



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

**ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS HISTÓRICOS DE AGUA POTABLE EN LOS
CANTONES MACHACHI Y RUMIÑAHUI**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil.

Autores:

Lisbeth Maricela Ambato Viracocha

Elizabeth Alicia Machado Nieto

Tutor:

Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga. Mgs.

Riobamba - Ecuador

Año 2022

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros, **Lisbeth Maricela Ambato Viracocha** con cédula de ciudadanía **050302838-3** y **Elizabeth Alicia Machado Nieto** con cédula de ciudadanía **060450622-0**, autores del trabajo de investigación titulado: “**ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS HISTÓRICOS DE AGUA POTABLE EN LOS CANTONES MACHACHI Y RUMIÑAHUI**”, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra 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 depositables obligaciones.

En Riobamba, 07 Junio del 2022.

Lisbeth Maricela Ambato Viracocha
C.I: 050302838-3

Elizabeth Alicia Machado Nieto
C.I: 060450622-0

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 LOS CANTONES MACHACHI Y RUMIÑAHUI”, presentado por **Lisbeth Maricela Ambato Viracocha** con cédula de ciudadanía **050302838-3** y **Elizabeth Alicia Machado Nieto** con cédula de ciudadanía **060450622-0**, 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 07 de junio del 2022

Mgs. Carlos Israel Montalvo Montenegro
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. María Gabriela Zúñiga Rodríguez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. Alfonso Patricio Arellano Barriga
TUTOR



Firma



Lisbeth Maricela Ambato Viracocha
C.I: 050302838-3



Elizabeth Alicia Machado Nieto
C.I: 060450622-0

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 LOS CANTONES MACHACHI Y RUMIÑAHUI”**, presentado por **Lisbeth Maricela Ambato Viracocha** con cédula de ciudadanía **050302838-3** y **Elizabeth Alicia Machado Nieto** con cédula de ciudadanía **060450622-0**, bajo la tutoría de Mgs. 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 07 de junio del 2022

Presidente del Tribunal de Grado
Mgs. Marco Javier Palacios Carvajal



Firma

Mgs. Carlos Israel Montalvo Montenegro
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. María Gabriela Zúñiga Rodríguez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

CERTIFICACIÓN

Que, **AMBATO VIRACOCCHA LISBETH MARICELA** con CC: **050302838-3** y **MACHADO NIETO ELIZABETH ALICIA** con CC: **060450622-0**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA CIVIL, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS HISTÓRICOS DE AGUA POTABLE EN LOS CANTONES MACHACHI Y RUMIÑAHUI**", cumple con el 1 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **OURIGINAL (URKUND)**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 13 de mayo del 2022



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

Mgs. Alfonso Patricio Arellano Barriga
TUTOR

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Alfonso Arellano, en calidad de Tutor del proyecto de titulación, cuyo tema es: “**ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS HISTÓRICOS DE AGUA POTABLE EN LOS CANTONES MACHACHI Y RUMIÑAHUI**”, CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigativo ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a las Señoritas **Lisbeth Maricela Ambato Viracocha & Elizabeth Alicia Machado Nieto** para que se presenten ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su proyecto de investigación.

Atentamente.



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

Mgs. Alfonso Patricio Arellano Barriga

TUTOR (A)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a Santísima Cruzecita por ser mi guía y llenar de bendiciones en toda mi etapa universitaria.

Gracias mi universidad por permitirme convertir en una profesional en lo que tanto me apasiona

A mis padres María y Raúl que fueron mi motor principal durante este proceso, gracias por su esfuerzo y sacrificio que me brindaron cada día, enseñándome lo que es ser responsable ante cualquier circunstancia. Gracias por estar siempre presente a lo largo de este camino para llegar a cumplir mi sueño anhelado.

A mis hermanos especialmente a mi hermano Paul que me daba palabras de aliento y apoyo incondicional para seguir triunfando cada día.

A mis docentes por compartir sus conocimientos para llegar a ser una profesional de bien y sobre todo agradezco al Ing. Alfonso Arellano por guiarme y por la suficiente paciencia que me tuvo para desarrollar este proyecto de investigación.

Lisbeth Maricela Ambato Viracocha

DEDICATORIA

Dedico a Dios y mis padres ya que fueron mi gran motivación para seguir triunfando y nunca darme por vencida para cumplir con mi sueño anhelado con éxito.

A mis hermanos que siempre estuvieron presente en esta etapa y pueda decirle que todo esfuerzo tiene su recompensa.

A mi ángel en el cielo mamita Carlotita gracias por sus consejos y las bendiciones que me brindaba cada vez que la visitaba, cuando viajaba cada fin de semana.

A mí por todo el esfuerzo, la dedicación y responsabilidad que impuse en mi etapa universitaria para nunca rendirme hasta llegar a la meta y poder gritar con alegría que lo logré.

Lisbeth Maricela Ambato Viracocha

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y mi niño Guillito por guiarme y bendecirme en cada paso de mi formación profesional.

A la Universidad Nacional de Chimborazo por cada una de sus enseñanzas durante este periodo de aprendizaje.

A mi padre Miguel Ángel y en especial a mi madre Narciza que fue el pilar fundamental de este logro, por sus cuidados, esfuerzos y sacrificios que me brindo cada día.

A mi esposo e hija por todo el apoyo durante este proceso agradezco cada una de sus muestras de cariño y amor puro, por enseñarme que nada es imposible y que todo sueño se puede lograr.

De manera especial a mi tutor Ing. Alfonso Arellano por compartir sus conocimientos, experiencias, por su colaboración y paciencia durante el proceso de investigación.

Elizabeth Alicia Machado Nieto

DEDICATORIA

A mi madre cuyo apoyo en cada etapa de mi vida ha sido incondicional, por luchar sobre todo para verme triunfar.

A mi esposo por ser mi soporte, por cada palabra de aliento, esfuerzo y el apoyo brindado en cada momento durante mi formación profesional.

A mi hija Emily por ser el motor de mi vida por su compañía durante esas largas noches de estudio y saber que este triunfo también te pertenece.

A mis abuelos Alicita y Luis que siempre me cuidaron y velaron por mi bienestar para que hoy puedan ver que todo esfuerzo tiene su recompensa.

Elizabeth Alicia Machado Nieto

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	15
INTRODUCCIÓN.....	15
OBJETIVOS.....	21
Objetivo General.....	21
Objetivos Específicos	21
CAPÍTULO II.....	21
MARCO REFERENCIAL	21
CAPÍTULO III	24
METODOLOGÍA.....	24
CAPÍTULO IV	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
RESULTADOS	28
DISCUSIÓN.....	44
CAPÍTULO V	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
CONCLUSIONES.....	47
RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS.....	52

ÍNDICE-DE-FIGURAS

Figura 1.- <i>Ubicación Geográfica del Cantón Rumiñahui y Machachi</i>	17
Figura 2.- <i>Secuencia del proceso de la investigación</i>	24
Figura 3.- <i>Esquema de cajas y bigotes con valores atípicos</i>	26
Figura 4.- <i>Esquema de cajas y bigotes sin valores atípicos</i>	26
Figura 5.- <i>Prueba de normalidad - Rumiñahui y Machachi</i>	29
Figura 6.- <i>Transformación de Johnson- cantón Rumiñahui</i>	30

Figura 7.- Transformación de Johnson- cantón Machachi	31
Figura 8.- Gráficas de Residuos vs. Ajuste de medias de Machachi y Rumiñahui.....	32
Figura 9.- Gráfica de Intervalos – Machachi	37
Figura 10.- Gráfica de Intervalos – Rumiñahui	38
Figura 11.- Gráfica de variación de consumo por años en relación con los meses de cuarentena de los años 2020 en Machachi	40
Figura 12.- Comparación de registro histórico de consumo en relación con los meses de cuarentena de 2020 – Rumiñahui (2018-2021).....	41
Figura 13.- Variación de Consumo durante los meses de cuarentena en el cantón Rumiñahui-Machachi	41
Figura 14.- Comparación de coeficiente Kd vs Norma INEN 005-9-1	43
Figura 15.- Coeficientes de variación (Kd) de ciudades cercanas a la zona de estudio.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Sectores y periodo de análisis	18
Tabla 2.- Caudales de diseño de un sistema de agua potable	19
Tabla 3.- Muestra de Análisis de los cantones Rumiñahui y Machachi.....	25
Tabla 4.- Cuadro estadístico de datos depurados	28
Tabla 5.- Análisis de Varianza de medias de los cantones en análisis.	33
Tabla 6.- Agrupación de Tukey – Machachi.....	33
Tabla 7.- Agrupación de Tukey – Rumiñahui	36
Tabla 8.- Resumen del consumo promedio histórico de AP del cantón Machachi	39
Tabla 9.- Resumen del consumo promedio histórico de AP del cantón Rumiñahui.....	39
Tabla 10.- Cálculo del coeficiente de variación (Kd) de Rumiñahui y Machachi	42
Tabla 11.- Medias Históricas de consumo de agua potable.....	44

RESUMEN

En los últimos años, el diseño de las redes de agua potable ha cambiado, producto del aumento poblacional, lo que causa que estos sistemas no cubren la demanda necesaria actual que requiere cada cantón. Ya que dichos diseños se basan en supuestos lo que genera posibles fallas en el sistema. La normativa ecuatoriana CPE-INEN-00591 sugiere que para el diseño de sistemas de agua potable se establezcan valores específicos en base a estudios previos. Por lo cual, este estudio analiza los registros históricos de consumo de agua en el sector residencial de Machachi y Rumiñahui, datos que fueron depurados de forma manual en Excel por consiguiente se aplicó el análisis de varianza Anova y comparación múltiple Tukey con el software Minitab, para verificar el nivel de significancia estadística. Obteniendo así los consumos máximos, mínimos y la media histórica de cada cantón, para posteriormente establecer la relación entre los consumos máximos y la media histórica para el cálculo del coeficiente de variación de consumo máximo K_d . Concluyendo que ambas zonas de estudio presentan variabilidad de consumo a lo largo de los años analizados. Esto debido a diferentes variables que influyen en el consumo de cada cantón como el factor sociodemográfico, socioeconómico, flujo migratorio y hábitos de consumo. Rumiñahui es la única ciudad que presenta el consumo máximo del registro histórico en el mes de junio 2020, perteneciente al periodo de cuarentena. El propósito de este estudio es que se emplee como base para futuros diseños de agua potable.

Palabras clave: consumo, agua potable, coeficiente de variación de consumo máximo, análisis estadístico, media histórica

ABSTRACT

In recent years, the design of the drinking water networks has been changed, as a result of the population increase, this causes that these systems do not cover the current necessary demand that each town requires. Due to these designs are based on assumptions, possible failures in the system are generated. The Ecuadorian standard CPE-INEN-00591 recommends that the values used in the design of drinking water systems be established on the basis of previous studies. For this reason, in this study the historical records of water consumption in the residential sector of Machachi and Rumiñahui were analyzed, data that were manually refined in Excel and then through the use of Minitab software, and consequently the analysis of variance Anova and Tukey multiple comparison was applied with Minitab software to verify the level of statistical significance. Thus obtaining the maximum, minimum and historical average consumption of each canton, to establish the relationship between the maximum consumption and the historical average for the calculation of the coefficient of variation of maximum consumption Kd. Concluding that both study areas present variability of consumption throughout the years analyzed. This is due to different variables that influence the consumption of each town such as the sociodemographic, socioeconomic factor, migratory flow and consumption habits. Rumiñahui is the only city that presents the maximum consumption of the historical record in the month of June 2020, belonging to the quarantine period. The purpose of this study is to use as a basis for future potable water designs.

Keywords: consumption, drinking water, coefficient of variation of maximum consumption, statistical analysis, historical average.



Firmado electrónicamente por:
**ALEXANDER
PEREZ**

Reviewed by:
Lcdo. Alexander Pérez Herrero
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 1757815798

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se ha evidenciado niveles bajos de cobertura del servicio de agua potable tanto en áreas urbano marginales como rurales, esto debido al acelerado crecimiento de la población, como también al limitado apoyo e interés gubernamental en las labores de mantenimiento y reparación de los sistemas de abastecimiento del líquido vital (Acosta et al., 2019). Generando con esto problemas de calidad y continuidad en la provisión del servicio a la población (Senplades, 2014).

Según las cifras reportadas en el estudio de Viteri (2019), en Ecuador a nivel nacional el porcentaje de la población que cuenta con agua de calidad en la fuente (no contaminada) es de 73.4 %, en el sector urbano de 80.3% y en la parte rural de 58.7%. En las regiones de Sierra, Costa y Amazonía presentan una cobertura de 80.9%, 68.7 % y 54.7 % respectivamente (p. 10). Estadísticas que en relación con el año 2018 fueron consideradas con mejor cobertura las ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca con un alcance del 84% según la investigación realizada por Molina et al. (2018).

Según Terán et al. (2021) establece que en el Ecuador aún hay déficit en la cobertura del servicio de agua potable, en los últimos datos del INEC 2019 indican que una cuarta parte de la población carece de agua potable segura. Los GADs Municipales que cuentan con sistemas de abastecimiento de agua segura, entre los años 2018 y 2020 reportan una disminución en el servicio que va del 91,9% al 90,0%. Muchos de estos sistemas han culminado con su periodo de vida útil y no se han establecido programas o proyectos dentro de los planes de mejora.

El presente estudio se centra en dos de los principales cantones de la provincia de Pichincha como es el cantón Rumiñahui y Machachi (ver Figura1), el primero cuenta con una extensión de 134 km². Se limita al norte con el cantón Quito, el río San Pedro es el límite geográfico y orográfico natural entre estos dos cantones los cuales se encuentran unidos por la autopista General Rumiñahui. Al sur está el monte Pasochoa y el cantón Mejía, la vía Amaguaña - Tambillo que une con las vías que se orientan a la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Al este se encuentran las parroquias Alangasí y Pintag limitado por el río Pita. Cuenta con una topografía irregular que va desde los 2500 msnm en la parte baja hasta una altura de 2900 msnm en las partes altas. La lluvia en el sector es frecuente desde el mes de agosto al mes de marzo generando en estos meses la mayor precipitación y la temperatura dentro del valle oscila entre 8 y 25° C (Ortuño, 2014).

El cantón Machachi está ubicado al sur oriente de la provincia de Pichincha (ver Figura 1), cuenta con una extensión de 467.99 km². Se encuentra limitado al norte con los cantones de Quito y Rumiñahui, al sur con la provincia de Cotopaxi, al oriente la provincia de Napo y al occidente la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas (GADM Mejía, 2015). Machachi es la cabecera cantonal y la parroquia más desarrollada del cantón Mejía (EPAA, 2015). Su población según (INEC, 2010) es de 16,515 habitantes. La ciudad se encuentra en un valle interandino de topografía relativamente plana y con una pendiente desarrollada en el sentido sur-norte de 1.65% elevándose a las montañas que la circundan (Bohórquez, 2013).

Actualmente la población de Rumiñahui cuenta con una cobertura de agua de 96.45% (GADM Rumiñahui, 2020). Según (GAD Rumiñahui, 2014) el cantón cuenta con 12 vertientes y 6 pozos, que se abastecen de las vertientes de los volcanes de Rumiñahui, Cotopaxi y Pasochoa. Cuenta con una población de 85852 habitantes, de los cuales el 75080 pertenecen al sector urbano.

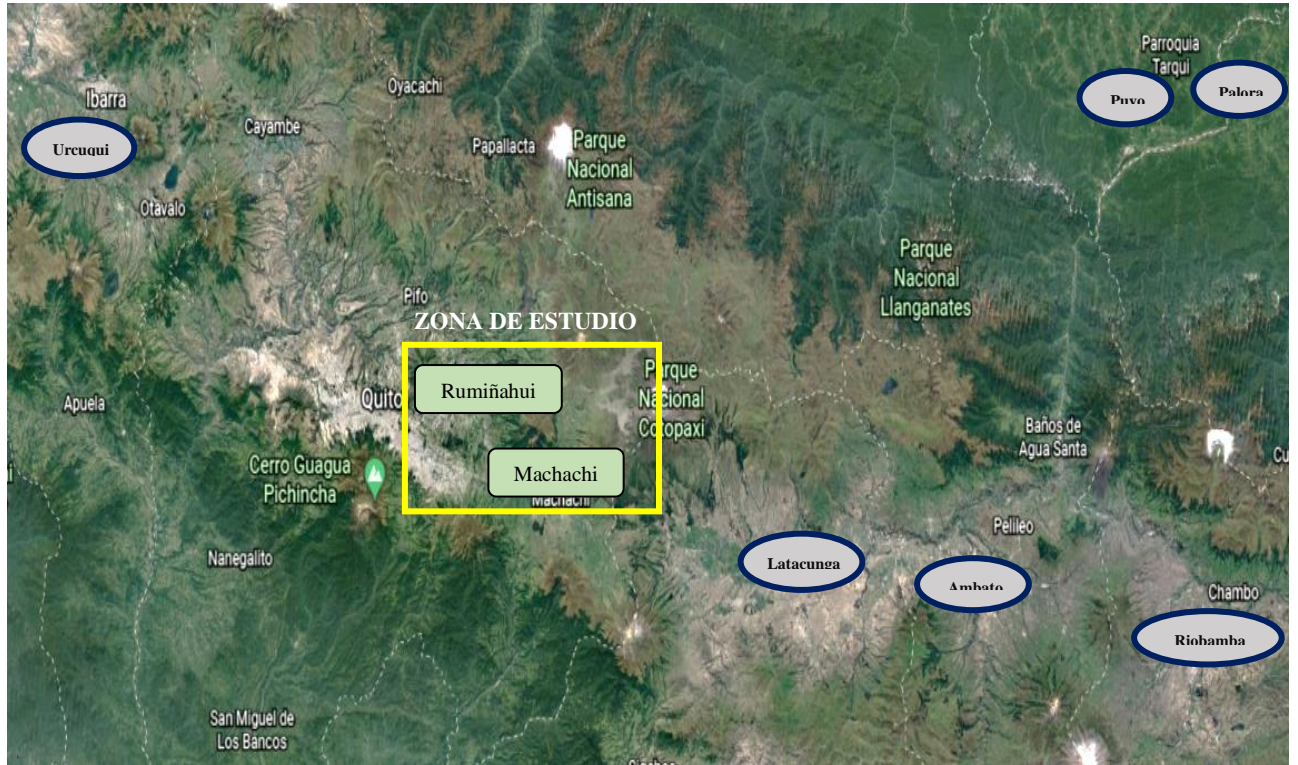
La población de Rumiñahui se dedica al comercio, industria manufacturera, construcción, agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (Reinoso & Armijos, 2016). Cerca del sector urbano se localizan 102 industrias, siendo 33 de tipo alimenticias, 19 entre procesadoras de materia prima y centros de acopio. Para estas empresas son los atractivos de esta localidad porque se encuentra cerca del Distrito Metropolitano de Quito (El Comercio, 2015).

El atractivo turístico que brinda el cantón es la ruta escénica de la avenida de los volcanes, es un mirador natural de montañas, volcanes y nevados. Las zonas altas de Rumiñahui se convierten en un hábitat variado de especies endémicas, flora y fauna que conservan especies típicas de la sierra ecuatoriana (GADM Rumiñahui, 2018).

La cobertura del agua potable en el cantón Machachi es del 98.13% (EPAA, 2015) el mismo se abastece de 4 vertientes (2 San Francisco, Álvarez y Puchig), cuenta con 3 redes de distribución y un sistema de conexiones domiciliarias con medidor. La ciudad tiene un total de 5 tanques de reserva de agua tratada entre ellas: Tucuso, Cosmorama, Aloasí, Miraflores y Tesalia (PDOT Mejía, 2020). Las actividades económicas de Machachi se concentran en la ganadería, agricultura, artesanías, turismo y servicio transporte público y privado. En lo que se refiere a la agricultura, caza y pesca abarcan un porcentaje mayor de productividad del 29.22% mientras que la ganadería un 17.87% y el comercio solamente con un 14.97% (EPAA, 2015).

Figura 1.-

Ubicación Geográfica del Cantón Rumiñahui y Machachi



Nota: Las localidades enmarcadas en azul representan las zonas ya estudiadas en la línea de investigación.

Fuente: (Google Earth, 2022)

El Municipio de Rumiñahui planea mejorar y ampliar el abastecimiento de agua potable. Se establece que los caudales son muy reducidos en épocas de verano y no satisfacen la demanda a la población (Radio Pichincha, 2021). Cabe mencionar la municipalidad ha planteado proyectos futuros para el rediseño de los sistemas de agua potable, así mismo ya se estaba realizando trabajos previsto de mejoramiento de ciertas redes de distribución. Debido a que existe fugas de agua por el mal estado de las tuberías dentro de las viviendas como lo ratifica (Aguirre & Castro, 2020) en su investigación, pero debido a la pandemia paralizaron sus actividades.

Es importante analizar el consumo de agua potable durante el confinamiento decretado desde el 11 de marzo a nivel nacional. El Covid-19 ingresó al cantón precedido de grandes avisos, Rumiñahui acató las restricciones declaradas por el COE Cantonal evitando acontecimientos negativos como lo vivía en la ciudad de Guayaquil. A inicios de marzo se vio reflejando la paralización de las actividades, fuentes de trabajos cerrados y suspen-

sión de la producción industrial medidas que se tomaron para evitar la expansión del virus (Chauvin et al., 2020). Según El Comercio (2020), el cantón paso a semáforo amarillo en el marco de la emergencia sanitaria por el COVID-19 el 3 de junio del 2020, declarado por el Comité de Operaciones de Emergencia (COE) Cantonal.

La empresa de agua potable del cantón Mejía tiene previsto efectuar trabajos en la zona de captación de Puichig, para dar solución al desabastecimiento de agua en las parroquias de Machachi y Aloasí (El Comercio, 2021). Debido a problemas como el crecimiento rural-urbano, producto de la de la inmigración campesina de la sierra central que se asienta en las partes altas donde la cota no permite que el servicio sea continuo las 24 horas (EPAA, 2015). A demás de interrupciones en el servicio a causa de los continuos deterioros en la red de distribución por los cambios de redes de asbesto cemento por PVC que se efectúan desde el 2014 en el cantón, generando ajustes en el sistema tarifario durante este periodo EPAA-MEJIA (2015).

De forma preliminar se recopila información del consumo mensual de agua potable correspondiente a cada usuario de la zona de estudio, dichos datos son otorgados por los departamentos de Agua Potable de cada cantón.

Tabla 1.-
Sectores y periodo de análisis

Cantón	Desde	Hasta	Población (Censo 2010)
Rumiñahui	Enero 2018	Agosto 2021	85 852
Machachi	Noviembre 2013	Septiembre 2021	16 515

Fuente: Ambato & Machado, (2022)

El caudal máximo diario de diseño se refiere al caudal necesario para cubrir la demanda de agua estimada y satisfacer las necesidades de una determinada comunidad. Para el cálculo del caudal diseño se debe considerar el coeficiente de variación del máximo consumo diario (Kd), este valor debe considerarse en base a registros históricos de estudios existentes, por lo contrario, considerar valores entre 1.3 y 1.5 establecidos por la norma (CPE INEN 5, 1992).

Al factor de mayoración que se expresa como la relación entre el caudal máximo y el caudal medio que transportará la tubería, se le conoce como el coeficiente variación

(Kd). Este factor se utiliza principalmente para las pruebas de capacidad de las tuberías en el diseño (Tzatchkov & Alcocer-Yamanaka, 2016).

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

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

Donde:

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

La norma CPE INEN 05 parte 9-1 establece parámetros para el cálculo de caudales de diseño de la captación, conducción, redes de distribución y planta de tratamiento.

Tabla 2.-
Caudales de diseño de un sistema de agua potable

ELEMENTO.		CAUDAL.
Captación	aguas superficiales	Máx. por día + 20%
	aguas subterráneas	Máx. por día + 5%
Conducción	aguas superficiales	Máx. por día + 10%
	aguas subterráneas	Máx. por día + 5%
	Red de distribución.	Máx. por hora + incendio
	Planta de tratamiento.	Máx. por día + 10%

Fuente: (CPE INEN 5, 1992)

El sistema de conducción está diseñado para asegurar el caudal necesario para satisfacer la demanda de agua al final de la fase de diseño, cumpliendo los siguientes parámetros:

- El caudal de diseño será equivalente al caudal medio anual, cuando no se muestren variaciones en consumos anuales, diarios u horarios.

$$Q_{dis} = Q_{med}. \quad \text{Ecuación [2]}$$

- Cuando la conducción esté directamente enlazada a reservorios de distribución o la red disponga de reservorios de emergencia.

$$Q_{dis} = Kd * Q_{med} / \%T. \quad \text{Ecuación [3]}$$

- Cuando la conducción esté directamente enlazada a una red de distribución que no disponga de reservorios de emergencia.

$$Q_{dis} = Kd * Kd_{maxhor} * Q_{med}. \quad \text{Ecuación [4]}$$

Donde:

- Q_{dis} : Caudal de diseño.
- Q_{med} : Caudal medio anual.
- Kd : Coeficiente de variación de consumo máximo diario.
- $\%T$: Fracción de tiempo de funcionamiento diario de la conducción (CPE INEN 5, 1992).

Esta investigación forma parte de la línea de estudio que se desarrolla en la Universidad Nacional de Chimborazo sobre el proyecto “Determinación de la variabilidad de consumos de agua potable en localidades menores a 150000 habitantes del Ecuador”. Esta información consiste en establecer coeficientes de variación actualizados de las diferentes ciudades del Ecuador manteniendo una base de datos propicia para diseños futuros véase en (**Anexo 1**). Por consiguiente, este estudio tiene como objetivo analizar los datos obtenidos de parte del GADM Rumiñahui y EPAAGE Mejía EP respecto al consumo mensual histórico de agua potable en el sector residencial, con el fin de establecer valores de coeficiente de variación (Kd) actualizados que permitan calcular y mejorar los caudales de diseños existentes en estos cantones, solucionando así problemas como el desabastecimiento de agua y definir métodos de optimización para el manejo y consumo del mismo.

Los resultados de esta investigación junto con la de otras 30 ciudades del Ecuador, proporcionan nuevos rangos de coeficiente de variación (Kd) con la finalidad de que los caudales de diseño se ajusten a la realidad poblacional.

OBJETIVOS

Objetivo General

Comparar los consumos de agua potable del sector residencial, de los cantones de Machachi y Rumiñahui.

Objetivos Específicos

- Recopilar información histórica del consumo mensual de agua potable por usuarios de los cantones de Machachi y Rumiñahui.
- Realizar análisis estadísticos para establecer los consumos medios, máximos y mínimos con significancia estadística.
- Determinar el coeficiente de variación del consumo de agua potable en cada cantón.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

Arellano et al. (2018) menciona la importancia de mantener actualizada la Norma Ecuatoriana CPE INEN 005-9-1 debido a los cambios demográficos y socioeconómicos que surgen desde que se elaboró. Además, para establecer dotaciones se debe definir los rangos poblacionales con la demografía que actualmente se presencia en el Ecuador.

En relación a las dotaciones según la Agencia de Regulación y Control del Agua (2021) en el Ecuador la distribución de agua potable mediante GADs municipales fue de 119.9 millones m^3 / mes. La mayor distribución se dio en la costa con un 54.77% seguido de sierra con un 40% y de 5.07% en la amazonia. En cuanto al volumen promedio de agua por consumidor a nivel nacional se dio de $19.31 m^3$ / mes y especialmente en la provincia de Pichincha de $23.65 m^3$ / mes. Las instituciones públicas como GAD Municipales, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) juntamente con las Empresas de Agua Potable establecen las dotaciones para cada población. Los consumos de agua potable varían considerablemente a través del tiempo debido a ciertos factores que afectan al abastecimiento del servicio de agua potable siendo el tamaño de la población, clima, den-

sidad poblacional, capacidad económica, calidad del agua y eficiencia del servicio (Montenegro & Tapia, 2014). Así como también lo confirma Arellano & Lindao (2019), que en su investigación resaltan que la gestión y calidad del agua potable inciden en el consumo de agua de la red pública.

Dichos factores se analizaron en la investigación realizada por Cáceres & Chambilla (2019) demuestran que el consumo de agua potable en Salcedo-Puno es de 67 l/Hab/d debido a la influencia de los factores climáticos, económicos y número de habitantes por vivienda. Al analizar el factor económico familias con ingresos altos consumen 78.85 l/Hab/d y con ingresos bajos consumen 45.68 l/Hab/d. Las dotaciones obtenidas de acuerdo con el número de habitantes por vivienda, para residencias con 5 integrantes se obtiene un consumo promedio más alto de 72,83 l/hab/d y para una vivienda con 12 habitantes es de 50,55 l/hab/d. Estos valores obtenidos del consumo de agua potable son menores a lo que recomienda la OMS de 100 l/Hab/d para condiciones óptimas por lo que no cumple con lo que establece.

Por otra parte Alcazar & Perez (2021), identifica principales factores exógenos que influyen en el consumo de agua en la ciudad de Guayaquil. El análisis se enfoca en las políticas macroeconómicas que afectan en la gestión del agua, medio ambiente, migración, crecimiento poblacional y la pandemia COVID-19. Por lo que implica que los cambios de la estructura demográfica poblacional influyen en el consumo, debido al alto índice de migración externa, habitantes por vivienda y hábitos de consumo. Esto se vio influenciado en el comportamiento de los consumidores durante la pandemia COVID-19, evidenciando un exceso de consumo de agua durante la cuarentena por lo que las familias estaban confinadas en sus hogares. Lo anterior se confirma a partir de los datos reportados por Jiménez et al. (2017) quienes señalan que, al aumentar una cantidad determinada de baños y número de ocupantes en una vivienda, la demanda del agua aumenta de 1% - 3%. Arellano et al. (2019) sostiene que, en las ciudades grandes y medianas, el consumo de agua potable depende directamente del número de aparatos sanitarios. Esta correlación es significativa para instaurar planes de concientización en el desperdicio de agua potable y optimizar el consumo de este.

Estos factores y escenarios deben ser considerados al momento de determinar el comportamiento del consumo en las poblaciones, se han establecido tres rangos demográficos en el estudio de Arellano et al. (2018), en el cual se establece (0 a 8.000 hab.) ciudades pequeñas, (8.000 a 30.000 hab.) ciudades medianas y (30.000 a 150.000 hab) ciudades grandes. Según (Salazar, 2020), en localidades grandes, medianas y pequeñas, los coeficientes de variación (kd) son completamente diferentes en cada escenario analizado, donde los factores demográficos influyen en el consumo de agua potable. El Kd para localidades

grandes, medianas y pequeñas es $k_d = 1,10$, $K_d = 1,12$ y $K_d = 1,0$ respectivamente. Si el análisis no tiene en cuenta el desglose demográfico por tamaño de ciudad, se considera que el K_d para ciudades de menos de 150.000 habitantes es 1,09 (K_d Global).

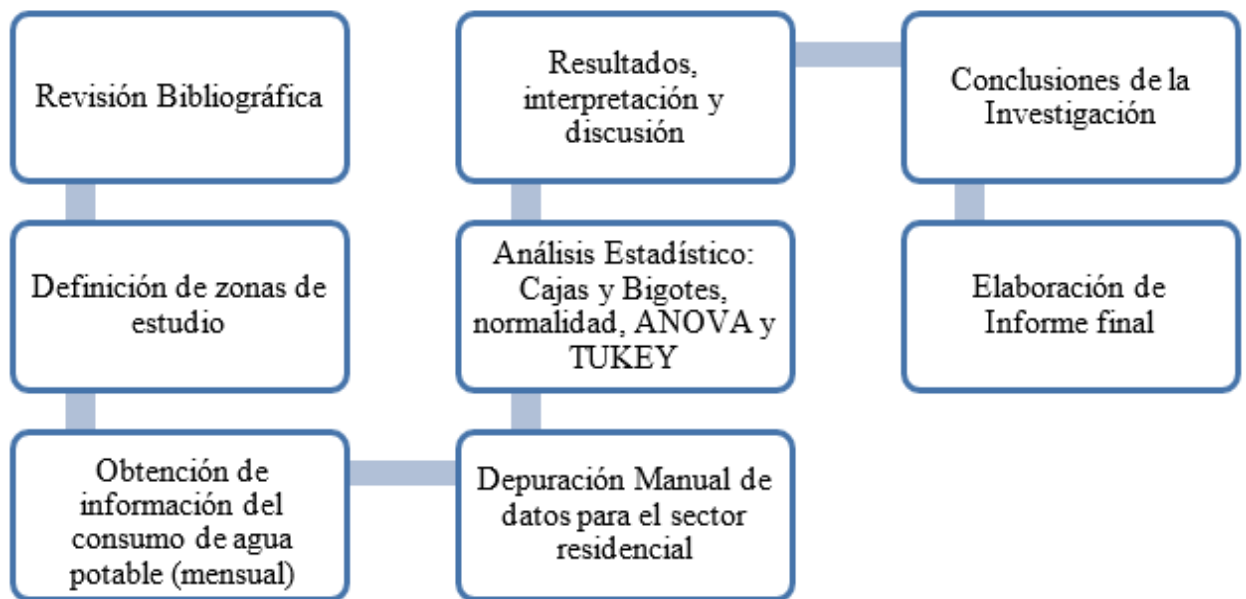
Estos valores se han verificado notablemente en estudios como los de Cazorla & Sela (2021), que analizaron el consumo máximo en la ciudad de Latacunga dentro del registro histórico es de $33.05 \text{ m}^3/\text{hogar}/\text{mes}$ en el mes de octubre del año 2009 y el consumo mínimo de $14.77 \text{ m}^3/\text{hogar}/\text{mes}$ en diciembre del año 2020. Considerándose un coeficiente de variación (K_d) de 1.41 que se encuentra dentro del rango recomendado por la norma.

De la misma forma Hinojoza & Saltos (2020), establecieron para la ciudad de Riobamba un valor máximo de consumo en el mes de febrero 2019 igual a $20.77 \text{ m}^3/\text{hogar}/\text{mes}$ y una media histórica igual a $17.58 \text{ m}^3/\text{hogar}/\text{mes}$, obteniendo un $K_d=1.18$. Además, establecieron valores de K_d para ciudades pequeñas entre ellas Guaranda, Echendía, Chimbo y Chillanes. Este estudio confirma que las localidades pequeñas tienen un K_d más alto que las localidades grandes.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

En el esquema gráfico se muestra a continuación de manera general el proceso de desarrollo del proyecto de investigación:

Figura 2.-
Secuencia del proceso de la investigación



Fuente: Ambato & Machado, (2022)

Para iniciar con la investigación se realizó una búsqueda bibliográfica en repositorios universitarios, revistas y artículos científicos que abordan el tema de consumo de agua potable y factores que afectan su incidencia, complementando con recursos digitales.

Una vez identificada la zona de estudio se procede con la recopilación de los datos históricos del consumo mensual por usuario de agua potable que hayan sido registrados de los cantones Rumiñahui y Machachi. Esta información fue proporcionada por la Empresa Pública EPMAPS y EPAA, estas entidades proporcionaron el consumo de agua por cada beneficiario en m³ del sector residencial e industrial.

Tabla 3.-*Muestra de Análisis de los cantones Rumiñahui y Machachi*

Cantón	N° Usua- rio	Desde	Hasta	N° meses	Datos	Población (Censo 2010)
Rumiñahui	17036	ene-18	ago-21	44	673487	85 852
Machachi	6820	nov-13	sep-21	94	641080	16 515

Fuente: Ambato & Machado, (2022)

Los datos recolectados se proceden a organizar por año en Microsoft Excel, después se realiza la depuración manual de la información eliminando los datos ceros o negativos porque corresponden al mal funcionamiento de medidores o a lecturas erróneas de agua.

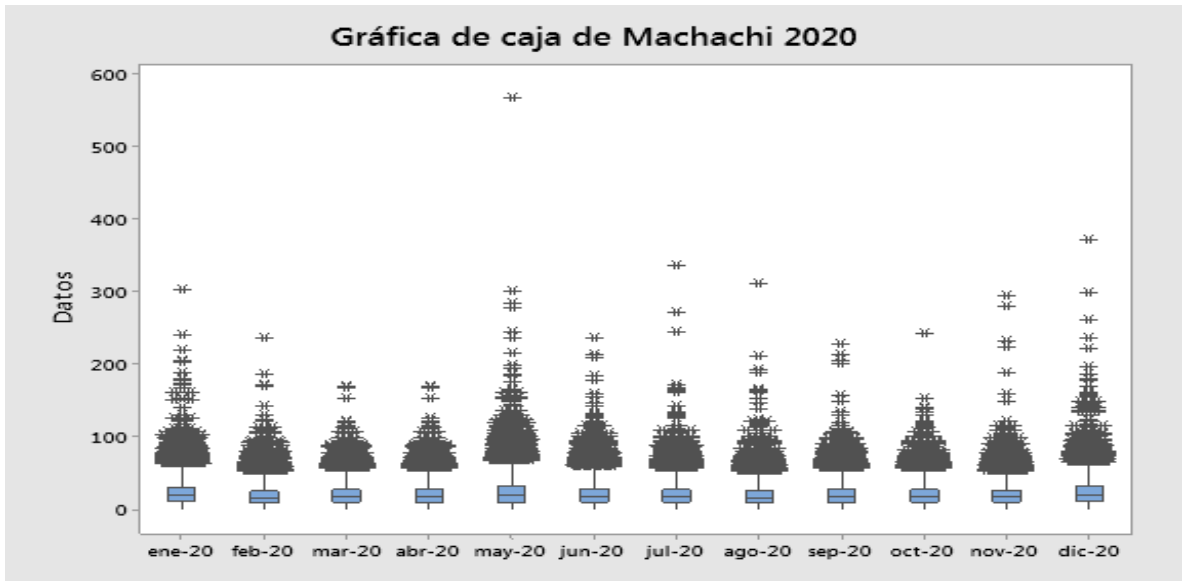
Una vez depurada la información, se exporta al software Minitab para localizar los valores atípicos a través del diagrama de cajas y bigotes de cada mes. El rango intercuartil representa el 50% de los datos intermedios y se define los rangos para obtener los valores mínimos y máximos. Los bigotes se extienden de cualquier lado de la caja y representan los rangos del 25 % de valores de datos de la parte inferior y el 25 % de la parte superior, excluyendo los valores atípicos. Las funciones de caja y bigotes se utilizan para evaluar y comparar la forma, la tendencia y la variabilidad de la distribución de datos. A través de un diagrama de caja, se muestran la media, los bigotes y los rangos de intersección de cada grupo de datos (Minitab, 2018a).

Donde:

- **Caja rango intercuartil:** se muestra como el 50% central de los datos.
- **Bigotes:** estos son valores irregulares, pero cabe señalar que se deben considerar, muestran el rango del min 25% y también el máximo 25% de los datos. Están representados por una línea vertical en la parte superior e inferior de la caja.
- **Valores Atípicos:** Son datos muy alejados de la muestra que se debe descartar y se representan con un asterisco (*).

Figura 3.-

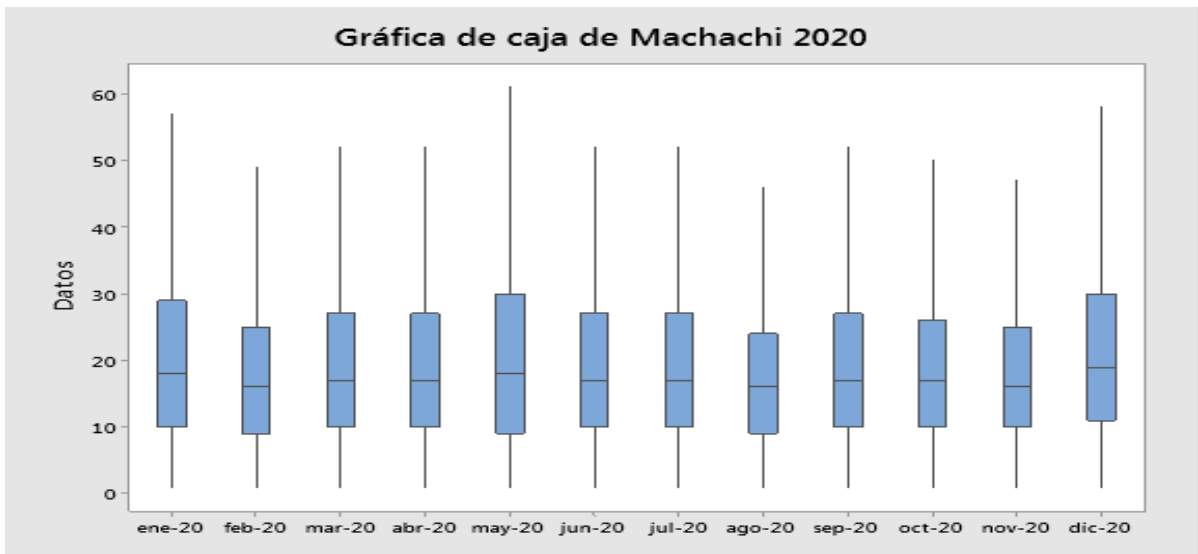
Esquema de cajas y bigotes con valores atípicos



Fuente: Ambato & Machado, (2022)

Figura 4.-

Esquema de cajas y bigotes sin valores atípicos



Fuente: Ambato & Machado, (2022)

Por consiguiente, al obtener ya los datos sin valores atípicos se puede realizar el análisis de varianza (ANOVA), primero verificando si los datos cumplen con las condiciones de normalidad y homocedasticidad de los residuos.

La prueba de normalidad permite determinar si los datos siguen o no una distribución normal y plantea dos hipótesis. Si el valor p es mayor al nivel de significancia (0.05) se acepta la hipótesis nula o si no se rechaza. Evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente (Minitab, 2018b).

La prueba de homocedasticidad, o uniformidad de varianzas, permite ver si los datos analizados también se distribuyen aleatoriamente a lo largo del eje cero. La prueba de distribución se realiza utilizando la función gráfica residual vs la función gráfica de ajuste (Minitab, 2018c).

Si los datos no cumplen con la condición de normalidad se debe realizar una transformación de los datos. Se aplica la transformación de Box-Cox como primera opción, si esta transformación no proporciona resultados favorables se aplica la transformación de Johnson (Minitab, 2019d).

Para una distribución normal se aplica el análisis de varianza ANOVA cuyo objetivo es determinar si todos los valores de las medias son iguales o significativamente diferentes. El análisis ANOVA plantea una hipótesis nula y una hipótesis alternativa.

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

Si el valor de p es mayor que el nivel de significación $\alpha = 0.05$, se acepta la hipótesis nula y se dice que todas las medias muestrales 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.

A manera de complementar el análisis de ANOVA se ejecuta el método de Tukey que consiste en crear intervalos de confianza entre las medias. Si el valor p es menor que el nivel de significancia, usted concluye que al menos una media de durabilidad es significativamente diferente. Para cada familia se adapta un nivel de confianza simultáneo equivalente de 95% (Minitab, 2018d).

Para complementar la interpretación de datos estadísticos se efectuarán gráficas de los resultados sobre los consumos mensuales máximo medio y mínimo y así obtener el coeficiente de variación de consumo máximo diario (Kd) para cada zona estudiada.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

Para efectuar un proceso estadístico favorable, los 1'456.130 datos primarios obtenidos previamente sobre el consumo de agua potable de Machachi y Rumiñahui, fueron depurados de forma manual y obteniendo los datos válidos para su respectivo análisis.

Tabla 4.-

Cuadro estadístico de datos depurados

CANTÓN	REGISTROS MENSUALES PRIMARIOS	NEGATIVOS Y CEROS	NÚMERO CAJAS Y BIGOTES
RUMIÑAHUI	808230	93351	41392
MACHACHI	647900	48817	7146

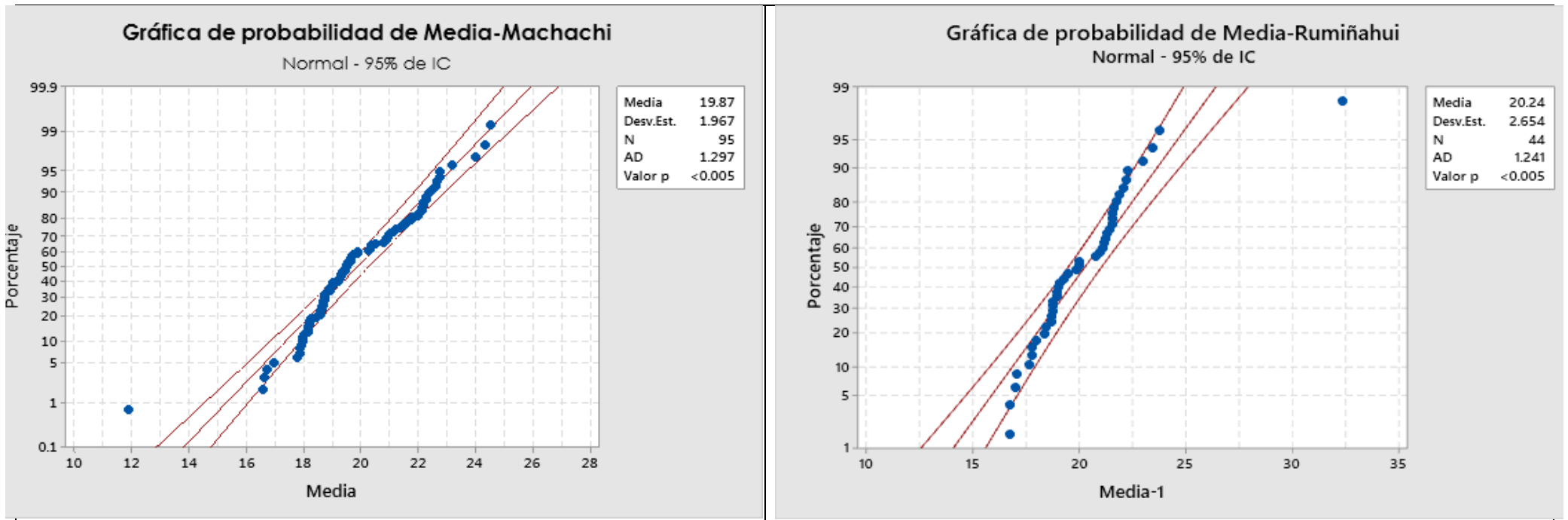
Fuente: Ambato & Machado, (2022)

Prueba de normalidad y homocedasticidad

Al aplicar la prueba de normalidad en el software Minitab tanto para los valores del cantón Machachi como Rumiñahui se obtiene un valor de “p” menor a 0.005 por lo que se evidencia que los datos no siguen una distribución normal ver **Figura 1**.

Figura 5.-

Prueba de normalidad - Rumiñahui y Machachi



Fuente: Ambato & Machado, (2022)

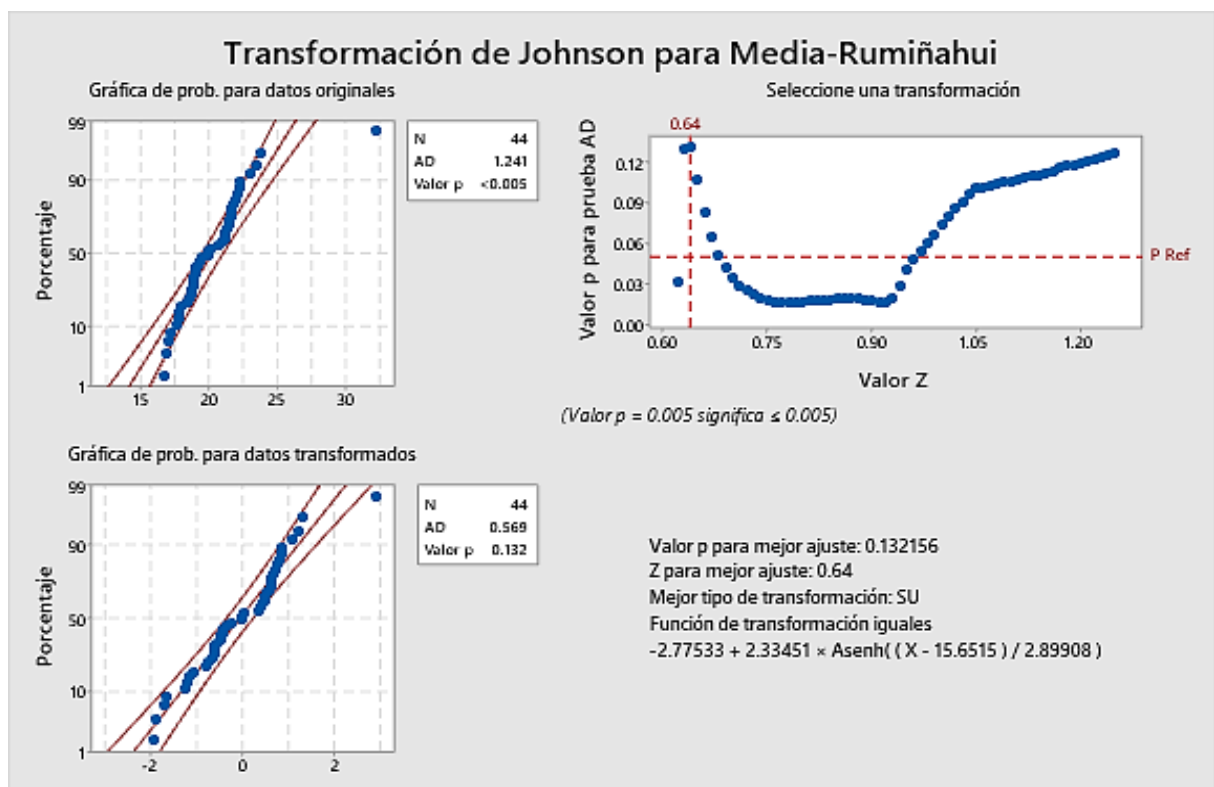
Transformación de datos

Por lo establecido anteriormente se pretende efectuar una transformación de datos no normales ya sea por Box-Cox o Jonhson. Esta herramienta permite el paso de datos de distribución no normal a distribución normal.

Caso 1 Rumiñahui: los datos de este cantón se ajustan a la transformación Johnson donde muestra un valor mayor a 0,05 ($p=0.132$), por lo que los datos corresponden a una distribución normal ver **Figura 6**.

Figura 6.-

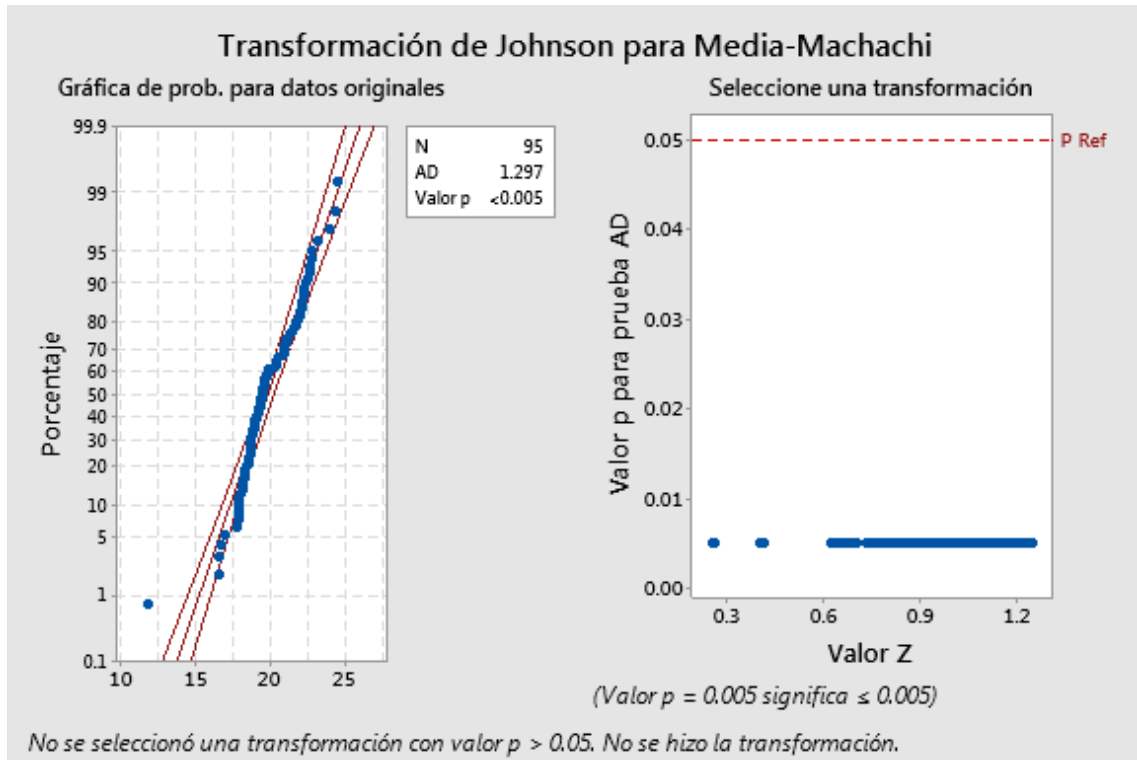
Transformación de Johnson- cantón Rumiñahui



Fuente: Ambato & Machado, (2022)

Caso 2 Machachi: los datos de este cantón no se ajustan a la transformación debido a que el valor de p sigue siendo menor a 0.005 por lo que se descarta la transformación por Johnson.

Figura 7.-
Transformación de Johnson- cantón Machachi



Fuente: Ambato & Machado, (2022)

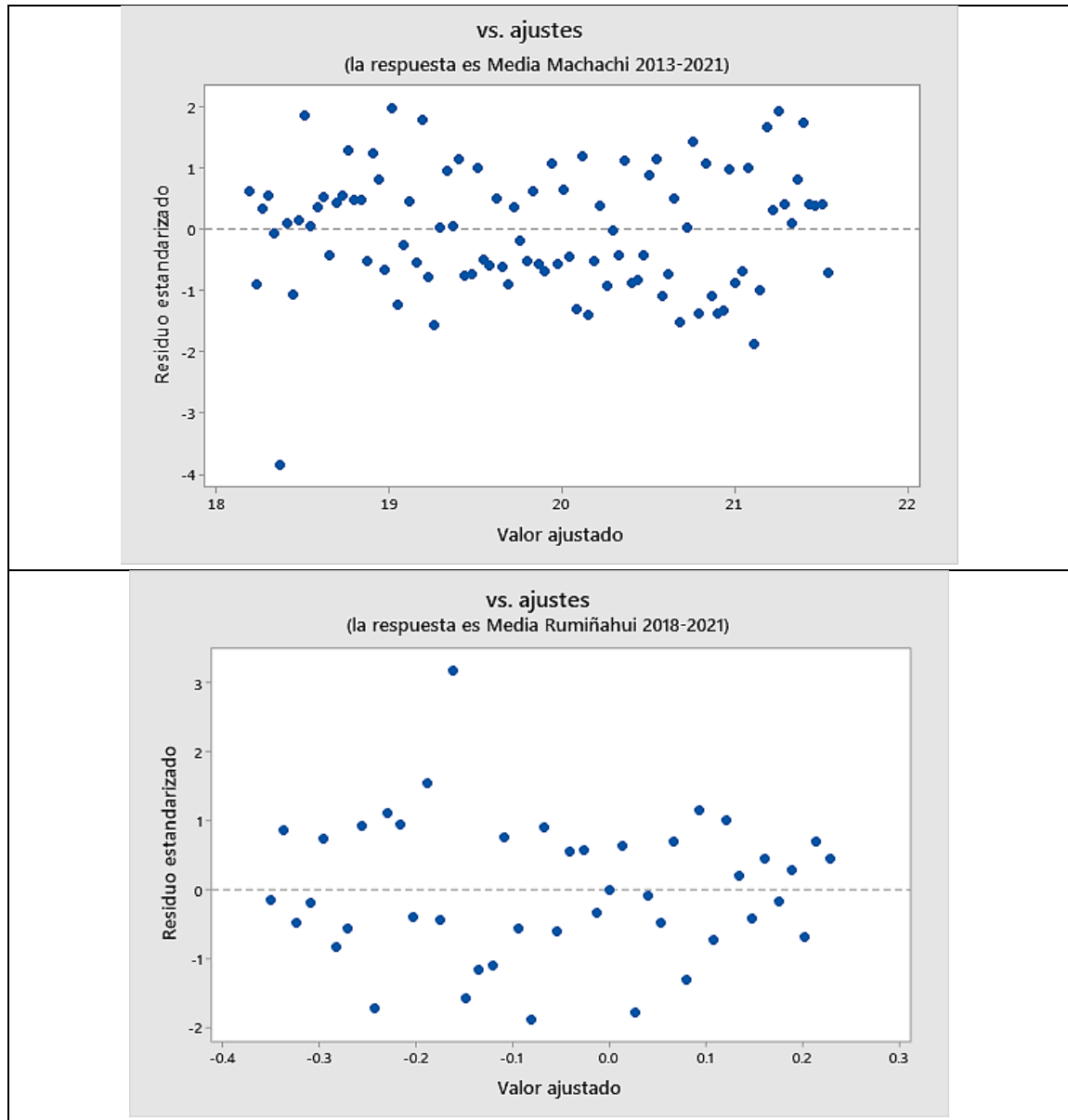
Nota: Los tamaños de muestra de las dos poblaciones son lo suficientemente grandes como para generar valores confiables al momento de aplicar análisis de varianza ANOVA. Basados en el teorema de límite central donde establece que la distribución de la media de los datos tiende a distribuirse normalmente a medida que aumenta el tamaño de la muestra (Minitab, 2019a).

Prueba de homocedasticidad

Los datos de Machachi y Rumiñahui cumplen la hipótesis de homocedasticidad mantienen varianzas uniformes y los residuos se distribuyen aleatoriamente después de una transformación de datos.

Figura 8.-

Gráficas de Residuos vs. Ajuste de medias de Machachi y Rumiñahui



Fuente: Ambato & Machado, (2022)

Análisis de ANOVA

Respecto al análisis de varianza ANOVA para las dos localidades se obtuvieron valores de $p=0.000$. Este valor se encuentra por debajo del nivel de significancia de 0.05 rechazando así la hipótesis nula. Lo que evidencia la variedad entre los valores históricos de las medias; es decir, que existen diferencias estadísticamente significativas ($p=0,00$) entre los valores históricos de consumos en los respectivos cantones.

Tabla 5.-*Análisis de Varianza de medias de los cantones en análisis.*

Población	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Rumiñahui	Factor	43	4566376	106105	628.59	0.000
	Error	673443	113771797	169		
	Total	673486	11833813			
Machachi	Factor	94	2092707	22262.8	124.77	0.000
	Error	551587	98420946	178.4		
	Total	551681	100513652			

Nota: **GL:** Grados de libertad, **SC Ajust.:** Suma ajustada de cuadrados, **MC Ajust.:** Cuadrado medio ajustado, **Valor F:** variación entre las medias de las muestras/variación dentro de las muestras, **Valor p:** nivel de significancia.

Fuente: Ambato & Machado, (2022)

Prueba de Tukey

Las comparaciones entre los datos comparten una media significativamente igual a la misma que se expresa con la asignación de letras ordenadas alfabéticamente según el valor de consumo usando un orden de mayor a menor, mientras que los datos que no comparten letras existen diferencias significativas.

Tabla 6.-*Agrupación de Tukey – Machachi*

Factor	N	Media	Agrupación
jul-14	5247	24.529	A
mar-14	5269	24.352	A
sep-14	5474	24.010	A B
sep-15	5554	23.203	B C
dic-14	5666	22.795	C D
abr-14	5201	22.761	C D
jul-15	5825	22.677	C D E
mar-15	5532	22.644	C D E
mar-16	5529	22.533	C D E F
oct-19	6147	22.404	C D E F
ago-16	5605	22.301	C D E F G
may-19	6087	22.272	C D E F G
dic-13	4835	22.202	C D E F G H
mar-17	5570	22.180	C D E F G H
feb-14	5160	22.156	C D E F G H
ene-14	5088	22.128	C D E F G H I
abr-16	5518	22.035	D E F G H I J
jun-14	5203	21.989	D E F G H I J K
ago-17	5726	21.799	D E F G H I J K L
ago-14	5198	21.767	D E F G H I J K L
dic-20	6290	21.660	E F G H I J K L

dic-15	5566	21.536	F G H I J K L M
may-14	5156	21.511	F G H I J K L M N
nov-18	5928	21.363	G H I J K L M N O
ago-18	5969	21.250	G H I J K L M N O P
jun-17	5675	21.121	H I J K L M N O P
ene-20	6147	21.047	I J K L M N O P
ene-19	5979	20.982	J K L M N O P
may-20	6027	20.951	K L M N O P Q
nov-17	5820	20.904	K L M N O P Q R
dic-16	5628	20.891	K L M N O P Q R
oct-15	5530	20.781	L M N O P Q R S
may-18	5804	20.502	M N O P Q R S T
nov-13	4843	20.382	N O P Q R S T U V
feb-18	5912	20.362	O P Q R S T U
dic-19	6191	20.337	O P Q R S T U V
oct-16	5561	20.285	P Q R S T U V W
ene-15	5582	19.894	Q R S T U V W X
jul-19	6024	19.894	R S T U V W X
may-16	5525	19.750	S T U V W X
jun-20	6090	19.683	T U V W X
mar-20	6478	19.670	T U V W X
sep-16	5609	19.635	T U V W X
abr-20	6476	19.632	T U V W X
feb-15	5679	19.546	T U V W X
sep-20	6323	19.539	T U V W X
dic-18	5931	19.483	T U V W X
oct-14	5608	19.482	T U V W X
ene-18	5769	19.437	U V W X
jul-20	6244	19.436	U V W X
ene-16	5522	19.376	U V W X
feb-19	6014	19.369	U V W X
ene-17	5603	19.298	U V W X
may-17	5623	19.297	V W X
sep-21	6678	19.262	W X
jun-21	6515	19.235	X
oct-20	6360	19.221	X
jun-16	5582	19.038	X
jun-15	5797	19.026	X
jul-17	5675	19.004	X
jul-16	5548	18.934	X
dic-17	5782	18.925	X
oct-17	5654	18.916	X
jul-21	6490	18.849	
mar-19	5890	16.592	
abr-21	6191	11.8777	

Factor	Agrupación
jul-19	
may-16	Y
jun-20	Y Z
mar-20	Y Z
sep-16	Y Z AA AB AC AD
abr-20	Y Z AA
feb-15	Y Z AA AB AC AD
sep-20	Y Z AA AB AC AD


dic-18	Y Z AA AB AC AD AE
oct-14	Y Z AA AB AC AD AE
ene-18	Y Z AA AB AC AD AE
jul-20	Y Z AA AB AC AD AE
ene-16	Y Z AA AB AC AD AE
feb-19	Y Z AA AB AC AD AE
ene-17	Y Z AA AB AC AD AE AF
may-17	Y Z AA AB AC AD AE AF
sep-21	Y Z AA AB AC AD AE
jun-21	Y Z AA AB AC AD AE AF AG
oct-20	Y Z AA AB AC AD AE AF AG
jun-16	Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH
jun-15	Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH
jul-17	Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI
jul-16	Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ
dic-17	Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ
oct-17	Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ
jul-21	Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK
ene-21	Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL
feb-16	Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL
sep-17	Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL
jul-18	Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL
abr-15	Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL
nov-16	Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL
ago-19	Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL
nov-20	AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL
abr-18	AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL
mar-21	AD AE AF AG AH AI AJ AK AL
may-15	AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL
jun-18	AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL
ago-15	AE AF AG AH AI AJ AK AL
sep-18	AF AG AH AI AJ AK AL
may-21	AG AH AI AJ AK AL
jun-19	AG AH AI AJ AK AL
mar-18	AH AI AJ AK AL
oct-18	AH AI AJ AK AL
nov-15	AH AI AJ AK AL
feb-20	AH AI AJ AK AL AM
ago-20	AJ AK AL AM
nov-14	AI AJ AK AL AM
abr-19	AJ AK AL AM
nov-19	AK AL AM
abr-17	AJ AK AL AM
feb-17	AL AM
sep-19	AM AN
ago-21	AN
feb-21	AN
mar-19	AN
abr-21	AO

Fuente: Ambato & Machado, (2022)

Tabla 7.- Agrupación de Tukey – Rumiñahui

Factor	N	Media	Agrupación			
jun-20	14696	32.397	A			
ago-20	15869	23.757	B			
nov-18	14538	23.434	B C			
sep-18	14337	22.975	C			
feb-18	13234	22.261	D			
nov-20	16484	22.181	D			
nov-19	15624	22.102	D E			
ene-19	14687	21.907	D E F			
oct-20	16248	21.761	D E F G			
ene-18	13070	21.635	D E F G H			
ene-21	16345	21.583	E F G H			
may-19	14853	21.576	E F G H			
feb-20	16065	21.541	E F G H			
jun-18	13888	21.437	F G H I			
ago-19	15506	21.299	G H I J			
sep-19	15817	21.219	G H I J			
jul-21	16904	21.135	H I J			
abr-18	13796	21.100	H I J			
abr-21	16674	20.968	I J			
ago-18	14299	20.749	J			
may-18	13793	19.992	K			
jun-19	15020	19.964	K			
mar-19	14681	19.884	K			
jul-18	14109	19.442	K L			
jul-19	15276	19.2473	L M			
feb-19	14798	19.104	L M N			
mar-18	13518	19.028	L M N O			
may-21	16660	18.9724	L M N O			
ago-21	17036	18.9670	L M N O			
oct-18	14411	18.776	M N O P			
jul-20	15182	18.7604	M N O P			
sep-20	16000	18.7593	M N O P			
ene-20	15831	18.6892	M N O P			
oct-19	15759	18.6668	N O P			
jun-21	16713	18.4412	O P Q			
feb-21	16513	18.3839	P Q			
mar-21	16583	17.9418	Q R			
dic-18	14402	17.7739	R			
mar-20	15891	17.7567	R			
abr-20	15968	17.6355	R			
may-20	15898	17.0499	S			
abr-19	14697	17.0078	S			
dic-20	16308	16.7493	S			
dic-19	15506	16.7104	S			

Las medias de consumo que no comparten una letra son significativamente diferentes.

 Meses de cuarentena

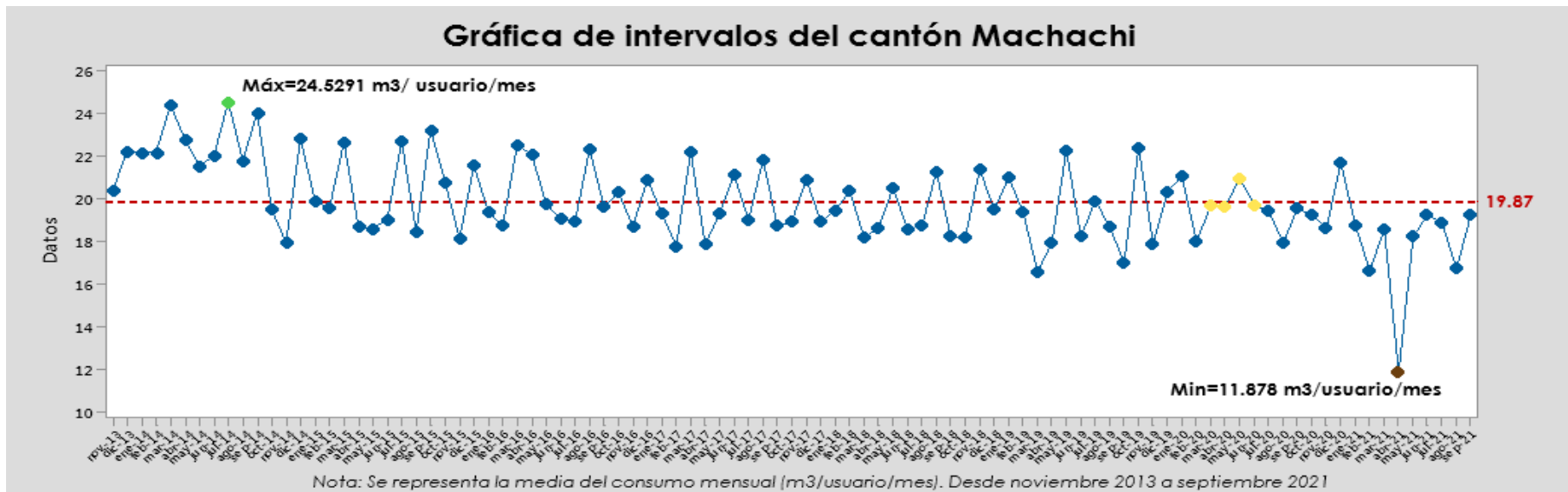
Fuente: Ambato & Machado, (2022)

Gráficas de intervalos

En Machachi se puede evidenciar que los consumos según los registros históricos arrojan un promedio máximo de consumo en el mes de junio del 2014 con un valor de $24.529 \text{ m}^3/\text{usuario}/\text{mes}$ y un consumo mínimo en el mes de abril del 2021 con un valor de $11.87 \text{ m}^3/\text{usuario}/\text{mes}$ y una media histórica de $19.87 \text{ m}^3/\text{usuario}/\text{mes}$.

Figura 9.-

Gráfica de Intervalos – Machachi



● Meses de cuarentena

● Consumo máximo

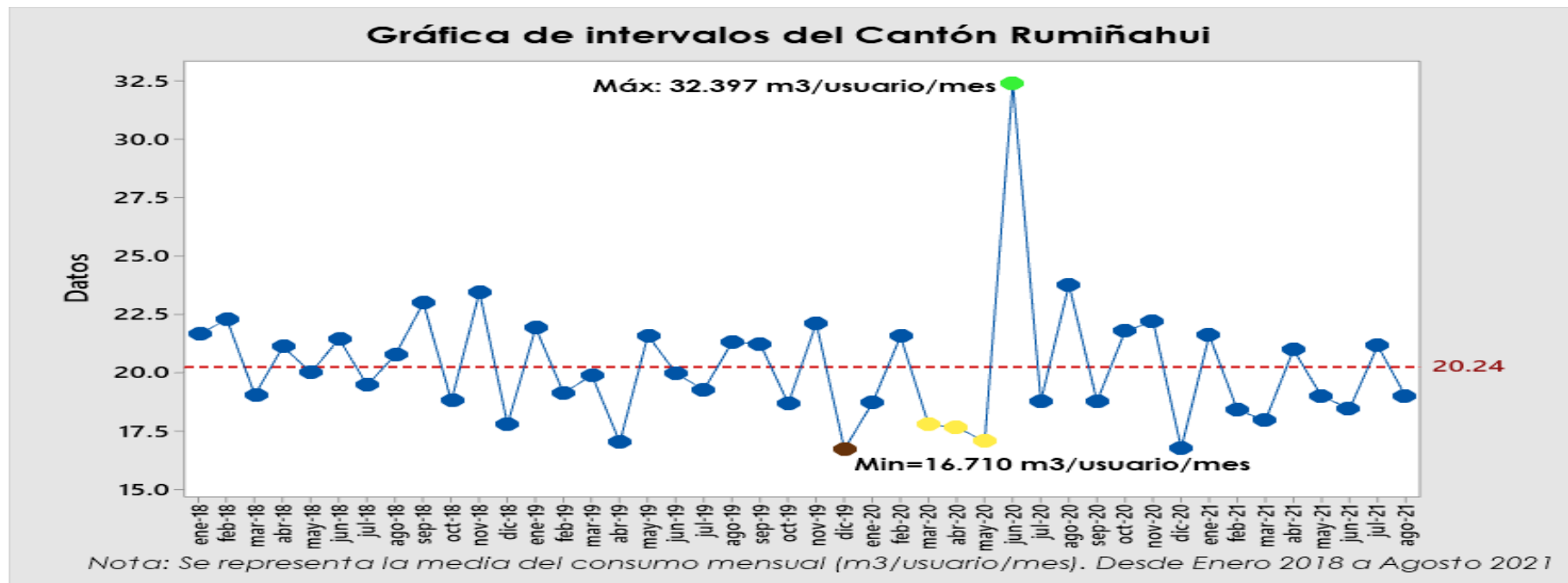
● Consumo mínimo

--- Media histórica

Fuente: Ambato & Machado, (2022)

En Rumiñahui se puede evidenciar que los consumos según los registros históricos arrojan un promedio máximo de consumo en el mes de junio del 2020 con un valor de 32.397 m³/usuario/mes y un consumo mínimo en el mes de diciembre del 2019 con un valor de 16.710 m³/usuario/mes y una media histórica de 20.24 m³/usuario/mes.

Figura 10.-
Gráfica de Intervalos – Rumiñahui



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

Fuente: Ambato & Machado, (2022)

En las siguientes tablas se detallan los consumos promedios correspondientes a cada mes de cada año, obtenidos a lo largo del registro histórico de cada cantón. Además, se muestran los meses y años en el que se produce los consumos máximos, mínimos y durante los meses de cuarentena que se identifican según los colores establecidos.

Tabla 8.-

Resume del consumo promedio histórico de AP del cantón Machachi

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
2013											20.38	20.02
2014	22.18	22.15	24.35	22.76	21.51	21.98	24.52	21.76	24.01	19.48	17.94	22.79
2015	19.89	19.54	22.64	18.71	18.59	19.03	22.67	18.46	23.20	20.78	18.14	21.54
2016	19.38	18.75	22.53	22.03	19.75	19.03	18.93	22.30	19.63	20.29	18.69	20.89
2017	19.29	17.77	22.18	17.85	19.29	21.12	19.00	21.79	18.73	18.91	20.90	18.92
2018	19.43	20.36	18.17	18.63	20.50	18.58	18.72	21.25	18.24	18.17	21.36	19.48
2019	20.98	19.37	16.59	17.92	22.27	18.23	19.89	18.67	16.98	22.40	17.85	20.33
2020	21.05	18.01	19.67	19.63	20.95	19.68	19.44	17.94	19.53	19.22	18.65	21.66
2021	18.75	16.64	18.59	11.87	18.23	19.24	18.84	16.73	19.26			

■ Consumo máximo
 ■ Consumo mínimo
 ■ Consumo en meses de cuarentena

Fuente: Ambato & Machado. (2022)

Tabla 9.-

Resumen del consumo promedio histórico de AP del cantón Rumiñahui

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
2018	21.63	22.26	19.03	21.10	19.99	21.44	19.44	20.75	22.98	18.78	23.43	17.77
2019	21.91	19.10	19.88	17.01	21.57	19.96	19.25	21.30	21.22	18.67	22.10	16.71
2020	18.69	21.54	17.78	17.64	17.05	32.40	18.76	23.76	18.76	21.76	22.18	16.75
2021	21.58	18.38	17.94	20.97	18.97	18.44	21.14	18.97				

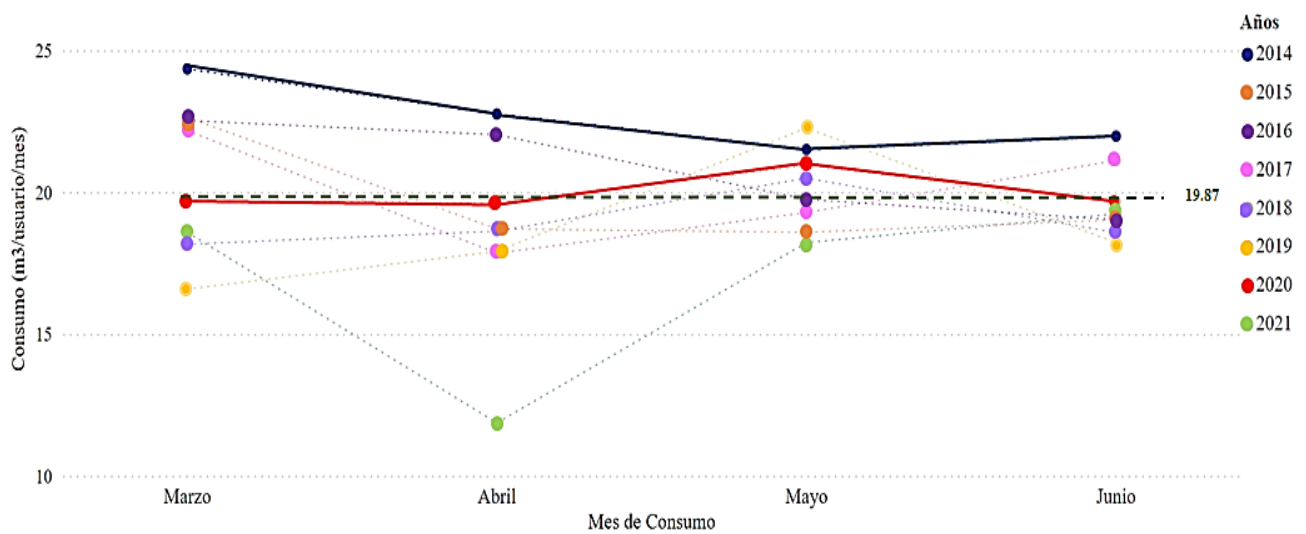
■ Consumo máximo
 ■ Consumo mínimo
 ■ Consumo en meses de cuarentena

Fuente: Ambato & Machado. (2022)

En la siguiente gráfica se representa: la variación del consumo registrado en los meses de cuarentena en el cantón Machachi a lo largo de los años, evidenciando que durante el año 2020 los consumos no sufren cambios significativos. En mayo 2020 se percibe un ligero incremento, pero su valor no corresponde al máximo obtenido en los registros de ese mes, además los consumos del año 2014 siguen prevaleciendo durante los meses de análisis.

Figura 11.-

Gráfica de variación de consumo por años en relación con los meses de cuarentena de los años 2020 en Machachi

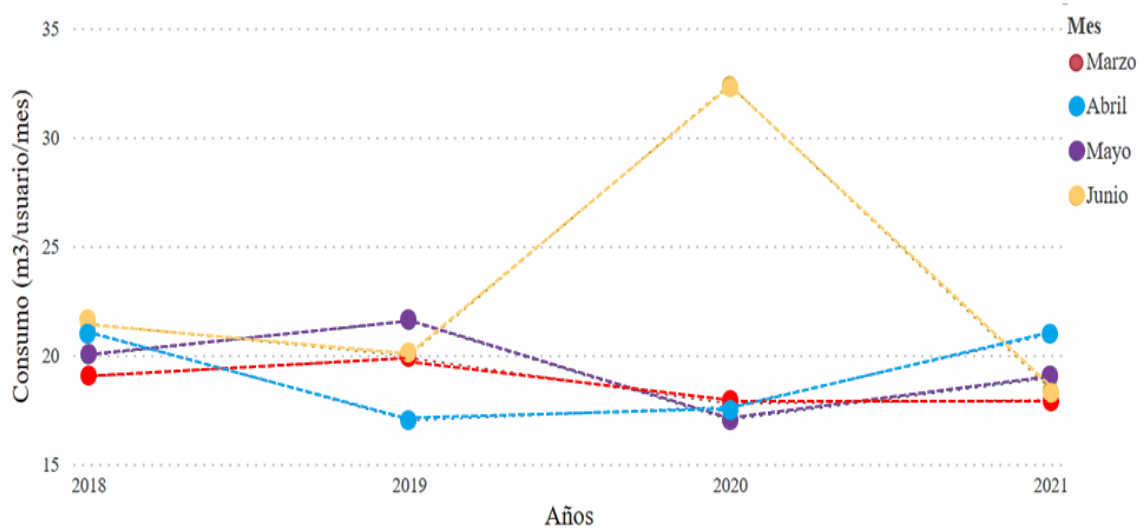


Fuente: Ambato & Machado, (2022)

En el caso de Rumiñahui la gráfica muestra la variación de consumo en el periodo de cuarentena, denotando que, en los meses de marzo, abril y mayo de 2020 se presenta un descenso en el consumo ubicándose por debajo de la media. Mientras que en el mes de junio de 2020 se evidencia un aumento considerable y el pico más alto comparado con los registros históricos del cantón.

Figura 12.-

Comparación de registro histórico de consumo en relación con los meses de cuarentena de 2020 – Rumiñahui (2018-2021)

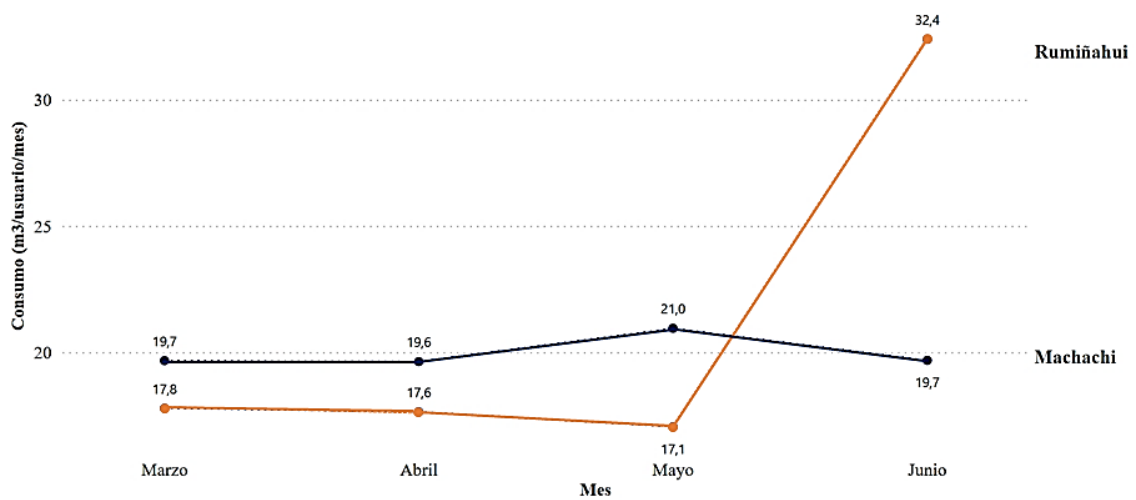


Fuente: Ambato & Machado, (2022)

En la Figurse representa el consumo de agua entre Machachi y Rumiñahui durante el periodo de cuarentena. Es decir, muestra una relación entre la variación de consumo debido al desplazamiento poblacional que se genera producto de la proximidad territorial.

Figura 13.-

Variación de Consumo durante los meses de cuarentena en el cantón Rumiñahui-Machachi



Fuente: Ambato & Machado, (2022)

Determinación del coeficiente de consumo Kd

En base a la siguiente caracterización:

- **Población (Censo 2010):** población urbana de cada cantón
- **Usuarios:** número de medidores
- **Min histórico (m3/usuario/mes):** consumo más bajo de todo el registro
- **Max. Histórico (m3/usuario/mes):** consumo máximo de todo el registro
- **Consumo medio histórico (m3/usuario/mes):** promedio de todo el registro histórico
- **kd:** coeficiente de variación del consumo de agua potable.

Mediante la relación entre los consumos máximos y media histórica de las localidades se obtuvo los siguientes coeficientes de variación (kd)

Tabla 10.-

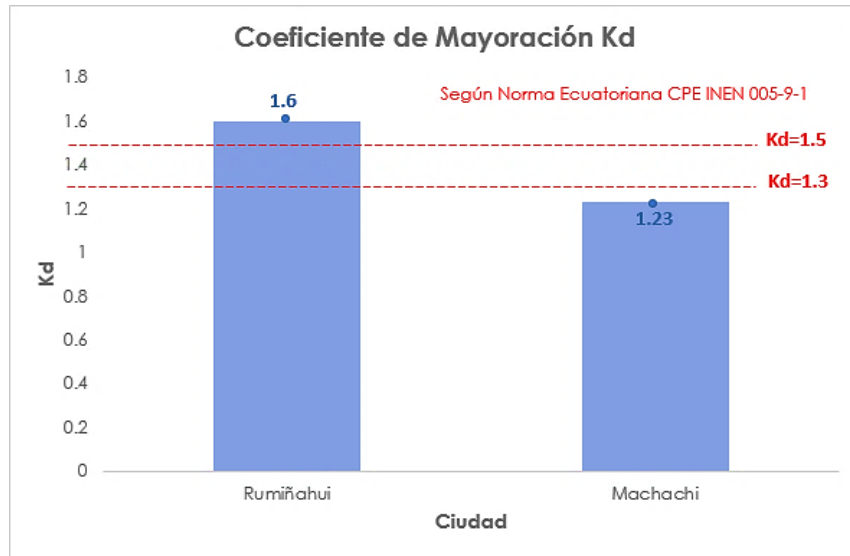
Cálculo del coeficiente de variación (Kd) de Rumiñahui y Machachi

CANTÓN	USUARIOS	POBLACIÓN (CENSO 2010)	% CO- BERTU- RA	MIN. HISTÓRICO.	MAX HISTORICO.	CONSU- MO ME- DIO HIS- TÓRICO	Kd
Rumiñahui	17036	85852	96.45%	16.710	32.397	20.24	1.60
Machachi	6820	16515	98.13%	11.87	24.52	19.87	1.23

Fuente: Ambato & Machado, (2022)

Figura 14.-

Comparación de coeficiente Kd vs Norma INEN 005-9-1



Fuente: Ambato & Machado, (2022)

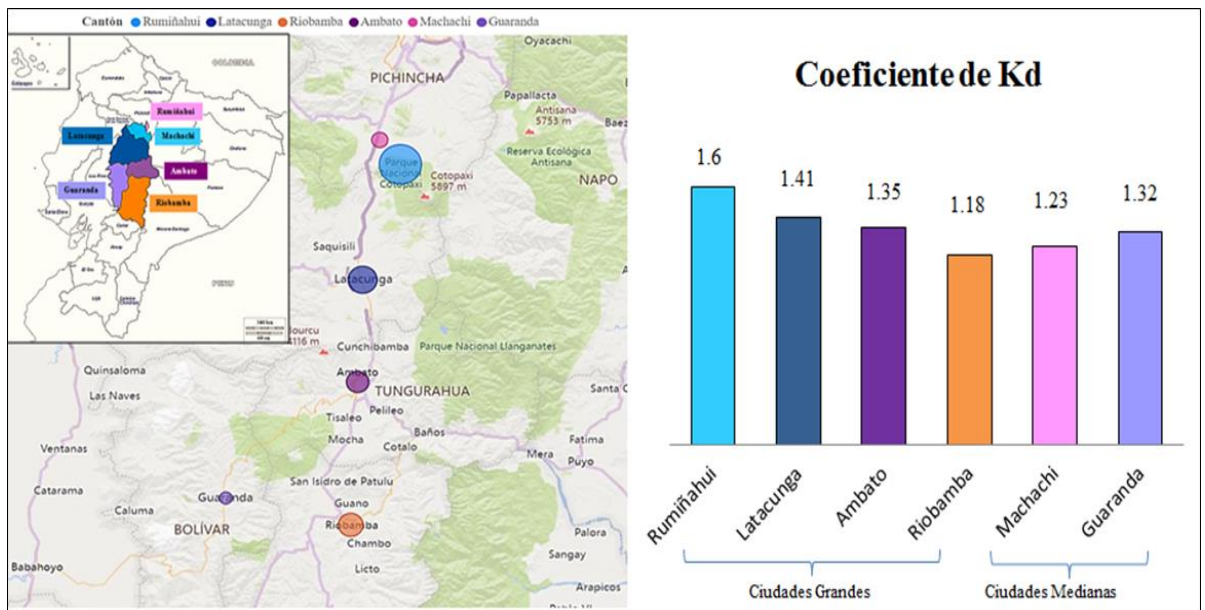
Comparación grafica entre ciudades aledañas a la zona de estudio

Coeficiente variación Kd

El siguiente diagrama de barras muestra una comparación entre los resultados obtenidos en investigaciones anteriores y la zona de estudio.

Figura 15.-

Coeficientes de variación (Kd) de ciudades cercanas a la zona de estudio



Fuente: Ambato & Machado, (2022)

Medias de consumo

Tabla 11.-

Medias Históricas de consumo de agua potable

Medias de consumo (m3)					
Rumiñahui	Machachi	Latacunga	Ambato	Guaranda	Riobamba
20.24	19.87	23.41	18.13	15.17	17.58

Fuente: Ambato & Machado, (2022)

DISCUSIÓN

Según Peña (2019), los patrones de consumo de agua están siendo afectados por el factor de gestión - calidad y sociodemográficos principalmente. Además, de estos factores se incluirán la migración de la población y el aislamiento obligatorio por la emergencia sanitaria (Fernández & Salazar, 2021; Alcazar & Perez, 2021). Estos factores intervienen en la variación del consumo produciendo cambios significativos a lo largo del registro histórico.

En el cantón Rumiñahui los registros del año 2018 presentan un consumo regular con respecto a los demás años en análisis. Dentro de este período se evidencian consumos ligeramente elevados en los meses de septiembre y noviembre, siendo valores estadísticamente semejantes. Para años posteriores 2019 y 2020 los consumos de agua potable presentan un ligero descenso y con mayor tendencia en el año 2021, cuyos valores tienden acercarse a la media histórica.

Rumiñahui en los meses de marzo, abril y mayo del 2020 se registra un descenso en los consumos de agua potable. Esto puede deberse a que al ser una zona industrial y comercial se vieron obligados a paralizar sus actividades por el confinamiento. Ante esta situación se presume que la población emigró a ciudades pequeñas o a sus alrededores, por las medidas implantadas en el cantón. Lo que claramente coincide con la incidencia del flujo migratorio como un factor responsable en la variación de valores de consumo como lo indica Fernández & Salazar (2021).

El consumo máximo histórico del cantón Rumiñahui se registra en el mes de junio 2020, siendo un suceso relevante dentro del registro. Se cree que el alto consumo se debe a

que retomaron nuevamente sus actividades por la reactivación económica dentro del cantón. En la Figura 12 se observa que este consumo es el más relevante del registro que sobrepasa la media histórica en los meses de cuarentena. Este consumo máximo coincide con el fin del aislamiento de la pandemia.

A lo largo del registro histórico los valores considerados como picos elevados, podría deberse a un inadecuado uso de los grifos dentro de las viviendas o fugas existentes por el mal estado de las tuberías como lo ratifica (Aguirre & Castro, 2020) en su investigación.

El consumo mínimo en Rumiñahui se registra en el mes de diciembre 2019, seguido de diciembre 2020 y abril 2019 cuyos valores son estadísticamente similares, considerados como los consumos más bajos del registro histórico; como se evidencia claramente en la tabla 9 se evidencia que el mes de diciembre mantiene una tendencia de consumo bajo.

Los consumos a lo largo de los años tienden a bajar y subir con respecto a la media histórica como se evidencia en la gráfica de intervalos. Esta variabilidad se presenta debido a un proceso de gestión de la administración municipal sobre la gestión y la calidad, que según los datos reflejó un impacto positivo en los registros de consumo de forma continua.

En lo que respecta, al cantón Machachi y según el análisis estadístico planteado el consumo máximo registrado fue en Julio del 2014. Los consumos altos en el cantón durante ese año según el análisis EPAA-MEJIA (2015), se relacionan a problemas de control de fugas en la red de distribución, desgaste en las juntas y deterioro en los accesorios de las acometidas, debido a que este sistema ya cumplió con su periodo de vida útil. Otra posible causa del alto consumo en Machachi según el análisis de Bohórquez (2013), es que en las zonas urbanas menos consolidadas o cerca de zonas agrícolas, el agua de la red pública también se utiliza para actividades agrarias.

Los registros en 2015 y años consecuentes disminuyeron manteniendo valores poco dispersos con respecto a la media general ver Figura 9. Estos cambios en el consumo se pueden relacionar a los ajustes en el sistema tarifario fijado en el EPAA-MEJIA (2015), por el cambio en las redes de asbesto cemento por PVC que se efectúa paulatinamente en el cantón desde 2014.

El consumo mínimo que se registra en abril del 2021, resulta divergente respecto al registro histórico desconociendo la causa que generó este valor.

Durante los meses de cuarentena en Machachi se observa que los consumos de marzo, abril y junio 2020 mantienen valores estadísticamente similares y cercanos a la media histórica. Esto a causa de factores socioeconómicos debido al flujo migratorio, al desempleo y bajos ingresos durante este periodo como lo manifiesta Alcazar & Perez (2021). Además, en mayo 2020 los consumos se elevan de forma leve a causa del retorno progresivo de las actividades en el cantón antes mencionado.

La tendencia de consumo en los cantones de Machachi y Rumiñahui durante los meses de confinamiento establecen una relación evidente en cuanto al factor consumo, esto debido a que son cantones colindantes. En la Figura 13 se evidencia que, en los meses de marzo, abril y mayo de 2020 los consumos de Rumiñahui disminuyen y los de Machachi aumentan. Se deduce que un porcentaje de la población de Machachi que laboraba en otras ciudades retornó al cantón. Además, se cree que en este lapso las ciudades pequeñas eran una buena opción para confinarse. En el mes de mayo se nota una peculiaridad al incrementarse el consumo ya que en Machachi posiblemente no paralizaron sus actividades agrícolas. Acogiendo a pobladores que buscaban una salida para mejorar su economía dentro del cantón.

El cantón Rumiñahui se puede considerar como un sector con una población grande, así como Latacunga, Ambato y Riobamba; que comparado entre ellos muestra un coeficiente K_d similar al del cantón Latacunga.

En el caso de Machachi al ser una población mediana se compara con el cantón Guaranda por el rango poblacional, cuyo coeficiente K_d se mostró menor, pero al relacionarlo con un valor más próximo muestra cercanía con la ciudad de Riobamba, aunque no se muestran semejanzas respecto al factor demográfico.

Al realizar esta comparación de los coeficientes de variación K_d del cantón Rumiñahui y Machachi con ciudades cercanas. Se confirma que no se cumple lo mencionado por Salazar (2020), donde manifiesta que el K_d en ciudades grandes es menor que el de las ciudades medianas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se obtuvo los registros históricos de consumo mensual de agua potable del sector residencial emitidos por parte de la empresa de EPAA-MEJIA y DAPAC-R de Rumiñahui. A partir de los datos recolectados se efectuó un proceso de depuración manual. En este proceso se eliminan valores negativos, ceros y atípicos producto de lecturas erróneas o medidores en mal estado. Como se evidencian en la tabla los siguientes resultados:

MACHACHI				
Periodo	Valores iniciales	Valores ceros o (-) (Excel)	Valores atípicos (Minitab)	TOTAL datos analizados
Nov-13 a Sep-21	647.900	48.817	7.146	591.937
RUMIÑAHUI				
Ene-18 a Ago-21	808.230	93351	41392	673.487

Luego de la depuración se procesaron un total de 1.265.424 datos de registros de consumo de agua potable.

Tras el análisis estadístico aplicado se evidencia una variación en los consumos de agua potable a lo largo de los años analizados. Para el cantón Machachi el consumo máximo histórico fue en julio 2014 de 24.52 m³/usuario/mes y el consumo mínimo histórico en abril 2021 de 11.87 m³/usuario/mes. Por otra parte, Rumiñahui presenta un consumo máximo histórico en junio 2020 de 32.40 m³/usuario/mes y un consumo mínimo histórico en diciembre 2019 de 16.71 m³/usuario/mes. Esta tendencia de consumo se relaciona principalmente a factores socio-económicos y demográficos. Además, en el caso del confinamiento por COVID-19 en ambos cantones influye el factor migratorio.

La norma ecuatoriana de agua potable CPE INEN 005-9-1 asigna coeficiente de variación Kd un rango de valores entre 1.3 y 1.5. Para el cantón Machachi arroja un valor por debajo del mínimo recomendado con un Kd = 1.23. Sin embargo, Rumiñahui sobre pasa los valores recomendados por norma con un Kd=1.60. Los valores de Kd para cada uno de los cantones muestran una variación real en el consumo mensual, por lo que con este valor

se puede estimar una demanda adecuada en la etapa de diseño, que garantice el abastecimiento de agua potable para la población.

RECOMENDACIONES

Los datos obtenidos en esta investigación sobre el coeficiente de variación de consumo Kd para cada cantón han sido actualizados acorde a las características demográficas y socioeconómicas propias de la zona. Por lo que, estos registros se podrían utilizar en futuros diseños de sistemas de abastecimiento de agua potable, ya que se ajustan más a la realidad; y con ello poder evitar el sobredimensionamiento o sub-dimensionamiento en la demanda del servicio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M. E., Basani, M., & Solís, H. (2019). Prácticas y saberes en la gestión comunitaria del agua para consumo humano y saneamiento en las zonas rurales de Ecuador. *Banco Interamericano de Desarrollo. BID*, 109.
- Agencia de Regulación y Control del Agua. (2021). *Estadística de Información Ambiental Económica e Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales Gestión de Agua Potable y Saneamiento 2020 Resumen Estadístico*.
- Alcazar, M., & Perez, Y. (2021). *Influencia de indicadores exógenos en el consumo de agua en la ciudad de Gua* Gobierno Municipal Rumiñahui. (2020). *Rumiñahui Futuro No17 by imruminahui - Issuu. Digital*.
https://issuu.com/imruminahui/docs/revista_digital_ruminahui_5_web_finalyaquil.
- Arellano, A., Bayas, A., Meneses, A., & Castillo, T. (2018). Los consumos y las dotaciones de agua potable en poblaciones ecuatorianas con menos de 150 000 habitantes. *Novasineria Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 1(1), 23–32. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.01.03>
- Bohórquez, L. (2013). *Universidad internacional del ecuador*. 179.
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2091/1/T-UIDE-1209.pdf>
- Cáceres, S., & Chambilla, I. (2019). Análisis Del Consumo De Agua Potable En El Centro Poblado De Salcedo, Puno. *Investigacion & Desarrollo*, 19(1), 133–144.
<https://doi.org/10.23881/idupbo.019.1-9i>
- Cazorla, M., & Sela, G. (2021). *Análisis De Los Consumos Históricos De Agua Potable*

En Los Cantones Latacunga, Guamote Y Chunchi. 4(1), 6.

Chauvin, C., Gavilanes, T., Rosero, M., Haro, W., & Calispa, S. (2020). *Rumiñahui Futuro N° 17 by imruminahui - Issuu*. Digital.

https://issuu.com/imruminahui/docs/revista_digital_ruminahui_5_web_final

CPE INEN 5, N. T. E. (1992). Normas Para Estudio Y Diseño De Sistemas De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para. *Normas Para Estudio Y Diseño De Sistemas De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes*, 9, 186.

El Comercio. (2015). *El comercio y los servicios mueven la economía del valle de Los Chillos - El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/comercio-servicios-valles-loschillos-cotopaxi.html>

El Comercio. (2020). *El cantón Rumiñahui también pasará a semáforo amarillo el 3 de junio - El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/cambio-semaforo-amarillo-canton-ruminahui.html>

El Comercio. (2021). *Un nuev sistema de captación abastecerá de agua a dos parroquias de Mejía - El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/nuevo-sistema-captacion-agua-parroquias-mejia.html>

EPAA-MEJIA. (2015). *Plan Estratégico Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Cantón Mejía Administración 2014-2019*.

EPAA, M. E. (2015). *Memorias Puichig* (p. 422). [https://municipiodemejia.gob.ec/uploads/puichig/11 INFORMACIÓN TÉCNICA DEL PROCESO/11-01 MEMORIAS/Memorias Puichig.pdf](https://municipiodemejia.gob.ec/uploads/puichig/11%20INFORMACI%C3%93N%20T%C3%89CNICA%20DEL%20PROCESO/11-01%20MEMORIAS/Memorias%20Puichig.pdf)

Fernández, C., & Salazar, B. (2021). *Análisis de los Consumos Históricos de Agua Potable en los Cantones de Napo y Pastaza*. 101. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7852>

GAD Rumiñahui, G. A. D. M. C. (2014). *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Cantón Rumiñahui*.

GADM Mejía. (2015). *Lineamientos del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. 127. www.mancomunidadbosqueseco.gob.ec

GADM Rumiñahui. (2018). *Rumiñahui*. 156. <http://www.ruminahui.gob.ec/rumi3/wp-content/uploads/2018/10/RUMIÑAHUI-80-AÑOS-DE-CANTONIZACION.pdf>

GADM Rumiñahui. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Revista Del Centre de Lectura de Reus*, 134. <http://www.ruminahui.gob.ec/rumi3/wp-content/uploads/2021/06/PDYOT-2020-2025.pdf>

- Google Earth. (2022). *Google Earth*. <https://earth.google.com/web/@-0.67045666,-78.55341258,3442.8284953a,228703.8825335d,35y,85.86031227h,0t,0r>
- Hinojoza, L., & Saltos, A. (2020). *Comparación entre los consumos de agua potable durante la cuarentena del 2020 y los registros históricos en Chimborazo y Bolívar*. 49. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7331>
- INEC. (2010). *Población y Demografía* /. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Jiménez, D., Orrego, S., Vásquez, F., & Ponce, R. (2017). Estimación de la demanda de agua para uso residencial urbano usando un modelo discreto-continuo y datos desagregados a nivel de hogar: el caso de la ciudad de Manizales, Colombia. *Lecturas de Economía*, 86, 153–178. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n86a06>
- Minitab. (2018a). *¿Qué es el método de Tukey para comparaciones múltiples? - Minitab*. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/multiple-comparisons/what-is-tukey-s-method/>
- Minitab. (2018b). *Interpretar los resultados clave para Gráfica de caja - Minitab*. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/graphs/how-to/boxplot/interpret-the-results/key-results/>
- Minitab. (2018c). *Prueba de normalidad - Minitab*. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/test-for-normality/>
- Minitab. (2019a). *¿Qué es ANOVA? - Minitab*. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/basics/what-is-anova/>
- Minitab. (2019b). *Transformar datos no normales - Minitab*. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/transform-nonnormal-data/>
- Molina, A., Pozo, M., & Serrano, J. (2018). *Agua, saneamiento e higiene: medición de los ODS en Ecuador*.
- Montenegro, D., & Tapia, J. (2014). Indicadores de cantidad y calidad del agua consumida en la ciudad de Macas. *Persepsi Masyarakat Terhadap Perawatan Ortodontik Yang Dilakukan Oleh Pihak Non Profesional*, 9, 0–208. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/557>
- Ortuño, W. (2014). Evaluación, diagnóstico y rediseño del sistema de agua potable para el barrio San Fernando, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha. *Universidad Internacional Del Ecuador*, 113. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2212>

- PDOT Mejía. (2020). *Actualización del Plan de Desarrollo de Ordenamiento Territorial 2019-2023*. 569. <https://municipiodemejia.gob.ec/assets/PDOT.pdf>
- Peña, D. (2019). *Categorización De Los Principales Factores Que Afectan El Consumo De Agua Potable*. 53. <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7646/1/06678.pdf>
- Radio Pichincha. (2021). *Proyecto para mejorar y ampliar abastecimiento de agua potable desarrolla Municipio de Rumiñahui - Radio Pichincha*. <https://www.pichinchacomunicaciones.com.ec/proyecto-para-mejorar-y-ampliar-abastecimiento-de-agua-potable-desarrolla-municipio-de-ruminahui/>
- Reinoso, C., & Armijos, L. (2016). *En Los Sectores Rurales Del Cantón Rumiñahui Analysis of the Economic Situation of Micro-Enterprises in the Rural Sectors of the Cantón Rumiñahui*. 16. http://tambara.org/wp-content/uploads/2020/07/1_Reinoso_FINAL_FINAL.pdf
- Rodríguez, A., & Espinel, M. (2021). Conflictos socioambientales asociados al cambio en el metabolismo urbano: cantón Rumiñahui-Ecuador. *Alfa Revista de Investigación En Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5(13), 29–52. <https://doi.org/10.33996/REVISTAALFA.V5I13.96>
- Salazar, M. (2020). *Determinación del Coeficiente de variación del consumo diario de agua potable en ciudades menores a 150000 habitantes*. <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7646/1/06678.pdf>
- Senplades. (2014). Estrategia Nacional para la Igualdad y la Erradicación de la Pobreza. *Estrategia Nacional Para La Igualdad y La Erradicación de La Pobreza*, 1–49.
- Terán, C., Argüello, J., & Cando, C. (2021). *Boletín Técnico No 04-2020-GAD Municipales Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales Gestión de Agua Potable y Saneamiento*. 04. <https://n9.cl/1fur1>
- Tzatchkov, V., & Alcocer-Yamanaka, V. (2016). *Modelación de la variación del consumo de agua potable con métodos estocásticos*. 7(3), 115–133. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v7n3/2007-2422-tca-7-03-00115.pdf>
- Viteri, J. (2019). *Boletín Técnico. Modulo de Agua, Saneamiento e Higiene. Indicadores de Agua, Saneamiento e Higiene en Ecuador*. 16. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/indicadores-ods-agua-saneamiento-e-higiene/>

ANEXOS

Anexo 1.-Valores de coeficientes (Kd) de poblaciones estudiadas hasta la fecha.

Cantón	Provincia	Población (habitantes) (1)	Usuarios (2)	desde	hasta	Número datos	Consumo mensual promedio (3)	Consumo máximo (4)	kd
P. Sta Marianita		205	62	ene-16	may-20	3286	8.71	37.03	4.25
P. El Quinche		217	67	ene-16	may-20	3551	12.3	23.13	1.88
Tamaute		237	114	ene-13	may-20	8778	9.63	20.06	2.08
P. San Miguel		250	49	ene-16	may-20	2597	10.34	34.04	3.29
P. San Pedro		300	84	ene-16	may-20	4452	8.84	20.59	2.33
P. Grande		320	88	ene-16	may-20	4664	13.47	25.93	1.93
Penipe		2089	709	ene-19	may-20	12762	8.64	13.44	1.56
Chunchi		3784	1375	ene-15	nov-20	87736	15.44	19.78	1.28
Guamote	Chimborazo	2648	1348	ene-16	sep-20	34865	20.7	41.46	2.00
Alausí		5563	2013	ene-06	2021	362340	27.14	35.31	1.30
Chambo		3639	2023	2017	2021	97104	20.63	27.13	1.32
Colta		2295	1023	2017	2021	49104	18.77	27.22	1.45
San José de chazo		2734	1056	2016	2021	50688	9.48	14.84	1.57
Chingapules San Gerardo		2242	418	2011	2021	50160	9.36	15.1	1.61
Ilapo-chingazos		1613	505	2018	2021	21115	7.72	9.88	1.28
San Japamba		1428	265	2016	2021	15900	7.86	16.83	2.14
Calshi Grande		791	367	2017	2021	17616	6.61	7.79	1.18
Riobamba		146324	29877	2016	jun-20	1613358	17.58	20.77	1.18
Chillanes		2681	1070	2018	jun-20	32070	9.13	12.51	1.37
Chimbo	Bolívar	4402	1801	2018	jun-20	54030	14.1	20.38	1.45
Echeandía		6170	2604	2018	jun-20	78120	13.40	15.13	1.13

Guaranda		23874	5671	2009	jun-20	782598	15.17	20.03	1.32
Mira	Carchi	5994	1632	ene-14	jun-20	127296	12.84	19.754	1.54
El Ángel		6325	1840	ene-14	jun-20	14352	14	19	1.28
San Miguel de Urququi	Imbabura	15671	5077	ene-14	jun-20	396006	11	15	1.34
Ibarra		181175	38118	ene-10	jul-21	4532730	16.08	19.55	1.22
Pablo Sexto		1823	409	2004	jul-05	76483	13.21	23.46	1.78
Palora		6936	2017	2017	jul-05	84714	9.72	14.35	1.48
Huamboya		8466	486	2017	jul-05	18954	11.48	19.45	1.69
Morona	Morona	41155	7573	2010	jul-05	946625	17.64	23.51	1.33
Sucúa		18318	5469	ene-07	abr-21	946.137	18.25	34.93	1.91
Santiago de Méndez		9295	633	jun-15	mar-21	39879	20.57	33.61	1.63
Limon Indanza		9722	1148	may-06	jul-21	210084	18.92	27.17	1.44
Puyo	Pastaza	33557	11214	jun-10	sep-20	852539	24.25	31.52	1.30
Tena	Napo	23307	4497	may-10	jul-20	357966	38.87	57.53	1.48
Carlos Julio Arosemena Tola		931	710	feb-08	sep-20	49780	19.93	27.75	1.39
Latacunga	Cotopaxi	63842	13734	ene-09	dic-20	1375482	23.41	33.05	1.41
Juan Montalvo	Pichincha	12000	2374	ene-10	jul-21	502992	15.97	19.29	1.21
Antonio Ante (Atuntaqui)	Imbabura	43518	3254	ene-11	dic-20	660000	16.94	26.12	1.54
Cotacachi		40036	2468	ene-12	sep-20	705600	16.53	36.85	2.23
Cayambe	Pichincha	85795	4404	ene-08	dic-20	931944	20.15	23.56	1.17
Ambato		165258	49414	ene-10	dic-20	6522648	18.13	24	1.35
Baños	Tungurahua	25043	6000	ene-10	may-21	864000	19.96	26.75	1.34
Píllaro		43371	6000	ene-15	may-21	720000	9.98	13.16	1.32
Pelileo		66836	5000	ene-10	may-21	864000	19.15	29.9	1.56
Patate		15825	1500	ene-10	mar-21	216000	14.04	22.86	1.63
Rumiñahui	Pichincha	85852	17036	ene-18	ago-21	673.487	20.24	32.4	1.60
Machachi		16515	6820	nov-13	sep-21	641.08	19.87	24.52	1.23

Santo Domingo	Santo Domingo	450000	53666	Ene-18	dic-20	1713272	16.84	18.39	1.09
Cañar	Cañar	11114	4440	feb-18	dic-20	159840	18.217	24.38	1.34
Tambo		2883	2283	ene-15	jul-21	164376	15.806	19.83	1.25

Fuente: (Arellano, Ambato & Machado, 2022)

Anexo 2.- Estadística descriptiva del cantón Machachi

MACHACHI		
Variable	N° datos	Media (m3)
nov-13	4843	20.382
dic-13	4835	22.202
ene-14	5088	22.128
feb-14	5160	22.156
mar-14	5269	24.352
abr-14	5201	22.761
may-14	5156	21.511
jun-14	5203	21.989
jul-14	5247	24.529
ago-14	5198	21.767
sep-14	5474	24.01
oct-14	5608	19.482
nov-14	5687	17.945
dic-14	5666	22.795
ene-15	5582	19.894
feb-15	5679	19.546
mar-15	5532	22.644
abr-15	5558	18.708
may-15	5827	18.59
jun-15	5797	19.026
jul-15	5825	22.677
ago-15	5547	18.461
sep-15	5554	23.203
oct-15	5530	20.781
nov-15	5532	18.136
dic-15	5566	21.536
ene-16	5522	19.376
feb-16	5538	18.749
mar-16	5529	22.533
abr-16	5518	22.035
may-16	5525	19.75
jun-16	5582	19.038
jul-16	5548	18.934
ago-16	5605	22.301
sep-16	5609	19.635
oct-16	5561	20.285
nov-16	5587	18.691
dic-16	5628	20.891
ene-17	5603	19.298
feb-17	5576	17.778
mar-17	5570	22.18
abr-17	5577	17.859
may-17	5623	19.297

jun-17	5675	21.121
jul-17	5675	19.004
ago-17	5726	21.799
sep-17	5667	18.732
oct-17	5654	18.916
nov-17	5820	20.904
dic-17	5782	18.925
ene-18	5769	19.437
feb-18	5912	20.362
mar-18	5858	18.175
abr-18	5834	18.635
may-18	5804	20.502
jun-18	5835	18.582
jul-18	5900	18.722
ago-18	5969	21.25
sep-18	5921	18.237
oct-18	5918	18.17
nov-18	5928	21.363
dic-18	5931	19.483
ene-19	5979	20.982
feb-19	6014	19.369
mar-19	5890	16.592
abr-19	5957	17.923
may-19	6087	22.272
jun-19	6047	18.226
jul-19	6024	19.894
ago-19	6087	18.679
sep-19	5952	16.98
oct-19	6147	22.404
nov-19	6077	17.859
dic-19	6191	20.337
ene-20	6147	21.047
feb-20	6209	18.007
mar-20	6478	19.67
abr-20	6476	19.632
may-20	6027	20.951
jun-20	6090	19.683
jul-20	6244	19.436
ago-20	6215	17.945
sep-20	6323	19.539
oct-20	6360	19.221
nov-20	6335	18.647
dic-20	6290	21.66
ene-21	6365	18.757
feb-21	6147	16.635
mar-21	6358	18.59
abr-21	6191	11.878

may-21	6399	18.231
jun-21	6515	19.235
jul-21	6490	18.849
ago-21	6450	16.727
sep-21	6678	19.262

Fuente: Ambato & Machado, (2022)

Anexo 3.- Estadística descriptiva del cantón Rumiñahui

Variable	RUMIÑAHUI	
	N° datos	Media (m3)
ene-18	13070	21.635
feb-18	13234	22.261
mar-18	13518	19.028
abr-18	13796	21.1
may-18	13793	19.992
jun-18	13888	21.437
jul-18	14109	19.442
ago-18	14299	20.749
sep-18	14337	22.975
oct-18	14411	18.776
nov-18	14538	23.434
dic-18	14402	17.774
ene-19	14687	21.907
feb-19	14798	19.104
mar-19	14681	19.884
abr-19	14697	17.008
may-19	14853	21.576
jun-19	15020	19.964
jul-19	15276	19.247
ago-19	15506	21.299
sep-19	15817	21.219
oct-19	15759	18.667
nov-19	15624	22.102
dic-19	15506	16.71
ene-20	15831	18.689
feb-20	16065	21.541
mar-20	15891	17.757
abr-20	15968	17.636
may-20	15898	17.05
jun-20	14696	32.397
jul-20	15182	18.76
ago-20	15869	23.757
sep-20	16000	18.759
oct-20	16248	21.761
nov-20	16484	22.181
dic-20	16308	16.749

ene-21	16345	21.583
feb-21	16513	18.384
mar-21	16583	17.942
abr-21	16674	20.968
may-21	16660	18.972
jun-21	16713	18.441
jul-21	16904	21.135
ago-21	17036	18.967

Fuente: Ambato & Machado, (2022)