analizar el impacto de los métodos de facturación en los cargos de servicios públicos de acueducto, aseo y alcantarillado para usuarios residenciales. Se plantea la hipótesis de que el método de facturación influye significativamente en el monto facturado a los usuarios. Para este diseño experimental se utilizó la metodología Taguchi, la cual permite evaluar múltiples factores de manera eficiente. Se

identificaron dos variables de respuesta: Diferencia de lectura (Medido): Monto facturado basado en la lectura real del medidor. Facturación promedio (Estimada): Monto facturado basado en un promedio estimado. El diseño experimental Taguchi consideró 2 niveles (medido y estimado) y 6 factores (estratos socioeconómicos), resultando en un total de 16 iteraciones. Se recolectaron 10 lecturas mensuales para cada iteración. Mediante el análisis de las gráficas de medias y señal de ruido, se determinó que existe una diferencia significativa entre los montos facturados a usuarios con medición real versus estimación promedio. Los usuarios facturados por medición presentaron menores variaciones y valores más cercanos al objetivo. Los resultados sugieren que la facturación por medición real es el método más adecuado para la facturación, control y transparencia de los servicios públicos de acueducto, aseo y alcantarillado. Se recomienda implementar la medición con medidor en todos los casos para garantizar una facturación precisa y justa para los usuarios residenciales.

Palabras clave: Análisis de Métodos de Facturación, Diseño Experimental Taguchi, Facturación Basada en Promedios, Facturación por Medición Directa.

Abstract

The present study aims to analyze the impact of billing methods on charges for public utilities such as water, sanitation, and sewerage services for residential users. The hypothesis is that the billing method significantly influences the amount billed to users. For this experimental design, the Taguchi methodology was used, which allows the evaluation of multiple factors efficiently. Two response variables were identified: Difference in reading (Measured): Billed amount based on the actual meter reading. Average billing (Estimated): Billed amount based on an estimated average. The Taguchi experimental design considered 2 levels (measured and estimated) and 6 factors (socioeconomic strata), resulting in a total of 16 iterations. 10 monthly readings were collected for each iteration. Through the analysis of the mean and noise signal graphs, it was determined that there is a significant difference between the amounts billed to users with actual measurement versus estimated average. Users billed by actual measurement had lower variations and values closer to the target. The results suggest that actual measurement billing is the most appropriate method for billing, control, and transparency of public utilities such as water, sanitation, and sewerage services. It is recommended to implement metering in all cases to ensure accurate and fair billing for residential users.

Keywords: Analysis of Billing Methods, Taguchi Experimental Design, Billing Based on Averages, Billing by Direct Measurement.

Introducción

El servicio público está para resolver necesidades de interés general, colectivo o público de la comunidad; de una forma regular, continua y obligatoria. [1] También son importantes para la calidad y dignidad de la vida humana. Como sabemos en Colombia existen estratificaciones que ayudan a subsidiar a los grupos más vulnerables, y es un mecanismo de solidaridad con la población. [2] Estos estratos cuentan con una diferencia tarifaria en el cobro de facturación de los servicios públicos. Tanto así, que para la vida cotidiana; el acueducto, alcantarillado y aseo, es uno de los servicios públicos más significativos, el cual busca el cumplimiento de facturar correctamente el servicio. Según la ONU, el agua es vital para el ser humano, además, es fundamental para satisfacer las necesidades de los residentes [3]. Uno de los problemas más recurrentes es la lectura de la facturación de acueducto, alcantarillado y aseo; debido a una gran diferencia que existe entre las viviendas que tienen un medidor y aquellas que no lo tienen. Como se evidencia en [4]; hay factores que generan pérdidas comerciales debido a que los usuarios cuentan con medidores que no leen los consumos reales o que estos consumos son una lectura promediada; esto genera malos indicadores en el índice del servicio público. Buscamos en términos de equidad que la facturación muestre la transparencia para todas las partes involucradas.

Estado del arte

Según el comité de derechos económicos, sociales y culturales el agua es un derecho fundamental que todos debemos disponer y el cual debe ser suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para su uso personal y doméstico. Al Estado le corresponde organizar, dirigir y reglamentar. [5]. Se le llama servicio público a aquellas empresas que satisfacen las necesidades de sus usuarios o clientes, con el fin de aumentar su satisfacción. [6] Para el país de Colombia es un reto que sus habitantes tengan acceso a agua potable y saneamiento básico, el cual ha desarrollado históricamente dar una solución al problema asociado a estos servicios.

Colombia en la última década ha avanzado, pero requiere la participación de todos los estados y reconocer las carencias para fortalecer la calidad de los servicios. [7]. La ley 142 de 1994, nos indica sobre el régimen de los servicios públicos, el cual nos describe los deberes que se debe tener en cuenta al momento de prestar el servicio, como, por ejemplo; garantizar la calidad, ampliación en su cobertura, un servicio continuo, contar eficiencia, establecer régimen tarifario para sectores bajos, acceso fácil, economías de escalas comprobables [8], también el artículo 14 del numeral 14.22 de la Ley 142 de 1994 establece que el servicio público domiciliario de acueducto está conformado por la distribución municipal de agua apta para el consumo humano, incluida su conexión y medición.

Las empresas prestadoras de servicios públicos mensualmente realizan el cobro a las poblaciones, pero antes deben asumir los gastos de aquellas viviendas que se encuentran desocupadas para poder realizar la gestión de cobro. [9]. Según la resolución 688 de 2014 [10], menciona que es considerable la micro medición para la delimitación de tarifas en la prestación de servicios, pérdidas reales y el histórico de consumos anuales. Podemos encontrar viviendas y empresas industriales con micromedidores y medidores. La falta de medición ha contribuido con pérdidas de agua en el sistema de acueducto, donde representa un déficit financiero para la empresa prestadora del servicio [11]. La implementación de estos medidores no se ha dado de manera efectiva, ya que existen pérdidas en poblaciones con mayores habitantes, pero aun así Colombia ha avanzado en la cobertura de estos servicios. La resolución CRA 151 de 2001 es una norma que hace posible medir, estandarizar, gestionar el abastecimiento del agua al sistema y consumo de los usuarios. [12]

La calidad de los servicios públicos se posiciona con mayor fuerza dado paso a la economía mundial, [13] ya que estas empresas impulsan nuevas ideas o estrategias, siendo una pieza diferenciadora; promoviendo así la lealtad y retención de los clientes, ofreciéndoles un mayor nivel de satisfacción. Se conoce que la calidad es un trabajo complejo, debido al gran compromiso que deben realizar, sin embargo, los factores se pueden medir a partir de técnicas estadísticas, el cual analizan las relaciones entre los factores. [14] Según Alam es fundamental valorar la calidad que nos brindan las empresas de servicios públicos, ya que nos da a conocer el estado de satisfacción de la comunidad [15]. La estratificación tiene una escala que va del cuatro al seis; en la cual los estratos con un mayor ingreso ayudan a subsidiar a los que van del uno al tres, debido a que son poblaciones que no cubren sus totales necesidades por un menor ingreso mensual comparado a los otros estratos. [16]

El diseño de experimentos es una estrategia de planificación de pruebas que inducen cambios en los factores a observar y analizar el resultado. A veces se debe decidir cuál es el factor que agrega mayor o menor valor al proceso o producto, por lo que este concepto se acopla al ámbito empresarial. En cualquier empresa puede ser útil para ayudar a organizar el proceso, dar respuestas óptimas y reducir el tiempo y gastos. [17, 18]. Se puede usar en el ámbito social, organización y empresarial, lo constituyen exigencias de métodos en relación con el problema a indagar, condiciones a comparar, las variables, factores y datos. El software puede aplicar los métodos estadísticos y procesar información, facilitar decisiones bajo diferentes condiciones y determina el punto óptimo de la operación del proceso; ejemplo en la evaluación y selección de proveedores y tecnologías, en la compra de una nueva materia prima, calidad del producto, selección de personal, valoración de causas como accidentalidad en un puesto de trabajo, etc. [19]

Uno de los métodos utilizados en el diseño de experimentos, es el método Taguchi que es una herramienta diseñada para controlar y mejorar la calidad de un producto, se centra en usar la estadística para tener un dominio real y matemático que demuestre que si está cumpliendo; y descartar aquellos que no tengan esta característica. [20] Adicional a esto, el método de Taguchi tiene como ventaja minimizar el número de experimento a realizar; y tiene como resultados reducir costos. [21]

Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se inicia con un análisis del mercado, la selección aleatoria de facturación para cada uno de los estratos socioeconómicos, se configuran en el software Minitab los parámetros para el diseño de experimentos conforme Taguchi, se realiza el análisis y la evaluación de resultados y finalmente las conclusiones. Lo cual se evidencia en la figura 1.

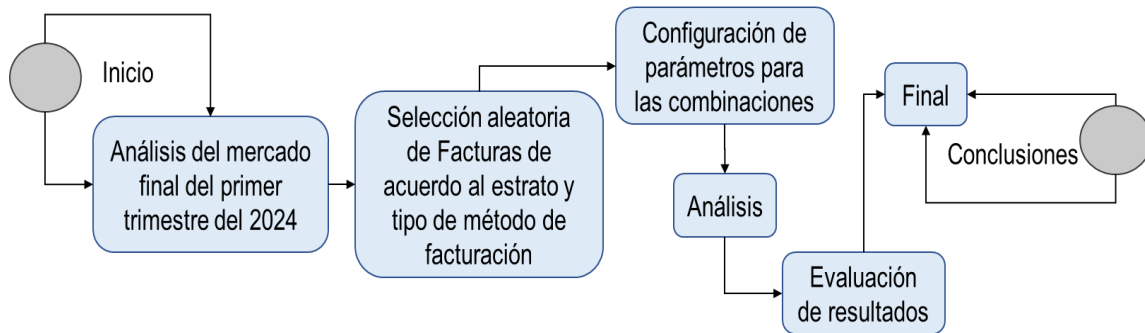


Figura 1. Etapas del desarrollo del experimento.

Desarrollo

En este diseño experimental buscamos evaluar el impacto de las variables independientes; siendo para este caso el método de cálculo de la facturación (Medida y Estimada) sobre la variable dependiente (Valor Facturado) para los residentes de acuerdo con su estratificación (1, 2, 3, 4, 5 y 6), con un valor de facturación (Mínimo \$15.000 pesos colombianos) y una edad de cartera (Superior a 360 días). Según los resultados del primer trimestre tenemos cuentas estimadas y medidas representadas en la figura 2, así como la clasificación de los estratos en general en la figura 3.

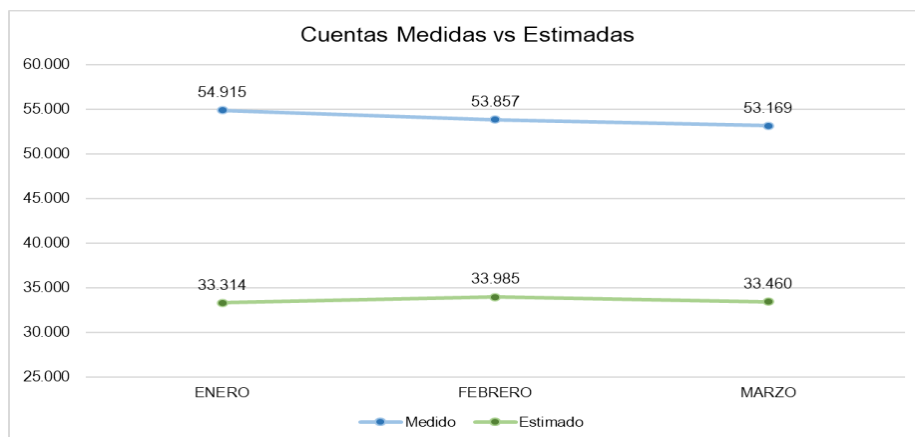


Figura 2. Cantidad de cuentas Medidas vs Estimadas

PARTICIPACIÓN POR ESTRATO

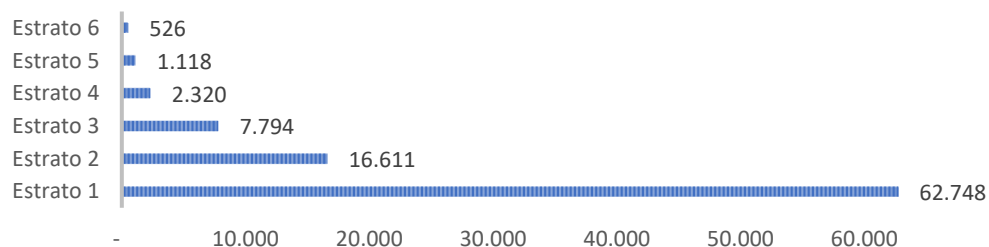


Figura 3. Cantidad de cuentas por Estrato.

Se realizó un diseño de experimentos Taguchi con 6 factores y 2 niveles. Los factores corresponden a los estratos (1, 2, 3, 4, 5 y 6) y los niveles de variación (Facturación Medida y Facturación Estimada), el diseño escogido 2^6 con 16 corridas para el desarrollo del experimento. En la tabla 1, se observa la relación de los factores y niveles.

Tabla 1. Diseño relación de factores y niveles

Estratificación	Método de calculo	
Estrato 1	Medido	Estimado
Estrato 2	Medido	Estimado
Estrato 3	Medido	Estimado
Estrato 4	Medido	Estimado
Estrato 5	Medido	Estimado
Estrato 6	Medido	Estimado

Se tomaron 10 lecturas para cada estrato según el nivel y factor con los resultados obtenidos en el primer trimestre del año 2024 para un total de 360 lecturas, con el fin de minimizar el error en las posibles desviaciones de facturación al realizar el análisis. Los registros seleccionados según la clasificación utilizada del área de gestión de cobro nos ayudan obtener un dato promedio que se usara en el proceso experimental que se encuentran en la tabla 2.

Tabla 2. Datos de muestra por mes.

Estratificación	Enero		Febrero		Marzo		Promedio Trimestre	
	Estimado	Medido	Estimado	Medido	Estimado	Medido	Estimado	Medido
Estrato 1	\$ 45.478	\$ 38.142	\$ 49.714	\$ 79.166	\$ 82.572	\$ 99.864	\$ 59.255	\$ 72.391
	\$ 162.215	\$ 48.140	\$ 49.781	\$ 61.129	\$ 86.092	\$ 31.215	\$ 99.363	\$ 46.828
	\$ 44.283	\$ 58.601	\$ 106.538	\$ 23.292	\$ 83.326	\$ 56.382	\$ 78.049	\$ 46.092
	\$ 79.668	\$ 65.391	\$ 80.229	\$ 23.127	\$ 86.621	\$ 77.657	\$ 82.173	\$ 55.392
	\$ 115.442	\$ 27.022	\$ 86.498	\$ 59.689	\$ 25.189	\$ 44.639	\$ 75.710	\$ 43.793
	\$ 138.263	\$ 125.423	\$ 86.336	\$ 18.842	\$ 116.646	\$ 94.341	\$ 113.748	\$ 79.535
	\$ 116.131	\$ 69.624	\$ 86.369	\$ 64.848	\$ 110.114	\$ 23.618	\$ 104.205	\$ 52.697
	\$ 92.463	\$ 40.411	\$ 65.744	\$ 93.879	\$ 119.243	\$ 58.616	\$ 92.483	\$ 64.302
	\$ 96.023	\$ 53.036	\$ 62.032	\$ 48.108	\$ 115.918	\$ 60.059	\$ 91.324	\$ 53.734
	\$ 107.118	\$ 55.348	\$ 107.680	\$ 51.991	\$ 88.564	\$ 88.083	\$ 101.121	\$ 65.141
Estrato 2	\$ 110.854	\$ 29.200	\$ 94.117	\$ 51.604	\$ 109.431	\$ 75.782	\$ 104.801	\$ 52.195
	\$ 63.175	\$ 96.189	\$ 79.860	\$ 48.749	\$ 142.085	\$ 84.425	\$ 95.040	\$ 76.454
	\$ 151.414	\$ 123.926	\$ 105.585	\$ 115.435	\$ 105.151	\$ 108.960	\$ 120.717	\$ 116.107
	\$ 110.190	\$ 89.320	\$ 89.199	\$ 77.273	\$ 130.110	\$ 35.553	\$ 109.833	\$ 67.362
	\$ 101.833	\$ 53.697	\$ 94.924	\$ 100.576	\$ 26.781	\$ 37.111	\$ 74.513	\$ 63.795
	\$ 145.560	\$ 119.877	\$ 84.289	\$ 25.192	\$ 110.410	\$ 101.003	\$ 113.416	\$ 82.024
	\$ 34.156	\$ 103.336	\$ 105.124	\$ 130.363	\$ 116.690	\$ 60.469	\$ 85.323	\$ 98.056
	\$ 118.924	\$ 151.518	\$ 65.619	\$ 55.198	\$ 96.539	\$ 93.427	\$ 93.694	\$ 100.048
	\$ 92.969	\$ 60.069	\$ 45.705	\$ 98.682	\$ 119.190	\$ 50.314	\$ 85.955	\$ 69.698
	\$ 132.563	\$ 47.128	\$ 77.971	\$ 35.111	\$ 38.396	\$ 73.381	\$ 82.977	\$ 51.873
Estrato 3	\$ 129.152	\$ 36.438	\$ 62.052	\$ 63.385	\$ 85.339	\$ 127.114	\$ 92.181	\$ 75.646
	\$ 133.602	\$ 110.931	\$ 125.687	\$ 93.168	\$ 111.341	\$ 93.123	\$ 123.543	\$ 99.074
	\$ 151.253	\$ 98.095	\$ 75.558	\$ 82.033	\$ 117.535	\$ 95.611	\$ 114.782	\$ 91.913
	\$ 145.243	\$ 122.607	\$ 101.612	\$ 158.471	\$ 96.431	\$ 139.741	\$ 114.429	\$ 140.273
	\$ 38.598	\$ 130.205	\$ 98.185	\$ 70.495	\$ 56.656	\$ 76.836	\$ 64.490	\$ 92.512
	\$ 139.648	\$ 78.538	\$ 124.496	\$ 52.885	\$ 145.157	\$ 66.189	\$ 136.434	\$ 65.871
	\$ 154.577	\$ 74.984	\$ 156.392	\$ 96.315	\$ 96.633	\$ 72.692	\$ 135.867	\$ 81.330
	\$ 326.333	\$ 141.553	\$ 63.657	\$ 94.319	\$ 86.653	\$ 54.984	\$ 158.881	\$ 96.952
	\$ 81.034	\$ 41.180	\$ 98.466	\$ 37.719	\$ 72.071	\$ 123.346	\$ 83.857	\$ 67.415
	\$ 73.124	\$ 95.464	\$ 95.715	\$ 67.985	\$ 119.075	\$ 80.814	\$ 95.971	\$ 81.421
Estrato 4	\$ 156.497	\$ 109.653	\$ 108.186	\$ 47.108	\$ 86.365	\$ 90.819	\$ 117.016	\$ 82.527
	\$ 155.362	\$ 115.199	\$ 92.589	\$ 52.216	\$ 73.882	\$ 69.734	\$ 107.281	\$ 79.050
	\$ 99.354	\$ 44.888	\$ 122.042	\$ 75.380	\$ 111.176	\$ 107.882	\$ 110.857	\$ 76.050
	\$ 121.045	\$ 92.483	\$ 112.065	\$ 43.483	\$ 110.124	\$ 68.424	\$ 114.411	\$ 68.130
	\$ 282.430	\$ 114.369	\$ 73.561	\$ 121.455	\$ 134.940	\$ 190.549	\$ 163.644	\$ 142.124
	\$ 61.288	\$ 98.974	\$ 130.275	\$ 98.759	\$ 185.396	\$ 150.290	\$ 125.653	\$ 116.008
	\$ 158.407	\$ 78.390	\$ 78.074	\$ 43.732	\$ 114.578	\$ 59.046	\$ 117.353	\$ 60.389
	\$ 157.222	\$ 137.079	\$ 158.134	\$ 97.890	\$ 115.321	\$ 65.932	\$ 143.892	\$ 100.290
	\$ 156.900	\$ 42.097	\$ 159.410	\$ 87.787	\$ 149.891	\$ 80.117	\$ 155.300	\$ 69.994
	\$ 48.054	\$ 152.204	\$ 40.980	\$ 114.070	\$ 58.589	\$ 109.577	\$ 49.204	\$ 125.284
Estrato 5	\$ 226.261	\$ 190.931	\$ 127.933	\$ 84.392	\$ 79.106	\$ 180.283	\$ 144.433	\$ 151.869
	\$ 90.907	\$ 72.479	\$ 81.978	\$ 80.521	\$ 128.030	\$ 96.811	\$ 100.305	\$ 83.270
	\$ 267.751	\$ 79.308	\$ 123.726	\$ 136.251	\$ 132.403	\$ 109.893	\$ 174.627	\$ 108.484
	\$ 81.134	\$ 91.216	\$ 89.926	\$ 128.240	\$ 80.396	\$ 134.568	\$ 83.819	\$ 118.008
	\$ 85.904	\$ 238.698	\$ 144.969	\$ 129.874	\$ 178.310	\$ 85.312	\$ 136.394	\$ 151.295
	\$ 352.795	\$ 23.111	\$ 93.929	\$ 125.690	\$ 139.050	\$ 133.172	\$ 195.258	\$ 93.991
	\$ 85.218	\$ 75.065	\$ 151.159	\$ 79.795	\$ 95.525	\$ 86.320	\$ 110.634	\$ 80.393
	\$ 346.171	\$ 208.294	\$ 194.419	\$ 84.338	\$ 84.460	\$ 128.920	\$ 208.350	\$ 140.517
	\$ 175.536	\$ 94.680	\$ 277.114	\$ 78.515	\$ 127.094	\$ 90.025	\$ 193.248	\$ 87.740
	\$ 134.756	\$ 76.534	\$ 63.146	\$ 136.250	\$ 141.734	\$ 90.157	\$ 113.212	\$ 100.980
Estrato 6	\$ 396.727	\$ 91.484	\$ 98.429	\$ 157.891	\$ 146.321	\$ 146.321	\$ 213.826	\$ 131.929
	\$ 191.722	\$ 229.933	\$ 570.118	\$ 95.843	\$ 201.017	\$ 201.017	\$ 320.952	\$ 175.598
	\$ 281.624	\$ 130.988	\$ 458.889	\$ 294.171	\$ 86.415	\$ 86.415	\$ 275.643	\$ 170.525
	\$ 144.588	\$ 152.915	\$ 195.926	\$ 96.027	\$ 336.881	\$ 336.881	\$ 225.798	\$ 195.274
	\$ 144.459	\$ 189.467	\$ 300.148	\$ 97.169	\$ 191.015	\$ 191.015	\$ 211.874	\$ 159.217
	\$ 93.775	\$ 257.741	\$ 145.445	\$ 123.003	\$ 148.847	\$ 148.847	\$ 129.356	\$ 176.530
	\$ 325.843	\$ 186.307	\$ 96.364	\$ 158.685	\$ 150.858	\$ 150.858	\$ 191.022	\$ 157.950
	\$ 103.274	\$ 212.556	\$ 299.032	\$ 96.887	\$ 98.110	\$ 98.110	\$ 166.805	\$ 135.851
	\$ 281.624	\$ 172.749	\$ 145.381	\$ 323.325	\$ 180.641	\$ 180.641	\$ 202.549	\$ 225.572
	\$ 292.949	\$ 92.236	\$ 297.615	\$ 96.188	\$ 149.877	\$ 149.877	\$ 246.814	\$ 112.767

Resultados

Los resultados obtenidos de las corridas se encuentran resumidos en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados del experimento.

Combinación	ESTRATIFICACION						Promedio valor facturado
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	
1	\$ 57.989	\$ 77.763	\$ 89.241	\$ 91.985	\$ 111.655	\$ 164.121	\$ 98.792
2	\$ 57.989	\$ 77.763	\$ 89.241	\$ 120.461	\$ 146.028	\$ 218.464	\$ 118.324
3	\$ 57.989	\$ 77.763	\$ 112.043	\$ 91.985	\$ 146.028	\$ 164.121	\$ 108.322
4	\$ 57.989	\$ 77.763	\$ 112.043	\$ 120.461	\$ 146.028	\$ 218.464	\$ 122.125
5	\$ 57.989	\$ 96.627	\$ 89.241	\$ 91.985	\$ 146.028	\$ 218.464	\$ 116.722
6	\$ 57.989	\$ 96.627	\$ 89.241	\$ 120.461	\$ 146.028	\$ 164.121	\$ 112.411
7	\$ 57.989	\$ 96.627	\$ 112.043	\$ 91.985	\$ 111.655	\$ 218.464	\$ 114.794
8	\$ 57.989	\$ 96.627	\$ 112.043	\$ 120.461	\$ 111.655	\$ 164.121	\$ 110.483
9	\$ 89.743	\$ 77.763	\$ 89.241	\$ 91.985	\$ 146.028	\$ 218.464	\$ 118.871
10	\$ 89.743	\$ 77.763	\$ 89.241	\$ 120.461	\$ 146.028	\$ 164.121	\$ 114.560
11	\$ 89.743	\$ 77.763	\$ 112.043	\$ 91.985	\$ 111.655	\$ 218.464	\$ 116.942
12	\$ 89.743	\$ 77.763	\$ 112.043	\$ 120.461	\$ 111.655	\$ 164.121	\$ 112.631
13	\$ 89.743	\$ 96.627	\$ 89.241	\$ 91.985	\$ 111.655	\$ 164.121	\$ 107.229
14	\$ 89.743	\$ 96.627	\$ 89.241	\$ 120.461	\$ 111.655	\$ 218.464	\$ 121.032
15	\$ 89.743	\$ 96.627	\$ 112.043	\$ 91.985	\$ 146.028	\$ 218.464	\$ 125.815
16	\$ 89.743	\$ 96.627	\$ 112.043	\$ 120.461	\$ 146.028	\$ 218.464	\$ 130.561

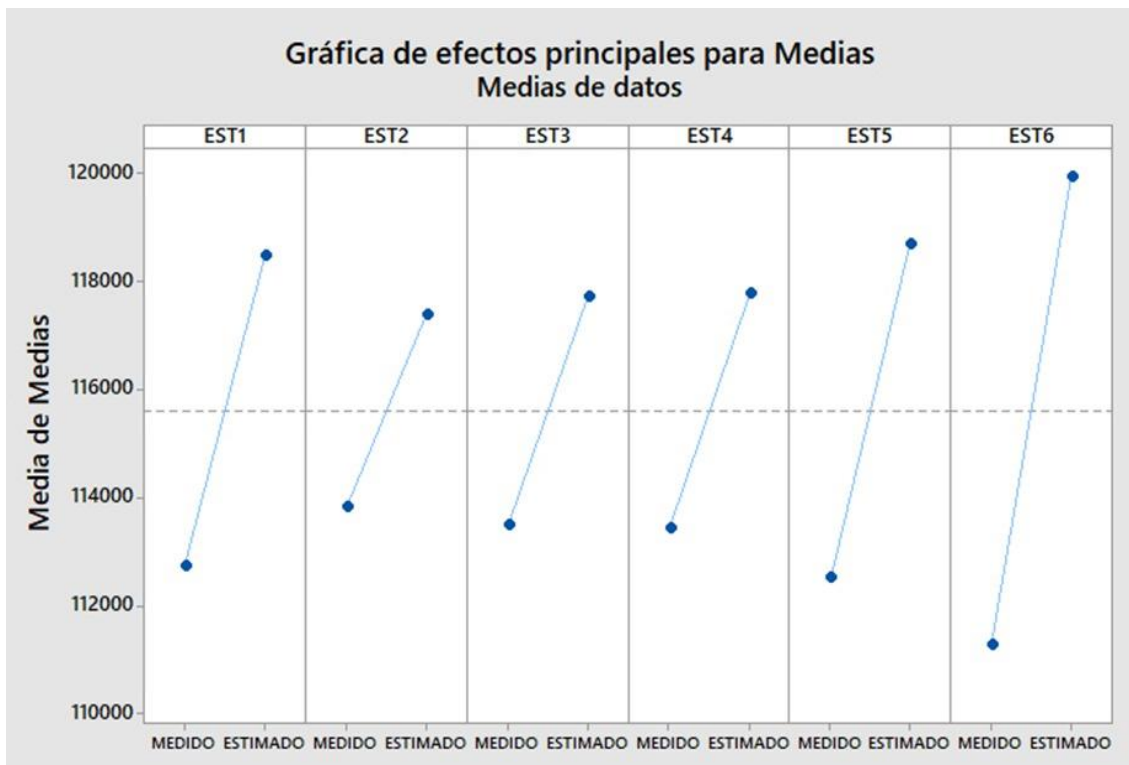


Figura 4. Grafica de efectos para medias con respecto al método de facturación, obtenida de Minitab.

Según los resultados obtenidos, se muestra en la figura 4 la clasificación por método y estrato donde se refleja que los estratos 6, 5 y 1 tienen la mayor dispersión comparado con los otros.

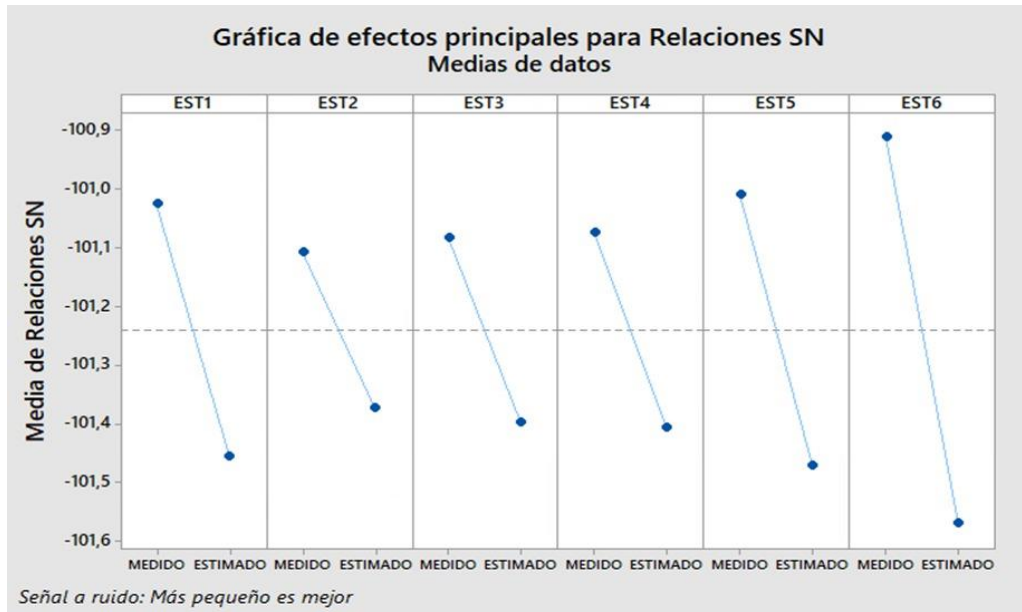


Figura 5. Grafica de efectos principales para relaciones SN, obtenida de Minitab.

En la figura 5 podemos evidenciar una gráfica de señal a ruido que muestra las variables independientes que influyen más en la facturación de los residentes. Donde el grupo estimado obtuvo un mayor efecto en el incremento del valor final a cobrar, comparado al medido. Siendo los estratos 6, 5 y 1 donde se ve reflejado una diferencia más significativa.

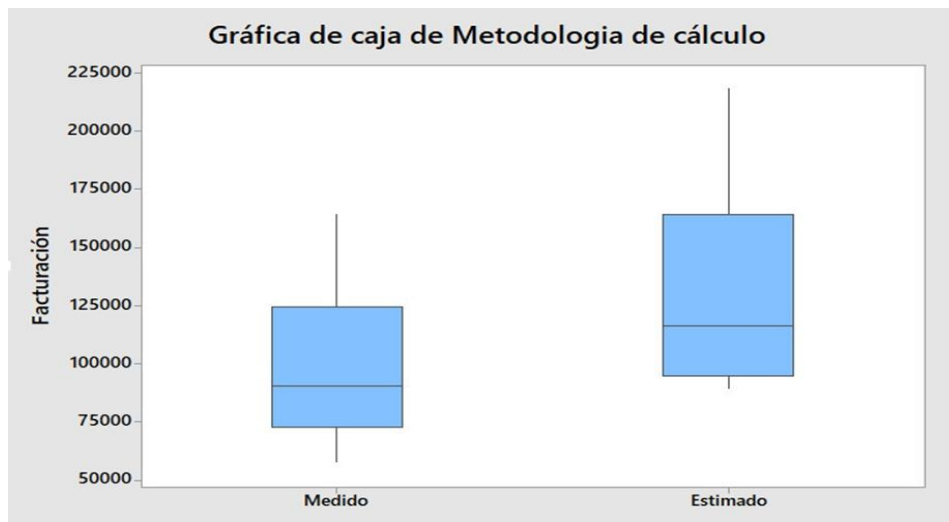


Figura 6. Grafica de caja de bigotes para efecto del método de facturación, obtenida de Minitab.

Se evidencia en la gráfica 6 un diagrama de cajas y bigotes sobre la relación entre el método de medición y la facturación, donde podemos observar una mayor dispersión de datos en el grupo estimado y una mediana contenida dentro del grupo medido, pero no obstante, la mediana del grupo medido fuera de la caja, dejando una similitud baja entre ambos, también podemos observar una mayor tendencia de los datos hacia los límites superiores para ambos grupos, en donde los resultados obtenidos tenemos que para efectos financieros más favorables el grupo medido es la más óptima opción.

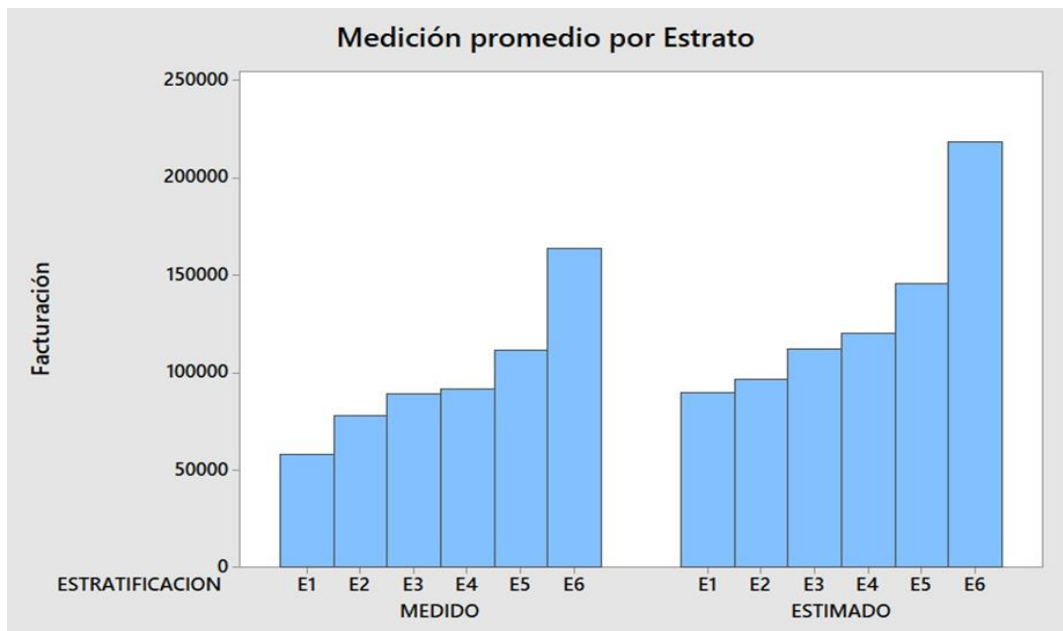


Figura 7. Grafica de barras por estrato y tipo de medición, obtenida de Minitab.

Para la gráfica 7 tenemos un diagrama de barras donde se compara el promedio facturado por estrato y el tipo de medición, donde podemos observar una influencia significativa en el incremento del costo de la facturación el grupo estimado, con un énfasis en el estrato 6 donde la diferencia se hace más grande, también podemos interpretar que en el estrato 1 medido tiene una diferencia con el estimado, contemplando que los estratos 1 y 2 estimados tienen un valor similar en su facturación

Conclusiones

Con base a los resultados obtenidos se concluye que al tener un consumo medido los valores en las facturas obtienen un costo más bajo con respecto a los estimados, lo cual permite una medición más transparente y accesible para los usuarios de este servicio público, donde el impacto más significativo se da en los estratos 6, 5 y 1 debido a la dispersión de los resultados. Se resalta que los datos utilizados obedecen a una clasificación de edad de cartera y monto de facturación, donde se puede presentar una tendencia diferente debido a fuentes atípicas propia de la prestación de este servicio como: fuga de acueducto, fraude por parte los usuarios, errores de lecturas, cobro de diferidos y cargos de aseo.

Referencias

- [1] R. Matias-Camargo, «Los servicios públicos como derechos fundamentales,» vol. 12, n° 24, pp. 315-329, 22 10 2014.
- [2] M. Alzate, La estratificación socioeconómica para el cobro de los servicios públicos domiciliarios en Colombia: ¿solidaridad o focalización?, Colombia: Cepal, 2006.
- [3] Organización de Naciones Unidas ONU, «Agua,» 13 09 2023. [En línea]. Available: <https://www.un.org/es/global-issues/water>.
- [4] V. Galvis-Suarez, M. Ardila-Barragán y M. Ramírez-Goméz, «Evaluación del sistema de control interno para las áreas de facturación y contabilidad en la Empresa de Servicios Públicos de Lérida Empolerida E.S.P.,» Repositorio institucional, Universidad cooperativa de Colombia, Ibagué, 2021.
- [5] Corte Constitucional Republica de Colombia, «Derecho Fundamental al Agua, Sentencia T-740/11,» [En línea]. Available: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2011/T-740-11.htm>.

- [6] J. Santillan y R. Gabriela, «Calidad del servicio público en el distrito de nuevo progreso, región San Martín». Perú 2021.
- [7] J. Moreno-Mendez, *Los retos del Acceso a agua Potable y Saneamiento Básico de las Zonas Rurales en Colombia*, Bogotá: UNIANDES, 2020.
- [8] Congreso de la Republica de Colombia, «LEY 142 DE 1994,» [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2752#:~:text=Cuando%20un%20municipio%20preste%20en%20forma%20directa%20uno,bienes%20municipales%20necesarios%20para%20que%20C3%A9sta%20pueda%20operar..>
- [9] Y. Bustos-Aguilar, «Diseño de un modelo para el cálculo y la gestión de cobro de servicios públicos en las Plazas Distritales de Mercado,» 2021.
- [10] Comisión de Regulación de Agua Potable Y Saneamiento Básico, «Resolución CRA 688 de 2014,» 31 07 2014. [En línea]. Available: https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_cra_0688_2014.htm.
- [11] V. Salinas-Soto, «Estudio de Factibilidad para la Implementación de un Sistema de toma de lecturas, Reporte y Evaluación de Consumo en Servicio de Acueducto,» Repositorio universitario, Fundación Universitaria Católica, Santiago de Cali, 2020.
- [12] Comisión de regulación de agua Potable Y Saneamiento Básico, «Resolución 151 de 2001 CRA,» 02 03 2001. [En línea]. Available: https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_cra_0151_2001.htm.
- [13] A. Yilikal, Z. Gete y G. Ephrem, «Valuing the water supply: ecosystem-based potable water supply management for the Legedadie-Dire catchments, Central Ethiopia,» *Ecological processes*, vol. 8, n° 9, p. 24, 2019.
- [14] P. Rodríguez, L. Garcés, J. Valencia y M. Benjumea, «Calidad del servicio de agua potable para habitantes de Medellín (Colombia): aproximación desde modelos de calidad de servicio,» *Informacion Tecnologica*, vol. 33, n° 3, p. 8, 2022.
- [15] A. Shaharier y M. Mili, «Assessment of sanitation service quality in urban slums of Khulna city based on SERVQUAL and AHP model: A case study of railway slum, Khulna, Bangladesh,» *Journal of Urban Management*, vol. 8, p. 8, 2019.
- [16] C. Gamez, «Repercusión del proceso de estratificación socioeconómica sobre el bienestar social: una aproximación para la ciudad de Bogotá,» *Administracion y Desarrollo*, vol. 53, n° 2, p. 19, 2023.
- [17] K. Hinkelmann y O. Kempthorne, *Design and Analysis of Experiments*, 9th Edition, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2022.
- [18] A. Sánchez-Comas, A. Troncoso-Palacio, S. Troncoso-Mendoza y D. Neira-Rodado, «Application of Taguchi Experimental Design for identification of factors influence over 3D Printing Time with Fused Deposition Modeling,» *International Journal of Management Science and Operations Research*, vol. 1, n° 1, 2016.
- [19] M. Delgado-Fernandez, «Uso del diseño de experimentos para la innovación empresarial.,» *Revista De Métodos Cuantitativos Para La Economía Y La Empresa*, vol. 29, pp. 38-56, 2020.
- [20] C. De Montreuil-Macalupu y R. Malca-Santos, «Modelo de mejora para incrementar la eficiencia en una MYPE de manufactura de plásticos aplicando TPM, Método de Taguchi y Kanban,» Repositorio academico UPC, Lima, Perú, 2023.
- [21] S. Shojaei, S. Shojaei, S. Band, A. Kazemzadeh, M. Ghorog y A. Mosavi, «Application of Taguchi method and response surface methodology into the removal of malachite green and auramine-O by NaX nanozeolites,» *Scientific Reports*, vol. 11, n° 16054, p. 13, 2021.