



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS HISTÓRICOS DE AGUA POTABLE EN EL
CANTÓN IBARRA

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autor:

Caicedo Corozo, Alex Manuel

Tutor:

Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga. Mgs

Riobamba, Ecuador. 2022

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, **Alex Manuel Caicedo Corozo**, con cédula de ciudadanía **150077162-9**, autor del trabajo de investigación titulado: **“Análisis de los consumos históricos de agua potable en el cantón Ibarra”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 31 de Mayo de 2022.



Alex Manuel Caicedo Corozo

C.I: 150077162-9

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**Análisis de los consumos históricos de agua potable en el cantón Ibarra**”, presentado por **Alex Manuel Caicedo Corozo**, con cédula de identidad número **150077162-9**, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba, 31 de Mayo de 2022.

Ing. Oscar Alfredo Cevallos Velasquez
PRESIENTE DEL TRIBUNAL DE
GRADO



Firma

Ing. Carlos Israel Montalvo Montenegro
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
GRADO



Firma

Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
GRADO



Firma

Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga
TUTOR



Firma



Alex Manuel Caicedo Corozo

C.I: 150077162-9

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal **de Grado** para la evaluación del trabajo de investigación “**Análisis de los consumos históricos de agua potable en el cantón Ibarra**”, presentado por **Alex Manuel Caicedo Corozo**, con cédula de identidad número **150077162-9**, bajo la tutoría de **Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga**; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba, 31 de Mayo de 2022.

Ing. Oscar Alfredo Cevallos Velasquez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE
GRADO



Firma

Ing. Carlos Israel Montalvo Montenegro
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
GRADO



Firma

Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
GRADO



Firma

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

Original

Que, **CAICEDO COROZO ALEX MANUEL** con CC: **150077162-9**, estudiante de la Facultad de **INGENIERÍA** de la carrera de **INGENIERÍA CIVIL**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado “**ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS HISTÓRICOS DE AGUA POTABLE EN EL CANTÓN IBARRA**” que corresponde al dominio científico **DESARROLLO TERRITORIAL-PRODUCTIVO Y HÁBITAT SUSTENTABLE PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA** y alineado a la línea de investigación **INGENIERÍA, CONSTRUCCIÓN, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**, cumple con el 0% , reportado en el sistema Anti plagio nombre del sistema, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 03 de Mayo del 2022



Firmado electrónicamente por:
**ALFONSO PATRICIO
ARELLANO BARRIGA**

Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga. Msc
DOCENTE TUTOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar principalmente este trabajo a mis padres Luis y Carmen, y a mis dos hermanas. Dedico este trabajo también a las demás personas y familiares que han estado de alguna u otra manera siempre pendiente de mí en este proceso. También de forma muy especial quiero dedicar este trabajo allá en el cielo a mi abuelito Lucho, que en aquellas pláticas de cuando yo era niño plantó en mí una semilla que me decía que algún día debía ser un profesional.

Alex Manuel Caicedo Corozo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por guiar y bendecir siempre mi camino. Quiero también agradecer a mis padres por brindarme el apoyo económico y emocional en todo momento durante toda esta etapa de mi vida. Agradezco a la Universidad Nacional de Chimborazo por abrirme sus puertas y compartirme todo el conocimiento posible a través de sus docentes. Finalmente quiero agradecer a todas las buenas personas y compañeros con los que alguna vez cruce camino y me brindaron su ayuda cuando la necesitaba e hicieron que este paso por la vida universitaria sea más ameno.

Alex Manuel Caicedo Corozo

ÍNDICE GENERAL;

RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1 ANTECEDENTES.....	13
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	21
1.4 OBJETIVOS	22
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	23
2.1 ESTADO DEL ARTE.....	23
2.2 MARCO TEÓRICO.....	29
<i>Demanda de agua potable.....</i>	29
<i>Variación de consumo de agua potable</i>	29
<i>Coefficiente de variación Kd.....</i>	29
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	30
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1 RESULTADOS.....	37
<i>Prueba de normalidad y homocedasticidad.....</i>	37
<i>Transformación de datos no normales.....</i>	38
<i>Análisis de ANOVA</i>	39
<i>Prueba de Tukey.....</i>	40
<i>Gráficos de intervalos</i>	44
<i>Estadística descriptiva</i>	46
<i>Coefficiente de variación de consumo (Kd)</i>	48
4.2 DISCUSIÓN	50
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
5.1 CONCLUSIONES	54
5.2 RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA.....	56

ÍNDICE DE TABLAS;

Tabla 1. Caudales de diseño para sistemas de agua potable.....	17
Tabla 2. Valores de coeficientes (Kd) de poblaciones estudiadas hasta la fecha.	19
Tabla 3. Datos de análisis del cantón Ibarra.....	31
Tabla 4. Muestras analizadas.....	37
Tabla 5. Análisis de varianzas de medias.....	40
Tabla 6. Agrupación en parejas de Tukey	41
Tabla 7. Resumen de medias históricas 2010-2021 de Ibarra (m ³ /usuario/mes).....	46
Tabla 8. Tabla de consumos de agua de medias tipo semáforo (m ³ /usuario/mes)	47
Tabla 9. Resultado de coeficiente de variación de consumo Kd	49

ÍNDICE DE FIGURAS;

Ilustración 1. Localización geográfica de la ciudad de Ibarra.	15
Ilustración 2. Proceso del desarrollo de la investigación.....	30
Ilustración 3. Diagrama de Cajas y Bigotes con atípicos	33
Ilustración 4. Diagrama de Cajas y Bigotes sin atípicos.....	33
Ilustración 5. Gráfica de probabilidad	37
Ilustración 6. Gráfica de residuos vs. ajustes.....	38
Ilustración 7. Transformación de Johnson.....	39
Ilustración 8. Gráfica de Intervalos de Ibarra	45
Ilustración 9. Gráfica de consumo medio de los meses de los registros históricos	48
Ilustración 10. Comparación del coeficiente de variación de consumo Kd vs la Norma INEN	49
Ilustración 11. Comparación de valores (Kd).....	53

RESUMEN

Bayas (2018) presume que los diseños de sistemas de agua potable en Ecuador se están sobre y subdimensionando. La norma CPE INEN 005-9-1 que utilizan los ingenieros para realizar los diseños, es ambigua y no ha recibido actualizaciones importantes hace más de 30 años. Por tal razón, la misma norma recomienda realizar estudios específicos en cada uno de los pueblos, cantones, ciudades, etc., para tener datos más ajustados a las realidades poblacionales que ayudarán a tener diseños de agua potable más óptimos. Esta investigación aprovechó los registros de consumos de agua históricos del cantón Ibarra, con el cual se definió un valor de coeficiente de variación de consumo que puede ser utilizado en futuros diseños de sistemas de agua potable en Ibarra. Además, la investigación contribuye al proyecto “Determinación de la variación de consumos de agua potable en ciudades menores a 150000 habitantes del Ecuador”. En el estudio se empleó un método cuantitativo estructurado y se usó herramientas estadísticas (Minitab) con el cual se realizaron: Pruebas de normalidad y homocedasticidad, Análisis de varianzas, Pruebas de Tukey, Diagramas de intervalos y Diagramas descriptivos. Los resultados muestran un decrecimiento en el consumo de agua potable en Ibarra que es producto de varios factores. El valor del coeficiente de variación de consumo (K_d) hallado para el cantón Ibarra es diferente al que se menciona en la norma INEN ya que esta fuera del rango 1.3 a 1.5.

Palabras clave: Agua potable, coeficiente (K_d), registros históricos de consumo, diseños de sistemas de agua.

ABSTRACT

Bayas (2018) presumes that “**THE DRINKING WATER SYSTEMS DESIGNS MANUAL IN ECUADOR**” are being over- and undersized. The CPE INEN 005-9-1 standard used by engineers to carry out designs is ambiguous and it has not received any important reparations in water sources for more than 30 years. For this reason, the same standard recommends to carrying out specific fields studies in each village, cantons, towns, etc., in order to take into account that national realities that will help to have safe drinking water. This research took advantage of the historical water consumption records of the Ibarra canton, which was defined as a value of coefficient variation that can be used in future designs of drinking water systems in Ibarra. In addition, the present research work contributes to the development of this project "The variation in drinking water consumption in town with less than 150,000 inhabitants in Ecuador." The study a quantitative structured method and statistical evaluation tools were used (Minitab) The following were taken: Normality and homoscedasticity tests, Analysis of variances, Tukey tests, Interval diagrams and Descriptive diagrams. The results show a decrease in the consumption of drinking water in Ibarra that is the result of several factors. The value of the coefficient of variation of consumption (Kd) found for the Ibarra canton is different from the one mentioned in the INEN standard due it is outside the range 1.3 to 1.5.

Keywords: Safe drinking water, coefficient (Kd), historical consumption records, water system designs.

DORIS ELIZABETH VALLE VINUEZA
Firmado digitalmente por DORIS ELIZABETH VALLE VINUEZA
Fecha: 2022.05.09 12:50:31 -05'00'

Reviewed by: Mgs. Doris Valle V.

ENGLISH PROFESSOR

c.c 0602019697

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La cobertura de agua potable es un problema que aqueja a muchos países en el mundo, y principalmente a países en vías de desarrollo como el Ecuador.

El consumo de agua potable ha sufrido variaciones a lo largo de los años debido a la constante evolución de las poblaciones. Ecuador es uno de los países que más consume agua potable a nivel de América Latina, 237 lt/hab/día consume Ecuador, versus 169 lt/hab/día que consume el resto de la región (Sorgato, 2018).

Según Molina et al. (2018) en Ecuador la red de cobertura de agua potable es del 68%. Sectorizando por regiones naturales la cobertura de agua potable está repartida de la siguiente manera: región insular 83.2%, región sierra 75.7%, región costa 68.1% y en la región amazónica 42.5%. Por otra parte, las provincias con mejor cobertura son: Pichincha 94.1%, Santa Elena 90.3% y El Oro 88.4% (SENPLADES, 2014).

Los datos expuestos por Molina et al. (2018) indican que aproximadamente un tercio de la población a nivel nacional no tiene cobertura de agua, dejando en evidencia que existe un déficit en materia de cobertura de agua potable en el cual se debe trabajar.

Desde otra perspectiva, los factores que influyen para que exista más o menos consumo de agua, también son factores que inciden para que exista déficit en la cobertura de agua potable de las poblaciones. Según Arellano & Peña (2020) los principales factores que afectan el consumo de agua potable son: factor climatológico, factor socio-económico, factor socio-demográfico, factor de gestión y calidad de agua.

La inexactitud de los valores de variación de consumos de agua potable, una norma CPE INEN 005-9-1 desactualizada con ambigüedades, y la no cobertura del 100% de agua potable, obliga a los investigadores a realizar estudios sobre los consumos de agua

potable de las poblaciones para analizar: comportamientos de consumo agua, tendencias de consumo de agua, caudales máximos diarios y con ello proponer soluciones a sistemas de agua potable deficitarios.

La finalidad de esta investigación es definir valores de coeficientes de variación de consumo, a fin de que estos puedan ser utilizados en los diseños de redes de agua potable para los sectores en estudio para evitar un subdimensionamiento o sobredimensionamiento en el diseño del sistema de agua potable. La presente investigación sigue la línea de investigación de distintas tesis desarrolladas en la Universidad Nacional de Chimborazo que pertenecen al proyecto “Determinación de la variación de consumos de agua potable en ciudades menores a 150000 habitantes del Ecuador”

En la presente investigación se realiza el estudio de Ibarra. El cantón Ibarra pertenece a la provincia de Imbabura, localizado al norte de la región sierra del Ecuador, a una distancia 115 Km de Quito (Ortega, 2007). Está situado a 2220 m.s.n.m, posee un clima templado seco con precipitaciones de 1784mm anuales. La temperatura varía de 13°C a 24°C en el transcurso del año (Climate-date.org,2022).

Según el censo de Población y Vivienda 2010, el cantón Ibarra cuenta con 181.175 habitantes distribuidos de la siguiente manera: 72.8% de la población pertenece al sector urbano y 27.2% de la población pertenece a la parte rural. Las principales actividades económicas de la ciudad de Ibarra son: el comercio, los servicios educativos, el turismo, la agroindustria, el sector inmobiliario y las manufacturas (INEC, 2010).

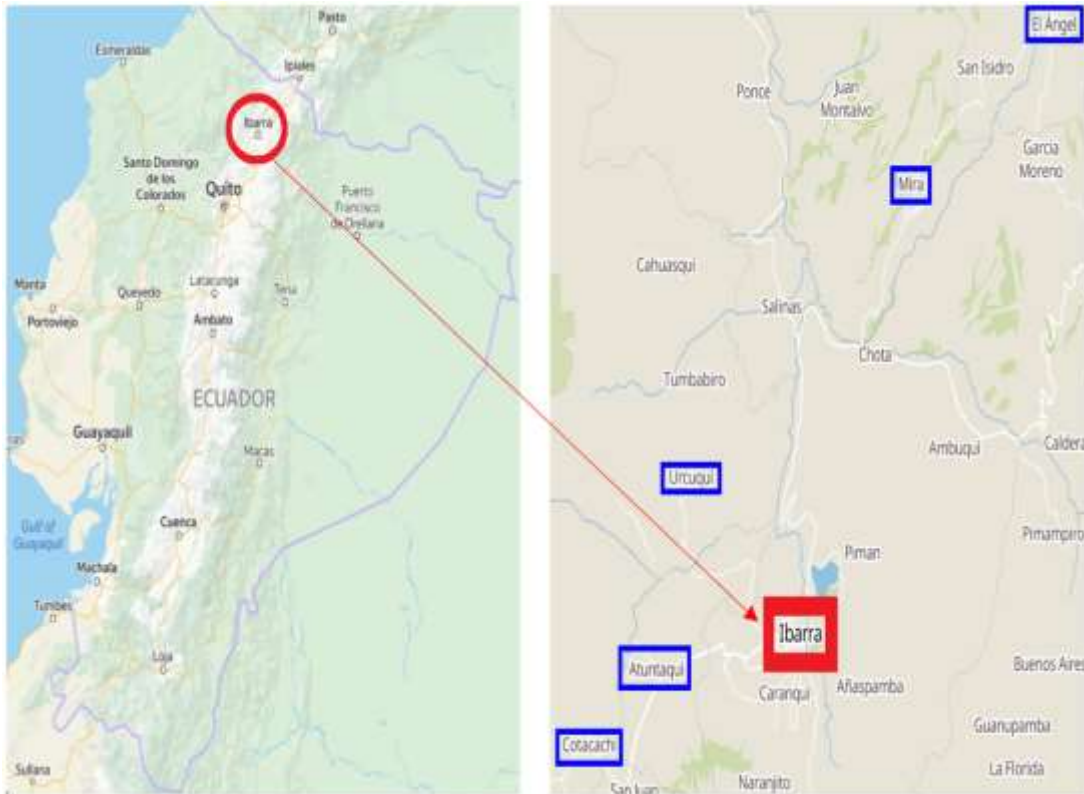


Ilustración 1. Localización geográfica de la ciudad de Ibarra.

Fuente: (Satélites.pro, 2021)

Nota: La población enmarcada en color rojo es el cantón en estudio, los cantones enmarcados en color azul son poblaciones cercanas que ya han sido estudiadas dentro del mismo proyecto.

En materia de agua potable según los informes de SENPLADES (2014), el cantón Ibarra tiene 90.7% en cobertura de agua potable por red pública. En alcantarillado Ibarra tiene una menor cobertura apenas un 83.2%.

La tarifa de costo de agua potable por m^3 para el sector residencial de 0 a $10 m^3$ es de 2.47\$ más el costo por servicio de alcantarillado y más el costo por comercialización, de los $10 m^3$ en adelante la tarifa aumenta gradualmente por cada m^3 consumido (EMAPA-I, 2022). Es común ver que muchas personas de Ibarra que tienen familia en pueblos cercanos, los fines de semana que salen a visitar a los familiares aprovechan para llevar a lavar la ropa argumentando que, prefieren no lavar la ropa en casa debido a que en Ibarra el agua se ha encarecido demasiado.

Se resalta que, en noviembre del año 2002 hubo un caso de contaminación del agua potable en Ibarra, en el que se halló la presencia de heces en el sistema de agua potable que abastece a la ciudad. El evento se produjo debido a que, la tubería de la red de aguas servidas se rompió y el agua se mezcló con las redes de distribución de agua potable. Alrededor de 3.200 personas presentaron enfermedades gastrointestinales, mientras que una persona resulto fallecida (El Universo, 2002).

Se destaca la pandemia originada por COVID-19, que comenzó a inicios del 2020 y que hasta la actualidad aún no ha sido superada, alteró la cotidianidad de todo tipo actividades en el mundo. Ecuador al igual que muchos países en el mundo realizó un confinamiento y declaró una cuarentena obligatoria el 17 de marzo de 2020 para intentar frenar la propagación del virus. La cuarentena obligo a todas las personas a permanecer en casa, y se dispuso que únicamente se podía salir en horarios establecidos por las autoridades, para abastecerse de alimentos y productos de primera necesidad.

La restricción de movilidad se vio reflejado al poco tiempo en los consumos de agua potable y electricidad. Según Albaladejo (2020) el consumo de agua potable medio diario y semanal, a raíz de la cuarentena presenta un cambio notorio en comparación a años anteriores. Se presume que el sector residencial es el único que consumía agua potable en la ciudad, ya que los otros sectores como el: comercial, turístico, publico, industrial, se encontraban con sus actividades paralizadas. Además, también se presume que en ese mismo periodo de cuarentena se alcanzó consumos agua potable máximos, circunstancia aprovechada por esta investigación para contrastarla con los registros históricos de consumos de agua potable.

Para analizar los consumos históricos, se debe realizar una evaluación de los consumos de agua potable del cantón Ibarra de cada mes de todos los años disponibles.

El análisis permitirá calcular un coeficiente de variación de máximo consumo diario (Kd), que serviría para futuros diseños de agua potable.

Los diseños de sistemas de agua potable dependen del caudal máximo diario, que está en función de un (Kd) coeficiente de variación que estabiliza los consumos. El éxito de un buen diseño de agua potable pudiera estar en trabajar con un acertado (Kd), el cual evitaría caer en sub o sobre-dimensionamientos (Salazar, 2020).

La norma CPE INEN 005-9-1 señala que para diseños de agua potable se debe considerar la siguiente ecuación.

$$Q_{\text{máx. dia}} = Kd \times Q_{\text{med. diario}} \quad [\text{Ec. 1}]$$

Donde:

- **Qmáx. dia:** Caudal máximo día.
- **Kd:** Coeficiente de variación de consumo.
- **Qmed.diario:** Caudal medio diario. (puede ser actual o futuro)

Tabla 1. Caudales de diseño para sistemas de agua potable

FASES DE DISEÑO	CAUDAL
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20%
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10%
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Red de distribución	Máximo horario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10%

Fuente: (CPE INEN, 1992)

La presente investigación es la continuación varias tesis que se vienen desarrollando en la Universidad Nacional de Chimborazo, que tiene como fin tener un valor de (Kd) actualizado para el mayor número de poblaciones de Ecuador que sea posible.

Estos son los resultados que se tiene hasta el momento:

Tabla 2. Valores de coeficientes (Kd) de poblaciones estudiadas hasta la fecha.

Provincia	Cantón	Autor	Población (habitantes)	Usuarios	desde	hasta	Número datos	Consumo mensual promedio	Consumo máximo	Kd
Chimborazo	P. Sta. Marianita	Peña Ronny	205	62	ene-16	may-20	3,286	8.71	37.03	4.25
	P. El Quinche	Peña Ronny	217	67	ene-16	may-20	3,551	12.3	23.13	1.88
	Tamaute	Peña Ronny	237	114	ene-13	may-20	8,778	9.63	20.06	2.08
	P. San Miguel	Peña Ronny	250	49	ene-16	may-20	2,597	10.34	34.04	3.29
	P. San Pedro	Peña Ronny	300	84	ene-16	may-20	4,452	8.84	20.59	2.33
	P. Grande	Peña Ronny	320	88	ene-16	may-20	4,664	13.47	25.93	1.93
	Penipe	Peña Ronny	2089	709	ene-19	may-20	12,762	8.64	13.44	1.56
	Chunchi	Sela Lorena	3784	1375	ene-15	nov-20	87,736	15.44	19.78	1.28
	Guamote	Sela Lorena	2648	1348	ene-16	sep-20	34,865	20.7	41.46	2
	Alausí	Chávez Katherine	5563	2013	ene-06	ago-21	362,340	27.14	35.31	1.30
	Chambo	Chávez Katherine	3639	2023	feb-17	jul-21	97,104	20.63	27.13	1.32
	Colta	Chávez Katherine	2295	1023	ene-17	jul-21	49,104	18.77	27.22	1.45
	San José de chazo	Vilema Darwin	2734	1056	oct-16	may-21	50,688	9.48	14.84	1.57
	Chingapules San Gerardo	Vilema Darwin	2734	418	may-11	jun-21	50,160	9.36	15.1	1.61
	Ilapo-chingazos	Vilema Darwin	1613	505	ago-17	dic-21	21,115	7.72	9.88	1.28
	Sanjapamba	Vilema Darwin	1428	265	ene-16	jun-21	15,900	7.86	16.83	2.14
Calshi grande	Vilema Darwin	791	367	ene-17	mar-21	17,616	6.61	7.79	1.18	
Riobamba	Saltos Angie	146324	29877	ene-16	jun-20	1,613,358	17.58	20.77	1.18	
Bolívar	Guaranda	Hinojosa Lisseth	23874	5671	ene-09	jun-20	782,598	15.174	20.032	1.32
	Chillanes	Hinojosa Lisseth	2681	1069	ene-18	jun-20	32,100	9.13	12.51	1.37
	Chimbo	Hinojosa Lisseth	4402	1801	ene-18	jun-20	54,030	14.1	20.38	1.45
	Echeandía	Hinojosa Lisseth	6170	2604	ene-18	jun-20	78,120	13.397	15.132	1.13
Cañar	Cañar	Chávez Katherine	11114	4440	feb-18	dic-20	159,840	18.22	24.38	1.34
	El Tambo	Chávez Katherine	2883	2283	ene-15	jul-21	164,376	15.81	19.83	1.25
Carchi	Mira	Jiménez Javier	5994	1632	ene-14	jun-20	127,296	12.84	19.7542	1.54
	El Ángel	Jiménez Javier	6325	1840	ene-14	jun-20	143,520	14.469	18.551	1.28
Imbabura	San Miguel de Urcuqui	Jiménez Javier	15671	5077	ene-14	jun-20	396,006	11.396	15.302	1.34
	Atuntaqui	Anangonó Evelyn	43518	3254	ene-11	dic-20	660,000	16.94	26.12	1.54
	Cotacachi	Anangonó Evelyn	40036	2468	ene-12	sep-20	705,600	16.53	36.85	2.23

	Ibarra	Caicedo Alex	181175	38118	ene-10	jul-21	4,532,730	16.08	19.55	1.22
Morona	Pablo Sexto	Guayara Francis	1823	409	ene-04	jul-05	76,483	13.21	23.46	1.78
	Palora	Guayara Francis	6936	2017	ene-17	jul-05	84,714	9.72	14.35	1.48
	Huamboya	Guayara Francis	8466	486	mar-17	jul-05	18,954	11.48	19.45	1.69
	Morona	Guayara Francis	41155	7573	ene-10	jul-05	946,625	17.64	23.51	1.33
	Sucúa	Nieto Gisell	18318	5469	ene-07	abr-21	946,137	18.25	34.94	1.91
	Santiago de Mendez	Nieto Gisell	9295	633	jun -15	mar-21	39,879	20.57	33.61	1.63
	Limón Indanza	Nieto Gisell	9722	1148	may-06	jul-21	210,084	18.92	27.17	1.44
Pastaza	Puyo	Salazar Bryan	33557	11214	jun-10	sep-20	852,539	24.25	31.52	1.3
Napo	Tena	Fernández Carla	23307	4497	may-10	jul-20	357,966	38.87	57.53	1.48
	Carlos Julio Arosemena Tola	Fernández Carla	931	710	feb-08	sep-20	49,780	19.93	27.75	1.39
Cotopaxi	Latacunga	Cazorla Miguel	63842	13734	ene-09	dic-20	1,375,482	23.41	33.05	1.41
Tungurahua	Ambato	Sailema Karla	165258	49414	ene-10	dic-20	6,522,648	18.13	24.386	1.35
	Baños	Llerena Valeria	25043	6000	ene-10	may-21	864,000	19.96	26.75	1.34
	Patate	Llerena Valeria	15825	1500	ene-10	may-21	216,000	14.04	22.86	1.63
	Pelileo	Ramos Isabel	66836	5000	ene-10	may-21	864,000	19.15	29.9	1.56
	Píllaro	Ramos Isabel	43371	6000	ene-15	may-21	720,000	9.98	13.16	1.32
Pichincha	Juan Montalvo	Chimarro Karina	12000	3493	ene-10	jul-21	50,2992	15.97	19.29	1.21
	Cayambe	Anangonó Evelyn	85795	4404	ene-08	dic-20	931,944	20.15	23.56	1.17
	Rumiñahui	Ambato Lisbeth	85852	17036	ene-18	ago-21	673,487	20.24	32.4	1.60
	Machachi	Machado Elizabeth	16515	6820	nov-13	sep-21	641,08	19.87	24.52	1.23
Santo Domingo	Santo Domingo	Reino Richard	450000	53666	ene-18	dic-20	1,713,272	16.84	18.39	1.09

Fuente: Arellano & Caicedo (2022)

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

No existe totalidad de cobertura de agua potable en el cantón Ibarra. El GAD municipal de Ibarra en la necesidad de extender la cobertura de servicios de agua potable realizará ampliaciones en sus redes. Los ingenieros civiles encargados de realizar los diseños de sistemas de agua potable se basan en la norma CPE INEN 005-9-1 que fue elaborada en los años setenta y no ha recibido cambios significativos. Trabajar con una norma con inexactitudes, ambigua y desactualizada provoca que los sistemas de agua potable se diseñen subdimensionados o sobredimensionados. Por lo tanto, se quiere aprovechar la información de los consumos mensuales de agua potable históricos de Ibarra, para calcular un coeficiente de máximo consumo diario más ajustado a la realidad poblacional, que serviría para futuros diseños de sistemas de agua potable existentes y nuevos.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación tiene como finalidad aportar con un valor de coeficiente de variación de consumo (K_d) actualizado, que será útil para el cálculo del caudal máximo diario que es necesario para el diseño de unidades de agua potable ya sea captación, almacenamiento, conducción o plantas de tratamiento. Además, el (K_d) hallado en esta investigación contribuirá al proyecto “Determinación de la variación de consumos de agua potable en ciudades menores a 150 000 habitantes del Ecuador”.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo General

- Comparar los consumos históricos de agua potable del cantón Ibarra.

Objetivos Específicos

- Recopilar datos de los registros históricos de consumos mensuales de agua potable por usuario, del cantón Ibarra.
- Ejecutar un análisis estadístico empleando ANOVA y Tukey, para evaluar el consumo de agua potable histórico del cantón Ibarra.
- Determinar un coeficiente de variación de consumo (Kd) para el cantón Ibarra.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ESTADO DEL ARTE

Para la presente investigación se ha optado por revisar estudios a nivel internacional y local. Los temas revisados tratan sobre: consumo de agua potable, consumo de agua en época de pandemia, aspectos y variables que influyen en el consumo de agua potable, etc.

Bayas (2018) asegura que la Norma Ecuatoriana CPE INEN 005-1 que se utiliza para el diseño de proyectos de agua potable está desactualizada, y requiere cambios significativos. Señala aspectos meteorológicos como: humedad atmosférica máxima, temperatura máxima y precipitación, inciden para que exista un mayor consumo de agua potable. Como resultado de su investigación propone dotaciones de agua potable para poblaciones inferiores a 150000 habitantes. Además, define nuevos rangos poblacionales para dotación de agua potable, destinados a la norma INEN; Rango 1: menores a 500 habitantes; Rango 2: de 500 a 8000 habitantes; Rango 3: de 8000 a 30000 habitantes, Rango 4: de 30000 a 150000 habitantes.

Arellano et al, (2019) estudiaron el consumo de agua potable en función del equipamiento sanitario en el sector residencial. Los resultados de su estudio muestran que, la cantidad de aparatos sanitarios en un domicilio si está relacionado con el consumo de agua potable. En ciudades grandes y medianas, a mayor número de aparatos sanitarios el consumo de agua también es mayor. En ciudades pequeñas la cantidad de aparatos sanitarios en una vivienda, no tiene incidencia en la cantidad de consumo de agua potable.

Muñoz (2019) analizó el equipamiento sanitario y consumo per cápita de agua potable de 11 poblaciones ecuatorianas, en función al número de habitantes por

vivienda. De los resultados de su análisis se destacan dos cosas importantes. 1) Entre más habitantes exista en un hogar el equipamiento sanitario decrece. 2) Si el número de personas en una vivienda aumenta, el consumo de agua potable (lt/hb/día) es menor.

Según Lindao (2018) menciona que existe una correlación entre, la gestión y calidad del agua potable, y el consumo de agua embotellada. En su estudio analizó 11 ciudades de Ecuador con poblaciones inferiores a 150000 habitantes, en el cual consideró factores como: índice de gestión de calidad de agua potable (INGECAP), tamaño de población, percepciones organolépticas y tipo de almacenamiento del agua potable. El 63.64% de las poblaciones tienen una calificación del (INGECAP) regular y apenas 36.36% tienen una buena calificación. Además, los resultados obtenidos hacen presumir que en poblaciones pequeñas existe un mejor manejo en gestión de la administración y calidad del agua.

Yuquilema (2020) probó estadísticamente que las costumbres y los hábitos en la frecuencia de cocinar no afectan el consumo de agua potable. Según su análisis no encontró ninguna validez estadística que relacione la frecuencia de las actividades de cocina de los hogares, con la variación del consumo de agua potable. Y concluye que, cocinar más o menos veces al día no se ve reflejado en el consumo agua potable.

Flores (2019) menciona que existe una correlación entre, porcentaje de viviendas con jardín, consumos per cápita de agua potable y pago de consumo de agua potable. En ciudades grandes (de 30000 a 150000 habitantes), el consumo de agua potable es directamente proporcional al porcentaje de viviendas con jardín y huertas. En ciudades medianas (de 8000 a 30000 habitantes), la influencia de jardines en el consumo de agua potable es mínima. Mientras que para ciudades pequeñas (de 500 a 8000 habitantes), la incidencia de viviendas con jardines y huertas en el consumo de agua potable es nula.

Según Flores el resultado de su estudio en ciudades grandes y medianas corroboran la hipótesis que, el suministro de agua potable de los hogares está siendo utilizada para el riego de jardines, que fue planteado por Dukes et al, (2007).

Según Eras (2019) existe una relación entre el consumo de agua y las fugas intradomiciliarias. En ciudades con poblaciones grandes mientras más aumenta el número de fugas intradomiciliarias el consumo per cápita se eleva, en ciudades pequeñas también sucede lo mismo. Además, el autor presume que los usuarios de las ciudades grandes tardan más tiempo en corregir las fugas.

Peña (2019) en su trabajo de tesis de pregrado, categoriza en orden de importancia los principales factores que afectan el consumo de agua potable. El estudio tomo en cuenta 19 variables. Al realizar un análisis de consumos mensuales, las variables más importantes en el consumo de agua potable son las del factor climatológico. Por el contrario, si se analiza los consumos de agua potable de forma semestral, las variables que se tornan más influyentes en el consumo de agua potable, son las relacionadas al factor de gestión y calidad el agua.

Según Salazar (2019) las poblaciones que bordean los 100000 habitantes son las ciudades de mayor consumo de agua potable. Salazar argumenta que, entre mayor sea la población el consumo disminuye. Además, al analizar el coeficiente (K_d) en dos escenarios, este coeficiente presenta una variación. 1) Considerando los consumos de agua potable per cápita mensuales ponderados (K_d CPC/p.m): Ciudades pequeñas $K_d=1.10$; Ciudades medianas $K_d=1.12$; Ciudades grandes $K_d= 1.04$. 2) Considerando consumos a agua potable per cápita semestrales y tomando en cuenta estratos socioeconómicos (K_d CPC/est. s): Ciudades pequeñas $K_d= 1.11$; Ciudades medianas $K_d=1.19$; Ciudades grandes $K_d=1.06$.

Tzatchkov & Alcocer (2016) realizaron en México un estudio de modelación de la variación del consumo de agua potable aplicando métodos estocásticos. Los autores mencionan que, para un diseño de agua potable además de determinar un coeficiente de variación de consumo se debe considerar dos cosas adicionales. 1) Analizar el balance de la cantidad de agua que entra y sale de los reservorios. 2) A través de una simulación dinámica, analizar el comportamiento hidráulico y calidad del agua en el sistema distribución. Por otro lado, evidenciaron que el coeficiente de variación de consumo puede presentar una variación no lineal, dependiendo del número de casas que se analice y también si el servicio de agua es continuo o intermitente. Los valores de coeficientes de consumo van desde 3.23 para una sola casa, hasta valores de coeficientes de 1.64 para 500 casas o más.

En España, Acciona (2020) menciona que recibió reportes de incrementos de consumos de agua de varias poblaciones durante el confinamiento. Por otra parte, los cambios en las rutinas que las personas realizan como: horarios al acostarse y levantarse, tiempos para asearse y ducharse, el horario para servirse los alimentos. Se vio reflejado en la hora en que se alcanza el pico máximo de consumo diario, comúnmente el consumo máximo en el día se daba a las 7 de la mañana aproximadamente. En la cuarentena el horario del consumo máximo en el día paso a ser de entre las 9 y 9:30 de la mañana.

En Chile, la Superintendencia de Servicios Sanitarios realizó un estudio para analizar el consumo de agua potable a nivel general dentro del país. El estudio dio a conocer que se registra una disminución del consumo de agua potable de 4.8 % durante la pandemia. La SSSS argumenta que la disminución en el consumo es producto de que los clientes no residenciales (industrias, comercio, instituciones gubernamentales, instituciones educativas) que registran un consumo bajo y nulo (CENRE, 2020).

La Hora (2020) señala que, a las 3 semanas de iniciada la cuarentena Ibarra registró un aumento del 6% al 8% en el consumo de agua potable. Según el diario, el incremento se debe a que, las personas realizaron actividades y repetían rutinas (lavar los autos, bañar mascotas, baldear los patios), que antes por lo general se las hacía únicamente los fines de semana.

La empresa EMAPA-I a cargo del servicio de agua potable en Ibarra, tras el nuevo confinamiento focalizado de los fines de semana de abril y mayo de 2021, informó que en el primer fin de semana del nuevo confinamiento el consumo de agua potable aumentó en un 25%, lo que provocó que sus tanques de almacenamiento que habitualmente abastecen de agua hasta las 8 o 10 de la noche, esta vez a las 2 de la tarde ya no tenían reservas (El Norte, 2021).

Se han realizado algunos estudios en poblaciones de Ecuador que analizaron el comportamiento del consumo de agua potable en el transcurso de la pandemia.

Jiménez (2021) estudió los consumos mensuales históricos de San Miguel en Imbabura, Mira y El Ángel en Carchi. Según Jiménez, el aumento en el consumo de agua en cuarentena de poblaciones aledañas a ciudades grandes se deba a la migración de las personas de ciudades grandes hacia las ciudades pequeñas, ya que las personas tenían la idea que en las poblaciones más pequeñas la probabilidad de contagiarse de COVID-19 sería menor. Por otro lado, los resultados de (Kd) 1.34, 1.54 y 1.28 respectivamente para cada ciudad estudiada corroboran lo expuesto por Salazar (2020).

Cazorla & Sela (2021) analizaron los consumos históricos y de cuarentena de 3 poblaciones. Señalan que el consumo de agua potable de una población puede presentar variaciones radicales de un mes a otro, sin mostrar ningún patrón a lo largo de los años. Además, las poblaciones que muestren una tendencia de consumo de agua muy lineal, y

generen como resultado un valor de (Kd) muy alejado a los rangos de la norma CPE INEN 005-9-1. Puede ser motivo para levantar sospechas en la confiabilidad de la base de datos que manejan las entidades a cargo de los servicios de agua potable.

Fernández & Salazar (2021) estudiaron poblaciones de la Amazonia: Puyo, Tena y Arosemena Tola. Según los autores, el consumo de agua potable en el periodo de cuarentena dejó ver que, a pesar de que 2 poblaciones compartan características similares. El factor que marca una diferencia notable en el consumo de agua potable, es la relacionado a la principal actividad económica del cantón. Ya que, el Puyo una ciudad comercial registro en cuarentena un máximo histórico 34.35 (m³/usuario/mes) con respecto de un consumo medio que estaba en torno a 24.25 (m³/usuario/mes). Mientras que Tena una ciudad turística, de un consumo medio de 38.37 (m³/usuario/mes) cayó en la cuarentena a 34.35(m³/usuario/mes).

Sailema (2021) realizó una comparación de los registros históricos con los del periodo de cuarentena en el cantón Ambato. Según Sailema las ciudades grandes que registraron un consumo de agua potable máximo histórico justo después de la cuarentena. Pudo ser debido a que, las personas que salieron de una ciudad grande hacia poblaciones aledañas comenzaron a retornar y tras su regreso aplicaron medidas de higiene contra el COVID-19 de manera más estricta (desinfección, constante lavado de manos), lo que complementa lo mencionado por Jiménez (2021). Por otro lado, el coeficiente de variación de consumo (Kd) calculado de 1.345 para Ambato, no coincide con la propuesta de coeficientes (Kd) para poblaciones menores a 150 000 habitantes de Salazar (2020).

2.2 MARCO TEÓRICO

Demanda de agua potable

Todos los sistemas de agua potable de pueblos, cantones y metrópolis deberían estar en la capacidad de proveer a cada uno de sus pobladores una dotación de 100 l/hab/día según la OMS. Con una dotación de 100 litros de agua de buena calidad a disposición las 24 horas del día una persona podría cubrir sus necesidades de manera óptima.

Variación de consumo de agua potable

La estimación de la variación diaria y horaria de consumo de agua en una población se torna importante ya que, es un condicionante que influye directamente en la cantidad de agua que se debe suministrar tanto a la captación, reservorios y conducción para cubrir la demanda de agua. Además, el comportamiento de variación diaria y horaria en las poblaciones puede ir cambiando con el paso de los años producto de múltiples factores (Huaquisto & Chambilla, 2019).

Coefficiente de variación K_d

El coeficiente de variación de consumo es un valor numérico que indica la relación entre el gasto máximo y el gasto medio que conduciría la tubería. La función del coeficiente (K_d) es estabilizar los consumos diarios de una población para el cálculo del caudal máximo en los diseños de sistemas de agua potable (Huaquisto & Chambilla, 2019).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

El presente estudio es de carácter investigativo y emplea un método cuantitativo de forma estructurada que permite recopilar y analizar la información necesaria requerida. Para el proceso se utiliza herramientas matemáticas (Excel) y estadísticas (Minitab). La finalidad del estudio es llegar al problema de investigación proponiendo una solución en forma numérica, en este caso un valor de coeficiente de variación de consumo (Kd).

A tra vez de un diagrama se presenta el desarrollo de la investigación.

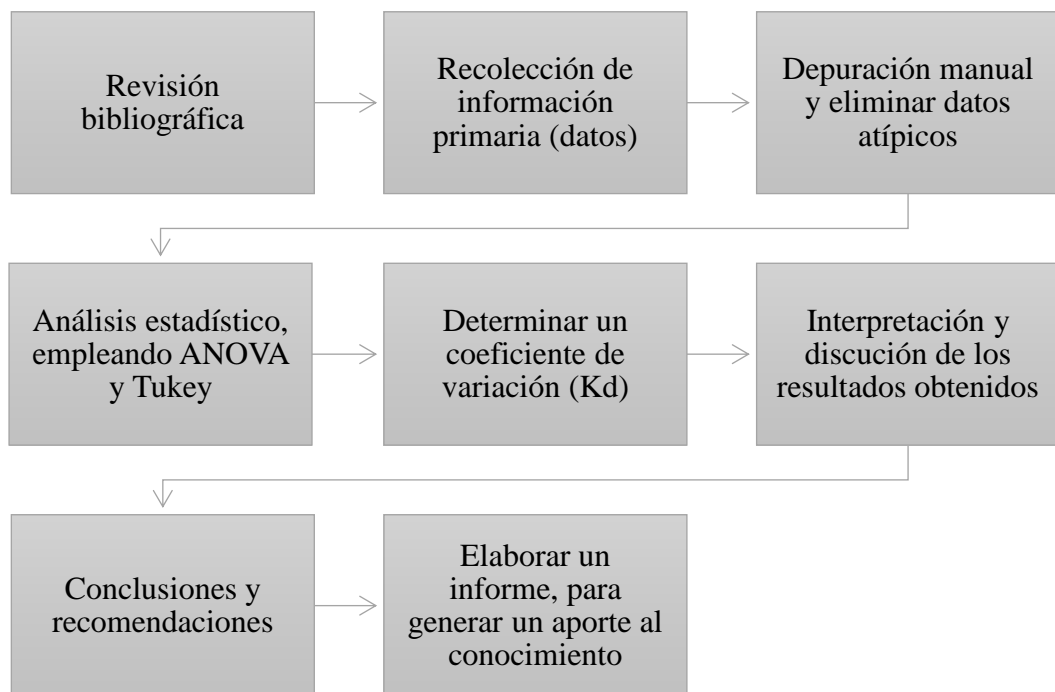


Ilustración 2. Proceso del desarrollo de la investigación

Fuente: Caicedo A. (2022)

De forma preliminar para la presente investigación empezó por compilar documentos con información veraz y que sea útil para el estudio, referente a temas relacionados con el consumo de agua potable. La información compilada es proveniente de: Repositorios Universitarios, ReserchGate, Google Académico, Scopus, ProQuest y Revistas Científicas Digitales (Novasinerгия).

Se definió la posible zona de estudio, en primera instancia se verificó que pudieran contar con información necesaria para llevar a cabo la investigación.

Los registros históricos fueron proporcionados vía correo electrónico por la empresa a cargo del servicio de agua potable del cantón Ibarra EMAPA-I bajo la responsabilidad de la Señora Katherine Mishel Guatemal Serrano encargada del departamento de auditoría interna. Los datos proporcionados corresponden al consumo mensual de agua potable por usuario en m³, recalando que un usuario representa un contador o medidor de agua.

Tabla 3. Datos de análisis del cantón Ibarra

Ciudad	N° Habitantes	N° Usuarios	Datos Desde	Datos Hasta	N° Meses	Total, de Datos
IBARRA	181 175	38 118	Enero 2010	Julio 2021	139	4 532 730

Fuente: Caicedo A. (2022)

En Microsoft Excel se organizó los consumos por años y se ordenó en forma ascendente los valores. Se realizó una depuración manual de datos con valor cero, negativos y celdas vacías. Los datos depurados manualmente pudieran ser debido a lecturas erróneas de los aguateros, medidores con desperfectos o a su vez a fugas domiciliarias.

En la depuración manual se encontró datos anómalos. Se desconoce la razón que los datos pertenecientes al año 2016 están registrados también como datos de consumo en el año 2015. Se optó por eliminar todos los datos pertenecientes al año 2015. Si se consideran años con datos duplicados podría provocar alteraciones en el análisis de los resultados que se desean encontrar.

Se procedió a ingresar al software Minitab los datos depurados manualmente y por medio de la función de cajas, se encontró y eliminó valores atípicos de cada mes y año. Una vez ubicada la primera gráfica de cajas y bigotes, se identificó los valores atípicos y se realizó una eliminación manual de atípicos utilizando rangos. El primer rango de eliminación de atípicos consistió en eliminar todos los valores superiores a 1000. El segundo rango de eliminación consistió en eliminar valores entre 1000 a 500. En el tercer rango se eliminó valores de entre 500 a 200. Para el cuarto rango se eliminó valores de entre 200 y 100. Para el quinto y último rango se eliminó los valores atípicos entre 100 y el límite superior del bigote de la caja correspondiente de cada mes y año. Finalmente se obtuvo diagramas de cajas y bigotes limpios sin valores atípicos.

La función de cajas y bigotes permite evaluar y comparar, la forma, tendencia, y variabilidad de distribución de los datos. A través de una gráfica en forma de caja se muestra la mediana, bigotes y rangos intercuartiles de cada grupo de datos. (Minitab18, 2019).

Donde:

- **Mediana:** es la medida común del centro de los datos y está representada por una línea dentro de la caja.
- **Caja rango intercuartil:** se muestra como el 50% intermedio de los datos.
- **Bigotes:** son valores con poca frecuencia pero que se deben considerar, muestran los rangos del 25% de valores mínimos y también 25% de valores máximos de los datos. Están representados con una línea vertical tanto hacia arriba y abajo de la caja.
- **Valores Atípicos:** son datos que están muy distantes de la muestra que deben ser eliminados y están representados con un asterisco (*).

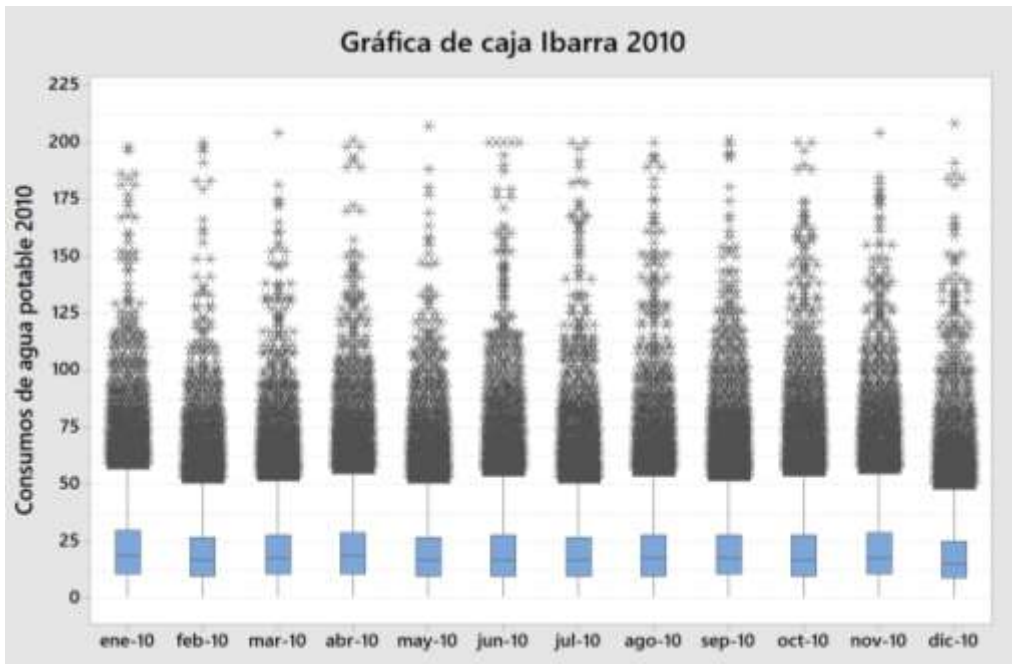


Ilustración 3. Diagrama de Cajas y Bigotes con atípicos

Fuente: Caicedo A. (2022)

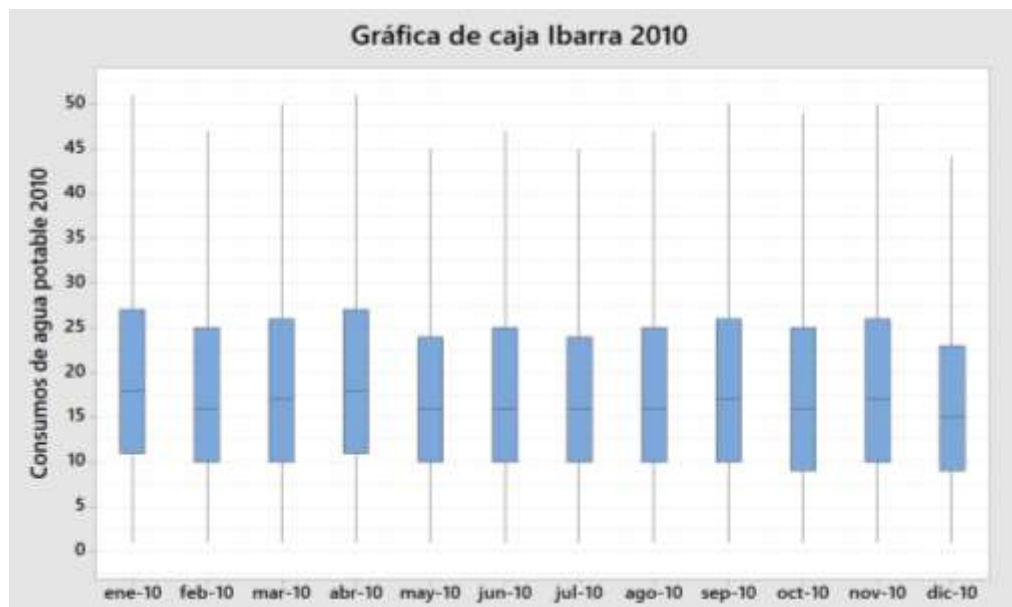


Ilustración 4. Diagrama de Cajas y Bigotes sin atípicos

Fuente: Caicedo A. (2022)

Una vez que ya se tienen datos sin valores atípicos. Se procede a realizar las pruebas de normalidad y homocedasticidad. La prueba de normalidad muestra si el conjunto de datos que se tiene como muestra tiene una distribución normal, es decir que si cogemos una gran cantidad de valores de un conjunto de datos y se construye un polígono con una variable continua y da como resultado una gráfica en forma de campana, entonces ese conjunto de datos del cual se tomó la muestra se diría que tiene una distribución normal (Minitab18, 2018).

Existen tres tipos de prueba de normalidad, pero para este caso se utilizó la prueba de normalidad de Anderson-Darling, es la prueba más utilizada y recomendada por los investigadores para este tipo de estudios.

Para saber si los datos tienen una distribución normal, se debe comprobar que el valor p arrojado por el minitab debe ser menor a 0.05, caso contrario los datos tienen una distribución no normal.

En el caso de tener una muestra datos con una distribución no normal se puede pasar al siguiente paso del análisis basándose en el teorema del límite central, siempre y cuando la muestra en estudio sea lo suficiente grande. El teorema del límite central menciona que, la distribución de la media de los datos se acerca a la distribución normal mientras más grande sea el tamaño de la muestra. Un tamaño de muestra de 20 datos ya es considerado como suficiente (Minitab18, 2018).

La prueba de homocedasticidad o conocida como homogeneidad de varianzas, permite ver si los datos en análisis están distribuidos aleatoriamente tanto a hacia la parte superior e inferior de un eje cero. La verificación de la distribución se la realiza por medio de la función de gráfica de residuos vs ajustes (Minitab19, 2020).

En caso de tener una distribución normal o su vez se cumple con una muestra grande de datos y también se cumple con una distribución aleatoria de los datos, se continua al análisis estadístico empleando ANOVA. El análisis de varianza de ANOVA pretende identificar si todas las medidas de las medias son iguales o son significativamente diferentes. El análisis ANOVA plantea una hipótesis nula y una hipótesis alternativa.

Donde:

- **Hipótesis nula:** todas las medias son iguales.
- **Hipótesis alternativa:** no todas las medias son iguales.
- **Nivel de significancia α :** 0.05

Si el valor p es mayor que el nivel de significancia $\alpha=0.05$, se acepta la hipótesis nula y se dice que todas las medias de la muestra son iguales. Pero si el valor p es menor que el nivel de significancia $\alpha=0.05$, se acepta la hipótesis alternativa y se dice que por lo menos un valor de la media de la muestra es diferente.

Cuando en el análisis de ANOVA se acepta la hipótesis alternativa, se procede a realizar la prueba de Tukey para agrupar en rangos los valores de las medias. Con un nivel de significancia del 95%, una comparación en parejas de Tukey agrupa por rangos los consumos de todos los meses y años que sean significativamente iguales. Es decir, los consumos de cualquier mes y año que sean significativamente iguales reciben la asignación de una letra.

Con graficas de intervalos se puede analizar y realizar una comparación de picos de consumos máximos y mínimos de cada mes y año.

Para hallar el coeficiente de variación de consumo máximo diario, se despeja (Kd) de la ecuación [Ec. 1] .

Dando como resultado la siguiente expresión:

$$Kd = \frac{Q_{\text{máx. dia}}}{Q_{\text{med. diario}}} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Donde:

- **Kd:** coeficiente de variación de consumo del cantón Ibarra.
- **Qmáx. dia:** consumo de agua mensual máximo de los registros históricos del cantón Ibarra.
- **Qmed.diario:** promedio del consumo de agua de los registros históricos del cantón Ibarra.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

De 4 532 730 datos crudos de consumos de agua potable de Ibarra, al realizar la depuración manual y eliminación de valores atípicos por medio de la función de cajas y bigotes del minitab, 3 357 491 datos son válidos para ser analizados estadísticamente.

Tabla 4. Muestras analizadas.

Ciudad	Registros mensuales primarios	Datos: negativos, ceros, celdas vacías y anómalos	Datos: atípicos (cajas y bigotes)
IBARRA	4 532 730	941 190	234 049

Fuente: Caicedo A. (2022)

Prueba de normalidad y homocedasticidad

Al realizar la prueba de normalidad de Anderson-Darling, el minitab arroja que la distribución de los datos es no normal, ya que el valor “p” es menor a 0.0005. La gráfica de la prueba de normalidad se muestra de la siguiente manera:

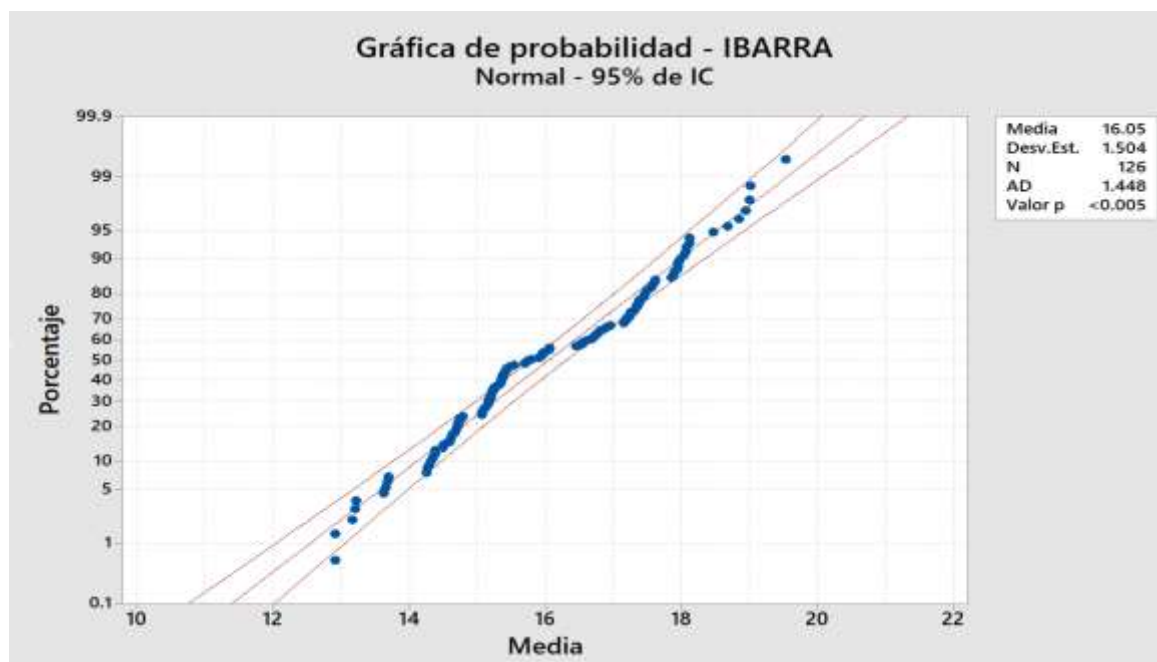


Ilustración 5. Gráfica de probabilidad

Fuente: Caicedo A. (2022)

Al aplicar la prueba de homocedasticidad en el minitab, la gráfica de residuos vs ajustes muestra una distribución aleatoria de los datos.

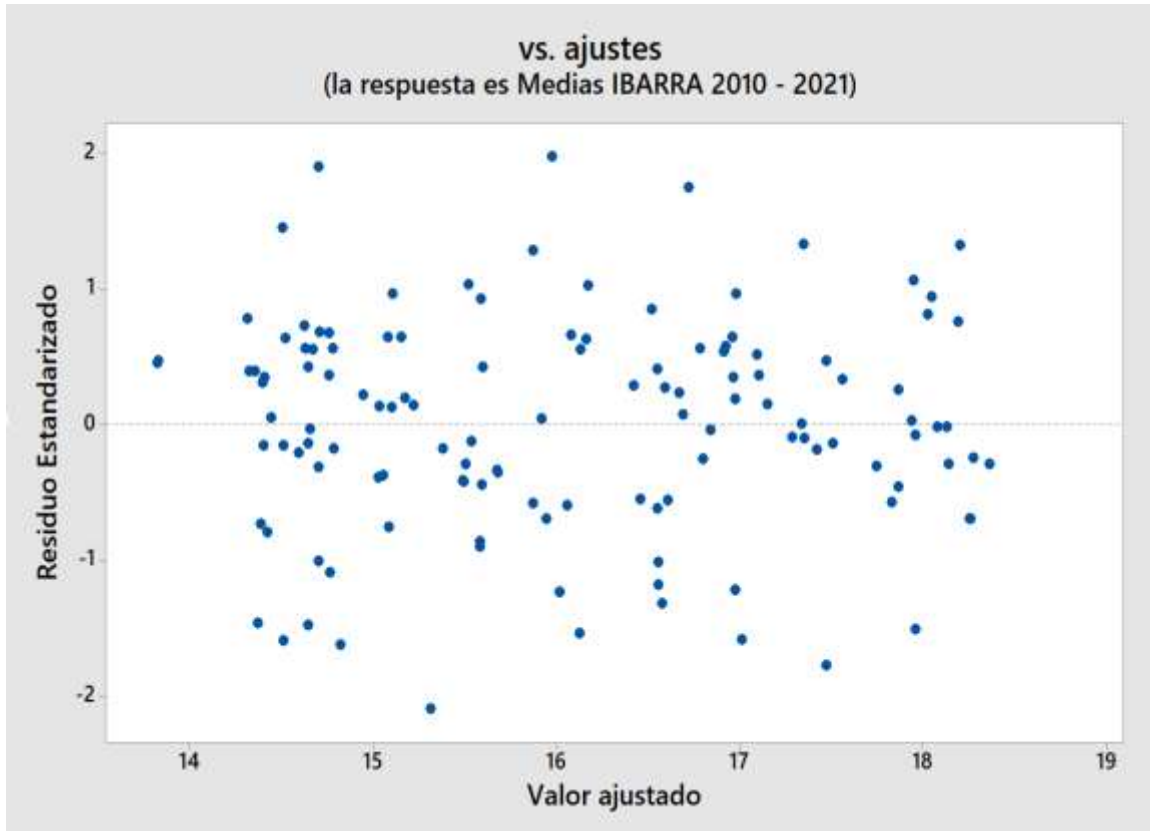


Ilustración 6. Gráfica de residuos vs. ajustes

Fuente: Caicedo A. (2022)

Transformación de datos no normales

Se utilizó la transformación de Johnson para intentar convertir los datos no normales a datos normales. Los datos son resistentes a la transformación, ya que el valor “p” con la transformación de Johnson es de 0.020. El valor de significancia requerido para que los datos sean considerados normales es de 0.05.

Debido a la cantidad de datos en análisis, se aplica la teoría de limite central y se continuó al análisis estadístico de ANOVA.

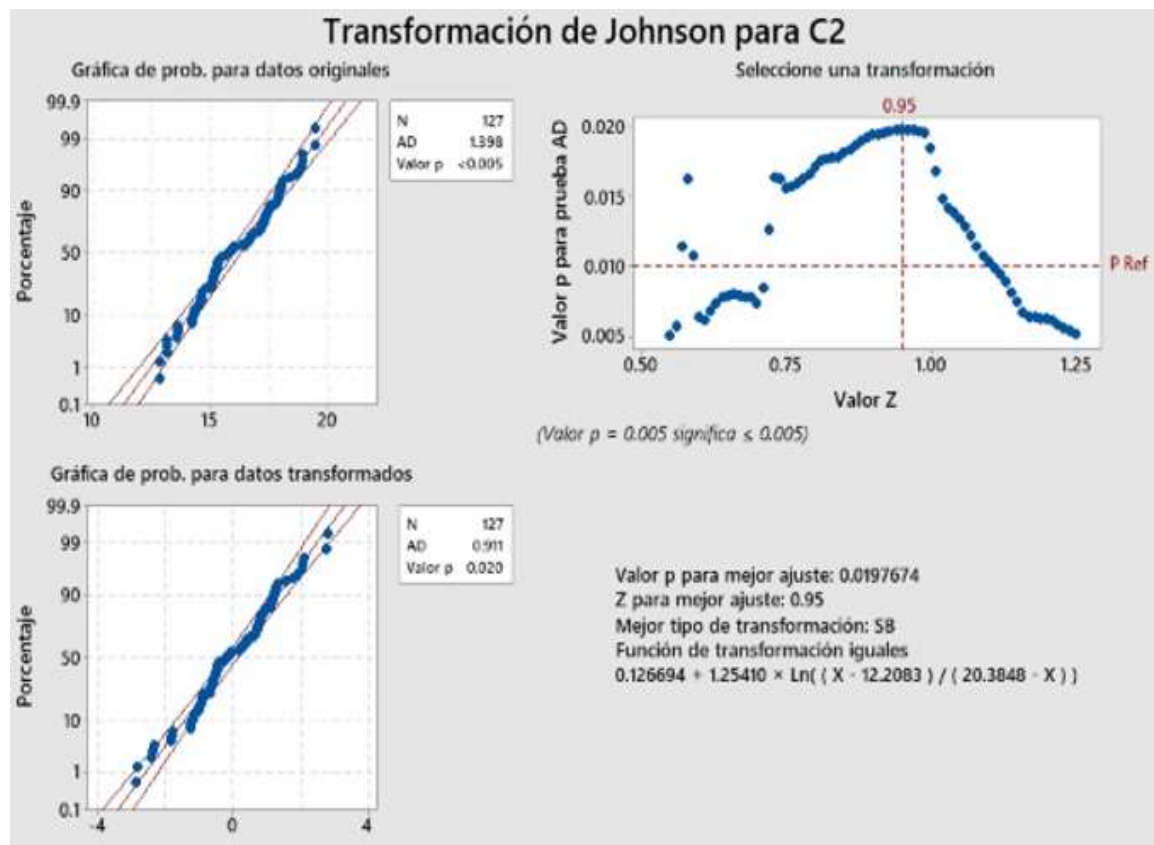


Ilustración 7. Transformación de Johnson

Fuente: Caicedo A. (2022)

Análisis de ANOVA

En el análisis de varianzas de medias se obtuvo que “p” es de 0.000, valor que es menor al nivel significancia 0.05 por tal razón se rechazó la hipótesis nula. Por lo tanto, al menos un valor de las medias es diferente.

A continuación, se muestra la tabla de resultados.

Donde:

- **GL:** son los grados de libertad.
- **SC Ajust:** es la suma ajustada de cuadrados.
- **MC Ajust:** es el cuadrado medio ajustado.

- **Valor F:** es la variación entre las medidas de muestras/variación en las muestras.
- **Valor p:** es el nivel de significancia.

Tabla 5. Análisis de varianzas de medias

Población	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
	Factor	126	7540406	59844.5	655.73	0.000
Ibarra	Error	3357664	306435652	91.3		
	Total	3357790	313976058			

Fuente: Caicedo A. (2022)

Prueba de Tukey

Los resultados de la comparación en parejas de Tukey recibieron la siguiente agrupación: las medias históricas con valor más alto comparten la letra “A”, las medias históricas más bajas comparten asignación en la letra “AP”.

Los meses pertenecientes a la cuarentena marzo, abril, mayo y junio del 2020 fueron resaltados en color amarillo para notar el contraste en comparación con los registros históricos.

Tabla 6. Agrupación en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación											
ene-10	20772	19.5478	A											
abr-10	21084	19.5242	A											
nov-10	21727	19.0100	B											
ene-11	21476	18.9871	B											
mar-10	21114	18.9428	B											
sep-10	21533	18.8337	B C											
ene-12	23229	18.6730	B C											
jun-20	24802	18.4650	C D											
jul-11	21936	18.1180	D E											
ago-10	21266	18.1085	D E											
jun-10	20676	18.0716	D E											
oct-10	21394	18.0573	E											
feb-10	20904	18.0225	E											
may-11	21747	17.9673	E F											
ene-16	26676	17.9486	E F											
ago-12	24150	17.9436	E F G											
nov-11	22916	17.9375	E F G											
sep-11	22696	17.8883	E F G											
abr-11	21693	17.8765	E F G H											
mar-11	21242	17.8434	E F G H I											
oct-12	24203	17.6028	F G H I J											
ene-13	23873	17.6013	F G H I J											
may-10	20945	17.5620	F G H I J K											
jul-10	20958	17.5536	G H I J K L											
sep-12	24301	17.4943	H I J K L M											
jul-12	23842	17.4625	I J K L M											
nov-12	24323	17.4488	I J K L M											
ago-11	22232	17.4373	J K L M											
jun-11	21931	17.4031	J K L M											
oct-13	25310	17.3710	J K L M											
oct-11	22831	17.3654	J K L M											
abr-12	23254	17.3441	J K L M											
ene-14	24654	17.3379	J K L M											
feb-13	24193	17.3106	J K L M N											
jun-12	23730	17.2976	J K L M N											
feb-11	22023	17.2511	J K L M N O											
mar-12	23217	17.2494	J K L M N O											
dic-11	23054	17.2273	J K L M N O P											

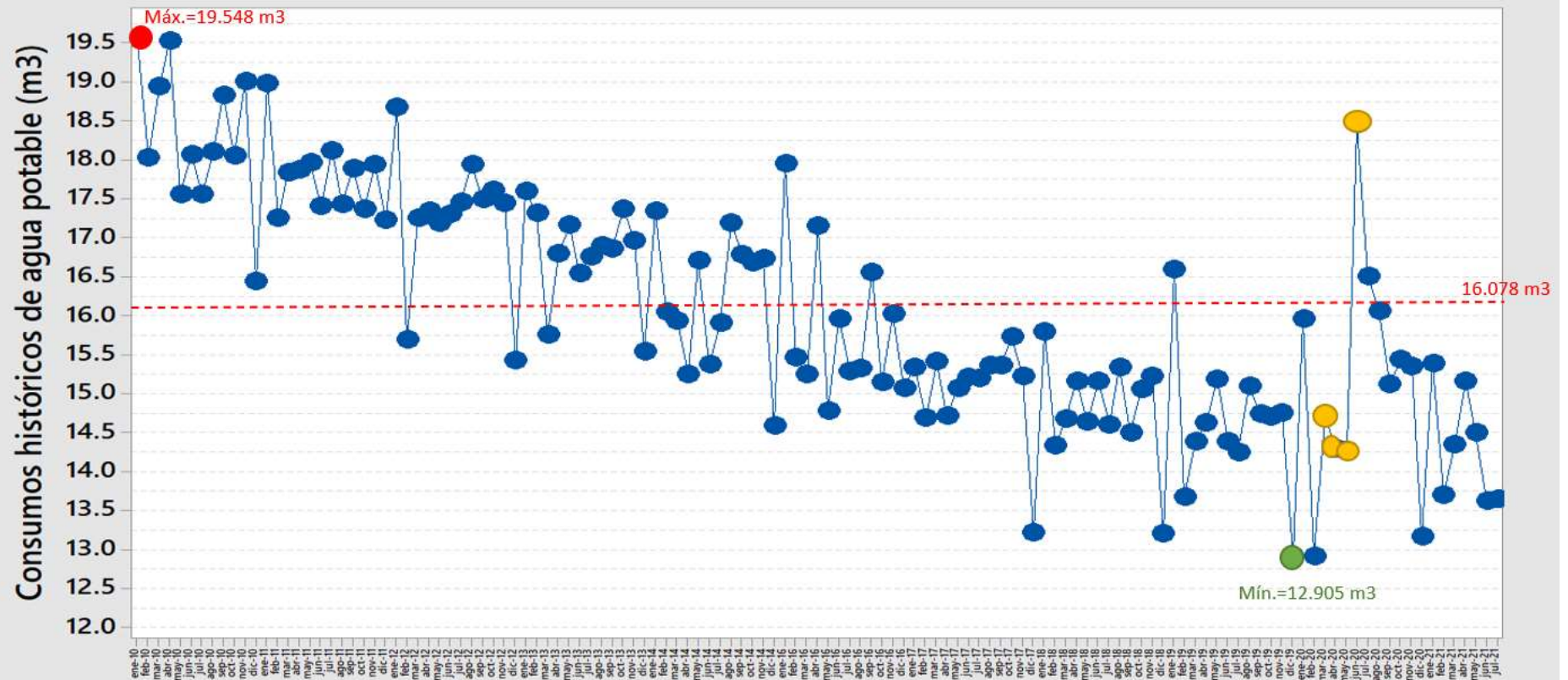
feb-21	29875	13.6963	AO
feb-19	29721	13.6712	AO
jul-21	30671	13.6500	AO
jun-21	30587	13.6220	AO
dic-17	28342	13.2159	AP
dic-18	29575	13.1989	AP
dic-20	30027	13.1637	AP
feb-20	30363	12.9139	AP
dic-19	30709	12.9051	AP

Fuente: Caicedo A. (2022)

Gráficos de intervalos

En la gráfica se muestra que el consumo de agua máximo histórico es de 19.548 m³ que se produjo en enero del 2010, el consumo de agua mínimo histórico es de 12.905 m³ que se produjo en diciembre del 2019, mientras que la media de consumo de agua histórica es 16.078 m³.

Gráfica de intervalos de IBARRA 95% IC para la media



Las desviaciones estándar individuales se utilizaron para calcular los intervalos.

- Meses de cuarentena
- Consumo máximo histórico
- Consumo mínimo histórico
- - - Media histórica

Ilustración 8. Gráfica de Intervalos de Ibarra

Fuente: Caicedo A. (2022)

Estadística descriptiva

Tabla 7. Resumen de medias históricas 2010-2021 de Ibarra (m³/usuario/mes)

Mes/ Año	2010	2011	2012	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Enero	19.548	18.987	18.673	17.601	17.338	17.949	15.338	15.791	16.599	15.953	15.388
Febrero	18.023	17.251	15.696	17.311	16.05	15.462	14.683	14.327	13.671	12.914	13.696
Marzo	18.943	17.843	17.249	15.754	15.93	15.25	15.411	14.673	14.38	14.712	14.35
Abril	19.524	17.877	17.344	16.796	15.251	17.15	14.711	15.162	14.618	14.291	15.155
Mayo	17.562	17.967	17.193	17.159	16.702	14.781	15.065	14.633	15.183	14.271	14.491
Junio	18.072	17.403	17.298	16.545	15.368	15.958	15.206	15.162	14.381	18.465	13.622
Julio	17.554	18.118	17.463	16.761	15.903	15.289	15.195	14.602	14.247	16.506	13.65
Agosto	18.109	17.437	17.944	16.902	17.193	15.326	15.365	15.34	15.089	16.061	
Septiembre	18.834	17.888	17.494	16.862	16.788	16.55	15.359	14.5	14.744	15.121	
Octubre	18.057	17.365	17.603	17.371	16.681	15.141	15.724	15.061	14.7	15.433	
Noviembre	19.01	17.937	17.449	16.957	16.732	16.02	15.221	15.223	14.746	15.351	
Diciembre	16.444	17.227	15.421	15.536	14.585	15.071	13.216	13.199	12.905	13.164	

Consumo máximo histórico
 Consumo mínimo histórico
 Consumo en meses de cuarentena

Fuente: Caicedo A. (2022)

Para reflejar de manera más clara el comportamiento de los consumos de agua potable de la población de Ibarra, se elaboró una tabla de colores tipo semáforo que muestra el consumo (m³/usuario/mes) en 3 rangos: consumo bajo de 12.905 a 15.119, consumo medio de 15.120 a 17.334 y consumo alto de 17.335 a 19.548.

Tabla 8. Tabla de consumos de agua de medias tipo semáforo (m³/usuario/mes)

Mes/ Año	2010	2011	2012	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Enero	19.548	18.987	18.673	17.601	17.338	17.949	15.338	15.791	16.599	15.953	15.388
Febrero	18.023	17.251	15.696	17.311	16.05	15.462	14.683	14.327	13.671	12.914	13.696
Marzo	18.943	17.843	17.249	15.754	15.93	15.25	15.411	14.673	14.38	14.712	14.35
Abril	19.524	17.877	17.344	16.796	15.251	17.15	14.711	15.162	14.618	14.291	15.155
Mayo	17.562	17.967	17.193	17.159	16.702	14.781	15.065	14.633	15.183	14.271	14.491
Junio	18.072	17.403	17.298	16.545	15.368	15.958	15.206	15.162	14.381	18.465	13.622
Julio	17.554	18.118	17.463	16.761	15.903	15.289	15.195	14.602	14.247	16.506	13.65
Agosto	18.109	17.437	17.944	16.902	17.193	15.326	15.365	15.34	15.089	16.061	
Septiembre	18.834	17.888	17.494	16.862	16.788	16.55	15.359	14.5	14.744	15.121	
Octubre	18.057	17.365	17.603	17.371	16.681	15.141	15.724	15.061	14.7	15.433	
Noviembre	19.01	17.937	17.449	16.957	16.732	16.02	15.221	15.223	14.746	15.351	
Diciembre	16.444	17.227	15.421	15.536	14.585	15.071	13.216	13.199	12.905	13.164	

Consumo alto
 Consumo medio
 Consumo bajo

Fuente: Caicedo A. (2022)

Se halló el promedio aritmético de consumo de cada mes y se lo muestra a través de un diagrama de barras, que representa el consumo medio de todo el registro histórico en cada uno de los meses.

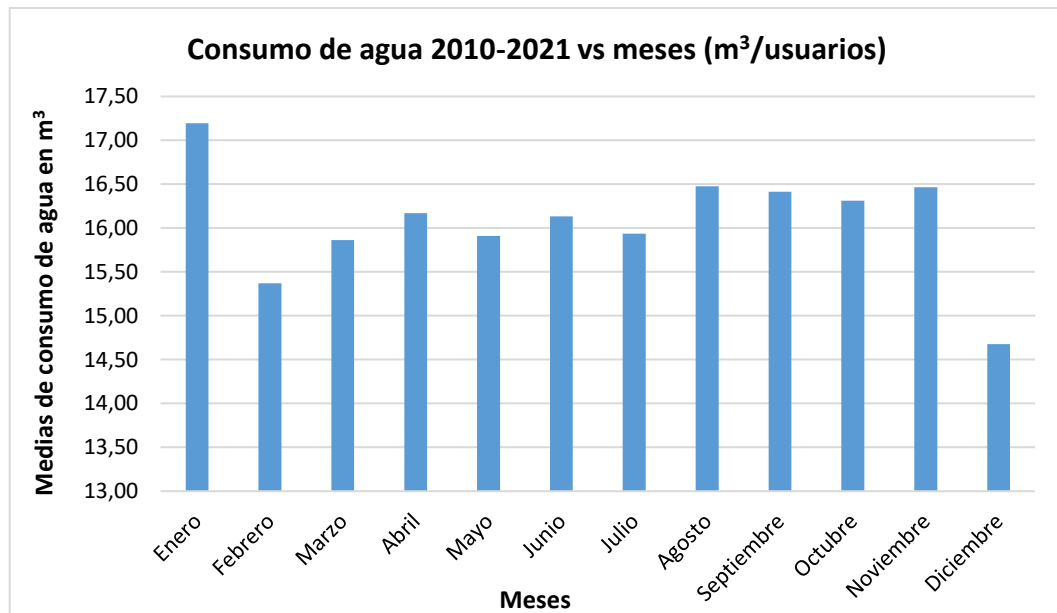


Ilustración 9. Gráfica de consumo medio de los meses de los registros históricos

Fuente: Caicedo A. (2022)

Coefficiente de variación de consumo (Kd)

A través de una tabla se muestra el resultado del coeficiente de variación de consumo (Kd) para el cantón Ibarra al aplicar la [Ec. 2].

Donde:

- **Población:** es la ciudad en análisis.
- **Habitantes:** es el total de habitantes según el Censo INEC de 2010.
- **Número de usuarios:** es la cantidad de usuarios de agua potable residenciales hasta junio 2021.

- **Media de consumo:** es el promedio de consumo de agua de todos los meses analizados m³/mes.
- **Consumo máximo histórico:** es el mayor consumo de agua registrado a lo largo de todos los años en análisis.
- **Kd:** es el coeficiente de variación de consumo para el cantón Ibarra.

Tabla 9. Resultado de coeficiente de variación de consumo Kd

Población	Habitantes	Número de usuarios	Media de consumo	Consumo máximo histórico	Kd	Cobertura de agua potable (2014)
IBARRA	181 175	38 118	16.078	19.548	1.216	90.7 %

Fuente: Caicedo A. (2022)

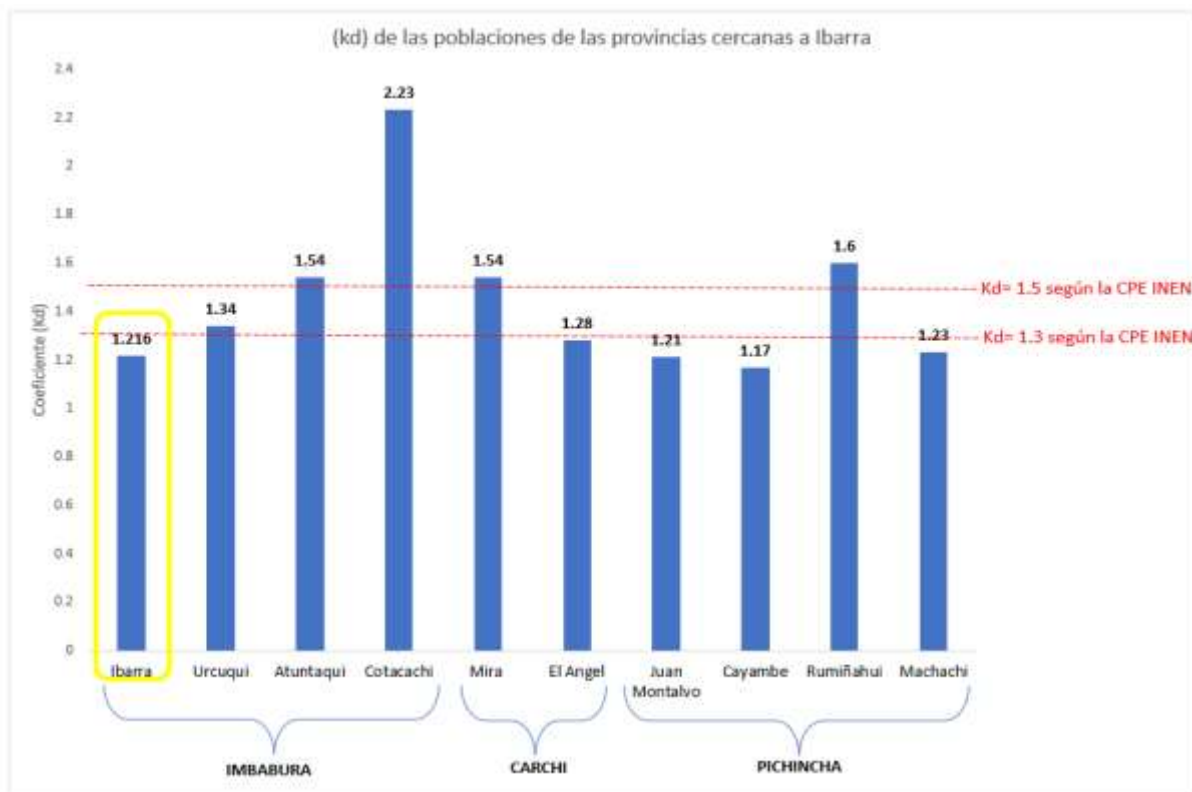


Ilustración 10. Comparación del coeficiente de variación de consumo Kd vs la Norma INEN

Fuente: Caicedo A. (2022)

4.2 DISCUSIÓN

En Ibarra se evidencia de forma muy marcada que existe una tendencia de reducción en el consumo de agua potable en el transcurso de los años. Si bien, son varios los factores que afectan la variabilidad del consumo de agua en una población, en el caso de Ibarra se produce una combinación de factores que coincidentemente ya fueron estudiados por Arellano & Lindao (2018), Peña (2019), Heras (2019) y Bravo & Merino (2018), y que posiblemente sean la causa de la disminución del consumo de agua en la población de Ibarra.

El factor de la gestión y calidad del agua Arellano & Lindao (2018). La población de Ibarra años atrás confiaba plenamente en la calidad del agua de la red pública, pero a partir del evento suscitado en el año 2002 en el que se contaminaron las redes de distribución de agua potable producto de una ruptura de la tubería de la red de aguas servidas, la población perdió la confianza en la calidad del agua. Las personas comenzaron a hervir el agua para poder consumirla. Con el paso de los años con un estilo de vida más agitado y una mejor situación económica de la población en general, los usuarios incluso tomaron la costumbre de adquirir bidones de agua y usar el agua de la red pública para el mínimo de actividades posibles.

Adicional al primer factor se suma el factor socio-económico en el consumo de agua potable Bravo & Merino (2018). A partir del año 2017 que coincide con el aumento de la tarifa de agua potable por m³, la tendencia de los registros muestra consumos de agua potable inferiores a la media. Se presume que, al elevar el costo del agua potable los usuarios empezaron a consumir menos, limitaron el uso de aparatos sanitarios innecesarios, tal vez comenzaron a controlar fugas que antes dejaban pasar por alto, y por ende esto afectó de manera negativa el nivel de consumo de agua. El cambio en el comportamiento del consumo de agua potable en Ibarra ratifica lo mencionado por Arellano et al, (2019). Subir la tarifa por

m³ de agua por parte de las empresas públicas o direcciones de agua potable es una herramienta o mecanismo que si funciona para controlar el uso excesivo de agua potable.

En los meses de cuarentena del 2020 marzo, abril y mayo se nota un patrón de consumo asociado al factor demográfico (emigración), que se ha venido repitiendo en otras ciudades en investigaciones que ya fueron realizadas anteriormente, como Ambato estudiado por Sailema (2021). En Ibarra, los 3 primeros meses de la cuarentena se registraron valores de consumos que están cercanos a los históricos más bajos. Debido a que, se paralizaron todos los sectores: comercial, educativo, inmobiliario, industrial y turístico. Se presume que, estudiantes, obreros que trabajan en fabricas o en la construcción y demás personas que no eran oriundas de Ibarra, pero residían en la ciudad por motivos de estudios, laborales o etc., salieron de Ibarra hacia sus lugares de origen o hacia ciudades donde tenían vínculos familiares por lo general poblaciones aledañas más pequeñas. Sostener gastos de arriendo o alimentación en ese periodo era difícil por la falta de empleo, o tal vez simplemente ya no querían permanecer en la ciudad por temor al virus. Por ende, los registros reflejaron una disminución del consumo en esos meses. En junio del 2020 que coincide con el fin del aislamiento las personas regresan a Ibarra en busca de empleo, etc. El retorno de las personas se ve reflejado en un consumo desahogado de agua que alcanza los 18.465 m³, que incluso está en el cuarto grupo de los registros históricos más altos.

Al analizar poblaciones más pequeñas y cercanas geográficamente a Ibarra, como por ejemplo Cotacachi estudiado por Anangonó & Chimarro (2022), registraron en esa ciudad un consumo de 23.17m³ en el mes de abril del 2020 que es de los más altos históricamente. Al igual que el cantón Mira estudiado por Jiménez (2021), en abril del 2020 registró un consumo de 17.89m³ que esta en el segundo rango de los registros históricos más altos. El cantón El Ángel estudiado también por Jiménez (2021), registró en marzo del 2020 un consumo de

15.84m³ que está dentro del tercer rango de los registros históricos más altos. El consumo alto de agua en los meses de abril y mayo en Cotacachi, Mira y El Ángel, coincide en que Ibarra en ese mismo periodo registro consumos de agua muy bajos. Posiblemente ese efecto o comportamiento en los consumos de agua de estas poblaciones cercanas geográficamente, sea causa del movimiento de personas de una ciudad a otra conocido como (emigración) debido a factores socio-económicos ya mencionado anteriormente.

Al comparar los valores de coeficientes (Kd) calculados con los registros de consumos históricos por número de usuarios de las poblaciones más cercanas geográficamente a Ibarra. El orden de los (Kd) tiene relación con lo mencionado por Salazar (2019) en su estudio de coeficientes (Kd) pero calculados de forma per cápita semestral. El coeficiente de variación de consumo en una ciudad superior al rango de 150 000 habitantes en este caso Ibarra, tiene un valor de (Kd) más bajo que el de las ciudades denominadas pequeñas (>8 000 hab) y medianas (8 000 a 30 000 hab).

Por otro lado, al comparar y observar la significativa cercanía del (Kd) de Ibarra y Riobamba (ciudad estudiada hasta el momento más grande dentro del rango de 150 000 habitantes). Se abre un espacio para un posterior estudio en el cual se incluya más ciudades con una población similar a Ibarra, en el que se deberá realizar otro tipo de análisis para ver si los (Kd) hallados para ciudades superiores a los 150 000 habitantes pueden ser considerados en el rango de los (Kd) de las ciudades denominadas grandes.

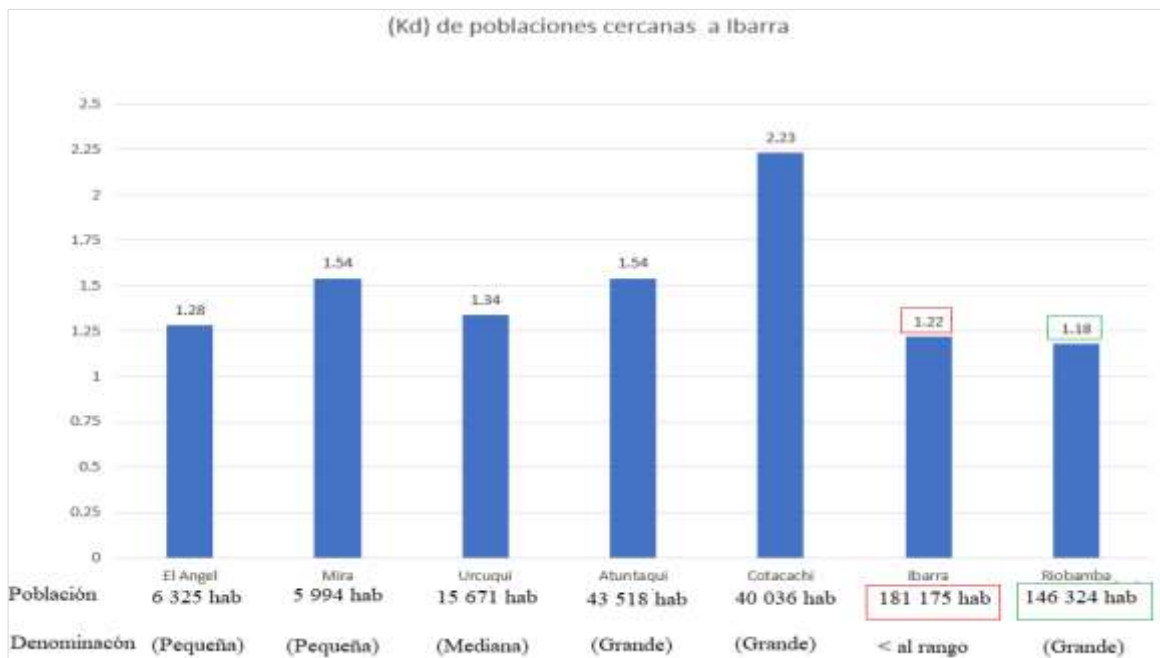


Ilustración 11. Comparación de valores (Kd)

Fuente: Caicedo A. (2022)

Al revisar los valores de coeficientes de variación de consumo de poblaciones de las provincias: Imbabura, Carchi y Pichincha, que son cercanas al lugar de estudio de esta investigación, **Ilustración 10**. Se confirma lo presumido Bayas (2018), la Norma Ecuatoriana CPE INEN 005-1 que se utiliza en la actualidad para diseños de agua potable es obsoleta y ambigua. Únicamente 1 de 10 poblaciones revisadas (Urcuqui) está en el rango (Kd) de 1.3 a 1.5 que recomienda la norma, las otras 9 poblaciones unas están por encima y otras por debajo del rango. Por lo tanto, es presumible que los parámetros y factores que utiliza la norma para seleccionar un valor de (Kd) están muy alejados de las verdaderas realidades poblaciones de consumo de agua de los cantones, comunidades, ciudades, etc.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Se recopilaron datos de Ibarra correspondientes al consumo mensual de agua potable en m³ de 38 118 usuarios de enero de 2010 a Julio de 2021, para una población de 181 175 habitantes según el censo del INEC 2010. Los datos fueron proporcionados por el departamento de auditoría interna, bajo la responsabilidad de la empresa pública EMAPA-I. Se obtuvieron 4 532 730 muestras primarias. Al aplicar una depuración celdas vacías, ceros, negativos y datos anómalos se retiraron 941 190 muestras. Al eliminar valores atípicos con cajas y bigotes se retiraron 234 049 muestras más. Finalmente, 3 357 491 muestras fueron procesadas estadísticamente.

Se analizaron las pruebas estadísticas de ANOVA y Tukey para establecer los rangos y el orden de las medias de consumos de los meses y se identificó 42 rangos de Tukey. Además, el consumo histórico más alto es en enero de 2010 con 19.548 m³ consumidos y el consumo histórico más bajo es en diciembre de 2019 con 12.905 m³ consumidos. Los consumos más altos en todos los años se producen el mes de enero a excepción del año 2017 y 2020 mientras que los consumos más bajos se producen en el mes de diciembre a excepción del año 2011, 2016, 2020.

Al comparar los registros históricos de consumo, se evidenció que existe un decrecimiento de la curva de consumo de agua potable de Ibarra en el transcurso de los años y mantiene una tendencia hacia la baja para los próximos años. Además, se evidenció que el factor de gestión y calidad del agua y el factor demográfico son los más influyentes en la variación de los consumos medios de agua potable.

Se determinó un valor de coeficiente de variación de consumo (Kd) para el cantón de Ibarra de 1.216. El coeficiente (Kd) calculado para el cantón Ibarra está por debajo del rango 1.3 y 1.5. Además, se comprobó que los (Kd) de una población son dinámicos debido a que podrían subir o bajar dependiendo de la acumulación de datos arriba o debajo de la media y también dependerá de factores que pudieran producir picos de consumos máximos históricos.

Se comparó los (Kd) de las poblaciones cercanas a Ibarra y 9 de las 10 poblaciones que se compararon están fuera del rango 1.3 y 1.5 que según recomienda la norma CPE INEN 005-9-1 para diseños de agua potable.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda que, para calcular los caudales de diseño para sistemas de agua potable en Ibarra, los diseñadores, planificadores y proyectistas encargados de los diseños tomen en cuenta el (Kd) hallado en la presente investigación. Además, se debe seguir monitoreando el comportamiento del consumo de aquí en unos 2 años más, debido a que, esto permitirá tener un valor más ajustado a la realidad poblacional del cantón Ibarra que permitirá tener diseños de suministros de agua potable más óptimos.

BIBLIOGRAFÍA

- Albaladejo, A. (8 de julio de 2020). Tendencias del consumo de agua tras la COVID-19. *Acciona*. <https://www.iagua.es/noticias/acciona/tendencias-consumo-agua-covid-19>
- Alcocer-Yamanaka, V.H. et al, (2009). *Análisis espectral de consumo doméstico de agua potable*. Instituto Mexicano de tecnología del agua.
- Arellano, A. & Peña, D. (2020). Modelos de regresión lineal para predecir el consumo de agua potable. *Novasinerгия*, ISSN 2631-2654, 3(1), 27–36. <https://doi.org/10.37135/ns.01.05.03>
- Arellano, A. & Lindao, V. (2019). Efectos de la gestión y la calidad del agua potable en el consumo del agua embotellada. *Novasinerгия*, ISSN 2631-2654, 2(1), 15–23. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.03.02>
- Arellano, A., Izurieta, C., Bravo, C., Merino, A., & Yépez, D. (2019). Desperdicio de agua a través del equipo sanitario. *Novasinerгия*, ISSN 2631-2654, 2(2), 68–74. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.04.07>
- Bravo, C. & Merino, A. (2018). *Incidencia de los factores socioeconómicos en el consumo del agua potable en poblaciones menores a 150 000 habitantes, en el Ecuador*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5083>
- Cazorla, M. & Sela, G. (2021). *Análisis de los consumos históricos de agua potable en los cantones Latacunga, Guamote y Chunchi*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7965>

- CENRE. (27 de octubre 2020). *Estudio revela disminución de 4.8 % en el consumo de agua potable durante la pandemia*, pág.1. Universidad de Chile.
- Climate-data.org (12 de 01 de 2022). *Clima Ibarra*. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-imbabura/ibarra-2964/>
- Eras, S. (2019). *Relación entre las fugas de agua y consumos de agua potable en el sector residencial*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5595>
- El Universo (15 de noviembre de 2002). *Ecuador decreta emergencia en Ibarra por agua contaminada*.
- EMAPA-I. (28 de abril de 2021). *Consumo de agua se duplicó en Imbabura durante el encierro*, pág.1. El Norte.
- Fernández, C. & Salazar, B. (2021). *Análisis de los consumos históricos de agua potable en cantones del Napo y Pastaza*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo].<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7965>
- Haley, M., Dukes, M., & Miller, G. (2007). Residential irrigation water use in Central Florida. *Journal of Irrigation and Drainage*. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2007\)133:5\(427\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2007)133:5(427))
- Huaquisto, S. & Chambilla, I. (2019). Análisis del consumo de agua potable en el centro poblado de Salcedo, Puno. *Investigación & Desarrollo*, ISSN 2518-4431. DOI: 10.23881/idupbo.019.1-9i

INEN. CPE INEN 005-9-1: Código Ecuatoriano de la construcción C.E.C. Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (1992).

Jiménez, C. (2021). *Comparación entre los consumos de agua potable durante la cuarentena del 2020 y los registros históricos en Imbabura y Carchi*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo].
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7276>

La Hora. (26 de abril de 2020). *Preocupa aumento de consumo de agua en medio del confinamiento*, pág.1.

Minitab18. (2018). *¿Qué es una distribución normal?* <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/what-is-the-normal-distribution/>

Minitab18. (2018). *¿Qué hacer con los datos no normales?* <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/what-to-do-with-nonnormal-data/>

Minitab18. (2019). *Interpretar los resultados clave para Gráfica de caja*.
<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/graphs/how-to/boxplot/interpret-the-results/key-results/>

Minitab19. (2020). *Graficas de residuos para graficas de línea ajustada*.
<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/statistical-modeling/regression/how-to/fitted-line-plot/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/residual-plots/>

- Molina, A., Mónica, P., & Serrano, J. C. (2018). *Agua, Saneamiento e Higiene, Medición de los ODS en Ecuador*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- Ortega, H. (2007). *Contexto general de Ibarra*.pág.1. Flacsoandes.
- Peña, D. (2019). *Categorización de los principales factores que afectan el consumo de agua potable*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo].
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6134>
- Sailema, K. (2021). *Análisis de los consumos históricos de agua potable en el cantón Ambato*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo].
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7997>
- Salazar, M. (2020). *Determinación del Coeficiente de variación del consumo diario de agua potable en ciudades menores a ciento cincuenta mil quinientos habitantes*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo].
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6442>
- Satelites.pro (06 de 12 de 2021). *Satelites.pro*.
https://satellites.pro/plano/mapa_de_Ecuador#Y-2.111781,-78.141198,7
- SENPLADES. (2014). Agua potable y alcantarillado para evitar la pobreza en el Ecuador.
<https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/FOLLETO-Agua-SENPLADES.pdf>
- Sorgato, V. (22 de marzo de 2018). En Ecuador se gasta 40% más agua que el promedio de la región. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/ecuador-gasto-agua-cifras-latinoamerica.html>