



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE
DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Civil

AUTOR: JERSON RAFAEL CABEZAS GUEVARA

TUTORA: PAULINA ELIZABETH SUÁREZ NARANJO

Quito - Ecuador
2025

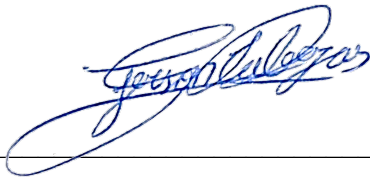
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jerson Rafael Cabezas Guevara con documento de identificación N° 2100791447 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 16 de julio del 2025

Atentamente,



Jerson Rafael Cabezas Guevara

2100791447

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Jerson Rafael Cabezas Guevara con documento de identificación N° 2100791447, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud que soy autor del proyecto técnico: “Caracterización de la curva de consumo diario de agua potable de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, Sede Quito”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscrito este documento en el momento que hago la entrega final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 16 de julio del 2025

Atentamente,



Jerson Rafael Cabezas Guevara

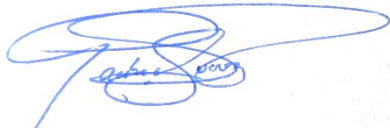
2100791447

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Paulina Elizabeth Suárez Naranjo con documento de identificación N° 0503006785, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO**, realizado por Jerson Rafael Cabezas Guevara con documento de identificación N° 2100791447, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 16 de julio del 2025

Atentamente,



Ing. Paulina Elizabeth Suárez Naranjo, MSc.

0503006785

DEDICATORIA

Esta es una parte importante de mi vida, quisiera dedicar el presente trabajo de titulación a mis padres Gloria Guevara y Calistrato Cabezas, mis cimientos y mis verdaderos ejemplos de perseverancia, gracias por estar a mi lado en cada fase de mi vida. Su lealtad, indicaciones y abrazos siempre inspiran mi decisión de levantarme. Este trabajo de titulación tiene sus nombres, pues sin ustedes esto no podría ser posible.

A mis hermanos Yalid y Jefferson quienes llenan mi vida de alegría y paz, los abrazos sinceros y su cariño fueron mi hogar. Mi aprecio sincero es para toda mi familia, tíos, primos, abuelitos, mis queridos abuelitos que en paz descansen, en este momento solo me queda una abuelita, tan linda y tierna, que me enseña cada día que la familia es el mejor equipo.

Jerson Rafael Cabezas Guevara

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, deseo manifestar mi más sincero agradecimiento a Dios, cuya presencia ha sido constante en mi vida, acompañándome tanto en los buenos momentos como en los más difíciles.

A mis padres, quienes, a pesar de sus diferencias y la distancia, siempre me brindaron su apoyo incondicional, permitiéndome alcanzar este logro académico.

A mis hermanos, Yalid C. y Jefferson C., cuya existencia me inspira a ser mejor persona cada día, y quienes con su presencia iluminan mi vida.

A toda mi familia, a quienes admiro profundamente por su capacidad de mantenerse unidos, compartir momentos valiosos y estar siempre presentes en las alegrías y adversidades.

A Naomy, quien supo apoyarme en esta etapa importante de mi vida.

A mi tutora Paulina Suárez, por su tiempo y apoyo, con su carisma pudo siempre ser una guía en este proceso.

Agradezco al Señor Educador por su valioso apoyo en la revisión de la parte escrita de este trabajo.

A mi director de carrera Francisco Ortiz, mi revisor Pablo Vera, quienes fueron parte de mi proyecto de titulación y una ayuda para la culminación.

Y, por último, a mis amigos y seres queridos, así como a todas las personas que conocí en este periodo, agradezco sinceramente el apoyo que me brindaron de una u otra manera.

Jerson Rafael Cabezas Guevara

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1 Introducción	1
1.2 Problema de estudio	2
1.2.1 Antecedentes	2
1.2.2 Importancia y alcance:	4
1.2.3 Delimitación:.....	5
1.3 Justificación	6
1.4 Objetivos	7
1.4.1 Objetivo General	7
1.4.2 Objetivos Específicos.....	7
CAPÍTULO II	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1. El Ciclo del Agua y la Importancia del Agua Potable	9
2.2. Consumo de Agua en Instituciones Educativas	9
2.2.1 Dotación	11
2.2.2 Factores que afectan a la dotación	12
2.2.3 Consumo en la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur.....	13
2.3 Coeficiente de consumo máximo diario (k1):.....	17
2.4 Coeficiente de consumo máximo horario (k2):.....	17
2.5 Consumo medio diario anual (Qmd).....	18
2.6 Consumo máximo diario	18
2.7 Consumo máximo horario.....	19
2.8 Curva de Demanda y Caracterización del Consumo de Agua	19
2.9 Patrones de consumo.....	20

2.9.1 Patrones de consumo diario	20
2.9.2 Patrones de consumo horario	20
2.10 Gestión Eficiente del Agua y Sostenibilidad	21
2.11 Medidores de agua	21
2.11.1 Tipos de medidores de agua.....	21
2.12 Sistema de información geográfica (SIG).....	24
2.12.1 Importancia del Sistema de información geográfica.....	25
CAPÍTULO III.....	26
METODOLOGÍA	26
3.1 Tipo de investigación.....	26
3.2 Población y muestra.....	26
3.2.1 Población.....	26
3.2.2 Muestra.....	27
3.3 Plan de recolección de información	28
3.4 Plan de análisis de la información.....	29
CAPÍTULO IV	30
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	30
4.1 Análisis de la zona bajo investigación	30
4.1.1 Georreferenciación del área de estudio.....	31
4.1.1.1 Georreferenciación de los medidores de agua potable.....	32
4.2 Recolección de la información.....	33
4.2.1 Medición diaria de volúmenes de agua potable	33
4.2.1.1 Descripción del tipo de medidores.....	38
4.2.1.2 Interpretación de lectura.....	39
4.2.2 Medición de volumen horario	40
4.2.2.1 Descripción de los equipos utilizados.....	41

4.2.3 Medición de las presiones	46
4.2.3.1 Descripción del equipo empleado	46
4.2.3.2 Modo e interpretación de toma de datos en el instrumento	48
4.3 Análisis de resultados.....	49
4.3.1 Procesamiento de la información	50
4.3.1.1 Consumo diario	50
4.3.1.2 Consumo semanal	55
4.3.1.3 Consumo Per-cápita	59
4.3.1.3.1. Digitalización del consumo Per-Cápita en software GIS (Sistema de Información Geográfica).....	62
4.3.1.4 Consumo horario	64
4.3.1.4.1 Análisis general de la demanda horaria	71
4.3.1.5 Patrones de consumo horario	75
4.3.1.6 Patrones de consumo diario	79
4.3.1.7 Patrón de consumo mensual.....	81
4.3.1.8 Métodos de Gumbel y Pearson III para consumo futuro.	82
4.3.1.9 Evaluación del comportamiento de la presión en la red de agua potable.	85
4.3.1.9.1. Digitalización de la presión en el GIS (Sistema de Información Geográfica).....	89
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
ANEXOS.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Coordenadas UTM</i>	6
Tabla 2. <i>Dotaciones de uso específico</i>	10
Tabla 3. <i>Dotación recomendada</i>	12
Tabla 4. <i>Lista de chequeo para el factor agua</i>	13
Tabla 5. <i>Registro de consumo anual de agua del Campus Sur</i>	15
Tabla 6. <i>Lista de chequeo para el factor agua</i>	16
Tabla 7. <i>Número de estudiantes y personal del Campus Sur 2025 - 2025</i>	27
Tabla 8. <i>Plan de recolección de información</i>	28
Tabla 9. <i>Formato de toma de datos diarios</i>	33
Tabla 10. <i>Datos diarios del macro medidor ramal 1</i>	35
Tabla 11. <i>Datos diarios del macro medidor ramal 2</i>	36
Tabla 12. <i>Datos diarios del medidor del bloque G</i>	37
Tabla 13. <i>Toma de datos horarios 1</i>	44
Tabla 14. <i>Toma de datos horarios 2</i>	45
Tabla 15. <i>Formato para toma de datos de presiones</i>	49
Tabla 16. <i>Consumo diario de agua potable</i>	52
Tabla 17. <i>Tabla de consumo semanal</i>	56
Tabla 18. <i>Consumo Per-Cápita</i>	60
Tabla 19. <i>Resumen de registro horario</i>	64
Tabla 20. <i>Patrón de consumo horario cada 2 horas</i>	76
Tabla 21. <i>Patrón de consumo horario cada 3 horas</i>	77
Tabla 22. <i>Patrón de consumo horario cada 4 horas</i>	78
Tabla 23. <i>Consumo diario y su porcentaje</i>	79
Tabla 24. <i>Comparación mensual para los meses de abril y mayo</i>	81
Tabla 25. <i>Métodos de Gumbel y Pearson III</i>	83
Tabla 26. <i>Demanda de caudal y presión en aparatos sanitarios</i>	85
Tabla 27. <i>Lectura de presiones</i>	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Zona de estudio</i>	5
Figura 2. <i>Gráfica de la curva de consumo de agua</i>	20
Figura 3. <i>Medidor volumétrico</i>	22
Figura 4. <i>Medidor chorro único</i>	22
Figura 5. <i>Medidor chorro múltiple</i>	23
Figura 6. <i>Medidor Pistón rotativo</i>	23
Figura 7. <i>Medidor Pistón rotativo</i>	24
Figura 8. <i>Representación del área de estudio</i>	31
Figura 9. <i>Georreferenciación de los medidores existentes en el sector de estudio</i>	32
Figura 10. <i>Códigos de foto en volumen diario</i>	34
Figura 11. <i>Marcas de medidores en el sector de investigación</i>	38
Figura 12. <i>Lectura superior de volumen</i>	39
Figura 13. <i>Lectura de contadores</i>	39
Figura 14. <i>Teléfono celular</i>	40
Figura 15. <i>Accesorios complementarios</i>	41
Figura 16. <i>Aplicación para registro de fotos</i>	42
Figura 17. <i>Código de foto en volumen horario</i>	42
Figura 18. <i>Manómetro</i>	47
Figura 19. <i>Adaptación de Manómetro</i>	47
Figura 20. <i>Lectura en el Manómetro</i>	48
Figura 21. <i>Comportamiento de consumo diario en la semana</i>	57
Figura 22. <i>Porcentaje de consumo diario</i>	61
Figura 23. <i>Digitalización del consumo Per-Cápita en software GIS</i>	63
Figura 24. <i>Comportamiento de consumo horario día jueves</i>	65
Figura 25. <i>Comportamiento de consumo horario del viernes</i>	66
Figura 26. <i>Comportamiento de consumo horario día sábado</i>	67
Figura 27. <i>Comportamiento de consumo horario del domingo</i>	68
Figura 28. <i>Comportamiento de consumo horario del lunes</i>	69
Figura 29. <i>Comportamiento de consumo horario día martes</i>	70
Figura 30. <i>Comportamiento de consumo horario miércoles</i>	71
Figura 31. <i>Gráfica de consumo en porcentaje horario</i>	73
Figura 32. <i>Comportamiento del consumo promedio horario</i>	74
Figura 33. <i>Variación de consumo horario cada 2 horas</i>	76
Figura 34. <i>Variación de consumo horario cada 3 horas</i>	77
Figura 35. <i>Variación de consumo horario cada 4 horas</i>	78
Figura 36. <i>Porcentaje de consumo diario</i>	80
Figura 37. <i>Curva de consumo futuro</i>	84
Figura 38. <i>Gráfica de variación de presión</i>	88
Figura 39. <i>Digitalización de la variación de la presión en software GIS</i>	90

RESUMEN

El presente proyecto de titulación se basa en el desarrollo de la curva de consumo diario de agua potable de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, sede Quito, en la provincia de Pichincha, junto con la obtención de los respectivos patrones de consumo, demanda Per-Cápita y georreferenciación, información de gran importancia a futuro para el diseño o readaptación de redes de distribución de agua potable en el campus y la planificación eficiente del uso del agua.

La metodología empleada comprende la recopilación de los volúmenes de agua potable del macro medidor principal y el medidor del bloque G, por un lapso de 60 días para el consumo diario, 7 días para la demanda horaria, posteriormente se midió la presión de agua potable a una hora fija con la utilización de un manómetro especialmente adaptado, por un periodo de 7 días consecutivos.

Con las cifras obtenidas de los medidores se pudo elaborar las curvas de consumo diario, horario, patrones de consumo y demanda Per-Cápita. Con los métodos de Pearson III y Gumbel se proyectó el consumo futuro a 2, 5, 10, 20 y 30 años.

Por último, se realizó el procesamiento y análisis estadístico de los datos recolectados, con el propósito de tabularlos y representarlos gráficamente, logrando así cumplir con los objetivos planteados. Entre los resultados obtenidos se destaca una demanda Per-Cápita de 5.79 L/hab/día. Además, se determinó que el viernes tiene el mayor consumo, con un promedio de 8111.30 L/día. La hora pico de mayor demanda se registró entre las 14H00 y las 15H00, con un promedio de 815.29 L. Asimismo, el consumo promedio diario fue de 5696.53 L/día. La presión promedio alcanzó los 36.72 metros de columna de agua (m.c.a). También se desarrolló la curva de consumo diario y horario, los patrones de demanda y la georreferenciación con el software GIS con la demanda Per-Cápita y la presión.

Palabras clave: Georreferenciación, Consumo, Patrones, Medición, Procesamiento, Análisis.

ABSTRACT

The present degree project is based on the development of the daily potable water consumption curve for the Universidad Politécnica Salesiana, South Campus, located in Quito, Pichincha Province. The project also includes the determination of corresponding consumption patterns, per capita demand, and georeferencing—data that will be of great importance in the future for the design or readaptation of potable water distribution networks within the campus and for the efficient planning of water use.

The methodology involved collecting potable water volume data from the main macro-meter and the meter located in Block G over a period of 60 days for daily consumption and 7 days for hourly demand. Additionally, potable water pressure was measured at a fixed time using a specially adapted manometer over a consecutive 7-day period.

From the data obtained via the meters, daily and hourly consumption curves, consumption patterns, and per capita demand were developed. Using the Pearson Type III and Gumbel statistical methods, future water consumption was projected for the next 2, 5, 10, 20, and 30 years.

Lastly, the collected data underwent statistical processing and analysis, with the objective of organizing and graphically representing the findings, thereby fulfilling the objectives set forth. Key results include a per capita demand of 5.79 L/person/day. It was also determined that Friday exhibited the highest water consumption, averaging 8,111.30 L/day. The peak hour of demand was recorded between 14:00 and 15:00, with an average of 815.29 L. Furthermore, the average daily consumption was 5,696.53 L/day, and the average pressure reached 36.72 meters of water column (m.w.c). Daily and hourly consumption curves, demand patterns, and georeferencing were also developed using GIS software, incorporating per capita demand and pressure data.

Keywords: Georeferencing, Consumption, Patterns, Measurement, Processing, Analysis.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Introducción

El agua potable es un recurso fundamental para la vida humana y el desarrollo de las actividades cotidianas, especialmente dentro de entornos educativos como las universidades, donde su uso es constante y variado. La gestión eficiente de este recurso se ha convertido en una necesidad prioritaria frente a los desafíos actuales relacionados con la sostenibilidad y el cambio climático. En este contexto, el presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal la caracterización del consumo diario de agua potable en la Universidad Politécnica Salesiana, Campus Sur, con el fin de establecer un control más efectivo sobre su uso mediante la vigilancia y análisis de su uso.

En el Capítulo 1, se abordan los antecedentes y generalidades del estudio, partiendo de la problemática relacionada con la falta de control y monitoreo del consumo de agua potable dentro del campus. Se destaca la necesidad de implementar medidas que permitan una gestión técnica, sustentable y responsable del recurso. Asimismo, se plantean la importancia del estudio, su alcance y los objetivos específicos que guían el desarrollo del trabajo, entre los cuales destacan la caracterización de la curva de consumo diario mediante mediciones directas, la georreferenciación del área de estudio, el análisis de la presión del agua y la determinación de la demanda per cápita, todo ello apoyado con herramientas de sistemas de información geográfica (GIS).

El Capítulo 2 desarrolla el marco teórico, en el cual se analizan los factores que influyen en la dotación de agua, los tipos de medidores, la curva de demanda y las estrategias para una gestión eficiente del recurso. Además, se toma como referencia el "Libro Blanco de la Gestión Ambiental Universitaria", de autoría del padre rector Juan Cárdenas, para comprender el contexto del consumo de agua en el Campus Sur, Sede Quito.

En el Capítulo 3, se expone la metodología empleada, especificando el tipo de investigación, la población y muestra considerada, así como los planes para la recolección y análisis de la

información. Se detalla también el proceso de medición horaria y diaria del consumo, a través del monitoreo con medidores y dispositivos de registro automatizado.

Finalmente, en el Capítulo 4, se presentan y analizan los resultados obtenidos a partir de las mediciones realizadas durante un período de 60 días (en el consumo diario), 7 días en el volumen horario y una semana más para la medición de presiones. Se interpretan las lecturas de los medidores, calculando los volúmenes horarios y diarios de demanda, y se digitalizan los datos en un sistema GIS. Además, mediante métodos estadísticos como Gumbel y Pearson, se proyecta el comportamiento futuro del consumo, y se evalúa si la presión del sistema cumple con los estándares normativos vigentes. Todo esto permitirá contar con una base sólida para mejorar la eficiencia en el uso del agua potable en el Campus Sur de la UPS.

1.2 Problema de estudio

1.2.1 Antecedentes

Desde los inicios de la humanidad, el manejo del agua ha sido esencial para la supervivencia y el desarrollo social. En sus primeros asentamientos, las comunidades se abastecían de los ríos cercanos. No obstante, a medida que la población crecía, surgió la necesidad de implementar nuevas técnicas de captación y distribución del agua para garantizar su disponibilidad y uso sostenible. (Ballén Suárez et al., 2000)

En las últimas décadas, los países desarrollados han realizado estudios para determinar el consumo de agua por persona. Según la Organización Mundial de la Salud y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, se recomienda un consumo mínimo de 20 litros de agua por persona al día. Sin embargo, en la práctica, el consumo diario suele estar entre 200 y 300 litros por habitante. En Quito se puede llegar a consumir hasta 240 litros por persona al día. (Matés-Barco, n.d.)

América Latina y el Caribe tienen la tasa más alta de cobertura de agua potable entre las regiones en desarrollo, alcanzando un 94%. Sin embargo, esta cifra es desigual, con variaciones

significativas tanto entre países como dentro de las zonas rurales y urbanas de un mismo país. Por ejemplo, más del 96% de la población de Uruguay tiene acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas, mientras que en Bolivia ese porcentaje cae a menos de la mitad (46%) y en Haití a solo un 24%. (Trujillo, 2012). A pesar de estos avances, aproximadamente 37 millones de personas carecen de acceso a agua potable y casi 110 millones no disponen de servicios de saneamiento. Los países con menor acceso al agua potable en la región incluyen Haití, República Dominicana, Nicaragua, Ecuador, Perú y Bolivia. En el caso de Perú, aunque cerca del 90% de la población tiene acceso a agua, el servicio presenta serias limitaciones, como suministro intermitente, baja presión y mala calidad del agua. (Trujillo, 2012). Por lo tanto, no asegura un acceso equitativo, ya que la falta de estudios que relacionen los patrones de uso y consumo con ineficiencias en la distribución ha dificultado el acceso al agua. (Gonzales, 2014)

Ecuador, por su parte, posee una gran riqueza hídrica, pero en los últimos años se ha investigado poco sobre su consumo. La revisión de la literatura sobre los hábitos de uso del agua revela una escasez de información, lo que subraya la falta de proyectos dedicados a estudiar este recurso vital. En este contexto, la caracterización de la curva de consumo diario de agua potable en la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, en el cantón Quito, se vuelve esencial para entender los patrones de uso dentro de la institución. Este análisis permitirá identificar áreas de mejora en la gestión del recurso hídrico, promoviendo prácticas más sostenibles y eficientes entre los estudiantes y el personal docente, administrativo, técnico, personal de servicio, personal de apoyo estudiantil. (Zúñiga, 2012)

El suministro de agua potable es clave, para el desarrollo de la vida en los centros educativos, que son considerados grandes consumidores de este recurso debido a su tamaño y demanda. El consumo de agua en instituciones educativas, como universidades, puede ser comparable al de ciudades de tamaño medio. Este alto consumo resalta la necesidad de implementar procesos de conservación y uso eficiente del agua, ya que representa un desafío significativo que debe ser abordado. La gestión adecuada del agua en estas instituciones implica un control eficaz tanto de los

sistemas de distribución como de los hábitos de los usuarios, lo que puede resultar en beneficios ambientales, como la reducción de la presión sobre los recursos hídricos y la disminución de contaminantes en las fuentes de agua. (Bonnet, 2002)

1.2.2 Importancia y alcance:

El rápido aumento de la población ha llevado a un incremento significativo en el consumo de agua, lo que en ciertos sectores provoca escasez, contribuyendo a la pobreza y el hambre. A pesar de los acuerdos internacionales entre países, la gobernanza y la gestión del agua siguen siendo retos complejos y no resueltos. Por ello, es importante entender cómo una persona utiliza el agua, ya que esto permitirá conocer mejor los parámetros relacionados con los hábitos de consumo de agua potable, el consumo diario por individuo y los usos específicos que se le dan a este recurso. (Escribano, 2010)

Al obtener la caracterización de la curva de consumo diario de agua potable es posible comprender cómo se utiliza este recurso en un entorno específico, como una universidad. En los días calurosos, cada habitante de Quito puede llegar a usar hasta 240 litros al día, en comparación con los 170 litros habituales y muy por encima de los 100 litros recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Al identificar patrones de consumo a lo largo del día, es posible detectar picos y variaciones en el uso del agua, lo que permite a las instituciones gestionar mejor sus recursos hídricos. Esta información es crucial para optimizar la distribución y garantizar que se satisfagan las necesidades de todos los usuarios, evitando el desperdicio y mejorando la eficiencia. Además, contar con una visión clara del consumo diario facilitará la implementación de estrategias que promuevan un uso más sostenible del agua. (Rodríguez, 2024)

La caracterización de la curva de consumo diario de agua potable es fundamental, ya que proporciona una base sólida para la toma de decisiones informadas. Mediante una metodología que incluye las mediciones, se podrá analizar detalladamente el uso del agua dentro de la comunidad. Al involucrar a todos en este proceso, se generará un impacto positivo en la gestión del agua,

promoviendo prácticas sostenibles a largo plazo que beneficiarán a la comunidad en su conjunto.
(Escribano, 2010)

Además, los resultados obtenidos de esta caracterización servirán como referencia para futuros proyectos de investigación y el desarrollo de políticas relacionadas con la gestión del agua en la universidad. Al facilitar la identificación de áreas críticas y la implementación de soluciones adecuadas, se contribuirá a un uso más eficiente y equitativo del recurso hídrico. Esto no solo beneficiará a la comunidad universitaria en términos de sostenibilidad, sino que también sentará las bases para un modelo de gestión del agua que podría ser replicable en otras instituciones educativas de la región.

1.2.3 Delimitación:

La caracterización de la curva de consumo diario de agua potable se llevará a cabo en la Universidad Politécnica Salesiana, ubicada en el Campus Sur, sede Quito, Ecuador. Los límites del análisis de estudio se detallan en la Figura 1 y están comprendidos en:

Av. Moran Valverde y Av. Rumichaca Ñan s/n, Quito.

Figura 1.

Zona de estudio



Nota. Delimitación de la zona de estudio. Elaborado por: El autor, a través de Google Earth Pro.
Línea roja delimita el área de la Universidad Politécnica Salesiana de 53665.71 m², Campus Sur, sede Quito.

A continuación, se detalla las coordenadas UTM, de los 5 puntos mostrados en la Figura 1:

Tabla 1.

Coordenadas UTM

	SUR	OESTE
P1	0°16'55.79"	78°33'7.07"
P2	0°16'50.95"	78°32'58.04"
P3	0°16'51.80"	78°32'56.26"
P4	0°17'2.64"	78°32'59.43"
P5	0°17'0.21"	78°33'2.12"

Nota. Se presenta los puntos de coordenadas. Elaborado por: El autor, a través de Google Earth Pro.

1.3 Justificación

La gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico es una necesidad imperante dentro de la institución, especialmente en un contexto donde el acceso al agua potable se ve cada vez más restringido por factores como el cambio climático, el crecimiento poblacional y la presión sobre los recursos naturales. Por ello, las instituciones educativas deberían adoptar prácticas responsables en su manejo, y este estudio tiene como objetivo proporcionar información detallada sobre los patrones de consumo de agua, lo que permitirá optimizar su uso y reducir el desperdicio.

Los beneficiarios de este proyecto incluyen a toda la comunidad universitaria: estudiantes, docentes, personal administrativo y de servicio, al proporcionar datos claros sobre el consumo de agua potable. Además, la universidad con estos datos proporcionados, tendrá información base para conocer cifras y tomar decisiones adecuadas.

En términos de factibilidad, el proyecto es viable y se puede llevar a cabo con recursos disponibles en la universidad. Se utilizará un medidor de agua ya existente, un manómetro de capacidad de hasta 200 libras, cámara para registro de la variación de consumo. Con una

planificación adecuada y el compromiso de una eficaz toma de datos, el proyecto puede lograrse efectivamente.

La caracterización de la curva de consumo diario de agua potable será una herramienta valiosa para futuros proyectos relacionados con el diseño o rediseño de la red de agua en la Universidad Politécnica Salesiana, ubicada en el campus sur de la sede Quito. Esta investigación se centrará en el consumo diario de agua en diversas áreas y horarios del campus, lo que permitirá obtener una visión integral del uso del recurso. A través de un análisis exhaustivo de los datos recolectados, que beneficiará a la universidad. De este modo, la investigación generará un impacto a nivel local y aportará al mejoramiento de la gestión hídrica.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Caracterizar la curva de consumo diario de agua potable de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, sede Quito, mediante la recolección y análisis de datos sobre el uso del agua potable en la institución, con el fin de optimizar su gestión y promover prácticas sostenibles.

1.4.2 Objetivos Específicos.

Obtener patrones de consumo diario de agua potable en la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, sede Quito, mediante mediciones directas, para entender mejor el uso del recurso y detectar áreas de mayor consumo.

Establecer la ubicación geográfica del sector de investigación, caracterizando la zona educativa, utilizando herramientas de mapeo, con el objetivo de visualizar la distribución del consumo de agua y su relación con las infraestructuras existentes.

Digitalizar la información y resultados obtenidos mediante un software GIS (Geographic Information System), para facilitar el análisis de datos espaciales y permitir la toma de decisiones en la gestión del agua potable.

Medir la presión de agua y comparar con el valor asignado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción, a través de mediciones en puntos estratégicos, con el fin de asegurar que la infraestructura de agua cumple con los estándares establecidos y norma actual.

Determinar la demanda per cápita del consumo de agua potable en la Universidad mediante el análisis de los datos recolectados, para establecer un referente sobre el uso de agua por persona y facilitar la planificación de recursos.

Obtener la curva de consumo diario de agua potable de la Institución educativa, a partir de los datos recopilados, para proporcionar una herramienta visual que ayude en la gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

La caracterización de la curva diaria de consumo de agua potable implica un análisis detallado de los patrones de uso de este recurso en una zona, sector, comunidad, barrio, establecimiento, institución, entre otras. En este caso, la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, sede Quito. Para fundamentar este análisis, es necesario abordar diversos conceptos relacionados con el consumo de agua, la gestión de recursos hídricos, el comportamiento de demanda en instituciones educativas, los principios de sostenibilidad y eficiencia en el uso del agua.

2.1. El Ciclo del Agua y la Importancia del Agua Potable

El agua es un recurso esencial para la vida y desempeña un papel clave en el funcionamiento de los ecosistemas, agricultura, industria y, en general, en la vida diaria de las personas. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el agua potable como aquella que es segura para el consumo humano, libre de contaminantes que puedan causar enfermedades. Sin embargo, la disponibilidad de agua potable se ve afectada por múltiples factores como el crecimiento demográfico, la urbanización, la contaminación y el cambio climático (ONU, 2019)

La gestión eficiente del agua potable es fundamental, especialmente en instituciones con un alto consumo como universidades, donde la actividad diaria genera una demanda constante y significativa. (Bonnet, 2002)

2.2. Consumo de Agua en Instituciones Educativas

Las instituciones educativas, como universidades y colegios, representan un tipo de consumidor particular debido a los horarios, actividades y número de personas que circulan diariamente. Varios estudios muestran que el consumo de agua en estas instalaciones suele seguir un patrón cíclico relacionado con el inicio y el fin de las actividades académicas, eventos, actividades extracurriculares y el uso de instalaciones como baños y comedores (Martínez, 2018)

La curva diaria de consumo de agua refleja estas variaciones a lo largo del día. Esta curva se caracteriza generalmente por picos de alta demanda durante las mañanas y las primeras horas de la tarde, coincidiendo con la mayor afluencia de personas, y una reducción considerable durante la noche. Identificar y comprender estos patrones permite optimizar el uso del recurso y evitar su desperdicio.

Tabla 2.

Dotaciones de uso específico

Tipo de edificación	Unidad	Dotación
Bloques de viviendas	L/habitante/día	200 a 350
Bares, cafeterías y restaurantes	L/m ² área útil/día	40 a 60
Camales y planta de faenamiento	L/cabeza	150 a 300
Cementerios y mausoleos	L/visitante/día	3 a 5
Centro comercial	L/m ² área útil/día	15 a 25
Cines, templos y auditorios	L/concurrente/día	5 a 10
Consultorios médicos y clínicas con hospitalización	L/ocupante/día	500 a 1000
Cuarteles	L/persona/día	150 a 350
Escuelas y colegios	L/estudiante/día	20 a 50
Hospitales	L/cama/día	800 a 1300
Hoteles hasta 3 estrellas	L/ocupante/día	150 a 400
Hoteles de 4 estrellas en adelante	L/ocupante/día	350 a 800
Internados, hogar de ancianos y niños	L/ocupante/día	200 a 300
Jardines y ornamentación con recirculación	L/m ² /día	2 a 8
Lavanderías y tintorerías	L/kg de ropa	30 a 50
Mercados	L/puesto/día	100 a 500

Oficinas	L/persona/día	50 a 90
Piscinas	L/m ² área útil/día	15 a 30
Prisiones	L/persona/día	350 a 600
Salas de fiesta y casinos	L/m ² área útil/día	20 a 40
Servicios sanitarios públicos	L/mueble sanitario/día	300
Talleres, industrias y agencias	L/trabajador/jornada	80 a 120
Terminales de autobuses	L/pasajero/día	10 a 15
Universidades	L/estudiante/día	40 a 60
Zonas industriales, agropecuarias y fábricas	L/s/Ha	1 a 2

Nota. Se presenta el promedio de consumo de agua potable por diferentes tipos de edificaciones, según la normativa vigente. Fuente: (NEC-11, 2011).

En la Tabla 2, plantea las dotaciones de uso específico para edificaciones, donde se especifican las dotaciones correspondientes a distintos espacios de uso público, indicando su consumo de agua correspondiente. Se destaca que, para establecimientos educativos, como las universidades, se establece un rango de dotación de 10 a 40 litros por estudiante al día (L/estudiante/día).

2.2.1 Dotación

La dotación hace referencia a la cantidad diaria de agua estimada por persona en litros. Los factores que influyen en esta estimación son: las condiciones climáticas de la zona, cantidades de agua asignadas a los diferentes sectores de la ciudad según las necesidades de los servicios públicos, la demanda de agua para la industria, volúmenes necesarios para la protección contra incendios, así como para la limpieza de mercados, plazas, calles, fuentes, entre otros. También se considera el agua destinada al riego de jardines y otras necesidades, como la limpieza de los sistemas de alcantarillado. Las cantidades recomendadas se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3.*Dotación recomendada*

Población (habitantes)	Clima	Dotación media futura (L/habitante/día)
	Frío	120-150
Hasta 5000	Templado	130-160
	Cálido	170-200
5000 a 50 000	Frío	180-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
Más de 50 000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Nota. Esta tabla muestra los intervalos de consumo en L/habitante/día, según el clima y la población.

Fuente: (INEN 05, 1992).

2.2.2 Factores que afectan a la dotación

Diversos elementos influyen en la dotación de agua. Uno de los más importantes es el tipo de población, debido a que las áreas habitadas están compuestas por distintas edificaciones, como zonas residenciales, comerciales, industriales y otras. Esto facilita identificar el consumo predominante, que puede ser doméstico, comercial, industrial, público, pérdidas en la red o uso en emergencias como incendios. Otro factor relevante es el nivel socioeconómico, evidenciado en el tipo de vivienda, ya sea en áreas rurales o urbanas; además, las condiciones climáticas también desempeñan un papel importante.

El consumo de agua tiende a variar según las estaciones del año, influido por factores como la temperatura ambiental y la cantidad de lluvias, lo que afecta el consumo por persona. Finalmente, otros aspectos como la calidad del agua, la eficacia en la prestación del servicio, y las estrategias de control y medición también inciden en la dotación de agua disponible. (Revelo, 1979.)

2.2.3 Consumo en la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur

Hasta la culminación del presente estudio, existe muy poca información disponible acerca de la situación ambiental dentro de la Universidad. Debido a eso, este estudio posee especial relevancia, ya que ofrecerá información actualizada e importante que permitirá una gestión más sostenible de los recursos.

En la primera edición del Libro Blanco de la Gestión Ambiental Universitaria, un equipo de expertos liderado por el presente rector Juan Cárdenas Tapia, sdb, Ph. D, el vicerrector Fernando Pesántez Avilés, Ph. D., John Calle Siguencia, Ph. D., Pablo Arévalo Moscoso, Ph. D. y Xavier Serrano Guerrero, Ph. D. proponen una metodología integral para evaluar el impacto ambiental en los diferentes campus de la universidad. Su enfoque incluye:

- Recorrido por las instalaciones
- Entrevistas y encuestas en la comunidad universitaria.
- Revisión de archivos y datos históricos.

Esto permite analizar distintos componentes ambientales, como el agua, el aire, la energía, los residuos sólidos y el suelo. El presente estudio se enfoca específicamente en el componente agua, el cual se avalúa mediante la siguiente Tabla 4 de chequeo referente al Campus Sur.

Tabla 4.

Lista de chequeo para el factor agua

Componente: AGUA	Sí	Cantidad
¿Se conoce el consumo mensual de agua?	Sí	271.83 m ³
¿Se conoce el consumo anual de agua?	Sí	3262 m ³
	Sí	No
¿Se mantiene un registro del consumo de agua por medio de la emisión de planillas de la empresa distribuidora?		No
¿Se analiza el consumo mensual para evaluar el comportamiento de los usuarios o posibles fugas?		No

¿Se han instalado submedidores en áreas en donde el consumo se considera alto?	No
¿Se tiene instalados equipos de medición de fugas?	No
¿Existe un programa de ahorro de agua?	No
¿Se tiene señalética referente al ahorro de agua en los diferentes puntos de consumo?	No
¿Se han realizado acciones específicas para ahorrar agua en los últimos doce meses?	No
¿Se chequea continuamente y se reportan inmediatamente las fugas de agua de sanitarios, lavamanos y otros puntos de consumo?	No
¿Se reparan inmediatamente las fugas una vez reportado el daño?	No
¿Se tiene regulado el flujo de agua en lavamanos?	No
¿Se tienen instalados sanitarios que se activan automáticamente luego del uso?	No
¿Se tienen instalados lavamanos que se activan automáticamente para el uso y regulan la dosificación de agua?	No
¿Se usa agua potable para limpieza de pisos, vehículos y áreas verdes?	Sí
¿Se tiene instalados algún sistema de recuperación de agua en algún proceso?	No


Nota. En esta tabla se observa datos de consumo mensual y anual, seguido de varias preguntas respondidas con si o no. Fuente: (Cárdenas et al.,2024).

En la Tabla 4, se puede observar la gran ausencia de respuestas afirmativas en la lista de chequeos, sin embargo, se conoce el consumo mensual estimado en 271.83 m³ y anual 3262 m³ en el campus Sur, sede Quito. y la respuesta afirmativa de la penúltima pregunta que habla de la

utilización de agua para limpieza de pisos, vehículos y áreas verde, afirma en cierto sentido que existe conocimiento del destino y uso del agua.

Tabla 5.

Registro de consumo anual de agua del Campus Sur

 REGISTRO DE CONSUMO ANUAL DE AGUA (m³)							Fecha: 01-02-2024
Mes	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Código: 2024
enero	972	543	625	144			
febrero	1018	683	692	167			
marzo	954	832	358	141			
abril	731	684	73	296			
mayo	752	790	74	248			
junio	848	1019	88	116			
julio	798	927	55	250			
agosto	942	928	209	332			
septiembre	525	642	66	240			
octubre	811	592	86	439			
noviembre	939	816	74	418			
diciembre	526	489	71	471			
Total anual	9816	8945	2471	3262			

Nota. La tabla muestra el consumo de agua potable mensual y una sumatoria por año. Fuente: (Cárdenas et al.,2024).

En la Tabla 5, tiene una tendencia de reducción entre el año 2018 (9816 m³) y 2021 (3262 m³), posiblemente este comportamiento se base por los acontecimientos suscitados a nivel mundial que es la pandemia COVID-19 en 2020-2021. Luego del año 2021 no existe una recopilación de datos de consumo.

A continuación, se presenta la Tabla 6, la cual identifica los aspectos ambientales que generan impactos significativos en los procesos evaluados (práctica, mantenimiento y limpieza). Cada aspecto se valora en base a cuatro criterios según (Cárdenas et al.,2024):

1. Criterios de Evaluación (escala 1-5):

Magnitud: Grado del impacto

Cobertura: Alcance espacial

Severidad: Gravedad del efecto

Frecuencia: Recurrencia

2. Puntaje Total:

Suma de las ponderaciones de los cuatro criterios.

Rango: 4 (mínimo) a 20 (máximo).

3. Significancia Ambiental (código de colores):

Amarillo: Puntaje de 0 a 10 (impacto moderado).

Rojo: Puntaje de 11 a 20 (impacto alto, requiere acción prioritaria).

Tabla 6.

Lista de chequeo para el factor agua

		EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES								Fecha: 01-04-2024
										EAA - 1
Actividad	Aspecto ambiental	Nº	Impacto ambiental		Criterios ambientales					Significancia
			Tipo	Clase	Magnitud	Cobertura	Severidad	Frecuencia	Puntaje total	
Práctica	Generación de residuos peligrosos	1	1,2,3	-	3	1	3	5	12	Rojo
	Generación de ruido	2	3	-	1	1	3	1	6	Amarillo
	Consumo de combustibles	3	1,2,3	-	4	1	2	1	8	Amarillo
	Generación de aguas residuales	4	1,2,3	-	5	1	3	5	14	Rojo
	Generación de gases	5	3	-	5	1	3	5	14	Rojo
	Generación de residuos no reciclables	6	1,2,3	-	3	1	2	2	8	Amarillo
Mantenimiento	Consumo de aceites	7	1,2,3	-	1	1	3	1	6	Amarillo
	Consumo de energía eléctrica	8	1,2,3	-	4	1	2	1	8	Amarillo
	Generación de residuos reciclables	9	1,2,3	-	5	1	3	5	14	Rojo
	Generación de residuos no reciclables	10	1,2,3	-	5	1	3	3	12	Rojo

Limpieza	Generación de residuos peligrosos	1 1	1,2,3	-	4	1	2	1	8	
	Consumo de agua	1 2	2	-	5	5	5	5	20	
	Consumo de agua	1 3	2	-	5	5	5	5	20	
	Generación de gases	1 4	3	-	2	2	3	2	9	

Nota. Los colores muestran el grado de intensidad del consumo. Fuente: (Cárdenas et al.,2024).

En la Tabla 6, evalúa diferentes aspectos ambientales asociados a diferentes actividades, asignándoles puntajes según su nivel impacto. Entre lo evaluado destacan dos categorías: mantenimiento y limpieza, donde el consumo de agua tiene un impacto significativo con puntaje total de 20, que es el máximo valor de la tabla en mención, indicando que el uso de agua tiene un mayor riesgo ambiental identificado.

2.3 Coeficiente de consumo máximo diario (k1):

Las variaciones de máximo consumo diario se refieren al día con el mayor consumo registrado en una serie de datos anuales. Este coeficiente se calcula mediante la relación entre el consumo diario más alto y el consumo diario promedio. (Garzón Orduña, 2014)

$$k1 = \frac{\text{Mayor consumo diario}}{\text{Consumo medio diario (Qmd)}}$$

En caso de no contar con estos datos, se recomienda utilizar valores entre: k1= 1,3 - 1,5 (EMAAP, 2008)

2.4 Coeficiente de consumo máximo horario (k2):

Las variaciones de máximo consumo horario se refieren a la hora de mayor consumo en el día de máximo consumo, dentro de una serie de datos anuales, excluyendo los días con fallos significativos en el sistema de distribución. Este coeficiente se determina mediante la relación entre el consumo diario más alto y el consumo diario promedio. (EMAAP, 2008)

$$k2 = \frac{\text{Caudal máximo horario (QMH)}}{\text{Consumo medio diario (Qmd)}}$$

En caso de no contar con estos datos, se recomienda utilizar valores entre: $k_2 = 2,0 - 2,3$ (EMAAP, 2008)

2.5 Consumo medio diario anual (Qmd)

El consumo medio diario anual se obtiene a partir de la dotación asignada para la población proyectada en el período de diseño, expresada en m^3/s , y se calcula mediante la siguiente fórmula: (EMAAP, 2008)

$$Qmd = \frac{D * N}{(1000 l * 86400seg)}$$

Dónde:

Qmd = Consumo medio diario anual (m^3/s)

D = Dotación (l/hab/día)

N = Población futura (Hab.)

2.6 Consumo máximo diario

El consumo máximo diario se describe como el día de demanda pico máxima registrado durante un año. Se calcula multiplicando el consumo medio diario anual por el coeficiente de consumo máximo diario k_1 , con la siguiente fórmula que se presenta a continuación. (EMAAP, 2008)

$$QMD = Qmd * k_1$$

Dónde:

QMD = Consumo máximo diario. (m^3/s)

Qmd = Consumo medio diario anual. (m^3/s)

k1 = Coeficiente de variación de consumo máximo diario. (1.3 – 1.5)

2.7 Consumo máximo horario

El consumo máximo horario se define como la hora de consumo máximo del día de consumo máximo durante un año sin tomar en cuenta consumo por incendio. Se calcula multiplicando el consumo medio diario por el coeficiente de consumo máximo horario k_2 , con la siguiente fórmula:

$$QMH = Qmd * k_2$$

Dónde:

QMH = Consumo máximo horario. (m³/s)

Qmd = Consumo medio diario. (m³/s)

k₂ = Coeficiente de variación de consumo máximo horario. (2 – 2.3)

Esta fórmula permite determinar el máximo consumo de agua en un intervalo de tiempo específico, lo que es crucial para la gestión adecuada de los recursos (EMAAP, 2008)

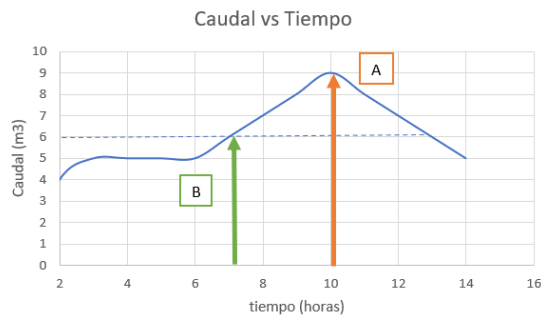
2.8 Curva de Demanda y Caracterización del Consumo de Agua

La curva de demanda de agua es una representación gráfica del flujo de agua consumido en función del tiempo, generalmente en intervalos horarios o diarios. Esta curva refleja la variabilidad en la cantidad de agua utilizada y permite identificar momentos de mayor y menor demanda. En el contexto de una universidad, la caracterización de esta curva implica la recopilación de datos de consumo a través de medidores de flujo instalados en diferentes puntos de la infraestructura (Guerrero-Erazo, 2017)

Existen diferentes enfoques para analizar y modelar esta curva, como los modelos de predicción de demanda que permiten anticipar los picos de consumo y planificar la gestión del recurso. Estos modelos consideran factores como la cantidad de personas en el campus, los horarios de clases y eventos especiales, además de las condiciones climáticas.

Figura 2.

Gráfica de la curva de consumo de agua



Nota. Es una representación sin datos reales. Elaborado por: el autor.

2.9 Patrones de consumo

Podemos mencionar que el crecimiento económico y cambios ambientales, impactan directamente al consumo de agua potable, produciendo un aumento de demanda de los usuarios (Escudero, J., & Lerda, S. 1996)

2.9.1 Patrones de consumo diario

Se refieren a las cantidades promedio de agua utilizada por persona o hogar en un día, y están influenciados por factores como el clima, el acceso al recurso, los hábitos culturales y las características socioeconómicas. Según estudios, el uso del agua potable incluye actividades como la higiene personal, la limpieza y la cocina, siendo el uso del baño la mayor fuente de consumo diario en los hogares (Gleick, 1996).

2.9.2 Patrones de consumo horario

Son las variaciones en el uso del agua a lo largo del día, lo que permite identificar los momentos de mayor y menor demanda. En áreas urbanas, el consumo tiende a mostrar picos específicos, generalmente durante las primeras horas de la mañana, cuando se realizan actividades como el aseo personal y la preparación de alimentos, y a media tarde, cuando se llevan a cabo tareas de limpieza en el hogar. Los periodos de menor demanda suelen ocurrir durante la noche (Butler & Memon, 2006).

2.10 Gestión Eficiente del Agua y Sostenibilidad

La gestión eficiente del agua es un pilar fundamental en la sostenibilidad de las instituciones. Según el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), una adecuada gestión hídrica en instituciones educativas no solo reduce el consumo de agua, sino que también contribuye a la reducción de la huella ambiental. Esto incluye la implementación de sistemas de monitoreo, la detección de fugas, la instalación de tecnologías de ahorro de agua (como grifos de bajo flujo y sistemas de riego inteligentes), y la educación de la comunidad sobre el uso responsable del recurso.

Al analizar la curva de consumo de agua en la universidad, se permitirá desarrollar políticas que fomenten una cultura de sostenibilidad y eficiencia, alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el ODS 6: Agua limpia y saneamiento, que busca garantizar la disponibilidad de agua potable y su gestión sostenible para todos.

2.11 Medidores de agua

Es un sistema de medición que se localiza en cada una de las conexiones residenciales o no residenciales, con el fin de medir los volúmenes consumidos de agua potable entregada por el prestador del servicio. (Matés-Barco, 2022)

2.11.1 Tipos de medidores de agua

Medidor de agua Volumétrico

Es un aparato diseñado para calcular la cantidad de agua que circula a través de una tubería en los sistemas de distribución de agua. Su funcionamiento se basa en el principio de desplazamiento positivo, registrando el volumen al llenar y vaciar de forma repetida cámaras que contienen una cantidad específica de agua. A medida que el agua fluye, pone en movimiento un componente mecánico, como un pistón, un disco oscilante o engranajes, y este movimiento se convierte en una lectura del volumen medido. (Arregui, 2006)

Figura 3.

Medidor volumétrico



Fuente: Catálogo Grupo CENIFERR.

Chorro único

Se compone de un elemento móvil en el cual incide un único chorro, el número de vueltas de la turbina acciona un mecanismo de engranajes, lo cual controla el indicador numérico de una pantalla donde se visualiza el caudal consumido. (Matés-Barco, 2022)

Figura 4.

Medidor chorro único



Fuente: Catálogo Grupo LOS HIDROS CD.

Chorro múltiple

Se compone de un elemento móvil donde el agua se introduce a partir de varios agujeros que vienen dirigidos del chorro de entrada. (Matés-Barco, 2022)

Figura 5.

Medidor chorro múltiple



Fuente: Catálogo DITECNIA.

Pistón rotativo

Estos medidores registran el consumo mediante el computo del número de llenados y vaciados de una cámara de volumen conocido. (Matés-Barco, 2022)

Figura 6.

Medidor Pistón rotativo



Fuente: Catálogo SHMETERS.

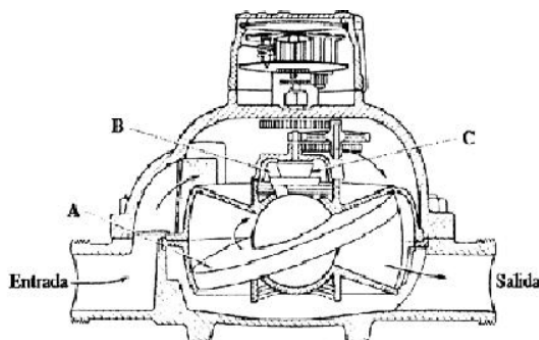
Disco oscilante

Los medidores de disco oscilante son el tipo más común y preciso de medidores de desplazamiento positivo. El principio operativo simple y confiable permite que el agua fluya hacia la cámara, con lo cual el disco puede realizar un movimiento oscilante, cada movimiento oscilante

del disco es una cantidad fija de agua, por lo que el flujo total se calcula por el total de nutaciones.
(Matés-Barco, 2022)

Figura 7.

Medidor Pistón rotativo



Fuente: Ingeniería ULA

2.12 Sistema de información geográfica (SIG)

Son herramientas tecnológicas que permiten la recolección, almacenamiento, análisis y visualización de datos espaciales. Estos sistemas integran información geográfica con descripciones alfanuméricas, lo que facilita la comprensión y el análisis de fenómenos que tienen una componente geográfica. Los SIG son ampliamente utilizados en campos como la planificación urbana, la gestión de recursos naturales, la logística y el análisis de riesgos, ya que permiten la visualización de patrones y tendencias espaciales, optimizando la toma de decisiones basada en el territorio (Longley, Goodchild, Maguire & Rhind, 2015).

En los últimos años, los SIGs han evolucionado espectacularmente, destacando las aportaciones del NCGIA (Centro Nacional para la Investigación Geográfica y Análisis) de EEUU, creado en 1988 para desarrollar los fundamentos teóricos y conceptuales de futuros SIGs y no para desarrollar software SIG. (López Lara, 1998)

Sus líneas de investigación fundamentales se adscriben a:

- Análisis y estadística espacial
- Relaciones espaciales y estructuras de la base de datos

- Inteligencia artificial y sistemas expertos
- Visualización de datos espaciales
- Cuestiones institucionales, sociales y económicas de los SIGs

2.12.1 Importancia del Sistema de información geográfica

Ha de tenerse en cuenta que los objetivos del trabajo o de la investigación deben determinar la escala y el territorio abarcado, así como el modelo a utilizar (ráster o vectorial) y los caracteres básicos de las coberturas a generar o usar. Estos aspectos, aparentemente obvios, son de vital importancia por cuanto de ellos va a depender la validez de los resultados. Es por ello por lo que es necesario insistir que, tan importante como la utilización SIG, es la determinación metodológica y operativa de lo que se pretende hacer. (López Lara, 1998).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

Para el desarrollo del presente trabajo experimental se utilizarán los siguientes niveles o tipos de investigación: exploratorio, analítico y descriptivo.

Exploratoria: El propósito de este estudio es llevar a cabo mediciones de caudales en el macro medidor principal, el cual es utilizado por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable (EPMAPS), registrando los datos de manera diaria durante un periodo de 60 días. Además, se registrarán las presiones mediante un manómetro, conectándolo a un grifo de la red de agua potable situado en la entrada del laboratorio de suelos, durante un plazo de 7 días.

Analítica: Una vez terminadas las mediciones de caudales y de presión en la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, sede Quito, se realizará un análisis con los datos recopilados en el campo para su posterior tabulación.

Descriptiva: Al culminar con el trabajo experimental, se obtendrán datos tales como: curvas de consumo diario y caudales máximo diarios en la Universidad Politécnica Salesiana campus sur, sede Quito, que estarán representados digitalmente en un sistema de información geográfica.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Elementos accesibles o unidad de análisis que perteneces al ámbito especial donde se desarrolla el estudio. (Condori-Ojeda, 2020). El presente trabajo abarca a toda la población de la Universidad Politécnica Salesiana, campus Sur, en la sede Quito. Esta población está compuesta, según datos proporcionados por la universidad, de aproximadamente 147 profesores, 2746 estudiantes, así como el personal de seguridad y de servicio.

Tabla 7.*Número de estudiantes y personal del Campus Sur 2025 - 2025*

SEDE	QUITO
CAMPUS	SUR
PERIODO	2025 - 2025
CARRERAS	Estudiantes matriculados
BIOQUÍMICA Y FARMACIA	58
COMPUTACIÓN	284
ELECTRICIDAD	250
ELECTRICIDAD INDUSTRIAL [HÍBRIDA]	12
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN	192
ENFERMERÍA	160
FISIOTERAPIA	284
INGENIERÍA AMBIENTAL	31
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ	487
INGENIERÍA CIVIL	502
INGENIERÍA CIVIL [UNIFICADA]	4
MECÁNICA	203
MECÁNICA INDUSTRIAL [HÍBRIDA]	16
MECATRÓNICA	182
TELECOMUNICACIONES	81
Total de estudiantes	2746
PERSONAL CAMPUS SUR	
Categoría	Cantidad
Docentes	147
Administrativos	323
Servicios - Limpieza	25
Servicios - Guardianía	13
USUARIOS TOTAL DEL CAMPUS SUR (ESTUDIANTES + PERSONAL) =	3254

Nota. Se observa el número de estudiantes por carrera, número del personal del campus y una sumatoria para establecer la cantidad total de usuarios en el campus. Fuente: Secretaría UPS Campus Sur.

3.2.2 Muestra

Parte representativa de la población, con las mismas características generales de la población. (Condori-Ojeda, 2020).

Se ha seleccionado el macro medidor como muestra, el cual es el medidor principal de la Universidad Politécnica Salesiana, abarcando de esta manera a todos los usuarios en un único punto de análisis de datos.

3.3 Plan de recolección de información

Tabla 8.

Plan de recolección de información

Preguntas básicas	Explicación
¿Qué aspecto se debe evaluar?	El consumo de agua potable y los niveles de presión.
¿Sobre qué se investiga?	Volumen de agua potable consumido
¿Quién realiza la investigación?	Jerson Rafael Cabezas Guevara
¿En qué sector se investiga?	Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, Sede Quito
¿Quiénes son evaluados?	Usuarios de la red de agua potable <ul style="list-style-type: none"> • A través de mediciones diarias del consumo de agua potable en el medidor principal del campus Sur, el mismo que sirve de registro de consumo mensual la EPMAPS.
¿De qué manera y con qué recurso?	Se realizará durante un periodo de 60 días. <ul style="list-style-type: none"> • Mediante un manómetro, registrar las presiones, conectando a un grifo de la red de agua potable,

ubicado en el ingreso de laboratorio de suelos, durante 7 días.

- Tomando datos del consumo de agua potable horario en el medidor principal del campus Sur, el mismo que sirve de registro de consumo mensual la EPMAPS.

Durante 7 días, cada dos horas.

Nota. Se establece factores clave para la recolección de datos. Elaborado por: El autor.

3.4 Plan de análisis de la información

- Llevar a cabo el análisis de los datos recolectados utilizando métodos estadísticos y matemáticos con los datos recolectados de consumo y presión.
- Elaboración de curvas características de consumo diario para el área establecida como estudio.
- Realizar una comparación de las presiones con la norma vigente de nuestro país.
- Hacer la georreferenciación del sector con la ayuda del software SIG.
- Comprobar la hipótesis, desarrollo de las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto investigativo.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de la zona bajo investigación

Se designa como zona de estudio la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, la misma que se encuentra en Ecuador, cantón Quito, parroquia Quitumbe. Su dirección se encuentra en la Av. Rumichaca Ñam y la Av. Moran Valverde. Esta Universidad se encuentra a una altitud promedio de 2850 msnm (metros sobre el nivel del mar).

La institución de educación superior en mención, ofrece programas de grado y posgrado, por ende, en su infraestructura contiene aulas, biblioteca, laboratorios, gimnasio, capilla, entre otros.

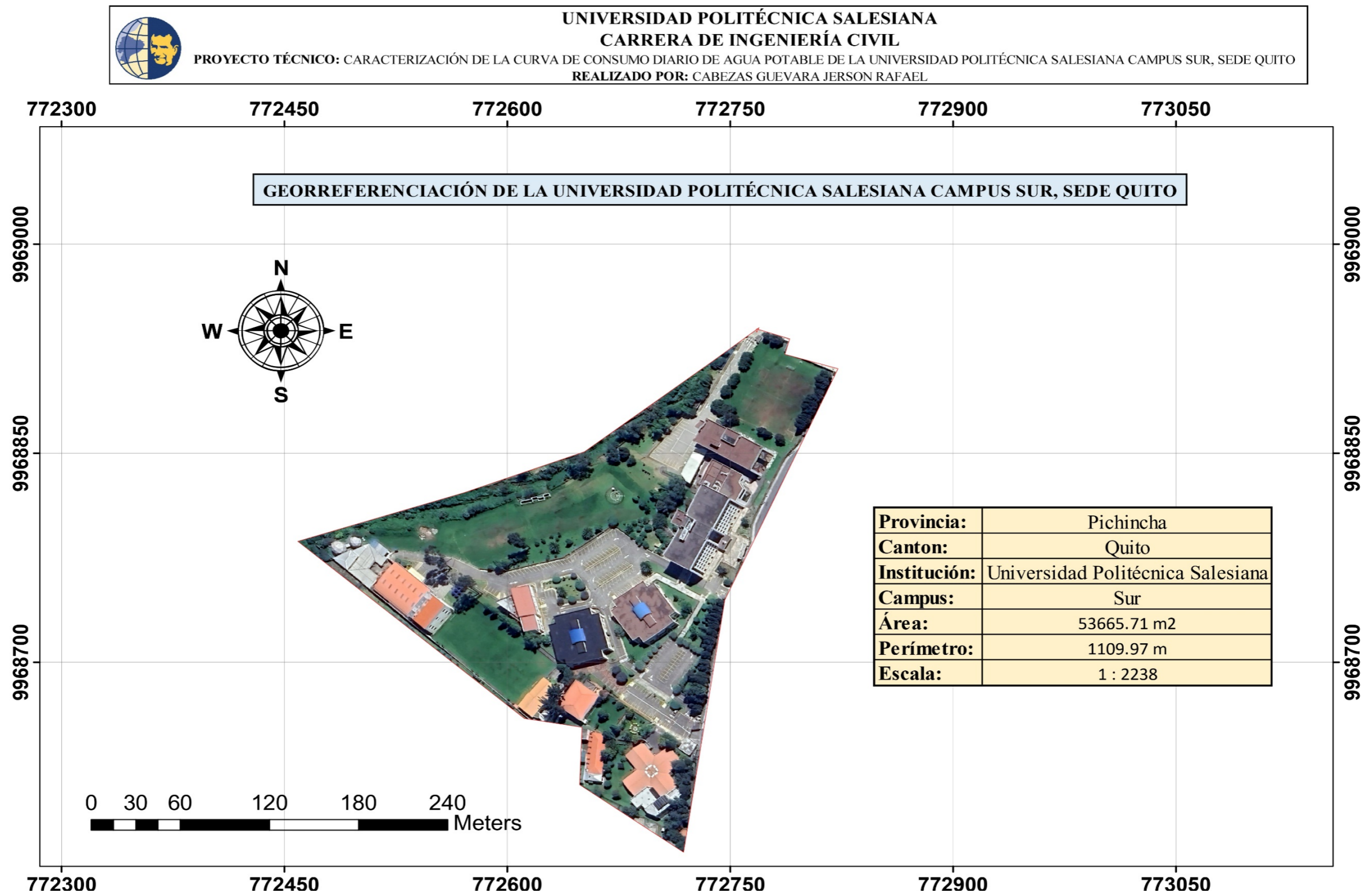
Mediante el apoyo del personal responsable de la administración y mantenimiento de las áreas internas de la Universidad, se establece que la red principal de distribución de agua potable, está conectada al macro medidor principal, situado dentro de la garita de salida del parqueadero de vehículos sur.

Por ende, el trabajo de titulación “Caracterización de la curva de consumo diario de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, sede Quito”, se enfoca en el macro medidor principal ubicado en coordenadas UTM: 9968651.53 m al Sur y 772730.36 m al Este.

4.1.1 Georreferenciación del área de estudio.

Figura 8.

Representación del área de estudio

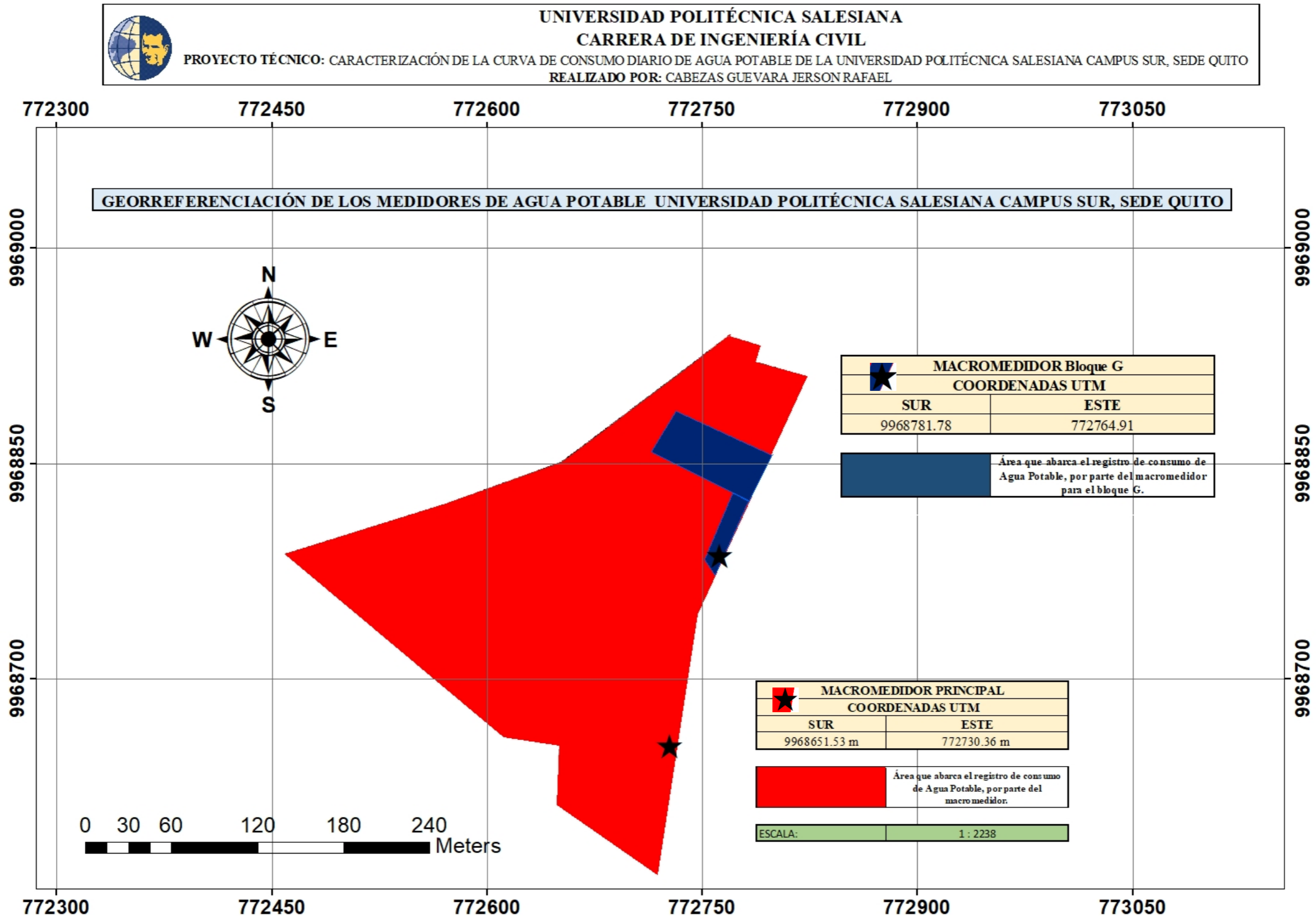


Nota. Se puede observar además de la georreferenciación, el área, perímetro y su escala. Elaborado por: El autor, mediante ArcMap 10.8.2.

4.1.1.1 Georreferenciación de los medidores de agua potable.

Figura 9.

Georreferenciación de los medidores existentes en el sector de estudio



Nota. En el macro medidor existen dos ramales que juntos abastecen a la zona delimitado por color rojo. Elaborado por: El autor, mediante ArcMap 10.8.2.

4.2 Recolección de la información

Se establece como zona de estudio la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, sede Quito, en la cual se analiza el medidor del bloque G y el macro medidor principal, que tiene dos ramificaciones que se unen, el mismo que abarca la mayor cantidad de volumen de consumo de la red de agua potable, el cual que se adoptara para realizar el análisis del consumo horario y diario.

4.2.1 Medición diaria de volúmenes de agua potable

Luego de ubicar el macro medidor principal con sus dos ramificaciones y el medidor del bloque G, se establece las 09H00 de la mañana, como la hora en la cual se tomará la lectura del medidor diariamente, desde el martes 18-03-2025 como fecha de inicio, hasta el viernes 16-05-2025 como el día de la finalización de la toma de lecturas diarias, dando un total de 60 días consecutivos considerando fines de semana y feriados.

Tabla 9.

Formato de toma de datos diarios

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO REALIZADO POR: CABEZAS GUEVARA JERSON RAFAEL REGISTRO DE CONSUMO DIARIO (18/03/2025 - 16/05/2025)						
N°	Fecha	Día	Código de Registro	Lectura (m3)	Volumen (m3)	Volumen (lt)

Nota. En esta tabla solo se ponen parámetros importantes para la toma de datos. Elaborado por: El autor.

En la Tabla 9 se establece un formato diseñado en una hoja de cálculo en Excel, cuyo encabezado incluye los siguientes elementos: nombre de la Universidad, la carrera, el tema del trabajo

de titulación, el autor, la fecha de inicio y fecha de finalización de la toma de lecturas, así como, una numeración, el día, código de registro de lectura, el volumen en metros cúbicos (m³) y en litros (lt).

Figura 10.

Códigos de foto en volumen diario

Código de Registro	Código de Registro	Código de Registro
MM1_L01_18-03-2025	MM2_L01_18-03-2025	BG_L01_18-03-2025
a) b) c)	a) b) c)	a) b) c)

Nota. En el macro medidor existen dos ramales que se unen, pero es necesario distinguir en el código de la toma de datos. Elaborado por: El autor.


Con respecto a la Figura 10, se establece lo siguiente:

- a) **MM1:** Lectura tomada del macro medidor (ramal 1), **MM2:** Lectura tomada del macro medidor (ramal 2) o **BG:** Lectura tomada del medidor del bloque G
- b) **L01,** corresponde a la Lectura 01 y es consecutivo al número de lecturas, un total de 60.
- c) **18-03-2025,** corresponde a la fecha en la cual se realizó la lectura.

La recolección de datos se realiza en dos dispositivos de medición, el macro medidor, el mismo que se compone de dos secciones y el medidor del bloque G, los cuales detallan el consumo de la red de agua potable de la Universidad Politécnica Salesiana, permitiendo recopilar la información en tablas de cálculo, para su posterior análisis en conjunto.

Tabla 10.


Datos diarios del macro medidor ramal 1

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO REALIZADO POR: CABEZAS GUEVARA JERSON RAFAEL REGISTRO DIARIO MACROMEDIDOR RAMAL 1 (18/03/2025 - 16/05/2025)						
Nº	Fecha	Día	Código de Registro	Lectura (m3)	Volumen (m3)	Volumen (L)
1	18/3/2025	martes	MM1_L01_18-03-2025	45307.303	0	0
2	19/3/2025	miércoles	MM1_L02_19-03-2025	45314.82	7.517	7517
3	20/3/2025	jueves	MM1_L03_20-03-2025	45322.213	7.393	7393
4	21/3/2025	viernes	MM1_L04_21-03-2025	45333.778	11.565	11565
5	22/3/2025	sábado	MM1_L05_22-03-2025	45339.757	5.979	5979
6	23/3/2025	domingo	MM1_L06_23-03-2025	45340.303	0.546	546
7	24/3/2025	lunes	MM1_L07_24-03-2025	45345.403	5.1	5100
8	25/3/2025	martes	MM1_L08_25-03-2025	45354.207	8.804	8804
9	26/3/2025	miércoles	MM1_L09_26-03-2025	45357.739	3.532	3532
10	27/3/2025	jueves	MM1_L10_27-03-2025	45369.184	11.445	11445
11	28/3/2025	viernes	MM1_L11_28-03-2025	45377.739	8.555	8555
12	29/3/2025	sábado	MM1_L12_29-03-2025	45379.238	1.499	1499
13	30/3/2025	domingo	MM1_L13_30-03-2025	45381.204	1.966	1966
14	31/3/2025	lunes	MM1_L14_31-03-2025	45383.748	2.544	2544
15	1/4/2025	martes	MM1_L15_01-04-2025	45391.845	8.097	8097
16	2/4/2025	miércoles	MM1_L16_02-04-2025	45399.238	7.393	7393
17	3/4/2025	jueves	MM1_L17_03-04-2025	45408.511	9.273	9273
18	4/4/2025	viernes	MM1_L18_04-04-2025	45437.938	29.427	29427
19	5/4/2025	sábado	MM1_L19_05-04-2025	45450.089	12.151	12151
20	6/4/2025	domingo	MM1_L20_06-04-2025	45467.388	17.299	17299
21	7/4/2025	lunes	MM1_L21_07-04-2025	45483.555	16.167	16167
22	8/4/2025	martes	MM1_L22_08-04-2025	45487.036	3.481	3481
23	9/4/2025	miércoles	MM1_L23_09-04-2025	45487.037	0.001	1.00
24	10/4/2025	jueves	MM1_L24_10-04-2025	45500.411	13.374	13374
25	11/4/2025	viernes	MM1_L25_11-04-2025	45518.322	17.911	17911
26	12/4/2025	sábado	MM1_L26_12-04-2025	45528.441	10.119	10119
27	13/4/2025	domingo	MM1_L27_13-04-2025	45529.803	1.362	1362
28	14/4/2025	lunes	MM1_L28_14-04-2025	45532.147	2.344	2344
29	15/4/2025	martes	MM1_L29_15-04-2025	45542.303	10.156	10156
30	16/4/2025	miércoles	MM1_L30_16-04-2025	45549.32	7.017	7017
31	17/4/2025	jueves	MM1_L31_17-04-2025	45559.112	9.792	9792
32	18/4/2025	viernes	MM1_L32_18-04-2025	45561.354	2.242	2242
33	19/4/2025	sábado	MM1_L33_19-04-2025	45562.268	0.914	914
34	20/4/2025	domingo	MM1_L34_20-04-2025	45562.854	0.586	586
35	21/4/2025	lunes	MM1_L35_21-04-2025	45565.091	2.237	2237
36	22/4/2025	martes	MM1_L36_22-04-2025	45569.723	4.632	4632
37	23/4/2025	miércoles	MM1_L37_23-04-2025	45578.306	8.583	8583
38	24/4/2025	jueves	MM1_L38_24-04-2025	45585.501	7.195	7195
39	25/4/2025	viernes	MM1_L39_25-04-2025	45592.721	7.22	7220
40	26/4/2025	sábado	MM1_L40_26-04-2025	45604.029	11.308	11308
41	27/4/2025	domingo	MM1_L41_27-04-2025	45608.069	4.04	4040
42	28/4/2025	lunes	MM1_L42_28-04-2025	45609.542	1.473	1473
43	29/4/2025	martes	MM1_L43_29-04-2025	45616.474	6.932	6932
44	30/4/2025	miércoles	MM1_L44_30-04-2025	45627.206	10.732	10732
45	1/5/2025	jueves	MM1_L45_01-05-2025	45634.429	7.223	7223
46	2/5/2025	viernes	MM1_L46_02-05-2025	45644.405	9.976	9976
47	3/5/2025	sábado	MM1_L47_03-05-2025	45647.375	2.97	2970
48	4/5/2025	domingo	MM1_L48_04-05-2025	45647.908	0.533	533
49	5/5/2025	lunes	MM1_L49_05-05-2025	45653.446	5.538	5538
50	6/5/2025	martes	MM1_L50_06-05-2025	45664.971	11.525	11525
51	7/5/2025	miércoles	MM1_L51_07-05-2025	45678.911	13.94	13940
52	8/5/2025	jueves	MM1_L52_08-05-2025	45689.33	10.419	10419
53	9/5/2025	viernes	MM1_L53_09-05-2025	45696.34	7.01	7010
54	10/5/2025	sábado	MM1_L54_10-05-2025	45702.492	6.152	6152
55	11/5/2025	domingo	MM1_L55_11-05-2025	45704.592	2.1	2100
56	12/5/2025	lunes	MM1_L56_12-05-2025	45709.419	4.827	4827
57	13/5/2025	martes	MM1_L57_13-05-2025	45723.085	13.666	13666
58	14/5/2025	miércoles	MM1_L58_14-05-2025	45739.538	16.453	16453
59	15/5/2025	jueves	MM1_L59_15-05-2025	45752.721	13.183	13183
60	16/5/2025	viernes	MM1_L60_16-05-2025	45761.172	8.451	8451

Nota. Este ramal 1, conecta directamente al macro medidor. Elaborado por: El autor.

Tabla 11.


Datos diarios del macro medidor ramal 2

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO REALIZADO POR: CABEZAS GUEVARA JERSON RAFAEL REGISTRO DIARIO MACROMEDIDOR RAMAL 2 (18/03/2025 - 16/05/2025)						
Nº	Fecha	Día	Código de Registro	Lectura (m3)	Volumen (m3)	Volumen (L)
1	18/3/2025	martes	MM2_L01_18-03-2025	8947.57	0	0
2	19/3/2025	miércoles	MM2_L02_19-03-2025	8947.98	0.41	410
3	20/3/2025	jueves	MM2_L03_20-03-2025	8948.3	0.32	320
4	21/3/2025	viernes	MM2_L04_21-03-2025	8949.21	0.91	910
5	22/3/2025	sábado	MM2_L05_22-03-2025	8949.58	0.37	370
6	23/3/2025	domingo	MM2_L06_23-03-2025	8949.61	0.03	30
7	24/3/2025	lunes	MM2_L07_24-03-2025	8949.68	0.07	70
8	25/3/2025	martes	MM2_L08_25-03-2025	8956.49	6.81	6810
9	26/3/2025	miércoles	MM2_L09_26-03-2025	8965.24	8.75	8750
10	27/3/2025	jueves	MM2_L10_27-03-2025	8971.57	6.33	6330
11	28/3/2025	viernes	MM2_L11_28-03-2025	8980.98	9.41	9410
12	29/3/2025	sábado	MM2_L12_29-03-2025	8981.82	0.84	840
13	30/3/2025	domingo	MM2_L13_30-03-2025	8981.9	0.08	80
14	31/3/2025	lunes	MM2_L14_31-03-2025	8982.52	0.62	620
15	1/4/2025	martes	MM2_L15_01-04-2025	8983.19	0.67	670
16	2/4/2025	miércoles	MM2_L16_02-04-2025	8983.88	0.69	690
17	3/4/2025	jueves	MM2_L17_03-04-2025	8985.61	1.73	1730
18	4/4/2025	viernes	MM2_L18_04-04-2025	8986.67	1.06	1060
19	5/4/2025	sábado	MM2_L19_05-04-2025	8986.68	0.01	10
20	6/4/2025	domingo	MM2_L20_06-04-2025	8986.83	0.15	150
21	7/4/2025	lunes	MM2_L21_07-04-2025	8987.02	0.19	190
22	8/4/2025	martes	MM2_L22_08-04-2025	8987.03	0.01	10
23	9/4/2025	miércoles	MM2_L23_09-04-2025	8987.32	0.29	290
24	10/4/2025	jueves	MM2_L24_10-04-2025	8988.33	1.01	1010
25	11/4/2025	viernes	MM2_L25_11-04-2025	8996.56	8.23	8230
26	12/4/2025	sábado	MM2_L26_12-04-2025	8998.34	1.78	1780
27	13/4/2025	domingo	MM2_L27_13-04-2025	8999.68	1.34	1340
28	14/4/2025	lunes	MM2_L28_14-04-2025	9004.21	4.53	4530
29	15/4/2025	martes	MM2_L29_15-04-2025	9013.57	9.36	9360
30	16/4/2025	miércoles	MM2_L30_16-04-2025	9024.22	10.65	10650
31	17/4/2025	jueves	MM2_L31_17-04-2025	9028.19	3.97	3970
32	18/4/2025	viernes	MM2_L32_18-04-2025	9028.28	0.09	90
33	19/4/2025	sábado	MM2_L33_19-04-2025	9030.24	1.96	1960
34	20/4/2025	domingo	MM2_L34_20-04-2025	9030.78	0.54	540
35	21/4/2025	lunes	MM2_L35_21-04-2025	9031.39	0.61	610
36	22/4/2025	martes	MM2_L36_22-04-2025	9031.47	0.08	80
37	23/4/2025	miércoles	MM2_L37_23-04-2025	9031.48	0.01	10
38	24/4/2025	jueves	MM2_L38_24-04-2025	9031.49	0.01	10
39	25/4/2025	viernes	MM2_L39_25-04-2025	9031.57	0.08	80
40	26/4/2025	sábado	MM2_L40_26-04-2025	9032.01	0.44	440
41	27/4/2025	domingo	MM2_L41_27-04-2025	9032.72	0.71	710
42	28/4/2025	lunes	MM2_L42_28-04-2025	9033.02	0.3	300
43	29/4/2025	martes	MM2_L43_29-04-2025	9034.22	1.2	1200
44	30/4/2025	miércoles	MM2_L44_30-04-2025	9034.4	0.18	180
45	1/5/2025	jueves	MM2_L45_01-05-2025	9035.23	0.83	830
46	2/5/2025	viernes	MM2_L46_02-05-2025	9035.97	0.74	740
47	3/5/2025	sábado	MM2_L47_03-05-2025	9036.39	0.42	420
48	4/5/2025	domingo	MM2_L48_04-05-2025	9037.4	1.01	1010
49	5/5/2025	lunes	MM2_L49_05-05-2025	9038.87	1.47	1470
50	6/5/2025	martes	MM2_L50_06-05-2025	9039.04	0.17	170
51	7/5/2025	miércoles	MM2_L51_07-05-2025	9039.41	0.37	370
52	8/5/2025	jueves	MM2_L52_08-05-2025	9039.44	0.03	30
53	9/5/2025	viernes	MM2_L53_09-05-2025	9044.76	5.32	5320
54	10/5/2025	sábado	MM2_L54_10-05-2025	9045.59	0.83	830
55	11/5/2025	domingo	MM2_L55_11-05-2025	9046.38	0.79	790
56	12/5/2025	lunes	MM2_L56_12-05-2025	9047.28	0.9	900
57	13/5/2025	martes	MM2_L57_13-05-2025	9048.36	1.08	1080
58	14/5/2025	miércoles	MM2_L58_14-05-2025	9054.92	6.56	6560
59	15/5/2025	jueves	MM2_L59_15-05-2025	9055.59	0.67	670
60	16/5/2025	viernes	MM2_L60_16-05-2025	9056.91	1.32	1320

Nota. El ramal 2 conecta directamente al macro medidor. Elaborado por: El autor.

Tabla 12.

Datos diarios del medidor del bloque G

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO REALIZADO POR: CABEZAS GUEVARA JERSON RAFAEL REGISTRO DE CONSUMO DIARIO MEDIDOR BLOQUE G (18/03/2026 - 17/05/2025)						
Nº	Fecha	Día	Código de Registro	Lectura (m3)	Volumen (m3)	Volumen (L)
1	18/3/2025	martes	BG_L01_18-03-2025	36108.388	0	0
2	19/3/2025	miércoles	BG_L02_19-03-2025	36119.456	11.068	11068
3	20/3/2025	jueves	BG_L03_20-03-2025	36138.129	18.673	18673
4	21/3/2025	viernes	BG_L04_21-03-2025	36146.268	8.139	8139
5	22/3/2025	sábado	BG_L05_22-03-2025	36152.678	6.41	6410
6	23/3/2025	domingo	BG_L06_23-03-2025	36158.126	5.448	5448
7	24/3/2025	lunes	BG_L07_24-03-2025	36159.76	1.634	1634
8	25/3/2025	martes	BG_L08_25-03-2025	36163.206	3.446	3446
9	26/3/2025	miércoles	BG_L09_26-03-2025	36171.389	8.183	8183
10	27/3/2025	jueves	BG_L10_27-03-2025	36186.693	15.304	15304
11	28/3/2025	viernes	BG_L11_28-03-2025	36192.514	5.821	5821
12	29/3/2025	sábado	BG_L12_29-03-2025	36199.35	6.836	6836
13	30/3/2025	domingo	BG_L13_30-03-2025	36200.521	1.171	1171
14	31/3/2025	lunes	BG_L14_31-03-2025	36205.684	5.163	5163
15	1/4/2025	martes	BG_L15_01-04-2025	36209.587	3.903	3903
16	2/4/2025	miércoles	BG_L16_02-04-2025	36212.487	2.9	2900
17	3/4/2025	jueves	BG_L17_03-04-2025	36219.654	7.167	7167
18	4/4/2025	viernes	BG_L18_04-04-2025	36227.26	7.606	7606
19	5/4/2025	sábado	BG_L19_05-04-2025	36244.035	16.775	16775
20	6/4/2025	domingo	BG_L20_06-04-2025	36245.956	1.921	1921
21	7/4/2025	lunes	BG_L21_07-04-2025	36275.812	29.856	29856
22	8/4/2025	martes	BG_L22_08-04-2025	36281.791	5.979	5979
23	9/4/2025	miércoles	BG_L23_09-04-2025	36300.739	18.948	18948
24	10/4/2025	jueves	BG_L24_10-04-2025	36321.014	20.275	20275
25	11/4/2025	viernes	BG_L25_11-04-2025	36336.191	15.177	15177
26	12/4/2025	sábado	BG_L26_12-04-2025	36342.626	6.435	6435
27	13/4/2025	domingo	BG_L27_13-04-2025	36344.151	1.525	1525
28	14/4/2025	lunes	BG_L28_14-04-2025	36354.195	10.044	10044
29	15/4/2025	martes	BG_L29_15-04-2025	36368.001	13.806	13806
30	16/4/2025	miércoles	BG_L30_16-04-2025	36370.047	2.046	2046
31	17/4/2025	jueves	BG_L31_17-04-2025	36371.082	1.035	1035
32	18/4/2025	viernes	BG_L32_18-04-2025	36383.842	12.76	12760
33	19/4/2025	sábado	BG_L33_19-04-2025	36400.36	16.518	16518
34	20/4/2025	domingo	BG_L34_20-04-2025	36405.041	4.681	4681
35	21/4/2025	lunes	BG_L35_21-04-2025	36405.95	0.909	909
36	22/4/2025	martes	BG_L36_22-04-2025	36417.356	11.406	11406
37	23/4/2025	miércoles	BG_L37_23-04-2025	36429.963	12.607	12607
38	24/4/2025	jueves	BG_L38_24-04-2025	36435.235	5.272	5272
39	25/4/2025	viernes	BG_L39_25-04-2025	36444.598	9.363	9363
40	26/4/2025	sábado	BG_L40_26-04-2025	36451.894	7.296	7296
41	27/4/2025	domingo	BG_L41_27-04-2025	36452.444	0.55	550
42	28/4/2025	lunes	BG_L42_28-04-2025	36464.636	12.192	12192
43	29/4/2025	martes	BG_L43_29-04-2025	36475.789	11.153	11153
44	30/4/2025	miércoles	BG_L44_30-04-2025	36488.963	13.174	13174
45	1/5/2025	jueves	BG_L45_01-05-2025	36498.336	9.373	9373
46	2/5/2025	viernes	BG_L46_02-05-2025	36508.562	10.226	10226
47	3/5/2025	sábado	BG_L47_03-05-2025	36514.232	5.67	5670
48	4/5/2025	domingo	BG_L48_04-05-2025	36514.982	0.75	750
49	5/5/2025	lunes	BG_L49_05-05-2025	36516.23	1.248	1248
50	6/5/2025	martes	BG_L50_06-05-2025	36524.301	8.071	8071
51	7/5/2025	miércoles	BG_L51_07-05-2025	36534.782	10.481	10481
52	8/5/2025	jueves	BG_L52_08-05-2025	36549.579	14.797	14797
53	9/5/2025	viernes	BG_L53_09-05-2025	36560.613	11.034	11034
54	10/5/2025	sábado	BG_L54_10-05-2025	36563.892	3.279	3279
55	11/5/2025	domingo	BG_L55_11-05-2025	36563.998	0.106	106
56	12/5/2025	lunes	BG_L56_12-05-2025	36566.874	2.876	2876
57	13/5/2025	martes	BG_L57_13-05-2025	36568.112	1.238	1238
58	14/5/2025	miércoles	BG_L58_14-05-2025	36569.564	1.452	1452
59	15/5/2025	jueves	BG_L59_15-05-2025	36576.332	6.768	6768
60	16/5/2025	viernes	BG_L60_16-05-2025	36585.694	9.362	9362

Nota. EL medidor del bloque G es otra sección debido a que su construcción es nueva. Elaborado por: El autor.

En las Tablas 10,11,12, se muestran los datos de consumo en los diferentes medidores que se encuentran dentro del campus educativo.

Las tablas contienen la fecha de la toma del consumo, el código correspondiente a su fotografía, la lectura en metros cúbicos, seguido por su volumen en metros cúbicos y luego el volumen en litros. Todos estos datos serán analizados posteriormente.

4.2.1.1 Descripción del tipo de medidores

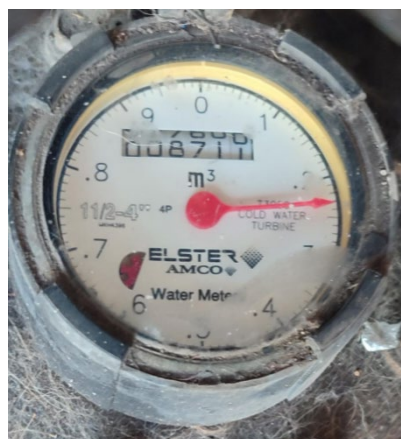
Al momento de realizar la investigación y la toma de datos, se pudo observar y establecer que existen 3 tipos de medidores de caudal de agua potable, que pertenecen al campus sur de la Universidad Politécnica Salesiana donde se identificaron las siguientes marcas de cada uno de ellos:

Figura 11.

Marcas de medidores en el sector de investigación



Iberconta



ELSTER AMCO



Elster

Nota. Los medidores Iberconta y el Elster Amco, forman el macro medidor principal, conformado por Ramal 1 y Ramal 2 respectivamente. Elster es el medidor del bloque G. Elaborado por: El Autor.

Estos tipos de medidores se los conoce como medidores de velocidad, adoptan esta denominación ya que convierte la velocidad del flujo de agua que pasa a través de ellos en un volumen registrado, esto se da, cuando gira un rotor interno que se verá reflejado en el contador del mecanismo.

4.2.1.2 Interpretación de lectura

Se debe resaltar la importancia del conocimiento de la lectura de estos medidores, ya que, con esto se llevará a cabo una correcta medición de datos. Para el caso del medidor de marca Iberconta:

Figura 12.

Lectura superior de volumen

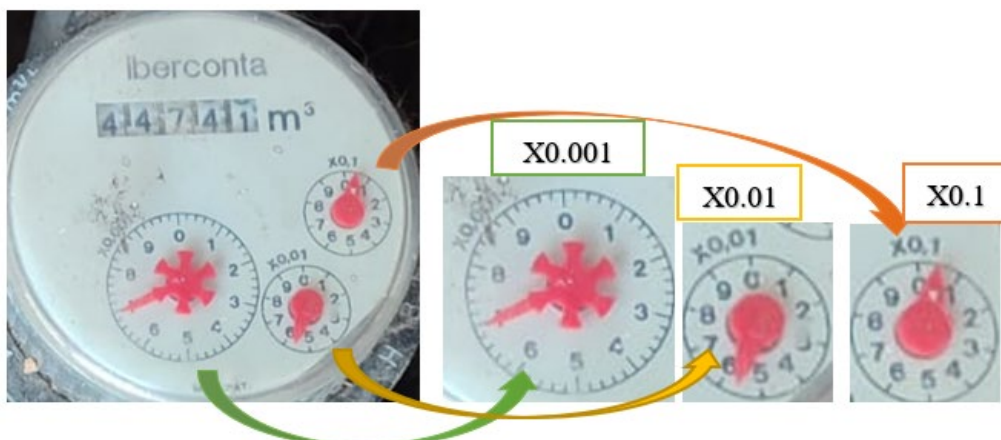


Nota. Se toma como ejemplo el medidor Iberconta del Ramal 1. Elaborado por: El Autor.

Como se puede apreciar en la Figura 12, en los números superiores, marca el valor del volumen en m³, para este ejemplo se aprecia un valor de números enteros de 44741, a continuación, se toma la lectura de los números decimales, los mismos que se aprecian en los contadores en la parte inferior.

Figura 13.

Lectura de contadores



Nota. Las flechas indican cada contador del medidor. Elaborado por: El Autor.

Los contadores en la Figura 13, son las circunferencias tipo reloj, con una flecha que apunta a un número al girar de forma horaria, los números van desde el 0 hasta el 9; cada contador tiene en su parte superior un factor de multiplicación, en el factor X0.1 marca la centena de litros, en el factor X0.01 marca las decenas de litros y en el factor X0.001 marca los litros.

La lectura total en este ejemplo sería de 44741,167 m³.

4.2.2 Medición de volumen horario

Para la toma de datos del volumen horario, se utilizó la cámara de un teléfono celular, cuya instalación fue en el macro medidor principal de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, específicamente en la garita ubicada a la salida de vehículos del parqueadero. Además, se empleó una aplicación de grabación que permitió la transmisión en tiempo real, necesario para la toma de datos.

Esta medición era controlada de manera diaria mediante la aplicación, durante una semana completa (7 días), desde el martes 24 de abril del 2025 hasta el lunes 30 de abril del mismo año.

Figura 14.

Teléfono celular



Nota. Se utilizó la cámara del teléfono celular. Elaborado por: El Autor.

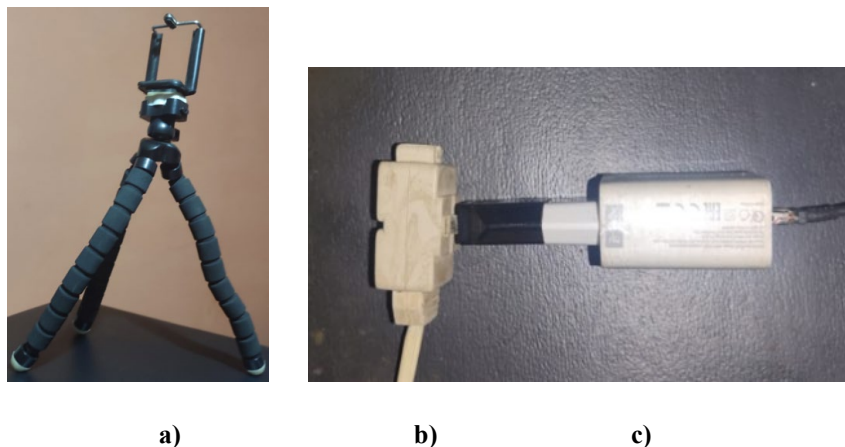
4.2.2.1 Descripción de los equipos utilizados

Como se mencionaba anteriormente, se utilizó la cámara de un teléfono celular. El mismo que es de marca Samsung y modelo A50, posee memoria interna y también tarjeta Micro SD para almacenamiento de la grabación.

Es importante que el celular deba tener una conexión continua a internet por lo que se conectó a la red Wifi de la Universidad, adicionalmente, por medida de precaución, se mantenía prendida la conexión por datos móviles.

Figura 15.

Accesorios complementarios



Nota. Fue necesario estos accesorios para el correcto enfoque del teléfono celular. Elaborado por: El Autor.

En la Figura 15, tenemos como accesorios complementarios:

- a) Un trípode, capaz de ser acomodado a la posición requerida del celular con un correcto enfoque al macro medidor.
- b) Una extensión de 2m de longitud para conectar el cargador del celular con el tomacorriente.
- c) Un cargador tipo C, el cual será conectado de manera continua al celular.

Figura 16.

Aplicación para registro de fotos



Nota. Se tomó esta aplicación por sus facilidades de uso. Fuente: Play Store.

Se utilizó la aplicación que se muestra en la Figura 16, que es capaz de convertir un celular en una cámara de seguridad, es necesario que los dispositivos estén conectados a internet, con esta aplicación se puede ver en tiempo real las lecturas en otro celular o desde el computador, por lo que resultó de gran utilidad la toma correcta de datos.

Figura 17.

Código de foto en volumen horario

CÓDIGO DE FOTO
L01_00H00_28-04-2025

a) b) c)

Nota. El código servirá para el orden de los datos. Elaborado por: El Autor.


Para el ordenamiento correcto de los datos se establece un código, como se muestra en la **Figura 17**, que se puede explicar en tres partes, unidas de forma seguida por un guion bajo:

- a) **L01**, Se establece la letra **L** de lectura y a continuación su número, partiendo del **01** hasta el número final de la última lectura, **25**.
- b) **00H00** es la hora de la lectura.
- c) **28-04-2025** es la fecha de la toma de la lectura en el medidor.

Luego de establecer los parámetros del registro de datos horarios y sus consumos, a cada fotografía se le asignó el nombre de código respectivo, organizándolas de manera ordenada en carpetas separadas por cada día de lectura, para luego ser recopilar y almacenar en un CD, que será entregado a la autoridad correspondiente.

Tabla 13.


Toma de datos horarios 1

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO REALIZADO POR: CABEZAS GUEVARA JERSON RAFAEL																
REGISTRO DE CONSUMO HORARIO (24/04/2025 - 30/04/2025)																
HORA	JUEVES 24 abril				VIERNES 25 abril				SÁBADO 26 abril				DOMINGO 27 abril			
	CÓDIGO DE FOTO	LECTURA MEDIDOR	VOLUMEN m3	VOLUMEN L	CÓDIGO DE FOTO	LECTURA MEDIDOR	VOLUMEN m3	VOLUMEN L	CÓDIGO DE FOTO	LECTURA MEDIDOR	VOLUMEN m3	VOLUMEN L	CÓDIGO DE FOTO	LECTURA MEDIDOR	VOLUMEN m3	VOLUMEN L
00H00	L01_00H00_24-04-2025	45584.542	0	0	L01_00H00_25-04-2025	45591.665	0	0	L01_00H00_26-04-2025	45599.592	0	0	L01_00H00_27-04-2025	45607.976	0	0
01H00	L02_01H00_24-04-2025	45584.577	0.035	35	L02_01H00_25-04-2025	45591.677	0.012	12	L02_01H00_26-04-2025	45599.639	0.047	47	L02_01H00_27-04-2025	45607.982	0.006	6
02H00	L03_02H00_24-04-2025	45584.602	0.025	25	L03_02H00_25-04-2025	45591.69	0.013	13	L03_02H00_26-04-2025	45599.656	0.017	17	L03_02H00_27-04-2025	45607.985	0.003	3
03H00	L04_03H00_24-04-2025	45584.613	0.011	11	L04_03H00_25-04-2025	45591.703	0.013	13	L04_03H00_26-04-2025	45599.68	0.024	24	L04_03H00_27-04-2025	45607.986	0.001	1
04H00	L05_04H00_24-04-2025	45584.677	0.064	64	L05_04H00_25-04-2025	45591.713	0.01	10	L05_04H00_26-04-2025	45599.694	0.014	14	L05_04H00_27-04-2025	45607.992	0.006	6
05H00	L06_05H00_24-04-2025	45584.692	0.015	15	L06_05H00_25-04-2025	45591.734	0.021	21	L06_05H00_26-04-2025	45599.712	0.018	18	L06_05H00_27-04-2025	45608.003	0.011	11
06H00	L07_06H00_24-04-2025	45584.767	0.075	75	L07_06H00_25-04-2025	45591.748	0.014	14	L07_06H00_26-04-2025	45601.271	1.559	1559	L07_06H00_27-04-2025	45608.009	0.006	6
07H00	L08_07H00_24-04-2025	45584.846	0.079	79	L08_07H00_25-04-2025	45591.86	0.112	112	L08_07H00_26-04-2025	45602.936	1.665	1665	L08_07H00_27-04-2025	45608.015	0.006	6
08H00	L09_08H00_24-04-2025	45585.137	0.291	291	L09_08H00_25-04-2025	45592.111	0.251	251	L09_08H00_26-04-2025	45603.947	1.011	1011	L09_08H00_27-04-2025	45608.058	0.043	43
09H00	L10_09H00_24-04-2025	45585.501	0.364	364	L10_09H00_25-04-2025	45592.721	0.61	610	L10_09H00_26-04-2025	45604.029	0.082	82	L10_09H00_27-04-2025	45608.069	0.011	11
10H00	L11_10H00_24-04-2025	45586.208	0.707	707	L11_10H00_25-04-2025	45593.254	0.533	533	L11_10H00_26-04-2025	45604.129	0.1	100	L11_10H00_27-04-2025	45608.085	0.016	16
11H00	L12_11H00_24-04-2025	45586.959	0.751	751	L12_11H00_25-04-2025	45593.985	0.731	731	L12_11H00_26-04-2025	45604.339	0.21	210	L12_11H00_27-04-2025	45608.149	0.064	64
12H00	L13_12H00_24-04-2025	45587.473	0.514	514	L13_12H00_25-04-2025	45594.681	0.696	696	L13_12H00_26-04-2025	45605.419	1.08	1080	L13_12H00_27-04-2025	45608.166	0.017	17
13H00	L14_13H00_24-04-2025	45587.964	0.491	491	L14_13H00_25-04-2025	45595.344	0.663	663	L14_13H00_26-04-2025	45605.529	0.11	110	L14_13H00_27-04-2025	45608.18	0.014	14
14H00	L15_14H00_24-04-2025	45588.451	0.487	487	L15_14H00_25-04-2025	45596.195	0.851	851	L15_14H00_26-04-2025	45606.281	0.752	752	L15_14H00_27-04-2025	45608.211	0.031	31
15H00	L16_15H00_24-04-2025	45589.239	0.788	788	L16_15H00_25-04-2025	45596.88	0.685	685	L16_15H00_26-04-2025	45607.492	1.211	1211	L16_15H00_27-04-2025	45608.236	0.025	25
16H00	L17_16H00_24-04-2025	45589.692	0.453	453	L17_16H00_25-04-2025	45597.388	0.508	508	L17_16H00_26-04-2025	45607.597	0.105	105	L17_16H00_27-04-2025	45608.244	0.008	8
17H00	L18_17H00_24-04-2025	45590.273	0.581	581	L18_17H00_25-04-2025	45597.603	0.215	215	L18_17H00_26-04-2025	45607.718	0.121	121	L18_17H00_27-04-2025	45608.254	0.01	10
18H00	L19_18H00_24-04-2025	45590.682	0.409	409	L19_18H00_25-04-2025	45598.194	0.591	591	L19_18H00_26-04-2025	45607.796	0.078	78	L19_18H00_27-04-2025	45608.292	0.038	38
19H00	L20_19H00_24-04-2025	45590.957	0.275	275	L20_19H00_25-04-2025	45598.388	0.194	194	L20_19H00_26-04-2025	45607.936	0.14	140	L20_19H00_27-04-2025	45608.302	0.01	10
20H00	L21_20H00_24-04-2025	45591.149	0.192	192	L21_20H00_25-04-2025	45598.724	0.336	336	L21_20H00_26-04-2025	45607.946	0.01	10	L21_20H00_27-04-2025	45608.331	0.029	29
21H00	L22_21H00_24-04-2025	45591.341	0.192	192	L22_21H00_25-04-2025	45599.293	0.569	569	L22_21H00_26-04-2025	45607.955	0.009	9	L22_21H00_27-04-2025	45608.35	0.019	19
22H00	L23_22H00_24-04-2025	45591.639	0.298	298	L23_22H00_25-04-2025	45599.526	0.233	233	L23_22H00_26-04-2025	45607.963	0.008	8	L23_22H00_27-04-2025	45608.378	0.028	28
23H00	L24_23H00_24-04-2025	45591.65	0.011	11	L24_23H00_25-04-2025	45599.558	0.032	32	L24_23H00_26-04-2025	45607.971	0.008	8	L24_23H00_27-04-2025	45608.397	0.019	19
00H00	L25_00H00_25-04-2025	45591.665	0.015	15	L25_00H00_25-04-2025	45599.592	0.034	34	L25_00H00_27-04-2025	45607.976	0.005	5	L25_00H00_28-04-2025	45608.417	0.02	20

Nota. Son los primeros 4 días del registro de los datos horarios (jueves, viernes, sábado, domingo). Elaborado por: El Autor.

Tabla 14.

Toma de datos horarios 2

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO REALIZADO POR: CABEZAS GUEVARA JERSON RAFAEL												
REGISTRO DE CONSUMO HORARIO (24/04/2025 - 30/04/2025)												
HORA	LUNES 28 abril				MARTES 29 abril				MIÉRCOLES 30 abril			
	CÓDIGO DE FOTO	LECTURA MEDIDOR	VOLUMEN m3	VOLUMEN L	CÓDIGO DE FOTO	LECTURA MEDIDOR	VOLUMEN m3	VOLUMEN L	CÓDIGO DE FOTO	LECTURA MEDIDOR	VOLUMEN m3	VOLUMEN L
0:00	L01_00H00_28-04-2025	45608.417	0	0	L01_00H00_29-04-2025	45615.318	0	0	L01_00H00_30-04-2025	45624.338	0	0
1:00	L02_01H00_28-04-2025	45608.436	0.019	19	L02_01H00_29-04-2025	45615.358	0.040	40	L02_01H00_30-04-2025	45624.375	0.037	37
2:00	L03_02H00_28-04-2025	45608.451	0.015	15	L03_02H00_29-04-2025	45615.397	0.039	39	L03_02H00_30-04-2025	45624.387	0.012	12
3:00	L04_03H00_28-04-2025	45608.497	0.046	46	L04_03H00_29-04-2025	45615.441	0.044	44	L04_03H00_30-04-2025	45624.401	0.014	14
4:00	L05_04H00_28-04-2025	45608.501	0.004	4	L05_04H00_29-04-2025	45615.464	0.023	23	L05_04H00_30-04-2025	45624.412	0.011	11
5:00	L06_05H00_28-04-2025	45608.513	0.012	12	L06_05H00_29-04-2025	45615.531	0.067	67	L06_05H00_30-04-2025	45624.448	0.036	36
6:00	L07_06H00_28-04-2025	45608.543	0.03	30	L07_06H00_29-04-2025	45615.547	0.016	16	L07_06H00_30-04-2025	45624.459	0.011	11
7:00	L08_07H00_28-04-2025	45608.735	0.192	192	L08_07H00_29-04-2025	45615.652	0.105	105	L08_07H00_30-04-2025	45624.744	0.285	285
8:00	L09_08H00_28-04-2025	45608.956	0.221	221	L09_08H00_29-04-2025	45615.976	0.324	324	L09_08H00_30-04-2025	45625.193	0.449	449
9:00	L10_09H00_28-04-2025	45609.542	0.586	586	L10_09H00_29-04-2025	45616.474	0.498	498	L10_09H00_30-04-2025	45627.206	2.013	2013
10:00	L11_10H00_28-04-2025	45609.982	0.44	440	L11_10H00_29-04-2025	45617.24	0.766	766	L11_10H00_30-04-2025	45627.427	0.221	221
11:00	L12_11H00_28-04-2025	45610.599	0.617	617	L12_11H00_29-04-2025	45618.048	0.808	808	L12_11H00_30-04-2025	45627.522	0.095	95
12:00	L13_12H00_28-04-2025	45611.128	0.529	529	L13_12H00_29-04-2025	45618.921	0.873	873	L13_12H00_30-04-2025	45627.683	0.161	161
13:00	L14_13H00_28-04-2025	45611.674	0.546	546	L14_13H00_29-04-2025	45619.864	0.943	943	L14_13H00_30-04-2025	45628.424	0.741	741
14:00	L15_14H00_28-04-2025	45612.406	0.732	732	L15_14H00_29-04-2025	45620.623	0.759	759	L15_14H00_30-04-2025	45629.23	0.806	806
15:00	L16_15H00_28-04-2025	45612.846	0.44	440	L16_15H00_29-04-2025	45621.877	1.254	1254	L16_15H00_30-04-2025	45630.534	1.304	1304
16:00	L17_16H00_28-04-2025	45613.26	0.414	414	L17_16H00_29-04-2025	45621.978	0.101	101	L17_16H00_30-04-2025	45631.527	0.993	993
17:00	L18_17H00_28-04-2025	45613.789	0.529	529	L18_17H00_29-04-2025	45622.408	0.43	430	L18_17H00_30-04-2025	45632.365	0.838	838
18:00	L19_18H00_28-04-2025	45614.281	0.492	492	L19_18H00_29-04-2025	45622.81	0.402	402	L19_18H00_30-04-2025	45632.731	0.366	366
19:00	L20_19H00_28-04-2025	45614.53	0.249	249	L20_19H00_29-04-2025	45623.389	0.579	579	L20_19H00_30-04-2025	45632.978	0.247	247
20:00	L21_20H00_28-04-2025	45614.727	0.197	197	L21_20H00_29-04-2025	45623.585	0.196	196	L21_20H00_30-04-2025	45633.287	0.309	309
21:00	L22_21H00_28-04-2025	45614.967	0.240	240	L22_21H00_29-04-2025	45623.935	0.350	350	L22_21H00_30-04-2025	45633	0.201	201
22:00	L23_22H00_28-04-2025	45615.266	0.299	299	L23_22H00_29-04-2025	45624.253	0.318	318	L23_22H00_30-04-2025	45634	0.262	262
23:00	L24_23H00_28-04-2025	45615.295	0.029	29	L24_23H00_29-04-2025	45624.294	0.041	41	L24_23H00_30-04-2025	45634	0.053	53
0:00	L25_00H00_29-04-2025	45615.318	0.023	23	L25_00H00_30-04-2025	45624.338	0.044	44	L25_00H00_01-05-2025	45634	0.040	40

Nota. Son los últimos 3 días del registro de los datos horarios (lunes, martes y miércoles). Elaborado por: El Autor.

En la Tabla 13 y Tabla 14 mostradas, contemplan los datos generales donde se incluye: nombre de la institución educativa, carrera, tema de proyecto técnico tratado y el periodo de tiempo donde se ejecuta la toma de datos.

Estas tablas cuentan con el desglose de todas las horas del día (24 horas), la columna siguiente detalla los códigos de la fotografía, la tercera columna especifica la lectura del medidor, seguida por el volumen expresado en metros cúbicos (m³) y, posteriormente, el mismo volumen convertido a litros (L). Esta estructura se repite para cada uno de los días que se recopiló los datos, abarcando una semana completa, comprendida entre el jueves 24 de abril hasta el miércoles 30 de abril del 2025.

4.2.3 Medición de las presiones

La medición de las presiones se realizó utilizando un dispositivo especializado llamado manómetro. Esta evaluación tuvo lugar en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Sur. El proceso se llevó a cabo durante un período de 7 días, desde el 02 hasta el 08 de enero de 2025. A lo largo de este tiempo, se efectuó una medición diaria de las presiones en el sector correspondiente.

4.2.3.1 Descripción del equipo empleado

El equipo utilizado para la medición consistió en un manómetro con una capacidad de presión de hasta 100 PSI o 7 bares, de marca RECFLEX, como se aprecia en la Figura 18, posterior a esto, se adaptó para que sea compatible con un grifo de conexión de 3/4 pulgadas. En el otro extremo, se instaló un acople de igual medida, el cual se fijó con teflón, asegurando así que no hubiera fugas de agua. El manómetro se conectó a una llave de agua, la cual debía abrirse para permitir el flujo de agua. La presión del agua provocó el movimiento de la aguja del manómetro, lo que permitió registrar el valor correspondiente.

Figura 18.

Manómetro



Nota. El manómetro debió adaptarse para la toma de datos. Elaborado por: El Autor

Se distingue de la Figura 18 que los números de color rojo indica una unidad de medida libras fuerza por pulgada cuadrada, es decir PSI, con un rango de lectura de 0 a 100 PSI, y los números en color negro indican en unidad de lectura igual a bares, en un rango de lectura de 0 a 7 bares.

Figura 19.

Adaptación de Manómetro



1) 2) 3) 4)

Nota. El tubo permite el flujo de agua y su medición. Elaborado por: El Autor.

En la Figura 19 se muestra el equipo ensamblado listo para la toma de datos de presión de agua, del cual se puede distinguir los siguientes puntos:

- En el punto 1) se observa el adaptador, utilizado para conectar la manguera al grifo.

- El punto 2) indica la manguera que transporta el flujo de agua desde el grifo hasta el manómetro.
- En el punto 3) se encuentra un acople, que asegura la conexión entre el manómetro y la manguera, evitando posibles fugas.
- En el punto 4) se aprecia el manómetro.

4.2.3.2 Modo e interpretación de toma de datos en el instrumento

Para llevar a cabo la lectura de la medición de la presión en la red de agua potable, con ayuda del manómetro de marca RECFLEX, se aprecia continuación un ejemplo de medición y de la toma del dato:

Figura 20.

Lectura en el Manómetro



Nota. La presión de agua se midió para verificar el funcionamiento del manómetro. Elaborado por: El Autor.

Al conectar el sistema ya mencionado de medición de presión a una llave de agua de $\frac{3}{4}$ de pulgada, se procede abrirla, permitiendo el ingreso de agua al dispositivo. Este proceso acciona el manómetro, cuya aguja nos indica según la Figura 19, una lectura de 52 PSI o su equivalente de 3.6 bar.

Tabla 15.

Formato para toma de datos de presiones

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO REALIZADO POR: CABEZAS GUEVARA JERSON RAFAEL											
LECTURA DE PRESIONES EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE (13/03/2025 - 19/03/2025)										Promedio de Presión (PSI)	Promedio de Presión (m.c.a)
MEDIDOR	Ubicación en Coordenadas UTM		Lectura de presión (PSI)								
	SUR	ESTE	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles		
Macro medidor principal											
Medidor Bloque G											

Nota. Esta tabla fue Elaborada por: El Autor.

Se exhibe en la Tabla 15 el formato diseñado para registrar las lecturas de las mediciones de presión, el cual incluye los siguientes elementos como: la portada con el sello de la institución y el tema del trabajo de titulación, la fecha de la semana en la cual se realizó la toma de lecturas, identificación del medidor, su ubicación en coordenadas UTM, la lectura de la presión en PSI durante los 7 días de la semana, el cálculo del promedio de presión en PSI y, finalmente, la conversión de este promedio a metros de columna de agua (m.c.a).

4.3 Análisis de resultados

Una vez concluida la fase de recopilación de información, que comprende la lectura de los medidores y las presiones registradas, se llevará a cabo un estudio minucioso de dichos datos. Dentro de estas, se contemplarán la curva de consumo por hora (horario), la curva de consumo por día y semana, y se reconocerán los patrones de consumo distintivos. Además, esta información se fusionará con la

cantidad de usuarios para obtener una visión más integral y exacta del funcionamiento del sistema, lo que facilitará la evaluación de su eficacia y concordancia con los parámetros definidos en las regulaciones correspondientes.

4.3.1 Procesamiento de la información

Durante el período de medición, se recopilaron datos importantes para evaluar los siguientes aspectos del sistema de agua potable:

Consumos volumétricos (m³):

- Diario
- Semanal
- Horario

Patrones de demanda:

- Variación horaria (distribución del consumo a lo largo del día).
- Variación diaria (Días laborables y fines de semana, por 60 días).

Presión diaria por una semana

Representación GIS

4.3.1.1 Consumo diario

Mediante un monitoreo continuo que duró 60 días, se registró el volumen de consumo en la red de agua potable en los tres medidores que abastecen al sector de estudio, determinando el consumo diario. Con un análisis que consistió en la recolección de los datos consecutivamente (día a día) y la suma de estos por cada medidor, para tener el consumo diario a nivel global del sector.

En la Tabla 16 a continuación se representa los datos recolectados de una forma organizada, donde se incluyeron:

- Encabezado o título identificador de la Tabla 16.

- Identificación de días de medición (número de día, fecha).
- Código de registro, asignado para cada medidor.
- Consumo diario por medidor (volumen en m³ o litros, según corresponda).

Cálculo de indicadores estadísticos, tales como:


- Promedio general de consumo diario (media del sector).
- Consumo máximo y mínimo global (considerando todos los medidores).
- Análisis comparativo por día, identificando patrones entre días laborables y fines de semana.
- Mediana y cuartiles (Q1, Q2, Q3) para evaluar la distribución del consumo.

Medidas de dispersión:

- Varianza.
- Desviación estándar.
- Coeficiente de variación, que indica la homogeneidad del consumo en el sector.
- Rango entre cuartiles y rango entre valores extremos.

Tabla 16.

Consumo diario de agua potable

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO</p> <p>REALIZADO POR: CABEZAS GUEVARA JERSON RAFAEL REGISTRO DE CONSUMO DIARIO (18/03/2025 - 16/05/2025)</p> </div> </div>															
Lecturas del macro medidor											Lecturas del medidor del bloque G				SUMA (L)
Ramal 1						Ramal 2									
No	Fecha	Día	Código de Registro	Lectura (m3)	Volumen (m3)	Volumen (L)	Código de Registro	Lectura (m3)	Volumen (m3)	Volumen (L)	Código de Registro	Lectura (m3)	Volumen (m3)	Volumen (L)	
1	18/3/2025	martes	MM1_L01_18-03-2025	45307.303	0	0	MM2_L01_18-03-2025	8947.57	0	0	BG_L01_18-03-2025	36108.388	0	0	0
2	19/3/2025	miércoles	MM1_L02_19-03-2025	45314.820	7.517	7517	MM2_L02_19-03-2025	8947.98	0.41	410	BG_L02_19-03-2025	36119.456	11.068	11068	18995
3	20/3/2025	jueves	MM1_L03_20-03-2025	45322.213	7.393	7393	MM2_L03_20-03-2025	8948.30	0.32	320	BG_L03_20-03-2025	36138.129	18.673	18673	26386
4	21/3/2025	viernes	MM1_L04_21-03-2025	45333.778	11.565	11565	MM2_L04_21-03-2025	8949.21	0.91	910	BG_L04_21-03-2025	36146.268	8.139	8139	20614
5	22/3/2025	sábado	MM1_L05_22-03-2025	45339.757	5.979	5979	MM2_L05_22-03-2025	8949.58	0.37	370	BG_L05_22-03-2025	36152.678	6.41	6410	12759
6	23/3/2025	domingo	MM1_L06_23-03-2025	45340.303	0.546	546	MM2_L06_23-03-2025	8949.61	0.03	30	BG_L06_23-03-2025	36158.126	5.448	5448	6024
7	24/3/2025	lunes	MM1_L07_24-03-2025	45345.403	5.1	5100	MM2_L07_24-03-2025	8949.68	0.07	70	BG_L07_24-03-2025	36159.76	1.634	1634	6804
8	25/3/2025	martes	MM1_L08_25-03-2025	45354.207	8.804	8804	MM2_L08_25-03-2025	8956.49	6.81	6810	BG_L08_25-03-2025	36163.206	3.446	3446	19060
9	26/3/2025	miércoles	MM1_L09_26-03-2025	45357.739	3.532	3532	MM2_L09_26-03-2025	8965.24	8.75	8750	BG_L09_26-03-2025	36171.389	8.183	8183	20465
10	27/3/2025	jueves	MM1_L10_27-03-2025	45369.184	11.445	11445	MM2_L10_27-03-2025	8971.57	6.33	6330	BG_L10_27-03-2025	36186.693	15.304	15304	33079
11	28/3/2025	viernes	MM1_L11_28-03-2025	45377.739	8.555	8555	MM2_L11_28-03-2025	8980.98	9.41	9410	BG_L11_28-03-2025	36192.514	5.821	5821	23786
12	29/3/2025	sábado	MM1_L12_29-03-2025	45379.238	1.499	1499	MM2_L12_29-03-2025	8981.82	0.84	840	BG_L12_29-03-2025	36199.35	6.836	6836	9175
13	30/3/2025	domingo	MM1_L13_30-03-2025	45381.204	1.966	1966	MM2_L13_30-03-2025	8981.90	0.08	80	BG_L13_30-03-2025	36200.521	1.171	1171	3217
14	31/3/2025	lunes	MM1_L14_31-03-2025	45383.748	2.544	2544	MM2_L14_31-03-2025	8982.52	0.62	620	BG_L14_31-03-2025	36205.684	5.163	5163	8327
15	1/4/2025	martes	MM1_L15_01-04-2025	45391.845	8.097	8097	MM2_L15_01-04-2025	8983.19	0.67	670	BG_L15_01-04-2025	36209.587	3.903	3903	12670
16	2/4/2025	miércoles	MM1_L16_02-04-2025	45399.238	7.393	7393	MM2_L16_02-04-2025	8983.88	0.69	690	BG_L16_02-04-2025	36212.487	2.9	2900	10983
17	3/4/2025	jueves	MM1_L17_03-04-2025	45408.511	9.273	9273	MM2_L17_03-04-2025	8985.61	1.73	1730	BG_L17_03-04-2025	36219.654	7.167	7167	18170
18	4/4/2025	viernes	MM1_L18_04-04-2025	45437.938	29.427	29427	MM2_L18_04-04-2025	8986.67	1.06	1060	BG_L18_04-04-2025	36227.26	7.606	7606	38093
19	5/4/2025	sábado	MM1_L19_05-04-2025	45450.089	12.151	12151	MM2_L19_05-04-2025	8986.68	0.01	10	BG_L19_05-04-2025	36244.035	16.775	16775	28936
20	6/4/2025	domingo	MM1_L20_06-04-2025	45467.388	17.299	17299	MM2_L20_06-04-2025	8986.83	0.15	150	BG_L20_06-04-2025	36245.956	1.921	1921	19370

21	7/4/2025	lunes	MM1_L21_07-04-2025	45483.555	16.167	16167	MM2_L21_07-04-2025	8987.02	0.19	190	BG_L21_07-04-2025	36275.812	29.856	29856	46213
22	8/4/2025	martes	MM1_L22_08-04-2025	45487.036	3.481	3481	MM2_L22_08-04-2025	8987.03	0.01	10	BG_L22_08-04-2025	36281.791	5.979	5979	9470
23	9/4/2025	miércoles	MM1_L23_09-04-2025	45487.037	0.001	0.999999997	MM2_L23_09-04-2025	8987.32	0.29	290	BG_L23_09-04-2025	36300.739	18.948	18948	19239
24	10/4/2025	jueves	MM1_L24_10-04-2025	45500.411	13.374	13374	MM2_L24_10-04-2025	8988.33	1.01	1010	BG_L24_10-04-2025	36321.014	20.275	20275	34659
25	11/4/2025	viernes	MM1_L25_11-04-2025	45518.322	17.911	17911	MM2_L25_11-04-2025	8996.56	8.23	8230	BG_L25_11-04-2025	36336.191	15.177	15177	41318
26	12/4/2025	sábado	MM1_L26_12-04-2025	45528.441	10.119	10119	MM2_L26_12-04-2025	8998.34	1.78	1780	BG_L26_12-04-2025	36342.626	6.435	6435	18334
27	13/4/2025	domingo	MM1_L27_13-04-2025	45529.803	1.362	1362	MM2_L27_13-04-2025	8999.68	1.34	1340	BG_L27_13-04-2025	36344.151	1.525	1525	4227
28	14/4/2025	lunes	MM1_L28_14-04-2025	45532.147	2.344	2344	MM2_L28_14-04-2025	9004.21	4.53	4530	BG_L28_14-04-2025	36354.195	10.044	10044	16918
29	15/4/2025	martes	MM1_L29_15-04-2025	45542.303	10.156	10156	MM2_L29_15-04-2025	9013.57	9.36	9360	BG_L29_15-04-2025	36368.001	13.806	13806	33322
30	16/4/2025	miércoles	MM1_L30_16-04-2025	45549.320	7.017	7017	MM2_L30_16-04-2025	9024.22	10.65	10650	BG_L30_16-04-2025	36370.047	2.046	2046	19713
31	17/4/2025	jueves	MM1_L31_17-04-2025	45559.112	9.792	9792	MM2_L31_17-04-2025	9028.19	3.97	3970	BG_L31_17-04-2025	36371.082	1.035	1035	14797
32	18/4/2025	viernes	MM1_L32_18-04-2025	45561.354	2.242	2242	MM2_L32_18-04-2025	9028.28	0.09	90	BG_L32_18-04-2025	36383.842	12.76	12760	15092
33	19/4/2025	sábado	MM1_L33_19-04-2025	45562.268	0.914	914	MM2_L33_19-04-2025	9030.24	1.96	1960	BG_L33_19-04-2025	36400.36	16.518	16518	19392
34	20/4/2025	domingo	MM1_L34_20-04-2025	45562.854	0.586	586	MM2_L34_20-04-2025	9030.78	0.54	540	BG_L34_20-04-2025	36405.041	4.681	4681	5807
35	21/4/2025	lunes	MM1_L35_21-04-2025	45565.091	2.237	2237	MM2_L35_21-04-2025	9031.39	0.61	610	BG_L35_21-04-2025	36405.95	0.909	909	3756
36	22/4/2025	martes	MM1_L36_22-04-2025	45569.723	4.632	4632	MM2_L36_22-04-2025	9031.47	0.08	80	BG_L36_22-04-2025	36417.356	11.406	11406	16118
37	23/4/2025	miércoles	MM1_L37_23-04-2025	45578.306	8.583	8583	MM2_L37_23-04-2025	9031.48	0.01	10	BG_L37_23-04-2025	36429.963	12.607	12607	21200
38	24/4/2025	jueves	MM1_L38_24-04-2025	45585.501	7.195	7195	MM2_L38_24-04-2025	9031.49	0.01	10	BG_L38_24-04-2025	36435.235	5.272	5272	12477
39	25/4/2025	viernes	MM1_L39_25-04-2025	45592.721	7.22	7220	MM2_L39_25-04-2025	9031.57	0.08	80	BG_L39_25-04-2025	36444.598	9.363	9363	16663
40	26/4/2025	sábado	MM1_L40_26-04-2025	45604.029	11.308	11308	MM2_L40_26-04-2025	9032.01	0.44	440	BG_L40_26-04-2025	36451.894	7.296	7296	19044
41	27/4/2025	domingo	MM1_L41_27-04-2025	45608.069	4.04	4040	MM2_L41_27-04-2025	9032.72	0.71	710	BG_L41_27-04-2025	36452.444	0.55	550	5300
42	28/4/2025	lunes	MM1_L42_28-04-2025	45609.542	1.473	1473	MM2_L42_28-04-2025	9033.02	0.3	300	BG_L42_28-04-2025	36464.636	12.192	12192	13965
43	29/4/2025	martes	MM1_L43_29-04-2025	45616.474	6.932	6932	MM2_L43_29-04-2025	9034.22	1.2	1200	BG_L43_29-04-2025	36475.789	11.153	11153	19285
44	30/4/2025	miércoles	MM1_L44_30-04-2025	45627.206	10.732	10732	MM2_L44_30-04-2025	9034.40	0.18	180	BG_L44_30-04-2025	36488.963	13.174	13174	24086
45	1/5/2025	jueves	MM1_L45_01-05-2025	45634.429	7.223	7223	MM2_L45_01-05-2025	9035.23	0.83	830	BG_L45_01-05-2025	36498.336	9.373	9373	17426
46	2/5/2025	viernes	MM1_L46_02-05-2025	45644.405	9.976	9976	MM2_L46_02-05-2025	9035.97	0.74	740	BG_L46_02-05-2025	36508.562	10.226	10226	20942
47	3/5/2025	sábado	MM1_L47_03-05-2025	45647.375	2.97	2970	MM2_L47_03-05-2025	9036.39	0.42	420	BG_L47_03-05-2025	36514.232	5.67	5670	9060
48	4/5/2025	domingo	MM1_L48_04-05-2025	45647.908	0.533	533	MM2_L48_04-05-2025	9037.40	1.01	1010	BG_L48_04-05-2025	36514.982	0.75	750	2293

49	5/5/2025	lunes	MM1_L49_05-05-2025	45653.446	5.538	5538	MM2_L49_05-05-2025	9038.87	1.47	1470	BG_L49_05-05-2025	36516.23	1.248	1248	8256
50	6/5/2025	martes	MM1_L50_06-05-2025	45664.971	11.525	11525	MM2_L50_06-05-2025	9039.04	0.17	170	BG_L50_06-05-2025	36524.301	8.071	8071	19766
51	7/5/2025	miércoles	MM1_L51_07-05-2025	45678.911	13.94	13940	MM2_L51_07-05-2025	9039.41	0.37	370	BG_L51_07-05-2025	36534.782	10.481	10481	24791
52	8/5/2025	jueves	MM1_L52_08-05-2025	45689.330	10.419	10419	MM2_L52_08-05-2025	9039.44	0.03	30	BG_L52_08-05-2025	36549.579	14.797	14797	25246
53	9/5/2025	viernes	MM1_L53_09-05-2025	45696.340	7.01	7010	MM2_L53_09-05-2025	9044.76	5.32	5320	BG_L53_09-05-2025	36560.613	11.034	11034	23364
54	10/5/2025	sábado	MM1_L54_10-05-2025	45702.492	6.152	6152	MM2_L54_10-05-2025	9045.59	0.83	830	BG_L54_10-05-2025	36563.892	3.279	3279	10261
55	11/5/2025	domingo	MM1_L55_11-05-2025	45704.592	2.1	2100	MM2_L55_11-05-2025	9046.38	0.79	790	BG_L55_11-05-2025	36563.998	0.106	106	2996
56	12/5/2025	lunes	MM1_L56_12-05-2025	45709.419	4.827	4827	MM2_L56_12-05-2025	9047.28	0.9	900	BG_L56_12-05-2025	36566.874	2.876	2876	8603
57	13/5/2025	martes	MM1_L57_13-05-2025	45723.085	13.666	13666	MM2_L57_13-05-2025	9048.36	1.08	1080	BG_L57_13-05-2025	36568.112	1.238	1238	15984
58	14/5/2025	miércoles	MM1_L58_14-05-2025	45739.538	16.453	16453	MM2_L58_14-05-2025	9054.92	6.56	6560	BG_L58_14-05-2025	36569.564	1.452	1452	24465
59	15/5/2025	jueves	MM1_L59_15-05-2025	45752.721	13.183	13183	MM2_L59_15-05-2025	9055.59	0.67	670	BG_L59_15-05-2025	36576.332	6.768	6768	20621
60	16/5/2025	viernes	MM1_L60_16-05-2025	45761.172	8.451	8451	MM2_L60_16-05-2025	9056.91	1.32	1320	BG_L60_16-05-2025	36585.694	9.362	9362	19133

Promedio (L/día)			7692.69
Valor Máximo	L/día	29427	
	Fecha:	3/4/2025	
Valor Mínimo	L/día	0.99999997	
	Fecha:	8/4/2025	

Promedio (L/día)			1853.22
Valor Máximo	L/día	10650	
	Fecha:	15/4/2025	
Valor Mínimo	L/día	10	
	Fecha:	4/4/2025	

Promedio (L/día)			8089.93	17635.85
Valor Máximo	L/día	29856	46213	
	Fecha:	6/4/2025	7/4/2025	
Valor Mínimo	L/día	106	2293	
	Fecha:	10/5/2025	4/5/2025	

Varianza	29437643.5
Desviación Estándar	5472.219758
Coefficiente de variación	71.13527597
Mediana	7223
Cuartil 1 (Q1)	3225.5
Cuartil 2 (Q2)	7223
Cuartil 3 (Q3)	10575.5
Rango entre cuartiles	7350
Rango entre valores extremos	29426

Varianza	7726123.528
Desviación Estándar	2803.450116
Coefficiente de variación	151.274517
Mediana	710
Cuartil 1 (Q1)	240
Cuartil 2 (Q2)	710
Cuartil 3 (Q3)	1405
Rango entre cuartiles	1165
Rango entre valores extremos	10640

Varianza	35910437.86	91046202.13
Desviación Estándar	6043.970826	9623.718836
Coefficiente de variación	74.70978339	54.56907506
Mediana	7167	18334
Cuartil 1 (Q1)	3089.5	9865.5
Cuartil 2 (Q2)	7167	18334
Cuartil 3 (Q3)	11279.5	21071
Rango entre cuartiles	8190	11205.5
Rango entre valores extremos	29750	43920

Nota. Fue necesario incrementar a la tabla cálculos estadísticos. Elaborado por: El Autor

4.3.1.2 Consumo semanal

Para determinar el patrón de consumo semanal en el sector de estudio, se procesaron los datos recopilados durante 60 días de medición continua. A partir de estos registros, se calculó el consumo promedio por día de la semana (lunes a domingo), lo que permitió definir una "semana típica" representativa del comportamiento de los usuarios.


Para el promedio diario por día de la semana, se agruparon los datos por día (todos los lunes, martes, etc.) y se calculó el valor medio para cada uno. Esto permitió identificar variaciones entre días laborables (lunes a viernes) y fines de semana (sábado a domingo).

Los resultados se organizaron en la siguiente Tabla 17 donde se puede apreciar:

- Encabezado o título identificador de la Tabla 17.
- Identificación del medidor.
- Consumo promedio por día de la semana (en m³/día o L/día).
- Consumo semanal total

Tabla 17.

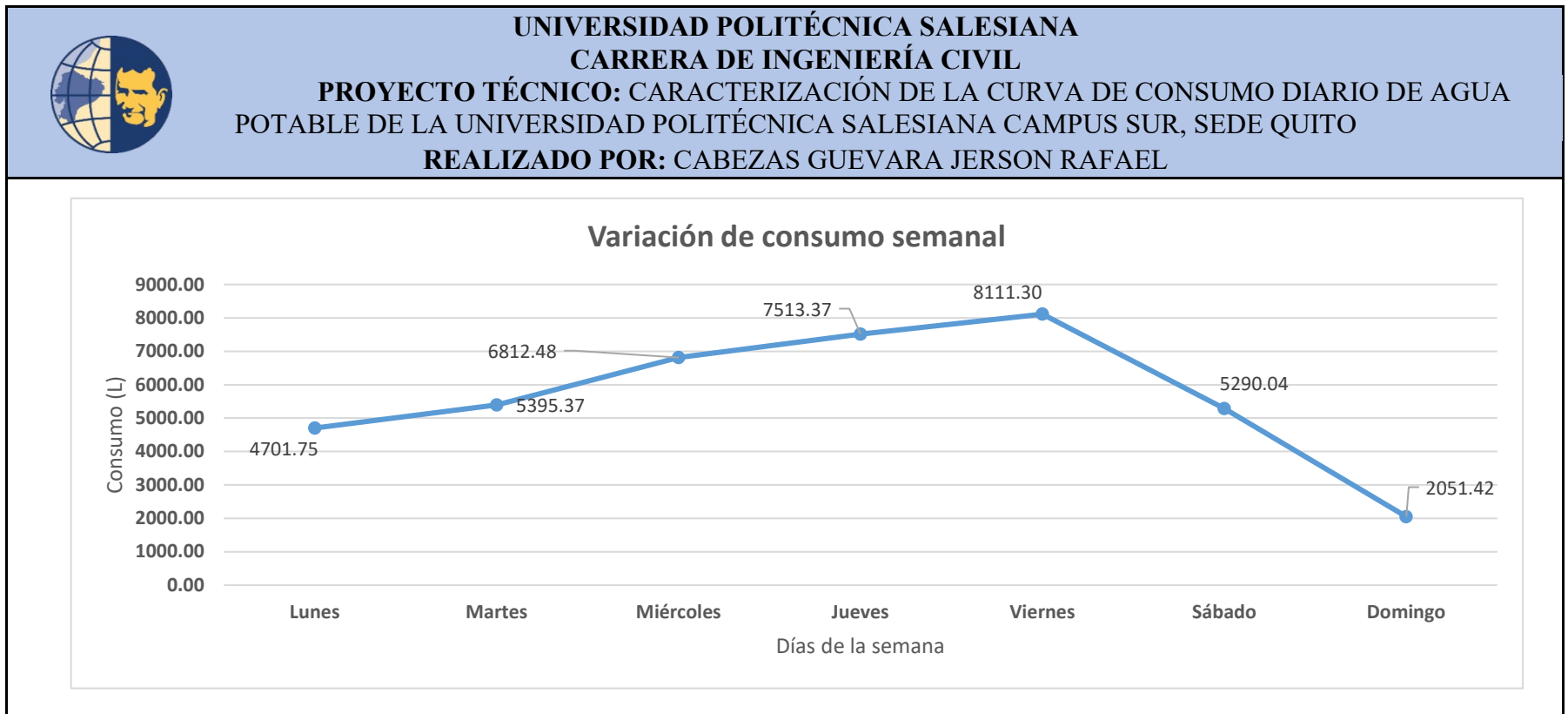
Tabla de consumo semanal

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO REALIZADO POR: CABEZAS GUEVARA JERSON RAFAEL									
MEDIDOR		Promedio de consumo por día (L/día)							Consumos promedio en un día (L)
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Macro medidor principal	Ramal 1	5028.75	7477.00	8352.00	9921.89	11373.00	6386.50	3554.00	7441.88
	Ramal 2	1086.25	2153.33	3101.11	1655.56	3017.78	831.25	581.25	1775.22
Medidor Bloque G		7990.25	6555.78	8984.33	10962.67	9943.11	8652.38	2019	7872.50
Consumo promedio por día (L/día)		4701.75	5395.37	6812.48	7513.37	8111.30	5290.04	2051.42	
								Valor Promedio de toda la institución	5696.53
									L/día

Nota. Esta tabla muestra un promedio de consumo diario por una semana. Elaborado por: El Autor.

Figura 21.

Comportamiento de consumo diario en la semana



Nota. En el eje x están los días de la semana y en el eje y rango de valor de consumo en litros (L). Elaborado por: El Autor.

Lo que se observa tanto en la Tabla 17 y en la figura 21, es que el consumo diario de agua en litros varía entre los días laborables (lunes a viernes) y fines de semana (sábado y domingo), lo que concuerda con un patrón de consumo asociado a las actividades académicas y administrativas.

Consumo por Medidores:

- **Macro medidor Principal (Ramal 1 y Ramal 2):**

Ramal 1: Tiene un promedio diario de 7 441.88 L/día (similar al medidor del Bloque G) y un pico de consumo: viernes (11373.00 L, máximo absoluto en toda la Tabla 17), posiblemente por actividades académicas intensivas, limpieza o eventos. El domingo con 3554.00 L es el menor consumo.

Ramal 2: Presenta un promedio diario de 1775.22 L/día (mucho menor que el ramal 1), con picos: miércoles (3101.11 L) y viernes (3017.78 L) y el domingo (581.25 L): Consumo mínimo, coherente con su baja actividad.

El ramal 1 consume más que el ramal 2, lo que sugiere diferencias en infraestructura y distribución hacia los usuarios.

- **Medidor Bloque G:**

Promedio diario: 7872.50 L/día (el más alto de los medidores).

Pico: miércoles (10 962.67 L).

Días de mayor y menor consumo promedio, con base a la Tabla 17 y Figura 21:

- Viernes: 8111.30 L (mayor consumo).
- Domingo: 2051.42 L (menor consumo).

El promedio diario de consumo en toda la institución es 5696.53 L/día.

4.3.1.3 Consumo Per-cápita

Es relevante mencionar que el consumo Per-Cápita significa la cantidad de agua potable que utiliza en promedio una persona diariamente para satisfacer sus necesidades básicas. Este valor depende de los hábitos de aprovechamiento y las características socioeconómicas de la población en estudio. Este indicativo es muy importante para caracterizar el comportamiento hídrico del consumo en esta institución educativa.


Para la determinación de este parámetro, es necesario contar con el número total de estudiantes, profesores, personal administrativo, de limpieza y seguridad. También con la cantidad de volumen de agua potable suministrada a partir de los registros diarios en los medidores del campus.

Para la construcción de la Tabla 18, se establece el siguiente proceso:

- Identificar los medidores de agua dentro de la institución.
- Solicitar y obtener el número de usuarios por sección (macro medidor y bloque G).
- Registrar los volúmenes de consumo diario.
- Obtener un promedio de demanda semanal por sección y un promedio general en la institución.
- Calcular el consumo Per-Cápita mediante la división del consumo promedio entre el número de usuarios por sección.

Tabla 18.

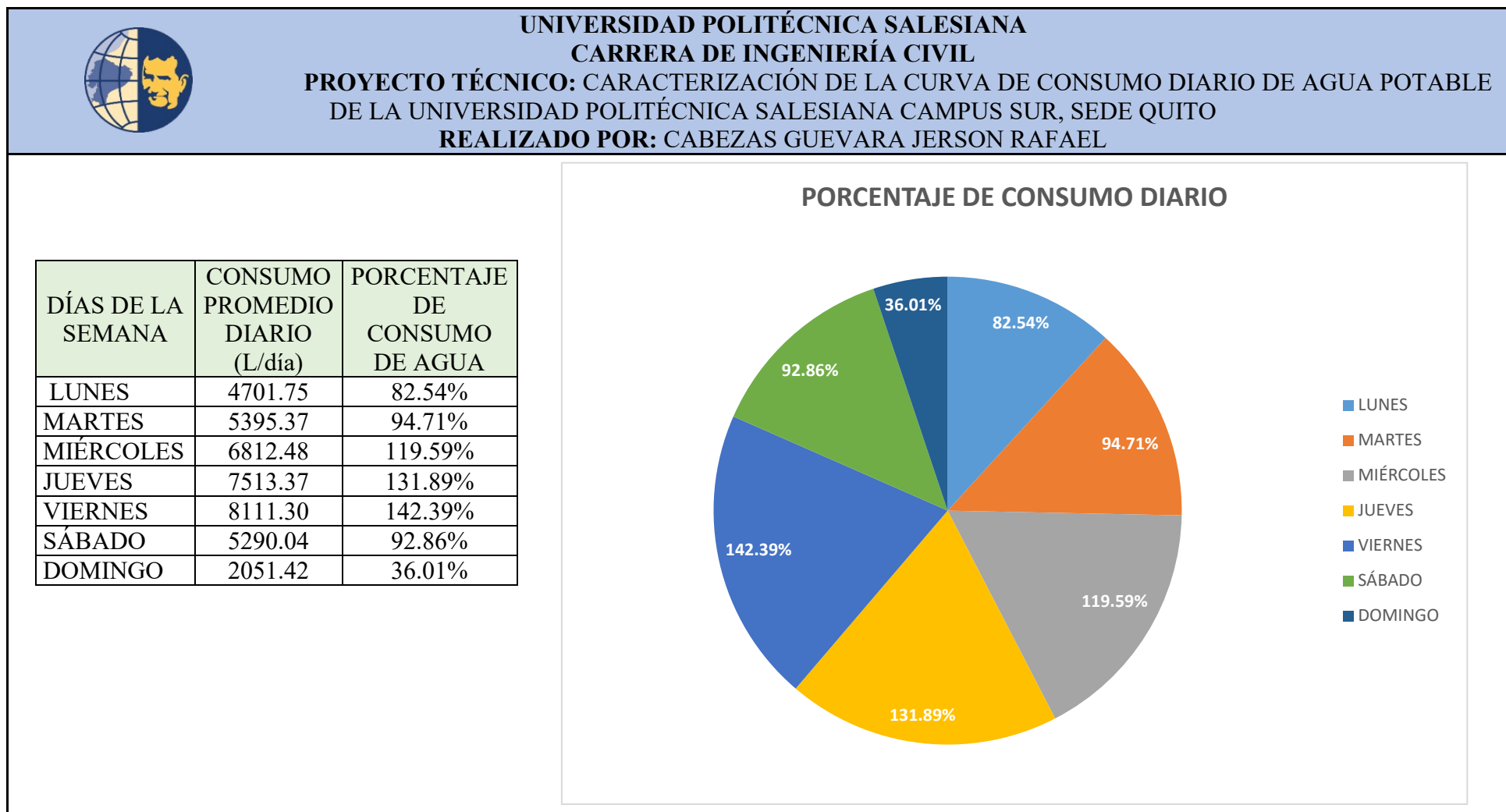
Consumo Per-Cápita

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO REALIZADO POR: CABEZAS GUEVARA JERSON RAFAEL											
MEDIDOR	Promedio de consumo por día (L/día)										
		Número de Consumidores	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Promedio diario (L)	Per-Cápita (L/hab/día)
Macro medidor principal	Ramal 1	2182	5028.75	7477.00	8352.00	9921.89	11373.00	6386.50	3554.00	7441.88	4.22
	Ramal 2		1086.25	2153.33	3101.11	1655.56	3017.78	831.25	581.25	1775.22	
Medidor Bloque G		1071	7990.25	6555.78	8984.33	10962.67	9943.11	8652.38	2019	7872.50	7.35
Consumo promedio por día (L/hab/día)			4701.75	5395.37	6812.48	7513.37	8111.30	5290.04	2051.42		
									Valor Promedio de toda la institución	5696.53	5.79
										L/día	L/hab/día
									Desviación estándar	3402.78	

Nota. Se incorpora el número de usuarios por sector. Elaborado por: El Autor.

Figura 22.

Porcentaje de consumo diario



Nota. Los porcentajes de consumo promedio diario fueron calculados en base al consumo de 5696.53 l/día que es el promedio general de consumo de la semana. Elaborado por: El Autor.

Con la presente investigación, mediante la Tabla 18, se deduce que el consumo promedio Per-Cápita en esta institución educativa es de 5.79 L/hab/día, valor que es significativamente inferior a los estándares residenciales mencionados en la Tabla 2., debido a la naturaleza temporal del uso académico.

En la Figura 22, se aprecia los porcentajes de consumo a lo largo de la semana, el viernes con 142.39% indica el mayor porcentaje de demanda, y el domingo con 36.01% de demanda.

Los días miércoles, jueves y viernes, pasan el 100% de consumo, lo que significa que en estos días se consume más agua potable que el promedio institucional (5696.53 L/día).

Interpretación técnica:

- Viernes (142.39%): Con un valor de 42.39% más que el promedio de consumo semanal.
- Domingo (36.01%): Presenta un valor de 63.99% menos que el promedio de consumo semanal.

4.3.1.3.1. Digitalización del consumo Per-Cápita en software GIS (Sistema de Información Geográfica)

La Figura 23, representa la demanda Per-Cápita de la institución educativa, por medio de los dos medidores: Macro medidor: 4.22 L/hab/día y medidor bloque G: 7.35 L/hab/día.

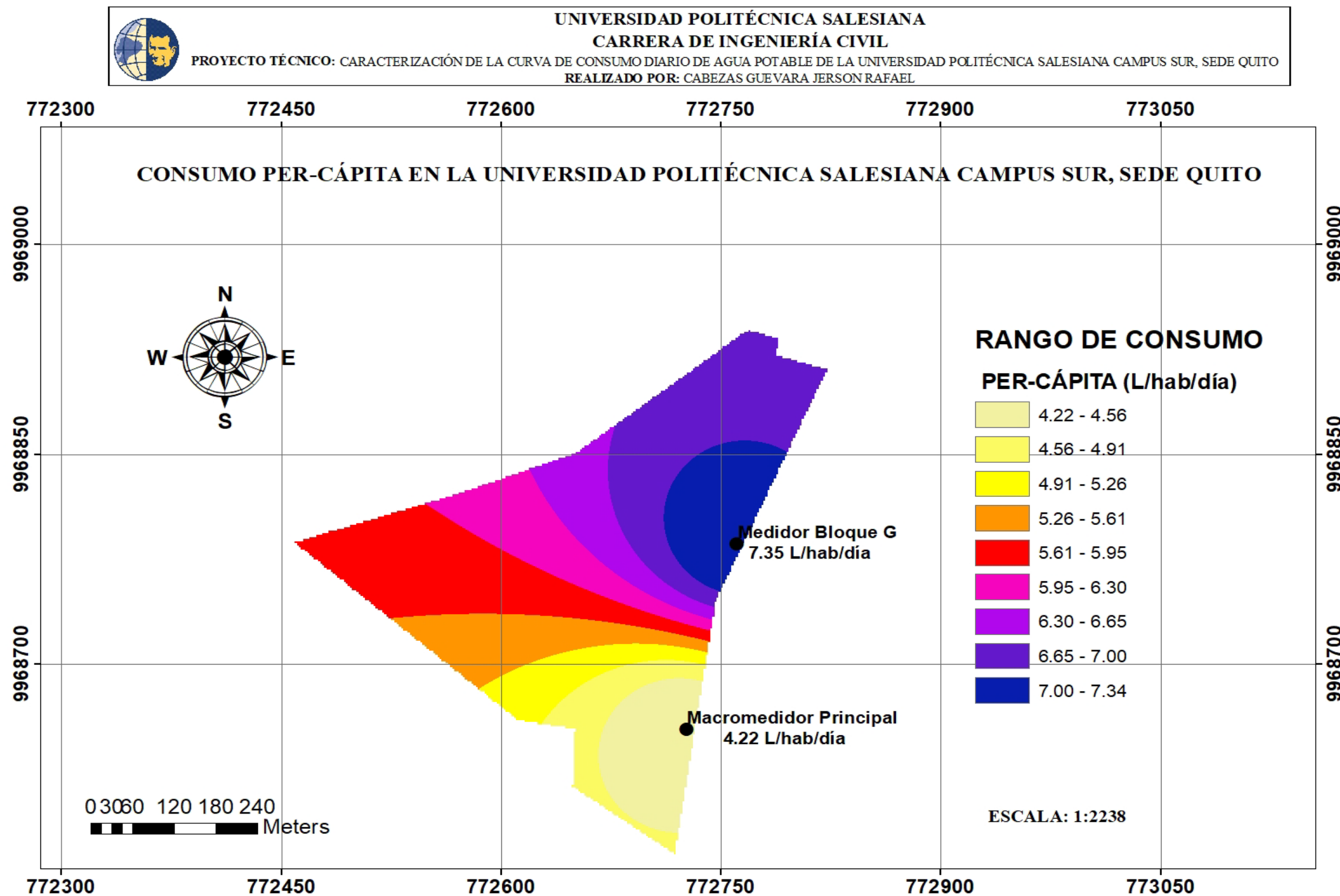
El comportamiento de consumo lo establece en 9 rangos, desde 4.22 L/hab/día hasta 7.34 L/hab/día, con una gama de colores que van desde amarillo (consumo bajo) hasta azul oscuro (consumo alto).

En la transición se observa una variación de color desde la zona sur (consumo bajo con relación a los usuarios) hacia la parte norte (consumo alto con relación a la cantidad de los consumidores). El método usado es IDW (Interpolación por distancia inversa), lo que implica que, las zonas más cercanas a los medidores analizados tienen más influencia en la estimación de consumo, las zonas intermedias muestran un consumo interpolado, no medido directamente.

El consumo per cápita promedio parece estar en el rango de 5.61 a 6.65 L/hab/día, observando la mayor parte del mapa en colores intermedios (rosado, fucsia y morado).

Figura 23.

Digitalización del consumo Per-Cápita en software GIS



Nota. El método usado es IDW (Interpolación por distancia inversa). Elaborado por: El Autor

4.3.1.4 Consumo horario

Como se menciona en el numeral 4.2.3, para registrar los volúmenes de consumo de agua, se implementó un sistema de monitoreo en el medidor principal de la universidad, capturando lecturas cada hora durante 7 días a la semana, los datos obtenidos se analizan en la siguiente Tabla 19 que se estructura con:

- Encabezado de la Tabla 19.
- Intervalos de consumo de una hora, durante todo el día.
- Volúmenes en litros (L) de consumo por día.
- Promedios horarios y sus porcentajes relativos al consumo total.
- Valores máximos y mínimos por día, necesarios para identificar picos de demanda.

Tabla 19.

Resumen de registro horario

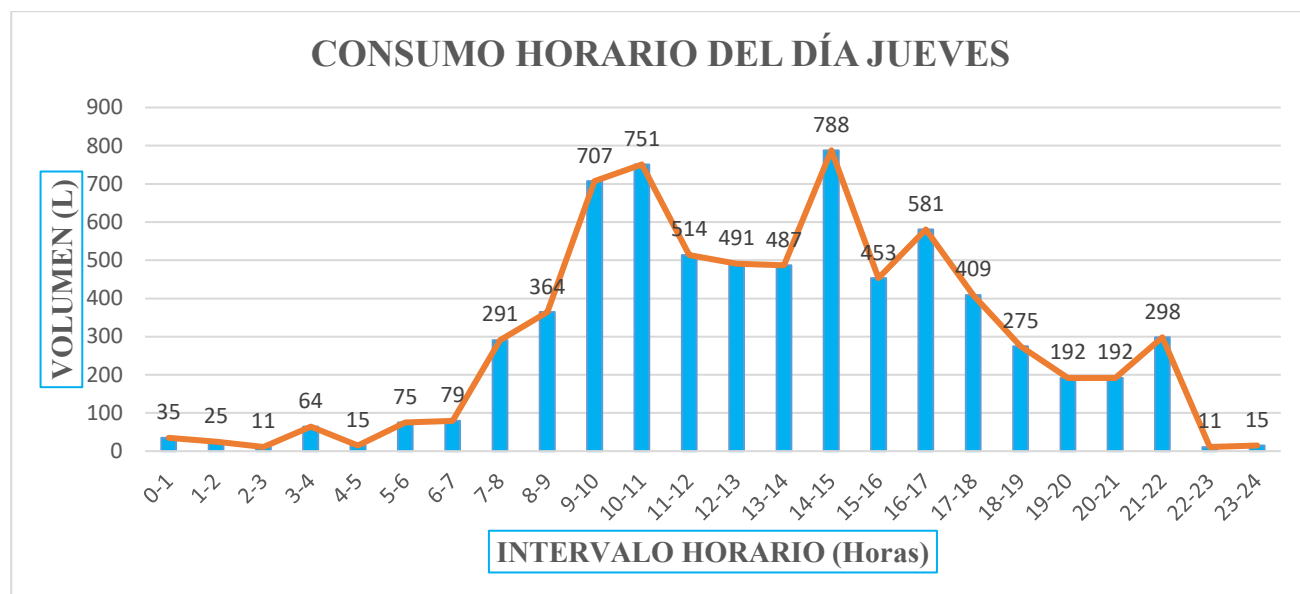
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO REALIZADO POR: CABEZAS GUEVARA JERSON RAFAEL									
REGISTRO DE CONSUMO HORARIO (24/04/2025 - 30/04/2025)									
INTERVALOS HORAS	JUEVES (L)	VIERNES (L)	SÁBADO (L)	DOMINGO (L)	LUNES (L)	MARTES (L)	MIÉRCOLES (L)	PROMEDIO POR HORA (L)	PORCENTAJE DE CONSUMO (%)
0-1	35	12	47	6	19	40	37	28.00	9.54
1-2	25	13	17	3	15	39	12	17.71	6.04
2-3	11	13	24	1	46	44	14	21.86	7.45
3-4	64	10	14	6	4	23	11	18.86	6.43
4-5	15	21	18	11	12	67	36	25.71	8.76
5-6	75	14	1559	6	30	16	11	244.43	83.29
6-7	79	112	1665	6	192	105	285	349.14	118.98
7-8	291	251	1011	43	221	324	449	370.00	126.08
8-9	364	610	82	11	586	498	2013	594.86	202.71
9-10	707	533	100	16	440	766	221	397.57	135.48
10-11	751	731	210	64	617	808	95	468.00	159.48

11-12	514	696	1080	17	529	873	161	552.86	188.39
12-13	491	663	110	14	546	943	741	501.14	170.77
13-14	487	851	752	31	732	759	806	631.14	215.07
14-15	788	685	1211	25	440	1254	1304	815.29	277.82
15-16	453	508	105	8	414	101	993	368.86	125.69
16-17	581	215	121	10	529	430	838	389.14	132.61
17-18	409	591	78	38	492	402	366	339.43	115.66
18-19	275	194	140	10	249	579	247	242.00	82.46
19-20	192	336	10	29	197	196	309	181.29	61.78
20-21	192	569	9	19	240	350	201	225.71	76.92
21-22	298	233	8	28	299	318	262	206.57	70.39
22-23	11	32	8	19	29	41	53	27.57	9.40
23-24	15	34	5	20	23	44	40	25.86	8.81
TOTAL	7123.00	7927.00	8384.00	441.00	6901.00	9020.00	9505.00		
PROMEDIO	296.79	330.29	349.33	18.37	287.54	375.83	396.04	PROMEDIO GENERAL	293.46 L
MÁXIMO	788.00	851.00	1665.00	64.00	732.00	1254.00	2013.00		
MÍNIMO	11.00	10.00	5.00	1.00	4.00	16.00	11.00		

Nota. Consumo horario registrado en intervalos de 1 hora. Elaborado por: El Autor.

Figura 24.

Comportamiento de consumo horario día jueves

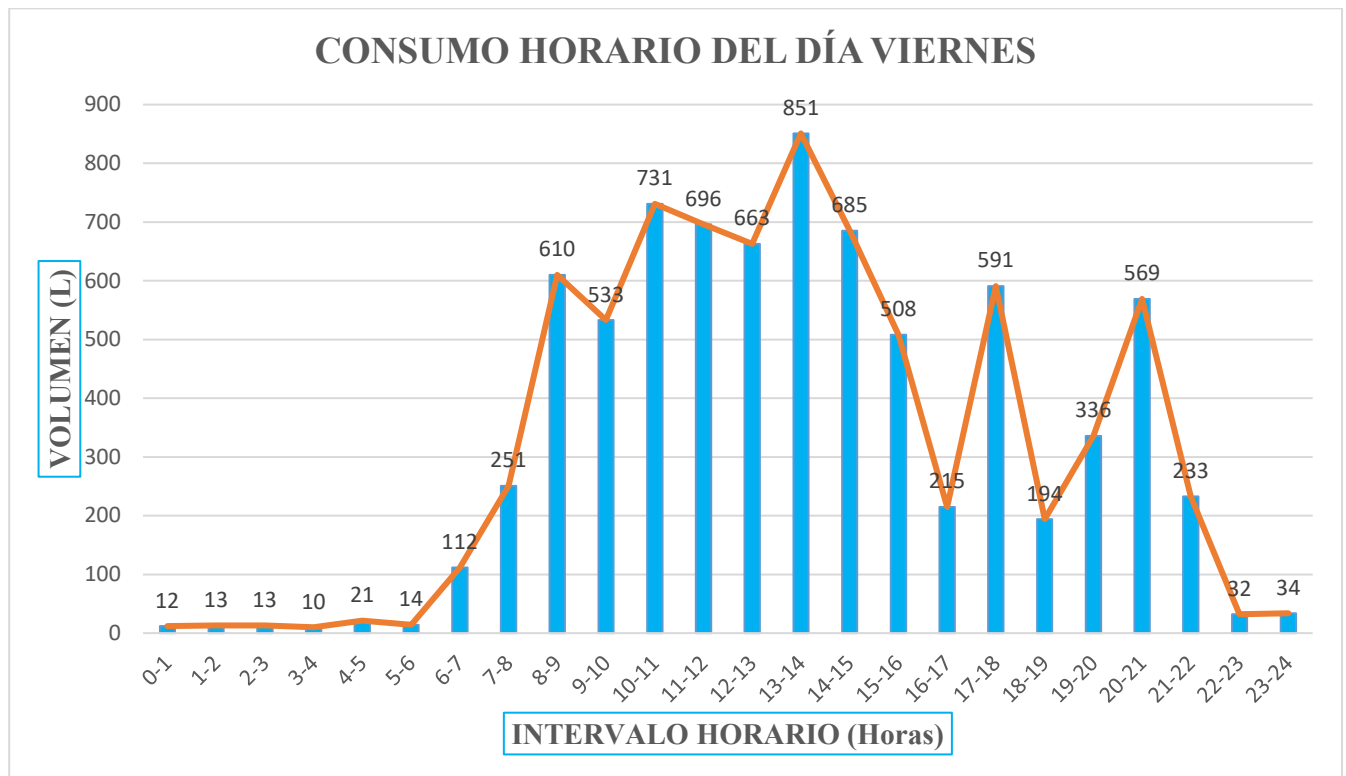


Elaborado por: El Autor.

En la Figura 24, se observa una gráfica de volumen (L) vs el intervalo horario (Horas), el cual representa el comportamiento de consumo horario del día jueves. El pico de mayor consumo ocurre entre las 14H00 - 15H00 con 7888 litros. Por otro lado, los niveles de consumo más bajos se presentan entre las 02H00 – 03H00 y 22H00 – 23H00, con valores de 11 litros. Además, se destaca un consumo atípico entre las 03H00 – 04H00, donde se registra un consumo de 64 litros. En general, el comportamiento del consumo de agua potable varía principalmente durante las horas laborales dentro del entorno universitario.

Figura 25.

Comportamiento de consumo horario del viernes

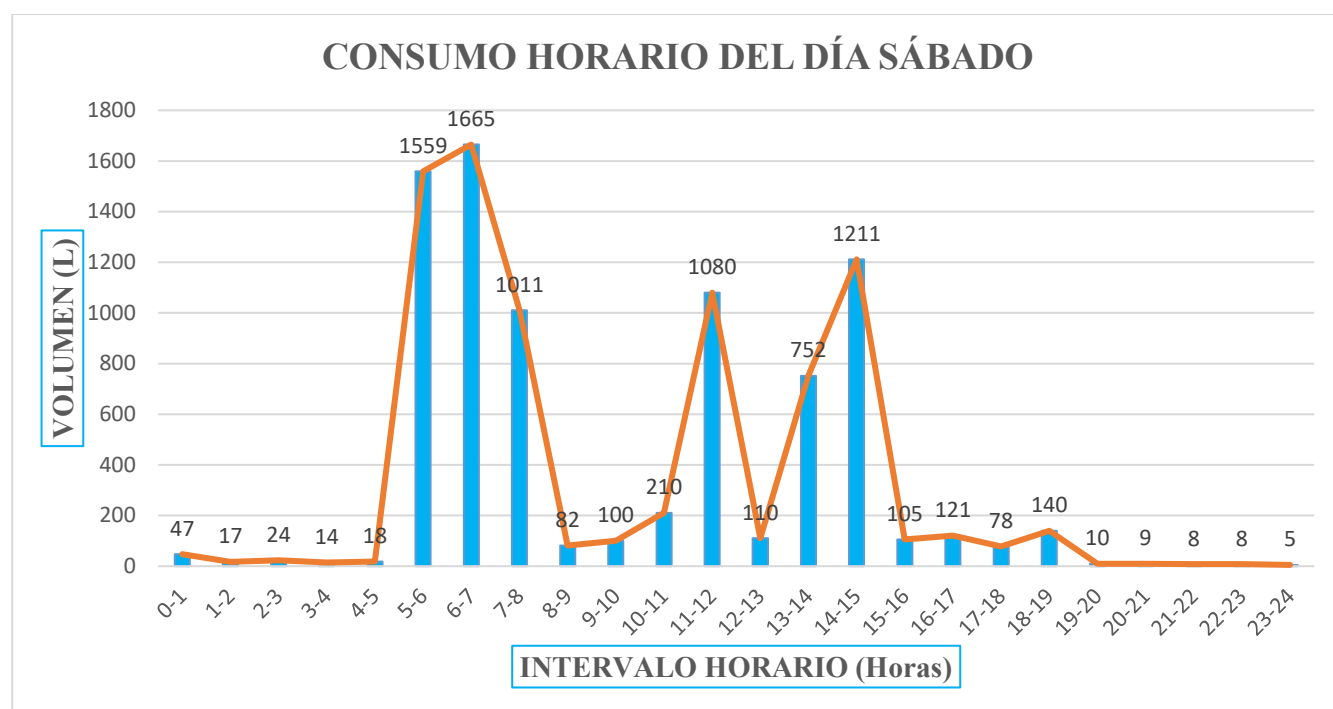


Elaborado por: El Autor.

La Figura 25 presenta un patrón similar de consumo al jueves, considerando valores relativamente bajos en horas de la madrugada, valor que incrementa según transcurre las horas e inician las actividades normales de la universidad, en este día se registra un valor de 851 litros entre las 13H00 -14H00, siendo este consumo el de mayor valor horario y el consumo menor es de 10 litros, que se visualiza a las 03H00 – 04H00 de la madrugada.

Figura 26.

Comportamiento de consumo horario día sábado

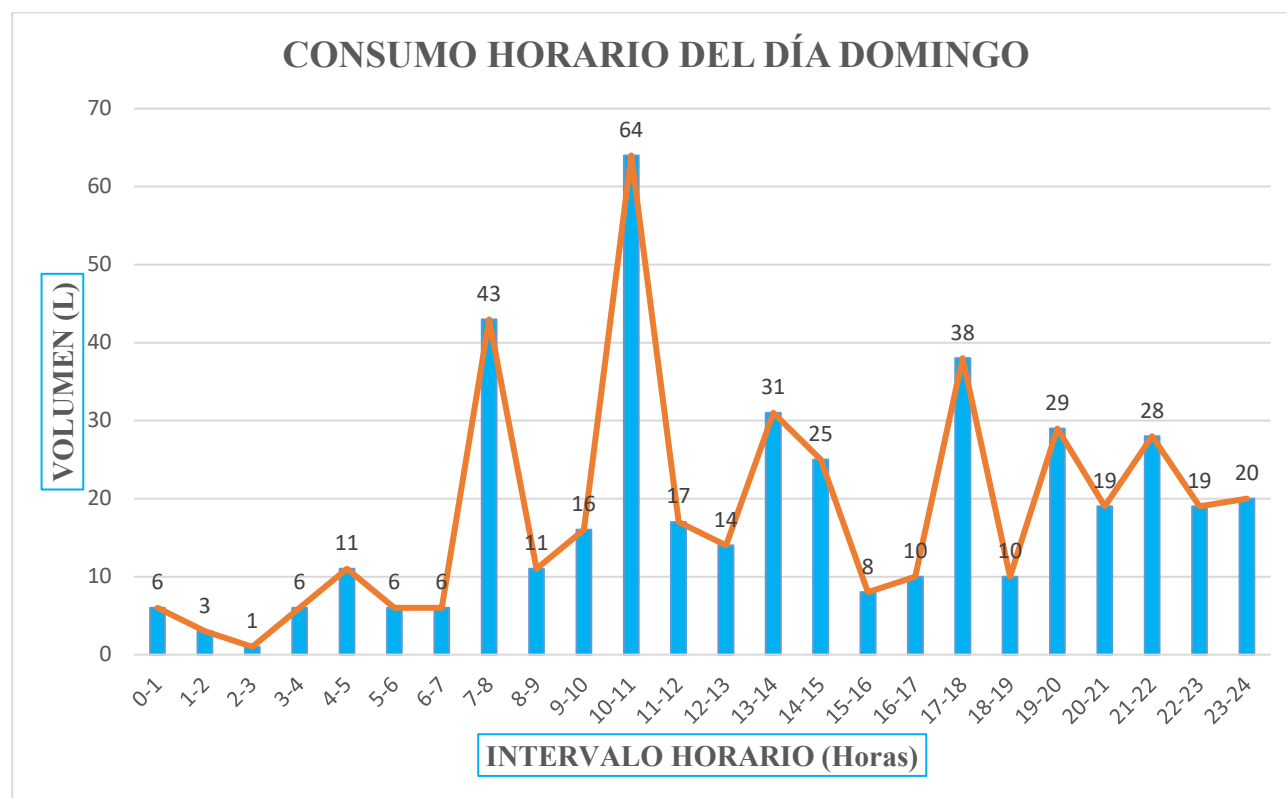


Elaborado por: El Autor.

En la Figura 26, al comparar este comportamiento con los demás días registrados, se evidencia que la mayor demanda ocurre entre las 06H00 – 07H00 en la mañana. Presentando una particularidad de consumo de 1665 litros. Se evidencia que entre las 23H00 – 24H00 ocurre la hora de menor consumo, con un valor de 5 litros. Un valor atípico se presenta de 05H00 – 06H00 de 1559 litros.

Figura 27.

Comportamiento de consumo horario del domingo

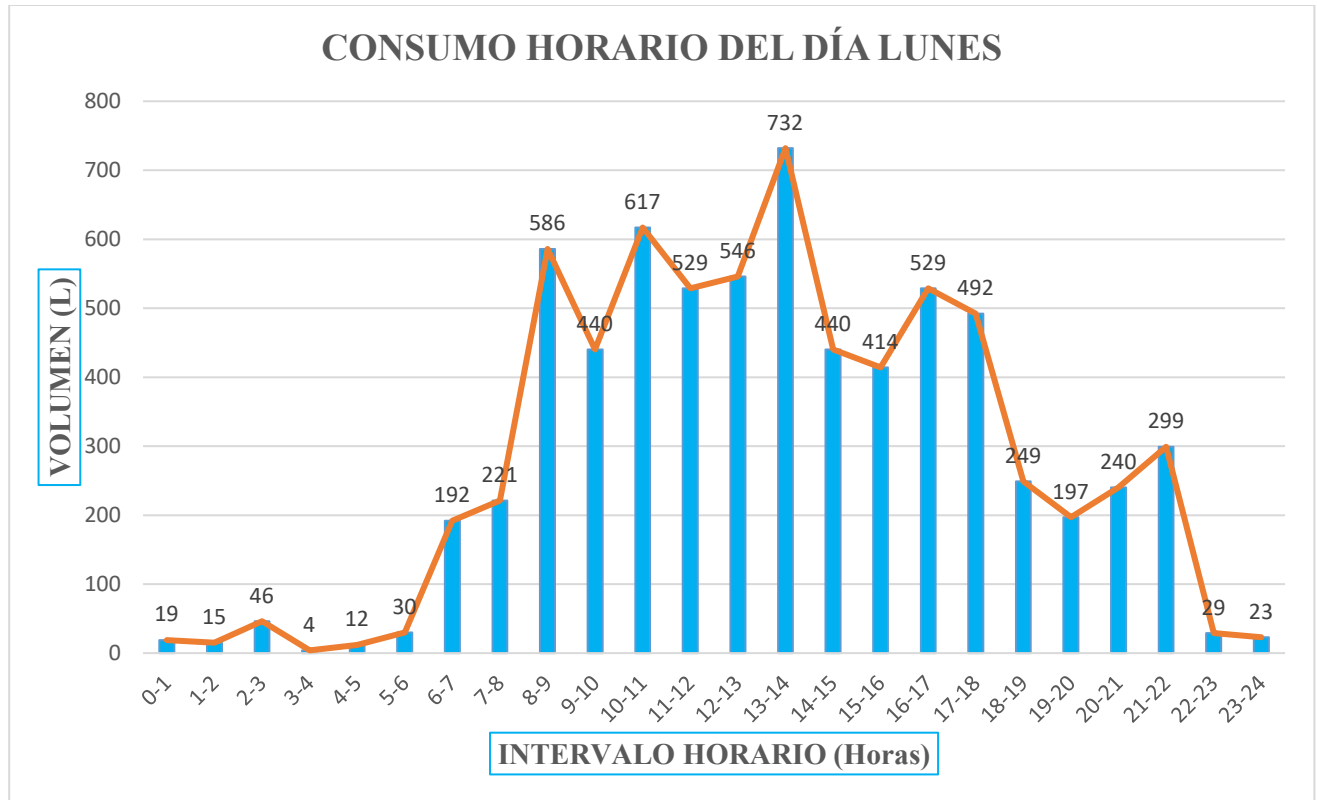


Elaborado por: El Autor.

La Figura 27 manifiesta la demanda horaria del domingo, donde no refleja novedad, ya que este día no tiene actividad académica, con un consumo pico máximo de 64 litros entre las 10H00 - 11H00 de la mañana y el consumo más bajo de apenas 1 litro entre las 02H00 – 03H00 de la madrugada.

Figura 28.

Comportamiento de consumo horario del lunes

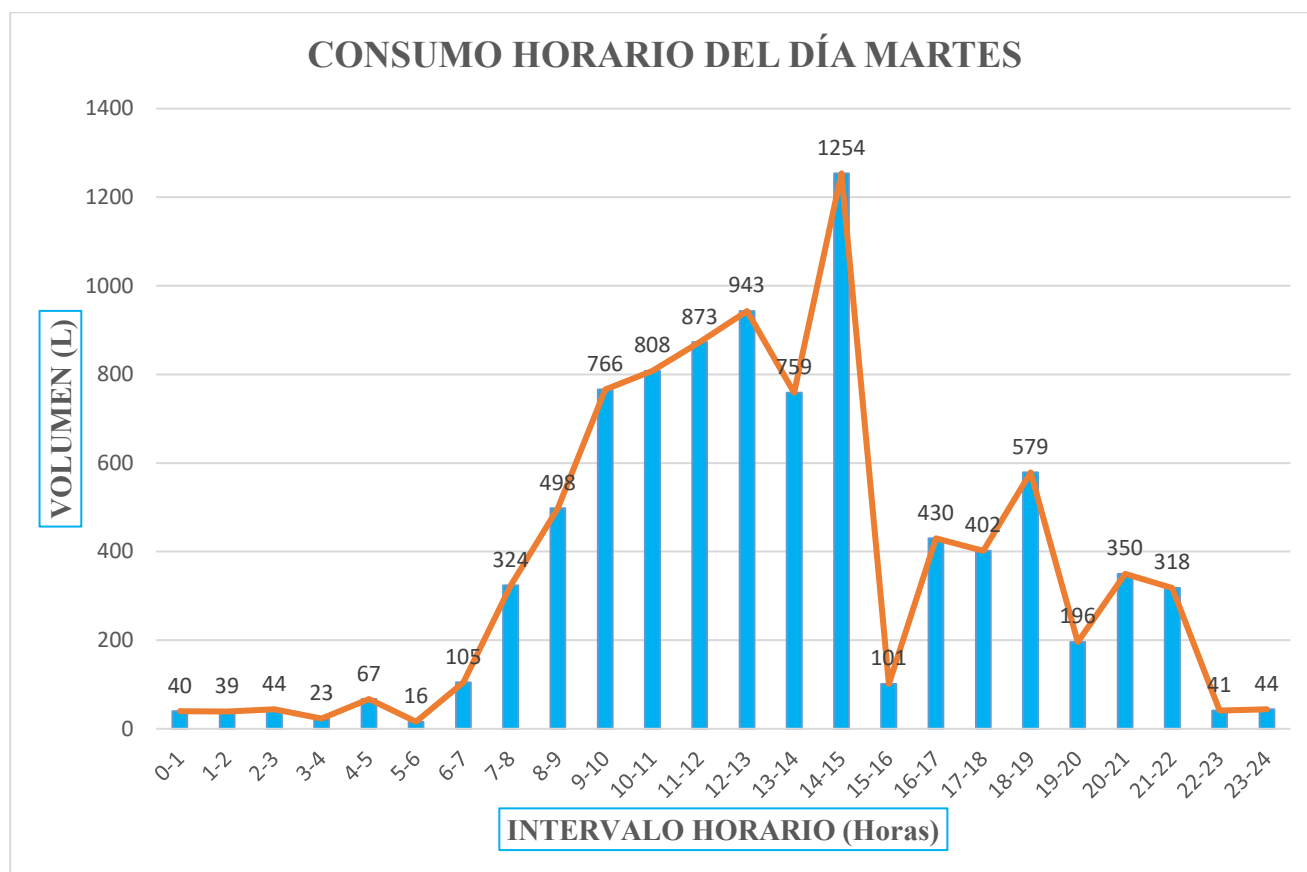


Elaborado por: El Autor.

En la Figura 28, se expone el consumo horario del lunes, con un pico máximo de demanda de 732 litros, entre las 13H00 - 14H00 y un consumo mínimo de 4 litros entre las 03H00 – 04H00 de la madrugada. Entre las 02H00 - 03H00 existe un valor atípico de 46 litros.

Figura 29.

Comportamiento de consumo horario día martes

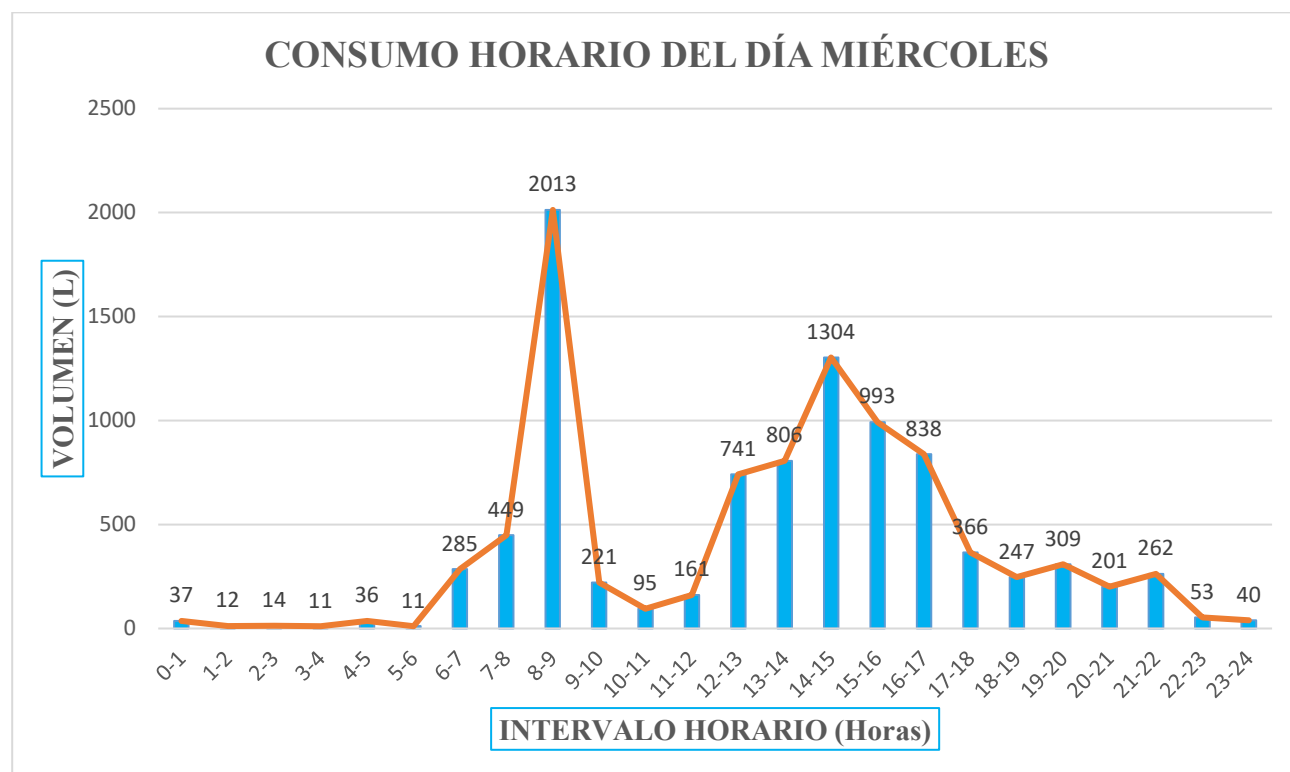


Elaborado por: El Autor

En la Figura 29, se manifiesta los consumos horarios de la red de agua potable del martes, con un pico de consumo máximo de 1254 litros entre las 14H00 – 15H00 de la tarde y consumo mínimo de 16 litros entre las 05H00 – 06H00 de la mañana.

Figura 30.

Comportamiento de consumo horario miércoles



Elaborado por: El Autor.

En la Figura 30, se expone la gráfica de consumo horario del miércoles, en la cual se tiene un pico máximo de consumo de 2013 litros entre las 08H00 – 09H00 de la mañana y un consumo mínimo de 11 litros entre las 03H00 – 04H00 de la madrugada y otro consumo igual entre las 05H00 – 06H00 de la mañana.

4.3.1.4.1 Análisis general de la demanda horaria

Analizando las Figuras 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30 de consumo de agua potable, se establece que hay un consumo promedio diario es de 293.46 litros/hora, con fluctuaciones significativas entre días:

- Días de mayor consumo: miércoles (2013.00 L/h), martes (1254.00 L/h) y sábado (1665,00 L/h).
- Días de menor consumo: Domingo (64.00 L/h), reflejando la baja o casi nula actividad institucional.

Tenemos valores picos del consumo horario, coincidentes con el horario de clases y actividades académicas que se ejecutan de manera regular, detallados en la Tabla 19:

Promedio por hora	08H00 - 09H00	de 594.86 L/h
	14H00 - 15H00	815.29 L/h
	11H00 - 12H00	552.86 L/h

Y el consumo mínimo:

Promedio por hora	23H00 - 24H00	25.86 L/h
	04H00 - 05H00	25.71 L/h

De igual manera se identificaron ciertas anomalías de consumo en diferentes horarios:

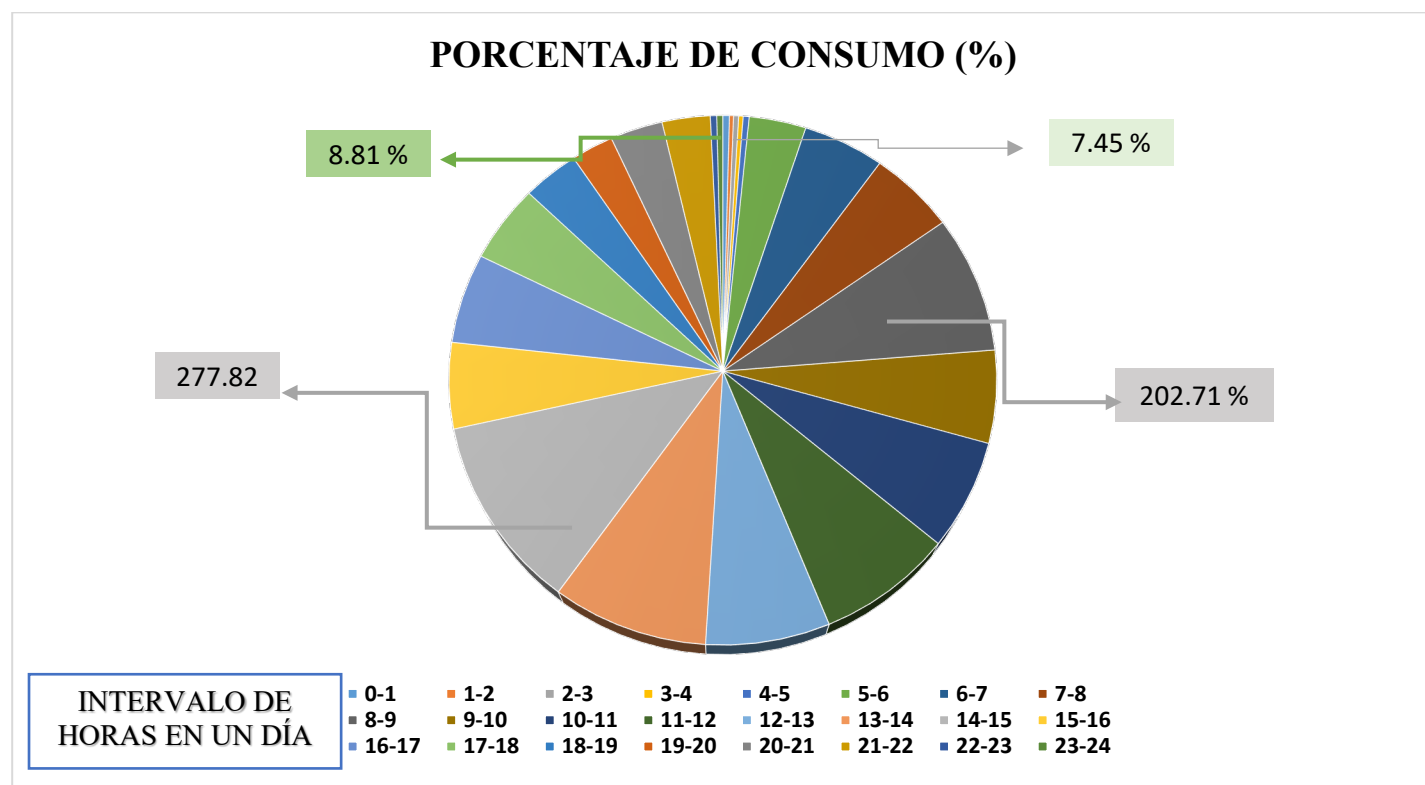
SÁBADO	05H00 - 06H00	1559 litros
	06H00 - 07H00	1665 litros

Porcentajes de consumo:

- Con referencia a los porcentajes de consumo tenemos: Mayor porcentaje (%): 14H00 - 15H00 (277.82%) y 08H00 - 09H00 (202.71%), confirmando los picos.
- Menor %: 02H00 - 03H00 (7.45%) y 23H00 - 24H00 (8.81%), típicos de horas sin actividades.

Figura 31.

Gráfica de consumo en porcentaje horario



Elaborado por: El Autor.

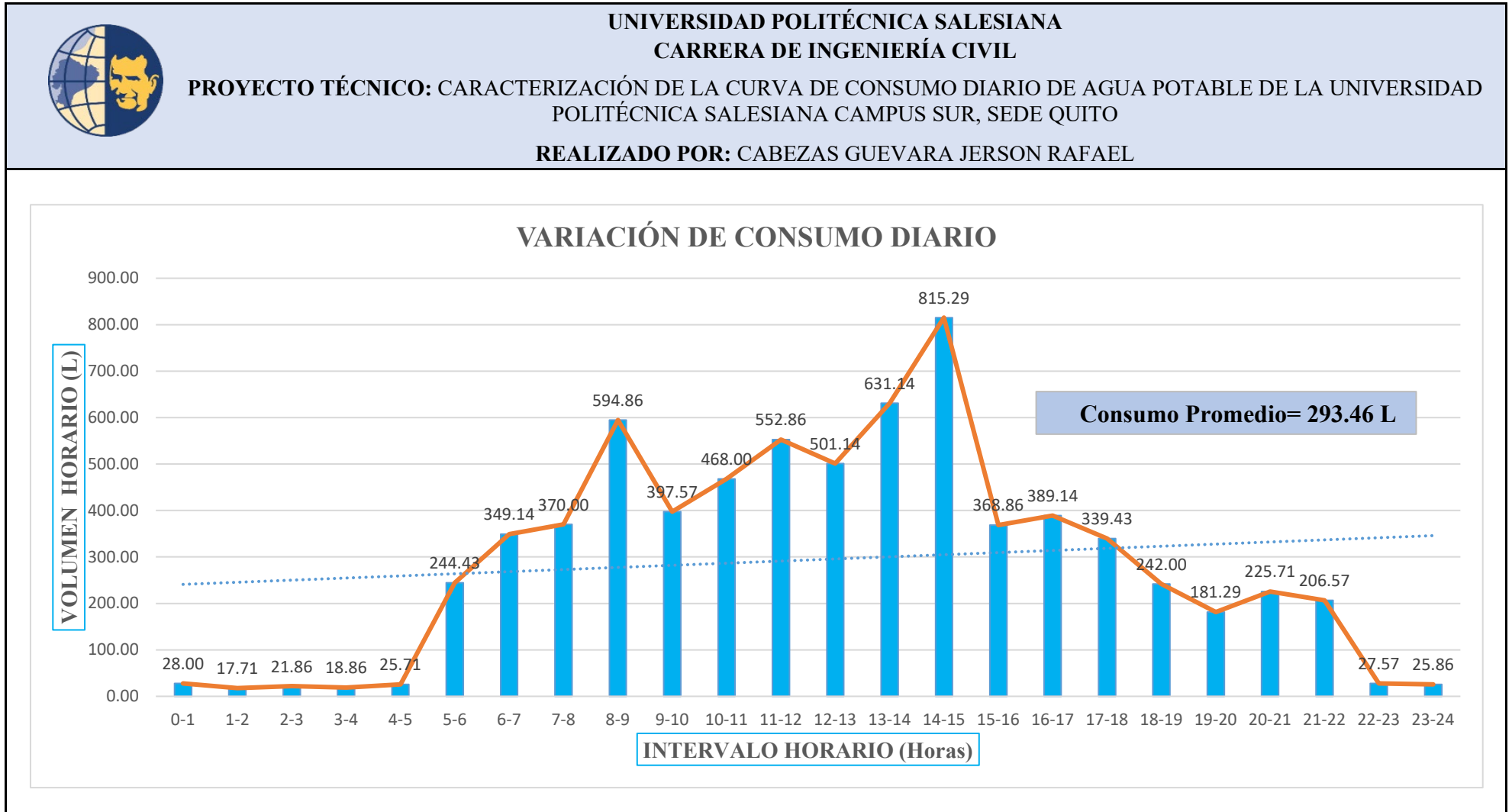
Para nuestra base de cálculo, el porcentaje se deriva del promedio general (293.46 L/h).

Con respecto a la comparación entre días laborables y fin de semana:

- Lunes a viernes: Promedio de 318.10 L/h, con picos en horarios de clases (07H00 - 16H00 horas).
- Sábado: Consumo irregular (trabajos de mantenimiento, desarrollo de trabajos de titulación, laboratorios).
- Domingo: Consumo promedio (menor a 20 L/h).

Figura 32.

Comportamiento del consumo promedio horario



Elaborado por: El Autor.

En la Figura 32, se aprecia el comportamiento del consumo horario promedio, resaltando un dato importante, el promedio de 293.46 L, se observa que el valor pico máximo es de 815.29 litros/hora entre las 14H00 – 15H00, tiempo en el cual la mayoría de la comunidad educativa regresa nuevamente a sus actividades luego de un receso de una hora. El incremento considerable ocurre desde las 05H00 hasta las 22H00, tiempo en el cual el campus tiene sus actividades regulares incluyendo la jornada nocturna de las carreras. En cambio, las horas de menor consumo se encuentran en el intervalo de tiempo después de las 22H00 hasta antes de las 05H00, tiempo en el cual la actividad académica cesa y únicamente el personal de seguridad se encuentra presente.

4.3.1.5 Patrones de consumo horario

Para analizar el comportamiento de consumo horario, se establecieron patrones de demanda con la ayuda de la recopilación de datos horarios durante una semana continua desde el jueves 24 de abril hasta el miércoles 30 de abril del 2025. Toda esta información permite identificar cambios en el uso del recurso en varios momentos del día. Para un mejor análisis, los registros son agrupados en intervalos de 2, 3, 4 horas, desarrollando representaciones gráficas que revelan de forma clara las tendencias de uso en distintos segmentos horarios.

Tabla 20.

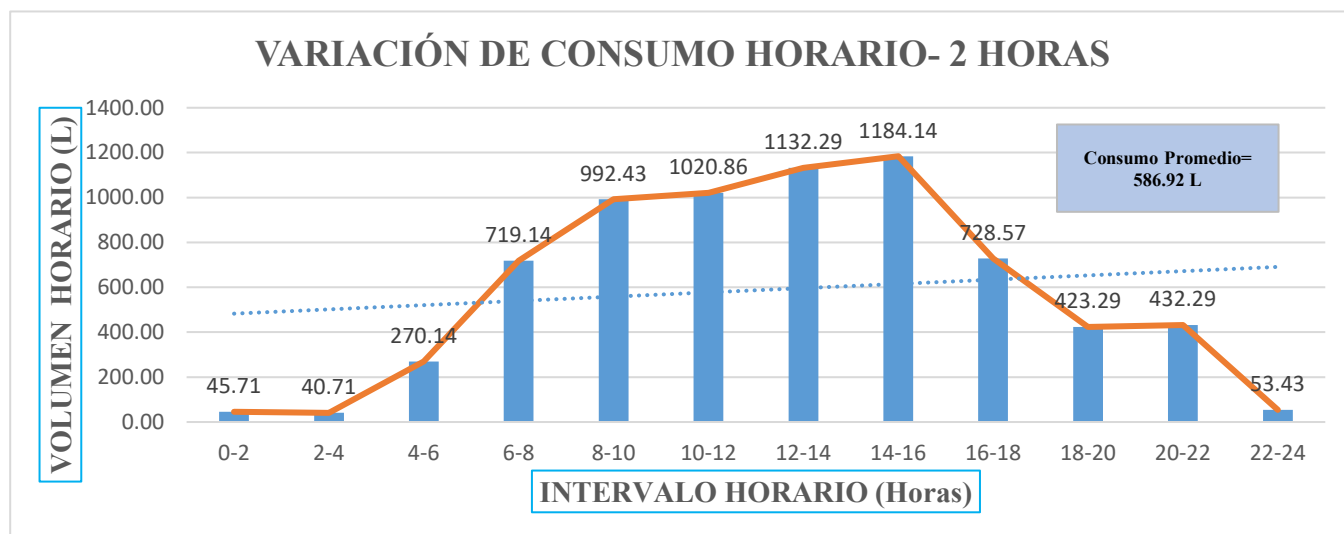
Patrón de consumo horario cada 2 horas

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO REALIZADO POR: CABEZAS GUEVARA JERSON RAFAEL									
REGISTRO DE CONSUMO HORARIO (24/04/2025 - 30/04/2025)									
INTERVALOS HORAS	JUEVES (L)	VIERNES (L)	SÁBADO (L)	DOMINGO (L)	LUNES (L)	MARTES (L)	MIÉRCOLES (L)	PROMEDIO POR HORA (L)	PORCENTAJE DE CONSUMO (%)
0-2	60	25	64	9	34	79	49	45.71	7.79
2-4	75	23	38	7	50	67	25	40.71	6.94
4-6	90	35	1577	17	42	83	47	270.14	46.03
6-8	370	363	2676	49	413	429	734	719.14	122.53
8-10	1071	1143	182	27	1026	1264	2234	992.43	169.09
10-12	1265	1427	1290	81	1146	1681	256	1020.86	173.94
12-14	978	1514	862	45	1278	1702	1547	1132.29	192.92
14-16	1241	1193	1316	33	854	1355	2297	1184.14	201.76
16-18	990	806	199	48	1021	832	1204	728.57	124.14
18-20	467	530	150	39	446	775	556	423.29	72.12
20-22	490	802	17	47	539	668	463	432.29	73.65
22-24	26	66	13	39	52	85	93	53.43	9.10
TOTAL	7123.00	7927.00	8384.00	441.00	6901.00	9020.00	9505.00		
PROMEDIO	593.58	660.58	698.67	36.75	575.08	751.67	792.08	PROMEDIO GENERAL (L)	586.92
MÁXIMO	1265.00	1514.00	2676.00	81.00	1278.00	1702.00	2297.00		
MÍNIMO	26.00	23.00	13.00	7.00	34.00	67.00	25.00		

Nota. Se toma intervalos de dos horas. Elaborado por: El Autor.

Figura 33.

Variación de consumo horario cada 2 horas



Elaborado por: El Autor.

Tabla 21.

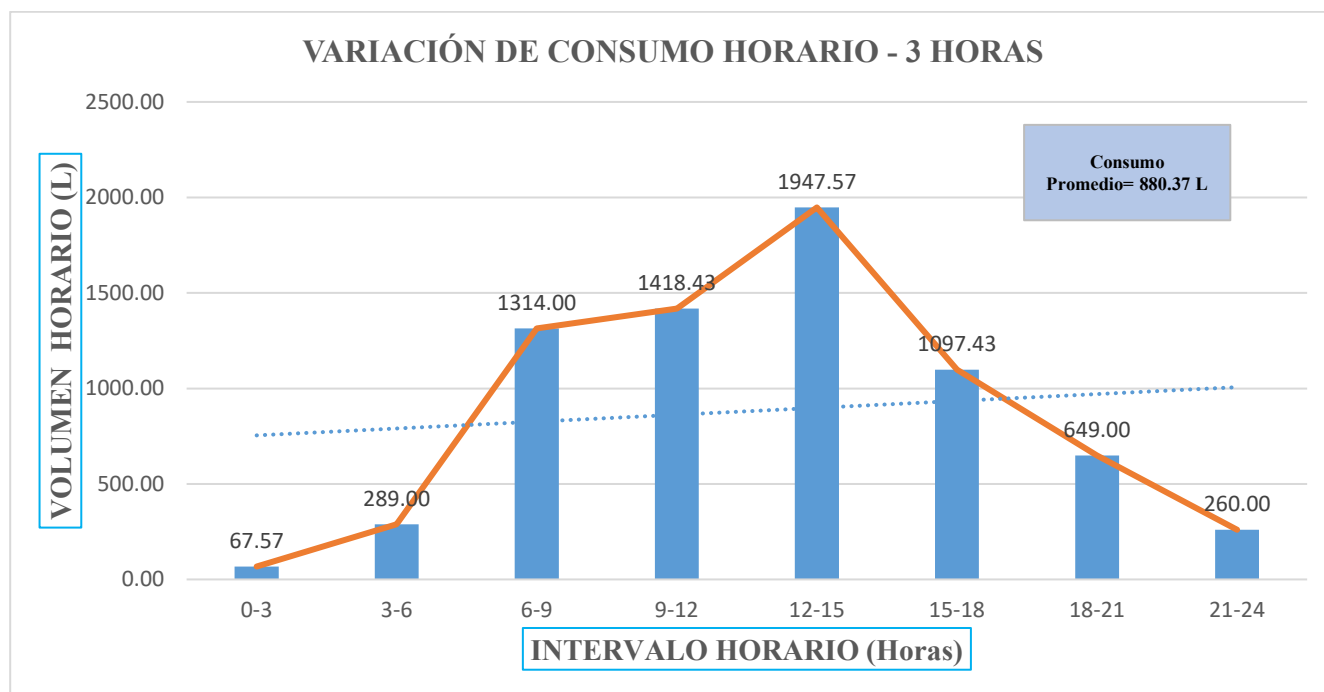
Patrón de consumo horario cada 3 horas

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO REALIZADO POR: CABEZAS GUEVARA JERSON RAFAEL									
REGISTRO DE CONSUMO HORARIO (24/04/2025 - 30/04/2025)									
INTERVALOS HORAS	JUEVES (L)	VIERNES (L)	SÁBADO (L)	DOMINGO (L)	LUNES (L)	MARTE S (L)	MIÉRCOLES (L)	PROMEDIO POR HORA (L)	PORCENTAJE DE CONSUMO (%)
0-3	71	38	88	10	80	123	63	67.57	7.68
3-6	154	45	1591	23	46	106	58	289.00	32.83
6-9	734	973	2758	60	999	927	2747	1314.00	149.25
9-12	1972	1960	1390	97	1586	2447	477	1418.43	161.12
12-15	1766	2199	2073	70	1718	2956	2851	1947.57	221.22
15-18	1443	1314	304	56	1435	933	2197	1097.43	124.65
18-21	659	1099	159	58	686	1125	757	649.00	73.72
21-24	324	299	21	67	351	403	355	260.00	29.53
TOTAL	7123.00	7927.00	8384.00	441.00	6901.00	9020.00	9505.00		
PROMEDIO	890.37	990.87	1048.00	55.12	862.62	1127.50	1188.12	PROMEDIO GENERAL (L)	880.37
MÁXIMO	1972.00	2199.00	2758.00	97.00	1718.00	2956.00	2851.00		
MÍNIMO	71.00	38.00	21.00	10.00	46.00	106.00	58.00		

Nota. Son intervalos de 3 horas. Elaborado por: El Autor.

Figura 34.

Variación de consumo horario cada 3 horas



Elaborado por: El Autor

Tabla 22.

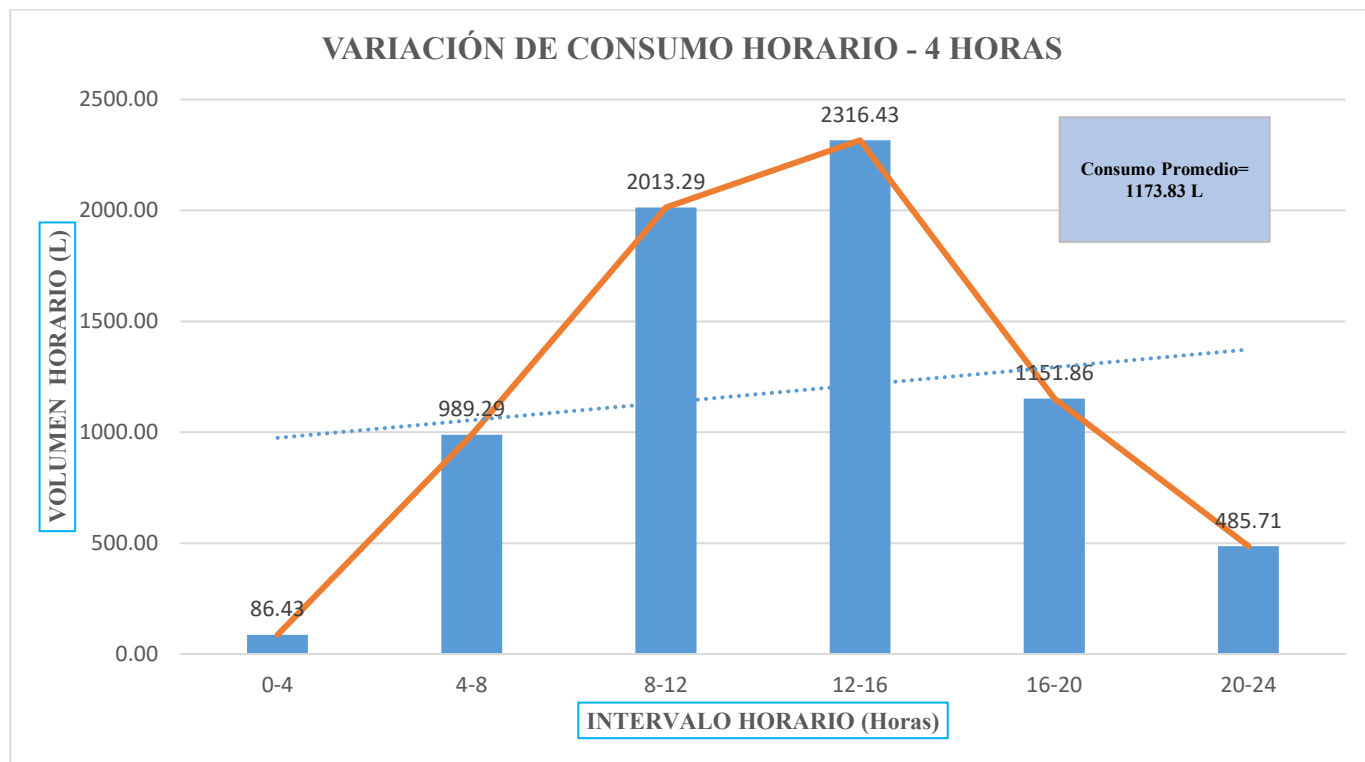
Patrón de consumo horario cada 4 horas

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO REALIZADO POR: CABEZAS GUEVARA JERSON RAFAEL									
REGISTRO DE CONSUMO HORARIO (24/04/2025 - 30/04/2025)									
INTERVALOS HORAS	JUEVES (L)	VIERNE S (L)	SÁBADO (L)	DOMINGO (L)	LUNES (L)	MARTES (L)	MIÉRCOLES (L)	PROMEDIO POR HORA (L)	PORCENTAJE DE CONSUMO (%)
0-4	135	48	102	16	84	146	74	86.43	7.36
4-8	460	398	4253	66	455	512	781	989.29	84.28
8-12	2336	2570	1472	108	2172	2945	2490	2013.29	171.51
12-16	2219	2707	2178	78	2132	3057	3844	2316.43	197.34
16-20	1457	1336	349	87	1467	1607	1760	1151.86	98.13
20-24	516	868	30	86	591	753	556	485.71	41.38
TOTAL	7123.00	7927.00	8384.00	441.00	6901.00	9020.00	9505.00		
PROMEDIO	1187.17	1321.17	1397.33	73.50	1150.17	1503.33	1584.17	PROMEDIO GENERAL (L)	1173.83
MÁXIMO	2336.00	2707.00	4253.00	108.00	2172.00	3057.00	3844.00		
MÍNIMO	135.00	48.00	30.00	16.00	84.00	146.00	74.00		

Nota. Son intervalos de 4 horas. Elaborado por: El Autor.

Figura 35.

Variación de consumo horario cada 4 horas



Elaborado por: El Autor.

En cada tabla de análisis se generó gráficos para mejor comparación y visualización del comportamiento general de la demanda en distintos tramos del día.

La Figura 35, que corresponde al intervalo de 4 horas, muestra una tendencia más representativa del comportamiento en un día de consumo. Entre los picos de demanda se tiene entre las 08H00 y las 16H00, siendo este margen de 12H00 a 16H00 el de mayor volumen, alcanzando 2316.43 L, mientras que el de menor demanda se observa en la madrugada de 00H00 a 04H00, con un promedio de apenas 86.43 L. Esta conducta se relaciona directamente a las actividades normales de la vida académica, donde los usuarios comienzan sus actividades a las primeras horas del día y focalizan mayor actividad a medio día.

En la Figura 33 y la Figura 34, de intervalos de 2 y 3 horas respectivamente, manifiestan desempeños similares, el aumento progresivo del uso de agua potable a partir de las 06H00, con máximos estables entre las 10H00 y 16H00, y una disminución sucesiva al finalizar la jornada diaria. Este patrón horario demuestra que el mayor uso está relacionado al sistema propio de la entidad educativa en estudio.

4.3.1.6 Patrones de consumo diario

Tabla 23.

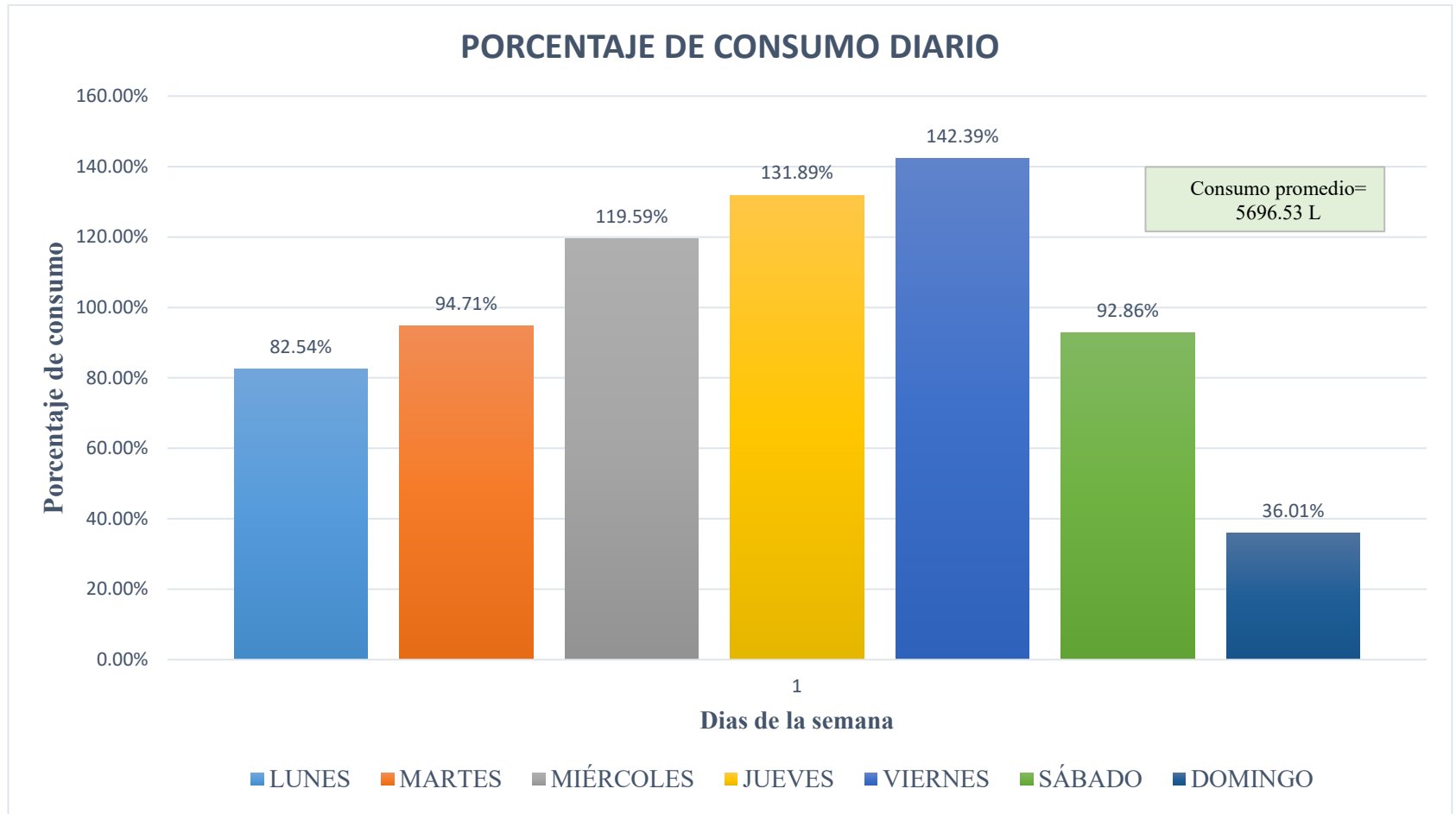
Consumo diario y su porcentaje

DÍAS DE LA SEMANA	CONSUMO PROMEDIO DIARIO (L/día)	PORCENTAJE DE CONSUMO DE AGUA
LUNES	4701.75	82.54%
MARTES	5395.37	94.71%
MIÉRCOLES	6812.48	119.59%
JUEVES	7513.37	131.89%
VIERNES	8111.30	142.39%
SÁBADO	5290.04	92.86%
DOMINGO	2051.42	36.01%

Nota. Se detalla los días de la semana, su consumo promedio y porcentaje. Elaborado por: El autor.

Figura 36.

Porcentaje de consumo diario



Nota. Los porcentajes se calcularon a partir del consumo promedio. Elaborado por: El Autor.

En la Figura 36, se observa claramente el patrón de consumo diario, destacando los siguientes días.

Días de mayor consumo:

- El día viernes con 8111.30 L/día y su equivalente de 142.39%, siendo la máxima demanda, superando en 42.39% el promedio total de toda la institución (5696.53 L/día).
- Jueves con 7513.37 L/día y su porcentaje de 131.89% y miércoles con 6812.48 L/día (119.59%): días de uso elevado del recurso.

Días intermedios:

- El martes con 5395.37 L/día (94.71%)
- Lunes con 4701.75 L/día (82.54%), ambas demandas están cercanos al promedio diario.

Días de menor consumo (Fin de semana):

- Sábado con 5290.04 L/día (92.86%), con menor actividad académica.
- Domingo con 2051.42 L/día (36.01%), siendo este día el de mínima demanda.

4.3.1.7 Patrón de consumo mensual

Tabla 24.

Comparación mensual para los meses de abril y mayo

REGISTRO DE CONSUMO MENSUAL DE AGUA (m³)

Mes	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
abril	731	684	73	296	-	-	-	580.33
mayo	752	790	74	248	-	-	-	460.19

Nota. Se complementa con datos de la Tabla 5 del libro Blanco de la Gestión ambiental. Elaborado por: El Autor.

En la Tabla 24, representa un extracto de los meses de abril y mayo en razón que el presente estudio fue analizado en estos meses, con la finalidad de hacer una comparación de años pasados con el presente. Para mencionados meses en los años 2018 y 2019, el consumo fue alto y constante, sin embargo, en el mismo lapso de meses del 2020 y 2021 disminuyó drásticamente, probablemente

debido a la pandemia COVID-19 y al cierre de actividades presenciales. Entre el 2022 y 2024 no se registraron datos. En el 2025, mediante el presente estudio se obtuvo nuevas mediciones las cuales se toman con 30 días en cada mes (abril y mayo), observando una leve variación por debajo de los niveles de consumo antes de la pandemia. Este comportamiento puede deberse a un cambio en las dinámicas institucionales como mejoras en eficiencia de consumo y racionamiento.

El patrón mensual refleja la importancia de mantener un registro continuo y preciso para una adecuada gestión ambiental y para establecer medidas de control basadas en datos reales.

4.3.1.8 Métodos de Gumbel y Pearson III para consumo futuro.

Para encontrar el consumo futuro o consumo máximo se basa en dos métodos, el de Gumbel y el de Pearson III, en los dos casos se utiliza periodos de retorno de 2,5,10,20 y 30 años, como datos importantes necesitamos la media que es lo mismo que el promedio de consumo de toda la institución (5696.53 L), la desviación estándar (3402.78 L).

Método de Gumbel (Chow, 1988)

$$Q_{maxf} = X + K * S$$

Donde:

Q_{maxf}: Consumo máximo futuro

X: Media del consumo diario (L/día)

S: Desviación estándar

K: Coeficiente de frecuencia de Gumbel, que depende del período de retorno T.

$$K = \frac{Y_p - 0.5772}{1.2825}$$

Donde:

Y_p: Porcentaje de Gumbel

$$Y_p = -\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right)$$

Otra fórmula a necesitar es:

$$P = \frac{1}{T}$$

Donde:

T: periodo de retorno en años

P: probabilidad de excedencia

Método de Pearson III (Griffis, 2007)

$$Q_f = \mu + \phi * S$$

Donde:

Q_f: Consumo futuro.

μ: Media.

S: Desviación estándar.

φ: coeficiente de Pearson III

En la Tabla 25, que se detalla a continuación podemos observar la tabulación correcta y desarrollo de los dos métodos para dichos periodos de retorno.

Tabla 25.

Métodos de Gumbel y Pearson III

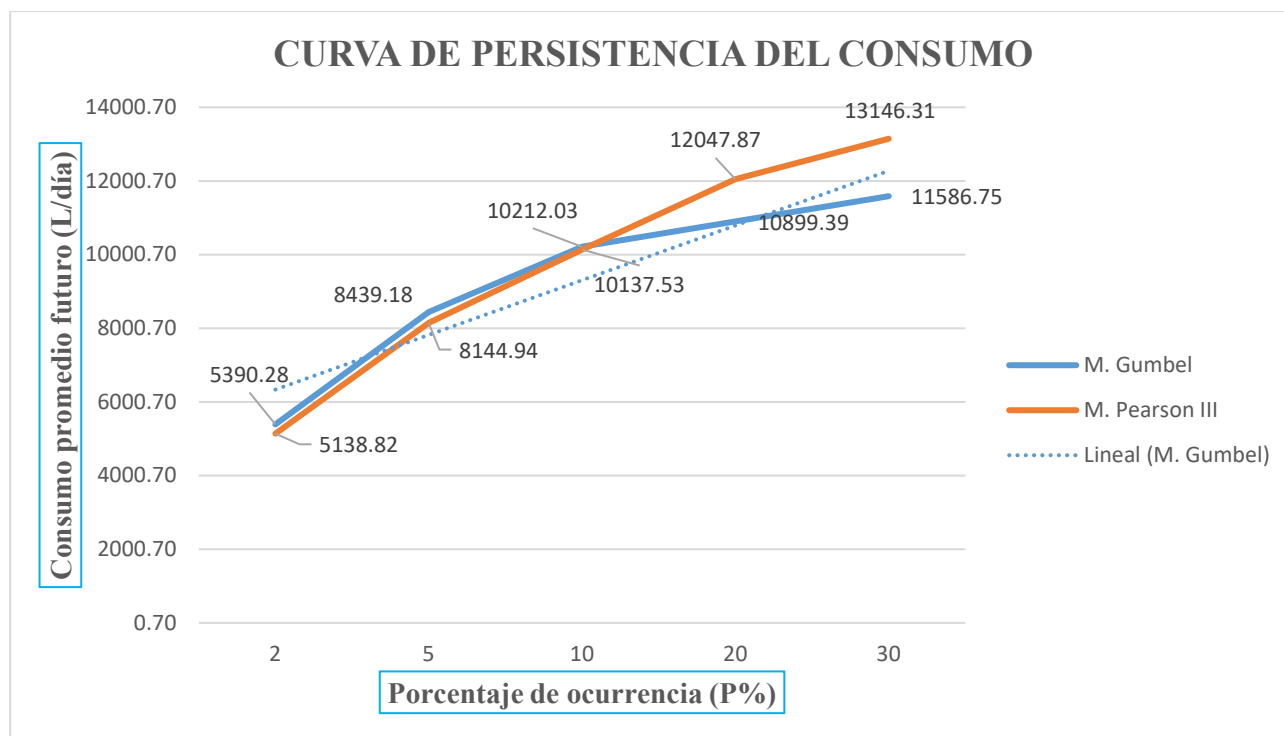
MÉTODO DE PEARSON III				MÉTODO DE GUMBEL				VALOR PROMEDIO L/día	CONSUMO PER-CÁPITA (L/hab/día)	
PERIODO DE RETORNO	P (%)	φ	Q _f (L/día)	PERIODO DE RETORNO	P (%)	Y _p (%)	k			Q _{maxf} (L/día)
2	50	-0.09	5390.28	2	50	0.367	-0.164	5138.82	5264.55	3.24
5	20	0.806	8439.18	5	20	1.500	0.720	8144.94	8292.06	5.10
10	10	1.327	10212.03	10	10	2.251	1.305	10137.53	10174.78	6.25
20	5	1.529	10899.39	20	5	2.971	1.867	12047.87	11473.63	7.05
30	3.33	1.731	11586.75	30	3.33	3.385	2.189	13146.31	12366.53	7.60

Nota. Estos métodos son utilizados para deducir un posible consumo futuro. Elaborado por: El

Autor.

Figura 37.

Curva de consumo futuro



Nota. Curva presentada en forma exponencial. Elaborado por: El Autor.

Se interpreta la Figura 37, que los valores de aumento de consumo Per-Cápita se debe al aumento progresivo de la población universitaria se prevé como resultado de diversos factores, entre ellos la posible construcción de nuevas edificaciones, la apertura completa de los distintos niveles académicos de carreras como Fisioterapia, Ingeniería Civil (Nocturna) y Enfermería, lo cual implicará una mayor demanda de personal docente, de limpieza y seguridad. Además, se requerirá una expansión de los espacios físicos, incluyendo áreas comunes, laboratorios y zonas administrativas, para atender adecuadamente las necesidades de una comunidad universitaria en crecimiento. Asimismo, el crecimiento puede verse impulsado por el fortalecimiento de programas de admisión, el aumento de la oferta académica, la implementación de modalidades. Ambos métodos presentan un crecimiento exponencial especialmente en los años posteriores a 10 años. Todos los

cálculos se basan en la media, por lo tanto, situaciones como expansión del campus o nuevas carreras pueden alterar las proyecciones.

4.3.1.9 Evaluación del comportamiento de la presión en la red de agua potable.

Uno de los aspectos principales en el diseño de la infraestructura interna para el suministro de agua potable en edificaciones es garantizar que la presión sea adecuada para el correcto funcionamiento de los aparatos sanitarios instalados. En condiciones normales de operación, se debe cumplir con las presiones requeridas que se detallan en la Tabla 26, correspondiente de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, según lo establecido en el capítulo 16 de la Norma Hidrosanitaria NHE Agua:

Tabla 26.

Demanda de caudal y presión en aparatos sanitarios

Aparato sanitario	Caudal instantáneo mínimo (L/s)	Presión recomendada (m c.a.)	Presión mínima (m c.a.)
Bañera / tina	0.3	7	3
Bidet	0.1	7	3
Calentadores / calderas	0.3	15	10
Ducha	0.2	10	3
Fregadero cocina	0.2	5	2
Fuentes para beber	0.1	3	2
Grifo para manguera	0.2	7	3
Inodoro con depósito	0.1	7	3
Inodoro con fluxor	1.25	15	10
Lavabo	0.1	5	2
Máquina de lavar ropa	0.2	7	3
Máquina lava vajilla	0.2	7	3
Urinario con fluxor	0.5	15	10
Urinario con llave	0.15	7	3


Nota. Se expresa el caudal y presiones recomendadas para ciertos tipos de aparatos sanitario. Fuente:

(NEC-11, 2011)

A continuación, se presenta la Tabla 27 con las lecturas de presión registradas tanto en el macro medidor principal como en el medidor del bloque G. Estas mediciones se llevaron a cabo durante 7 días consecutivos, a la misma hora, utilizando un manómetro. Posteriormente, se calculó el promedio de las presiones registradas con el objetivo de compararlas con los parámetros establecidos en la Norma Ecuatoriana de Construcción.

Tabla 27.

Lectura de presiones

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE AGUA POTABLE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, SEDE QUITO REALIZADO POR: CABEZAS GUEVARA JERSON RAFAEL											
LECTURA DE PRESIONES EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE (13/03/2025 - 19/03/2025)										Promedio de Presión (PSI)	Promedio de Presión (m.c.a)
MEDIDOR	Ubicación en Coordenadas UTM		Lectura de presión (PSI)								
	SUR	ESTE	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles		
Macro medidor principal	9968651.5	772730	51	50.5	43.5	43.6	43.2	44	52	46.83	32.93
Medidor Bloque G	9968781.8	772765	57	58	57	57.3	58	58	58	57.61	40.51
	Promedio diario (PSI)		54.00	54.25	50.25	50.45	50.60	51.00	55.00	Promedio General:	52.22 PSI
	Promedio diario (m.c.a)		37.97	38.14	35.33	35.47	35.58	35.86	38.67		36.72 m.c.a

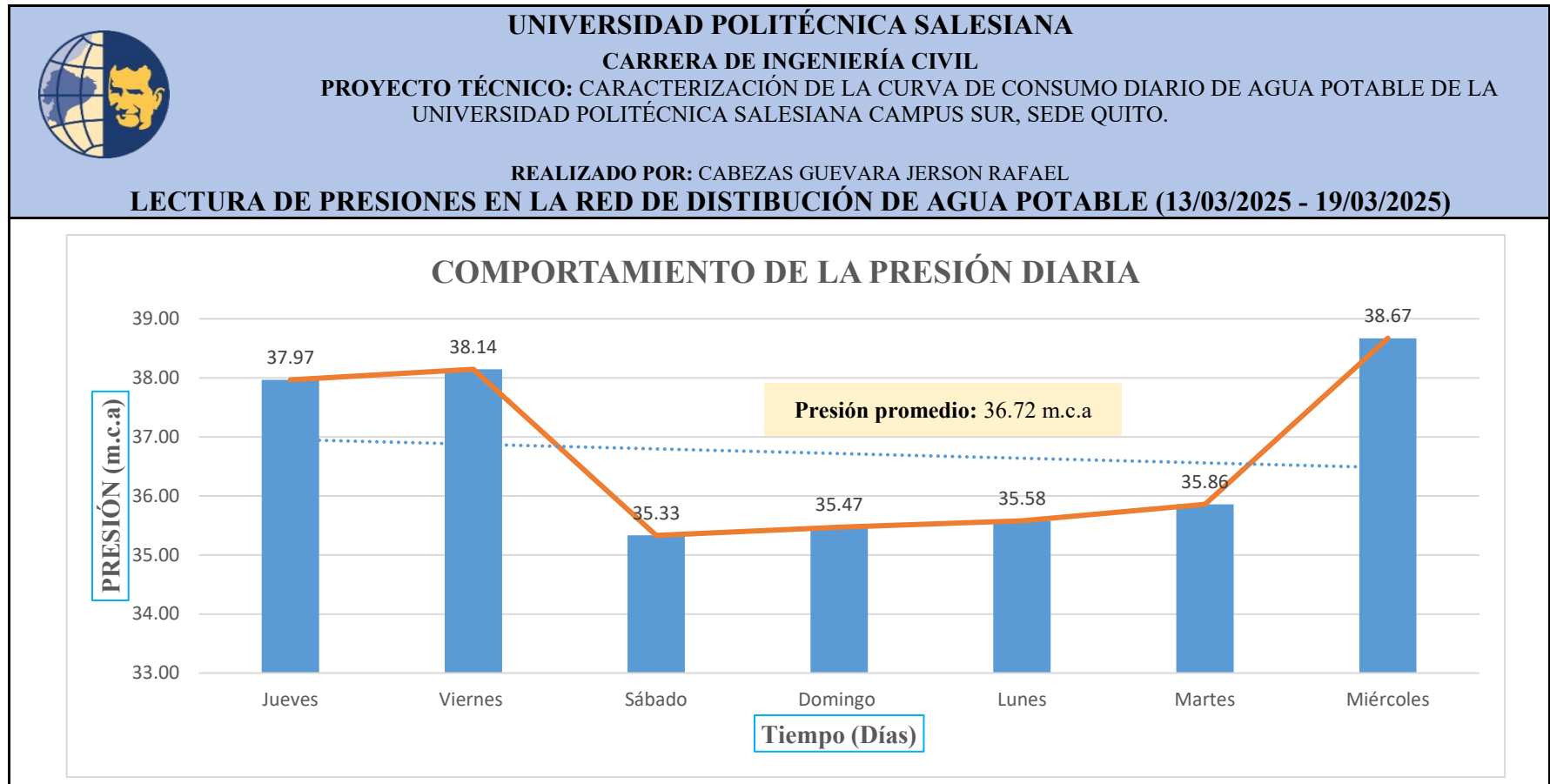
Nota. Se transforma de Psi a Metros de Columna de Agua (m.c.a). Elaborado por: El Autor.

Después de calcular el promedio de las presiones registradas tanto en el macro medidor principal como en el medidor del bloque G, se establece que las mismas, cumplen con los requisitos de diseño en cuanto a presión. Esto se debe a que, según la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-11), la presión no debe exceder los 71.12 PSI, equivalentes a 50 metros de columna de agua (m.c.a).

A partir de los datos presentados en la Tabla 27 correspondiente a la lectura de presiones en la red de distribución de agua potable del campus de la Universidad Politécnica Salesiana, se evidencia una disminución en las lecturas de presión durante los días sábado y domingo. Esta variación puede atribuirse a factores externos relacionados con la ubicación geográfica de la universidad, específicamente en la parroquia de Chillogallo. Durante los fines de semana, esta zona experimenta un incremento significativo en la actividad comercial debido a la realización de ferias y al mayor flujo de personas en los mercados y establecimientos aledaños. Este aumento en la demanda de agua en el entorno inmediato influye directamente en las condiciones de presión dentro del sistema de distribución del campus universitario.

Figura 38.

Gráfica de variación de presión



Nota. Gráfica de presión vs tiempo en días. Elaborado por: El Autor.

En la Figura 38 muestra la gráfica del comportamiento de la presión en la red de distribución de agua potable durante el periodo comprendido entre el 13 y el 19 de marzo de 2025. Se registra valores diarios de presión en metros de columna de agua (m.c.a) y se obtuvo una presión promedio semanal de 36.72 m.c.a.

Analizando la gráfica se observa que los días jueves y viernes presentan altas presiones con 37.97 m.c.a. y 38.14 m.c.a. respectivamente, superando ligeramente el valor del promedio, continuando con el día sábado, existe una disminución de la presión, con el valor más bajo de la semana con 35.33 m.c.a., seguido de los días domingo con 35.47 m.c.a., lunes con 35.58 m.c.a. y martes con 35.85 m.c.a., manteniendo una presión relativamente similar, por debajo del promedio semanal, y finalmente el día miércoles que alcanza el valor pico más alto de la semana con 38.67 m.c.a.

Se asocia estos valores a cambios de demanda, consumos internos del sistema o factores como el clima y el entorno comercial alrededor de la institución. Se resalta que estos valores de presión promedio, se encuentran dentro del rango aceptable según lo mostrado en la Tabla 26 de la Norma ecuatoriana de la Construcción.

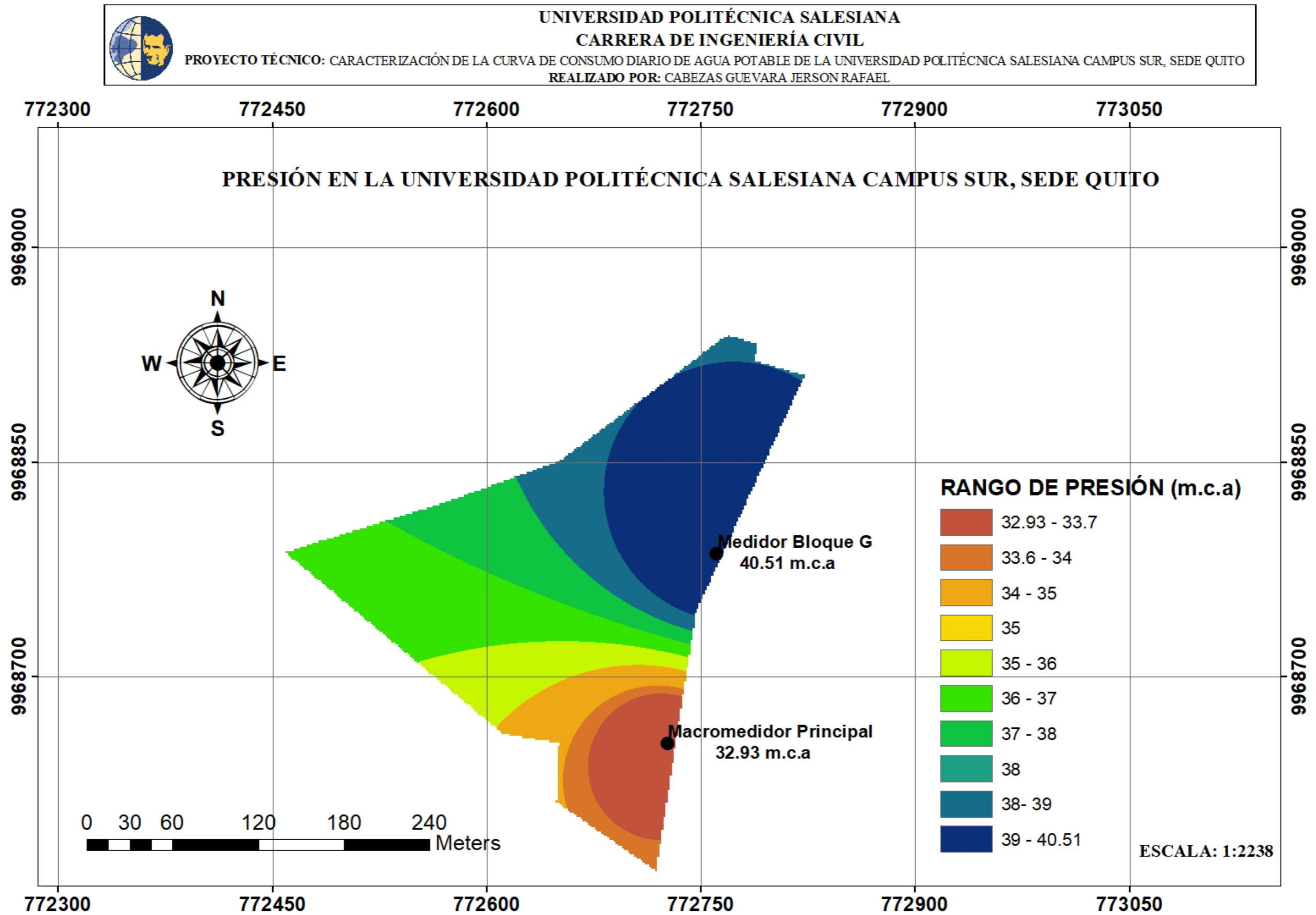
4.3.1.9.1. Digitalización de la presión en el GIS (Sistema de Información Geográfica)

La Figura 39, muestra la distribución de presión del agua potable en el Campus Sur de la Universidad Politécnica Salesiana, obtenida mediante el método IDW (Ponderación por Distancia Inversa) en ArcMap. Se tomaron como referencia dos puntos: el Macro medidor Principal, con una presión promedio de 32.93 m.c.a, y el Medidor del Bloque G, con 40.51 m.c.a.

En la leyenda de la Figura 39, señala la gama de colores de distribución de la presión, esta variación es coherente con principios hidráulicos, ya que la presión suele disminuir a medida que el agua se aleja del punto del medidor o atraviesa tramos con pérdidas de carga.

Figura 39.

Digitalización de la variación de la presión en software GIS



Nota. Se tomó los dos puntos de presión promedio de cada medidor. Elaborado por: El Autor.

CONCLUSIONES

Se realizó la caracterización de la curva de consumo diario de la red de agua potable de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, Sede Quito dando como promedio de consumo de agua potable la cifra de 50696.54 L/día.

Se establece con la Figura 21, que el día de mayor consumo es el viernes con un promedio de consumo de 8111.30 L/día el cual representa un porcentaje de 42.39% más que el promedio institucional diario (5696.53 L/día), además se estimó que la hora de mayor consumo horario corresponde al intervalo 14H00 – 15H00 con 815.29 L observado en la Figura 32.

En la Figura 35 esquematiza el consumo horario en el intervalo de 4 horas, lo que evidenció que el horario de mayor consumo se registra entre las 12H00 y 16H00, con un volumen máximo de 2316.43 L, mientras que el lapso de menor demanda es en la madrugada entre las 00H00 a 04H00, con un promedio de 86.43 L.

Se estableció el posicionamiento geográfico de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus Sur – Quito, con coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator), lo que permitió georreferenciar el área de estudio con un valor de 53665.71 m² aproximadamente y un perímetro de 1109.97m. Esto permitió identificar dos puntos principales de medición: el macro medidor principal (9968651.53m Sur y 772730.36m Este) y el medidor del bloque G (9968781.78m Sur y 772764.91m Este), medidores esenciales para la obtención de datos necesarios en la caracterización del consumo dentro del campus.

La presión promedio registrada durante la semana que muestra la Tabla 26, fue de 36.72 metros de columna de agua (m.c.a.), valor que cumple con lo establecido en la Tabla 25 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11), la cual establece un límite máximo de 50 m.c.a. (71.12 PSI). Se determinó que la presión más alta se presenta el miércoles con 38.67 m.c.a., mientras que la mínima fue el sábado con 35.33 m.c.a. En la Figura 38, los días jueves y viernes mostraron presiones superiores al promedio, con 37.97 y 38.14 m.c.a. respectivamente.

Se identificó que los días de menor presión son de domingo a martes, que mantuvieron valores por debajo del promedio, pero dentro del rango aceptable, sin comprometer el funcionamiento de la red. Todo esto posiblemente debido, entre algunos factores, al consumo de los establecimientos, mercado, estadio, instituciones educativas son aledañas al campus de la Universidad.

El comportamiento de consumo en la Universidad (Tabla 18) nos refleja valores de 5.17 L/habitante, demostrando que este valor es bajo en comparación al consumo residencial, ya que los estudiantes, docentes y demás miembros de la institución tienen una presencia temporal y variable en la zona de estudio, generando un patrón de consumo dinámico. El macro medidor registró 4.22 L/hab/día, mientras que el medidor del bloque G alcanzó 7.35 L/hab/día, evidenciando variabilidad por el número de usuarios.

La curva del consumo diario en la Figura 21, refleja un comportamiento claramente influenciado por la actividad académica. El viernes destaca como el de mayor consumo (8111.30 L/día), mientras que el domingo registra el más bajo, con una demanda equivalente al 36.01% del promedio. Los miércoles, jueves y viernes superan el 100% del promedio diario, indicando una mayor afluencia y uso de servicios que demandan el uso de agua potable. El comportamiento de la curva confirma que los fines de semana se observa un descenso significativo en el consumo, evidenciando el impacto directo de la interacción académica en el consumo de agua potable.

A través de un monitoreo detallado por el periodo de dos meses del consumo del agua potable en la Universidad Politécnica Salesiana Campus sur, sede Quito, se logró reconocer patrones específicos de demanda, tanto a nivel horario como diario, lo que permitió señalar los periodos de mayor consumo. Estos resultados aportan información real y complementaria a las cifras de consumo establecidas en el Libro Blanco de la Gestión Ambiental, dirigido por Juan Cárdenas Tapia, sdb, Ph. D., para futuras investigaciones, planes de racionamiento e inclusive en el ámbito de ingeniería estudio y diseños de redes hidráulicas eficientes, modelaciones y escenarios de escasez.

Se calculó el consumo Per-Cápita con el número actual de usuarios, y su proyección futura de consumo con la finalidad de que el presente estudio sirva como base para planes de optimización y planificación de la demanda de agua potable.

Con los registros obtenidos en el presente estudio, se logró actualizar y complementar los datos históricos de consumo de agua potable en la Tabla 24, con 580.33m³ en abril y 460.19 m³ en mayo del 2025, que, a comparación con los registros de 2020 y 2021 del Libro Blanco de la Gestión Ambiental, existe un incremento considerable en la demanda de agua potable.

RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones se recomienda realizar las mediciones diarias a una hora determinada y, una vez obtenido los valores, etiquetar las imágenes para asegurar un correcto manejo de los datos.

En la medición horaria, es importante la correcta instalación del dispositivo. En este caso se utilizó un teléfono celular con conexión a internet. Es importante verificar que la grabación sea continua y no se interrumpa por algún inconveniente.

En futuras investigaciones, se podría plantear estudios que abarquen aspectos relacionados a las instalaciones, como su tipo de instalación, diámetro de tubería, accesorios, válvulas, acoples, etc. Además, se debe analizar la permanencia de los estudiantes en la Universidad, ya que algunos, solo asisten durante un periodo de horas en específico y no de forma continua o regular.

Al momento de tomar las presiones de la red de agua potable, es necesario asegurarse que el mecanismo del manómetro esté correctamente acoplado. Esto evitará cualquier fuga que pueda alterar la precisión de la medición.

Revisar las redes de conexión por motivo de valores picos que su ocurrencia es poco probable (consumos altos) en horas donde la demanda de agua debería ser sumamente baja o nula; segmentando áreas de consumo como laboratorios, gimnasio, puntos críticos.

Con las proyecciones de consumo futuro mediante los métodos de Gumbel y Pearson III, se sugiere un nuevo monitoreo a corto plazo de 2 a 5 años posteriores a esta investigación, de todo el sistema interno de agua potable. Dado que estos métodos dependen de la media del consumo, el cual muy probablemente varíe con el tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Concrete Institute. (2002). *Diseño de mezclas de hormigón*. ACI 211.1-91. <https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=211191>.
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM C33 Standard Specification for Concrete Aggregates*. ASTM International. https://www.astm.org/c0033_c0033m-18.html.
- Arregui, F. C.-S. (2006). *Integrated Water Meter Management*. IWA Publishing. <https://www.iwapublishing.com/books/9781843390343/integrated-water-meter-management>.
- Asamblea de las Naciones Unidas. (2021). *Fin de la contaminación por plásticos: hacia un instrumento internacional*. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/39917/End%20plastic%20pollution%20Towards%20an%20international%20legally%20binding%20instrument%20%20%28Spanish%20Version%29-%20K2200736.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Asociación Española De Normalización. (2008). *Método de ensayo para hormigón con fibras metálicas. Determinación de la resistencia a la tracción por flexión (límite de proporcionalidad (LOP), resistencia residual)*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0041225>
- Bonnet, J. D. (2002). *Análisis de los usos finales de electricidad y agua en los campus universitarios: estudio de caso de la Universidad de Burdeos en el marco de la colaboración europea Ecocampus*. <https://www.ecocampus.eu/publications>.
- Cárdenas Tapia, J., Pesántez Avilés, F., Calle Sigüencia, J., Arévalo Moscoso, P., & Serrano Guerrero, X. (2024). *EL LIBRO BLANCO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL UNIVERSITARIA*. Abya-Yala.
- Chow, V. T. (1988). *Maidment, D. R., & Mays, L. W. Applied hydrology*. McGraw-Hill.
- Condori-Ojeda, P. (2020). *Universo, población y muestra*. *Acta Académica*. <https://www.aacademica.org/cporfirio/18>.
- EMAAP. (2008). *Normas de Diseño de sistemas de agua potable para la EMAAP-Q*. Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito. Biblioteca Técnica Nacional – Universidad Central del Ecuador. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-005-1R.pdf>
- Escribano, R. d. (2010). *Metodología de análisis en el tiempo para evaluar la escases de agua dulce en función de la oferta y la demanda. Caso de estudio: Los países de la región del golfo de Guinea*. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Catalunya]. UPCommons. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/11259>.

- Garzón Orduña, A. (2014). *Evaluación de patrones de consumo y caudales máximos instantáneos de usuarios residenciales en la ciudad de Bogotá*. [Tesis de maestría, Universidad de los Andes]. Repositorio Uniandes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/8847>.
- Griffis, V. W. (2007). Log–Pearson Type III distribution and its application in flood frequency analysis. *Researchgate*.
- Guerrero-Erazo, J. e. (2017). *Estimación de la demanda de agua en centros educativos: Caso de estudio Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia*. [Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Pereira]. <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.44.9>
- Hidalgo, Y. (2017). Evaluación de parámetros incidentes en la respuesta post agrietamiento del hormigón proyectado reforzado con fibras de polipropileno. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/148537/Evaluacion-de-parametros-incidentes-en-la-respuesta-post-agrietamiento-del-hormigon-proyectado.pdf>
- INEN 05. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Biblioteca Técnica Nacional – Universidad Central del Ecuador. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-005-1R.pdf>
- INEN. (2003). *Instituto ecuatoriano de normalización normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Biblioteca Técnica Nacional – Universidad Central del Ecuador.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION . (2010). *Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos*. NTE INEN 858 <https://es.scribd.com/document/346522366/858-pdf>
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. (2010). *Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino* . NTE INEN 856
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. (2010). *HORMIGÓN Y ÁRIDOS PARA ELABORAR HORMIGÓN*. NTE INEN 872
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (2011). *Análisis granulométrico en los áridos, fino. y grueso*. INEN.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. (2011). *DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD*. Quito . NTE INEN 869
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. (2011). *determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm mediante el uso de la máquina de Los Ángeles*. NTE INEN 866

- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. (2015). *HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRA. REQUISITOS Y MÉTODOS*. NTE INEN 1577
- Inzunza Araya, E. (2014). *Uso de fotogrametría en elementos de hormigón armado*. Santiago de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/130400>
- Irías, A. S. (2013). *Refuerzo de elementos estructurales con hormigones con fibras o solo fibras* [Tesis de Máster, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio UPM. https://oa.upm.es/19998/1/Tesis_master_Ana_Sofia_Irias_Pineda.pdf
- López Lara, E. J. (1998). *Sistemas de información geográfica*.
- Matés-Barco, J.-M. (2022). *Fuentes para la Historia del abastecimiento de agua potable en España*. https://www.researchgate.net/publication/328030666_Fuentes_para_la_Historia_del_abastecimiento_de_agua_potable_en_Espana
- NEC-11. (2011). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, Capítulo 16*. <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-16-norma-hidrosanitaria-nhe-agua-021412.pdf>
- Obando Guillermo, H., Carranza Muñoz, Z., Díaz Quepuy, J., Serrano Otoya, D., & Muñoz Perez, S. (2021). *RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRA DE POLIPROPILENO*. Chiclayo: PAIDEIA XXI. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Paideia/article/download/4039/4921/12948&ved=2ahUKEwiE0rf8p5uHAxX3RTABHdalAiYQFnoECBYQAQ&usg=AOvVaw2YC4UrhHXxP02kmaynNxqd>
- ONU, O. d. (2019). *Informe mundial sobre el desarrollo de los recursos hídricos*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367307>
- Pérez, Y. I., & Guevara Saravia, S. (2021). Revisión sistemática de la literatura sobre la mejora de las. Chiclayo: Universidad Señor de Sipá. <http://www.scielo.org.co/pdf/inge/v27n2/0121-750X-inge-27-02-e201.pdf>
- Romero, N. Y. (2022). *Natural Fibers and the Mechanical Properties of Simple Concrete, a Systematic review between the years 2012-2022*. [Trabajo de Grado, Universidad del Norte de Perú]. <https://laccei.org/LEIRD2022-VirtualEdition/full-papers/FP32.pdf>
- Sanabria, S. (2016). “Hormigón fibro-reforzado. fibras obtenidas de envases postconsumo vs fibras sintéticas comerciales. [Tesis de grado, Universidad de la República]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/20967>.
- SIKA . (s.f.). *Sika Ecuador. Sikafiber Force PP-48RAD-48S*. Ficha técnica. <https://ecu.sika.com/es/construccion/concreto/fibras-para-concreto/sikafiber-force-pp-48rad-48s.html>

- SIKA ECUADOR. (s.f.). *SIKA*. https://ecu.sika.com/dam/dms/ec01/z/sikafiber_force_pp-48rad-48s.pdf
- Torres, D. A. (2017). DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA RESIDUAL PROMEDIO (ANÁLISIS POST- FISURACIÓN) DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA SINTETICA DE PET+PP. [Tesis de Grado, Universidad Católica].. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/78f81192-bb63-42a8-9230-a8350523f61b/content>
- Trujillo, C. y. (2012). *Estrategias de uso eficiente y ahorro de agua en centros educativos, caso de estudio, eificio Facultad de Ciencias Ambientales*. [Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Pereira]. UTP. <https://hdl.handle.net/11059/2769>
- Valverde Valdés et al. (2005). *Ecología y medio ambiente*. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Education.https://books.google.com/books/about/Ecolog%C3%ADa_y_medio_ambiente.htm?hl=es&id=oHJqJzvVdQoC.
- Zúñiga, P. L. (2012). *Diagnóstico del Agua en las Américas.(Primera Edición)*. Red Interamericana de Academias de Ciencias; Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC. <https://bvearmb.do/handle/123456789/76>

Glosario de términos

Consumo diario: Dotación el caudal de agua potable consumido diariamente, en promedio por cada habitante, que se destinará prioritariamente para satisfacer las necesidades de índole doméstico. (Masson, 2021).

Curva de consumo: Representación gráfica que ilustra las variaciones en el uso de agua potable a lo largo del tiempo, permitiendo identificar patrones de demanda y facilitar la planificación y gestión del recurso hídrico. (Masson, 2021).

Agua Potable: Agua tratada y purificada que cumple con los estándares de calidad exigidos para el consumo humano, asegurando que esté libre de contaminantes, microorganismos y sustancias dañinas. (Rosa, 2002).

Patrones de consumo: Comportamientos y tendencias en el uso de agua potable por los usuarios, que varían según el tiempo, actividades y características demográficas, cruciales para la gestión eficiente del recurso hídrico. (Masson, 2021).

ANEXOS

Anexo 1: Instalación de cámara de celular.



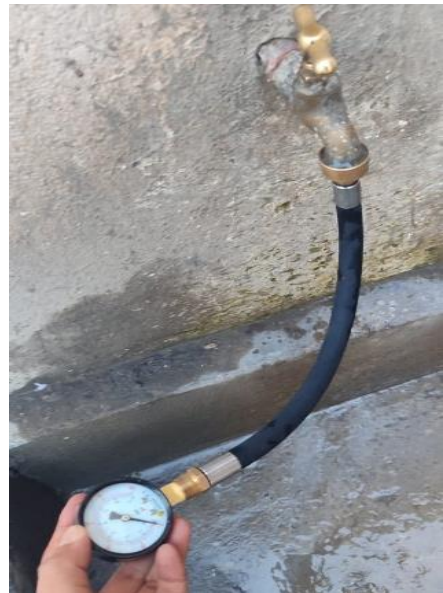
Anexo 2: Dispositivo instalado.



Anexo 3: Instalación de manómetro.



Anexo 4: Lectura de presión en manómetro.



Anexos digitales

Se entrega a las autoridades correspondientes de la carrera de Ingeniería civil de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, Sede Quito, un CD que contiene varias carpetas que se detalla a continuación:

- 1) Carpeta con el nombre: **Fotos de Volumen Diario**: que incluye las 60 fotografías con su respectivo código de identificación y en orden.
- 2) Carpeta con el nombre: **Fotos de Volumen Horario**: que incluyen todas las fotografías que se tomaron cada hora por una semana, también con su respectivo código y en orden.
- 3) Carpeta con el nombre: **Fotos de presión**: que contiene las fotos etiquetadas del manómetro, tomadas por 7 días.

Adicional los archivos de las hojas de cálculo Excel para la Caracterización de la curva de consumo diario de agua potable de la Universidad Politécnica Salesiana Campus sur, sede Quito.