

DOCUMENTO TÉCNICO MUNICIPAL

JAMUNDÍ, VALLE DEL CAUCA



Superservicios
Superintendencia de Servicios
Públicos Domiciliarios



DOCUMENTO TÉCNICO MUNICIPAL

JAMUNDÍ, VALLE DEL CAUCA

CAMACOL

*Nicolás Sebastián Buitrago Vargas
Andrés Camilo Cortes Gómez
Carolina Cardona Londoño
Paula Alexandra Peñuela Rincón
Luz Adriana Rodríguez Padilla*

SUPERSERVICIOS

*Karen Bustos Pineda
Jorge Moisés Martelo Payares
Eliana Alejandra Páez Lugo
María del Pilar Sánchez Buitrago
Mónica Tatiana Gómez Vargas
Diego Antonio Copete*



Superservicios
Superintendencia de Servicios
Públicos Domiciliarios



Tabla de contenidos

| | |
|--|----|
| Glosario de siglas | 3 |
| Listado de tablas..... | 4 |
| Listado de gráficas | 4 |
| Listado de mapas..... | 4 |
| 1. Introducción..... | 5 |
| 2. Generación de vivienda nueva | 5 |
| 2.1 Tendencia de ventas en la última década | 6 |
| 2.2 Factor demográfico | 7 |
| 2.3 Proyectos estratégicos | 8 |
| 3. Prestación de servicio de agua y alcantarillado..... | 9 |
| 3.1 Cobertura geográfica de la prestación del servicio | 9 |
| 3.2 Descripción de los sistemas | 11 |
| 3.3 Concesión de aguas..... | 17 |
| 3.4 Permiso de vertimiento de aguas residuales | 20 |
| 3.5 Indicadores de la prestación del servicio | 21 |
| 3.6 Pérdidas de agua | 24 |
| 3.7 Reflexiones sobre las condiciones de la oferta | 25 |
| 4. Proyección demanda de agua y capacidades de la oferta..... | 25 |
| 4.1 Postulados básicos | 25 |
| 4.2 Proyección de entrega de viviendas | 26 |
| 4.3 Crecimiento inercial de la demanda de agua..... | 28 |
| 4.4 Planificación de obras | 29 |
| 4.5 Ubicación proyectos estratégicos y áreas de prestación de servicio | 32 |
| 4.6 Balance oferta y demanda | 33 |
| 5. Conclusiones | 37 |
| 6. Bibliografía..... | 39 |
| Anexo 1. Modelos de proyección de demanda | 42 |
| A1. Filtro de Kalman | 42 |
| A2. Spline..... | 42 |
| A3. Stine | 43 |
| A4. Correlación lineal | 43 |
| A5. Función logística..... | 44 |

Glosario de siglas

- ACUASUR: Acueductos del Sur S.A. E.S.P.
- ACUAVALLE: Acuavalle S.A. E.S. P.
- APS: Área de Prestación del Servicio
- Camacol: Cámara Colombiana de la Construcción
- CRA: Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico
- CVC: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
- DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística
- DAR: Dirección Ambiental Regional
- DNP: Departamento Nacional de Planeación
- EBAR: Estación de Bombeo Agua Residual
- EBALL: Estación de Bombeo Agua Lluvia
- EMVALLE: Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios del Valle S.A.S. E.S.P.
- FONTANA: Fontana S.A. E.S.P.
- IUS: Indicador Único Sectorial
- IANC: Índice de Agua no Contabilizada
- IPUF: Índice de Pérdidas por Suscriptor Facturado
- IRCA: Índice de Riesgo de Calidad del Agua
- IUS: Indicador Único Sectorial
- Minsalud: Ministerio de Salud y Protección Social
- Minvivienda: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio
- ND: No Disponible o Sin Información
- NA: No Aplica
- NEP: Nivel Económico de Pérdidas
- OZONO: Ozono Empresa de Servicios Públicos S.A.S. E.S.P.
- PDA: Planes Departamentales de Agua
- PEC: Plan de Emergencia y Contingencias
- POT: Plan de Ordenamiento Territorial
- PBOT: Plan Básico de Ordenamiento Territorial
- PSMV: Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos
- PTAP: Planta de Tratamiento de Agua Potable
- PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
- PVC: Cloruro de Polivinilo
- RAS: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
- RUPS: Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos
- TERRANOVA: Terranova Servicios S.A. E.S.P.
- SERBACOL: Compañía de Servicios Básicos de Colombia S.A. E.S.P
- SIVICAP: Sistema de Información para Vigilancia de la Calidad del Agua Potable
- SSPD: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
- SUI: Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios
- UASB: del ingles, Up flow Anaerobic Sludge Blanket
- VAKUA: Vakua S.A.S. E.S.P.

Listado de tablas

- Tabla 1. Listado total de prestadores del municipio de Jamundí
- Tabla 2. Resumen características hidráulicas de los componentes del sistema de acueducto y alcantarillado de todos los prestadores
- Tabla 3. Resumen concesiones por prestador para el municipio de Jamundí
- Tabla 4. Resumen vertimiento por prestador del municipio de Jamundí
- Tabla 5. Resumen de los indicadores de agua potable y saneamiento básico, capacidad de tratamiento y número de suscriptores
- Tabla 6. Resultados Indicador Único Sectorial (IUS) 2020
- Tabla 7. Resultados Indicador Único Sectorial (IUS) 2021
- Tabla 8. Etapas de construcción PTAR
- Tabla 9. Resultados hidráulicos PTAR

Listado de gráficas

- Gráfica 1. Ventas netas de vivienda en Valle del Cauca
- Gráfica 2. Ventas netas de vivienda según proyectos estratégicos en Jamundí
- Gráfica 3. Ventas netas de vivienda y formación de hogares
- Gráfica 4. Metas de vivienda en proyectos estratégicos
- Gráfica 5. Estimación de entregas de vivienda en Jamundí
- Gráfica 6. Caudal (L/s) según modelos de proyección de demanda base
- Gráfica 7. Oferta y demanda de caudal (L/s) – escenario 1
- Gráfica 8. Oferta y demanda de caudal (L/s) – escenario 2

Listado de mapas

- Mapa 1. Proyectos estratégicos
- Mapa 2. Área de prestación del servicio de acueducto
- Mapa 3. Ubicación de la PTAR Proyectada y río Jordán/Jamundí/Claro
- Mapa 4. Servicio de acueducto y proyectos estratégicos

1. Introducción

El documento técnico municipal de la ciudad de Jamundí, Valle del Cauca, se constituye como el informe de resultados de los análisis llevados a cabo en el marco del “*Estudio sectorial piloto sobre la prestación oportuna y eficiente de servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado en proyectos estratégicos de vivienda*”. En este estudio se estableció como objetivo la evaluación de los indicadores de gestión, parámetros operativos generales, prospectiva de la demanda, y la identificación de limitaciones en la prestación del servicio. La prestación del servicio está actualmente a cargo de nueve empresas: 1) VAKUA S.A.S. E.S.P. -VAKUA, 2) TERRANOVA SERVICIOS S.A. E.S.P. -TERRANOVA, 3) COMPAÑÍA DE SERVICIOS BÁSICOS DE COLOMBIA S.A. E.S.P. -SERBACOL, 4) OZONO EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS S.A.S E.S.P. -OZONO, 5) FONTANA S.A. E.S.P -FONTANA, 6) EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DEL VALLE S.A.S. E.S.P. -EMVALLE, 7) ACUEDUCTOS DEL SUR S.A. E.S.P. -ACUASUR, 8) ACUAVALLE S.A. E.S. P. -ACUAVALLE, y 9) AGUAS DEL PARQUE.

La estructura del documento incorpora el desarrollo y análisis de los siguientes componentes:

- Generación de vivienda nueva y la relevancia de proyectos estratégicos (planes parciales o macroproyectos) en la solución de las necesidades habitacionales.
- Caracterización de la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado en el municipio.
- Ejercicios de proyección de la demanda y oferta de los servicios públicos, tomando en consideración los proyectos estratégicos de vivienda, y las perspectivas en la prestación de los servicios.
- Evaluación de las capacidades de prestación, su correspondencia con la demanda de servicios de acueducto y alcantarillado, y las correspondientes reflexiones.

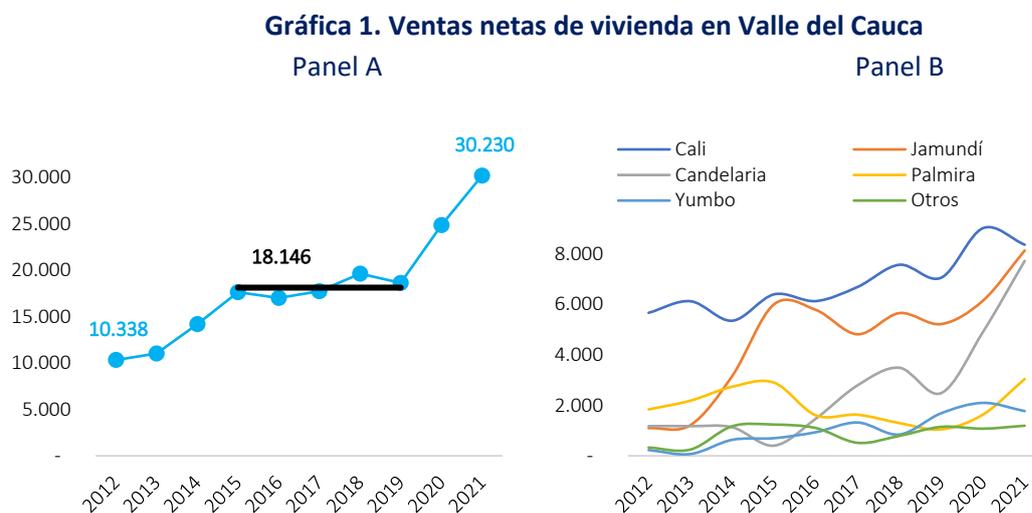
2. Generación de vivienda nueva

En esta sección se estudiará la dinámica de generación de vivienda en la última década en el municipio de Jamundí, Valle del Cauca, así como su potencial de generación en los próximos años. Para ello se analizará el volumen de las ventas de vivienda nueva medido por Coordenada Urbana (Camacol, 2022), la formación esperada de hogares en los próximos años mediante proyecciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE (2022b), y las metas de vivienda de proyectos estratégicos identificados por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio - Minvivienda.

Este análisis se soporta en la definición de aglomeraciones urbanas de la Misión del Sistema de Ciudades del Departamento Nacional de Planeación - DNP (2014), reconociendo que la generación de vivienda al interior de un municipio no solo depende de sus condiciones propias, sino también de la interconexión funcional con municipios relativamente cercanos. De igual forma, se entiende que los proyectos estratégicos impactan de manera importante en el número de viviendas que se generarán en los próximos años por varios factores, a saber: por su tamaño, ejecución en el tiempo y relevancia en la planeación del crecimiento de las ciudades.

2.1 Tendencia de ventas en la última década

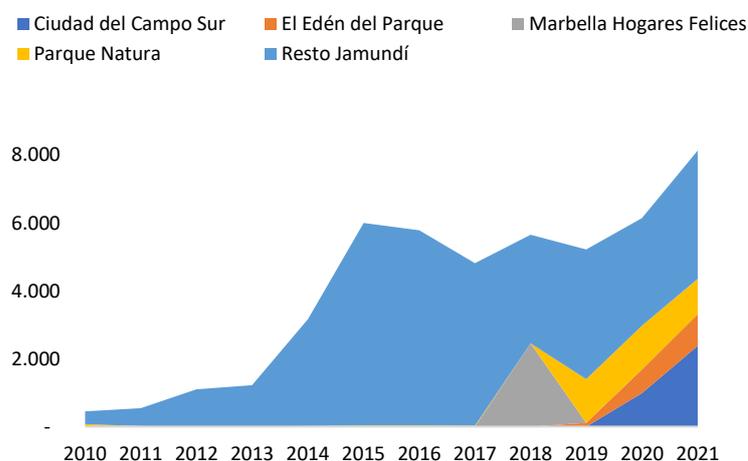
La generación de vivienda en el Valle del Cauca se ha multiplicado casi por tres en la última década (gráfica 1 – panel A) y Jamundí es el municipio que más explica este cambio. En 2012 y 2013 el municipio vendía cerca de 1.200 viviendas al año, para el periodo 2015 - 2020 el promedio se incrementó a 5.600; ya para 2021 las ventas se ubicaron por encima de las 8.000 unidades (gráfica 1 – panel B). Así pues, esta ciudad es la segunda de mayor volumen en ventas considerando la aglomeración de Cali definida por el Sistema de Ciudades¹.



Fuente: Coordinada Urbana – Cálculos Camacol y SSPD

Nota Panel B: Otros se refiere a Tuluá, Puerto Tejada, Guadalajara de Buga, Florida y Buenaventura

Gráfica 2. Ventas netas de vivienda según proyectos estratégicos en Jamundí



Fuente: Minvivienda y Coordinada Urbana – Cálculos Camacol y SSPD

Desde 2016 buena parte de las ventas en el municipio se deben a cuatro planes parciales, los cuales desde ese año han vendido 11.400 viviendas (ver gráfica 2). Para el año 2021 estas ventas representaron el 53% del total de las ventas en el municipio. La relevancia de estos proyectos

¹ Además de la aglomeración de Cali también se tuvieron en cuenta la de Tuluá, y la denominada Cali – Norte Valle por el Sistema de Ciudades.

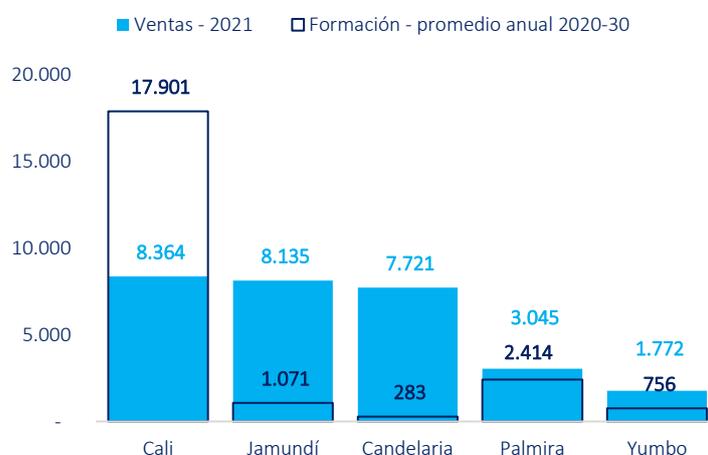
estratégicos se mantendrá en los próximos años, pues la meta de generación de vivienda de estos es de cerca de 30 mil unidades (ver gráfica 4 de la sección 2.3.).

2.2 Factor demográfico

Uno de los principales determinantes en la demanda de mediano y largo plazo de vivienda nueva es el crecimiento demográfico (Megbolugbe *et al.*, 1991). Cada hogar requiere de un espacio en el cual pueda habitar y convivir con los suyos, de esta manera, la formación esperada de hogares es una señal fundamental para entender las necesidades y generación de vivienda.

La gráfica 3 contrasta las ventas de vivienda nueva en los principales municipios del Valle en el último año, 2021, con la formación anual promedio de hogares esperada entre 2020 y 2030. Llama la atención que el segundo municipio de la aglomeración con mayor volumen de ventas registre ventas de vivienda nueva ocho veces superior a lo que se estima será la formación de hogares en los próximos años.

Gráfica 3. Ventas netas de vivienda y formación de hogares



Fuente: DANE y Coordinada Urbana – Cálculos Camacol y SSPD

Aquí cabe notar la importancia de extender el análisis más allá del municipio en cuestión, pues, como se mencionó al inicio de esta sección, la dinámica de la vivienda de una ciudad no es independiente de la dinámica en ciudades cercanas o de la aglomeración a la que pertenece. La relación estrecha al interior de la aglomeración urbana facilita que desbalances entre formación de hogares y generación de vivienda nueva generen procesos migratorios al interior de los municipios que la componen.

Se observa entonces cómo en Cali, centro de la aglomeración, se espera que se formen anualmente un poco más del doble de hogares a las viviendas nuevas que se generan en un año, 9.537 hogares por encima del nivel reciente en ventas. Este desbalance sugiere que hogares que no encuentren vivienda en el centro de la aglomeración se desplazarán a municipios cercanos como los que se observan en la gráfica 3.

2.3 Proyectos estratégicos

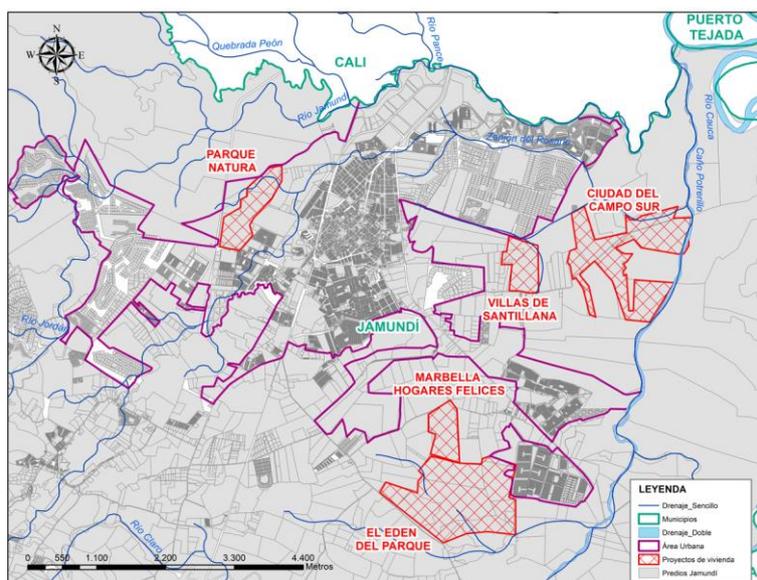
Los proyectos estratégicos de vivienda, planes parciales y macroproyectos, además de ser un mecanismo ideal de gestión y planeación del crecimiento de las ciudades, brindan información del potencial de generación de vivienda más allá de la dinámica general reciente de la comercialización y la proyección de formación de hogares.

Los planes parciales son instrumentos que desarrollan o complementan disposiciones de los Planes de Ordenamiento Territorial - POT en áreas de suelo urbano o de expansión urbana; allí se establecen lineamientos de edificabilidad, equipamientos, servicios públicos entre otros, en proyectos de urbanización y construcción (Función pública, 2015). De forma similar, los macroproyectos son actuaciones urbanísticas en común acuerdo entre el gobierno nacional y las administraciones municipales y distritales que tienen como objetivo habilitar suelo para la construcción de vivienda (Función pública, 2011).

Por su gran tamaño la ejecución de estos suele sobrepasar los ocho años (Minvivienda, 2021) y a su vez se componen de varios proyectos de propiedad horizontal de un tamaño relativamente menor. A medida que estos proyectos, de menor tamaño, se comercializan y entregan, al interior del proyecto estratégico aparecen nuevos proyectos hasta que se completa la meta de generación de vivienda.

Como se mencionó en la sección 2.1., actualmente en Jamundí se identifican cuatro planes parciales que representaron en el 2021 un poco más de la mitad de las ventas de vivienda en el municipio, la ubicación de estos proyectos y su extensión se puede ver en el mapa 1.

Mapa 1. Proyectos estratégicos

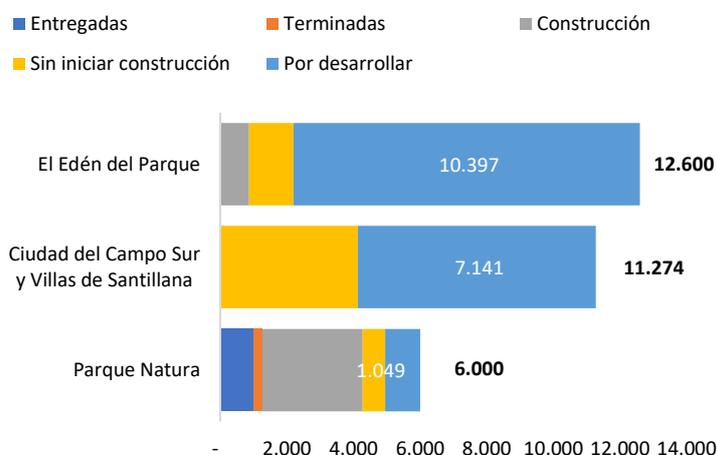


Fuente: Minvivienda - Elaboración Camacol y SSPD

En la gráfica 4 se descomponen las unidades de vivienda que los proyectos tienen como meta según su estado. Se observa como en el caso de los planes parciales El Edén del Parque, Ciudad del Campo Sur, Villas de Santillana y Parque Natura en conjunto les falta por desarrollar la mayor parte de las

unidades que tienen como meta, 73%; es decir, falta que aparezcan nuevos proyectos (de menor tamaño) que lancen al mercado unidades de vivienda, que posteriormente después de su comercialización y construcción serán entregadas. De esta forma, los proyectos estratégicos en el municipio tienen un potencial de desarrollar 18.587 unidades en los próximos años.

Gráfica 4. Meta de viviendas en proyectos estratégicos



Fuente: Minvivienda y Coordinada Urbana – Cálculos Camacol y SSPD

3. Prestación de servicio de agua y alcantarillado

En esta sección se realiza una identificación de los nueve prestadores de acueducto y alcantarillado del municipio de Jamundí: 1) VAKUA, 2) TERRANOVA, 3) SERBACOL, 4) OZONO, 5) FONTANA, 6) EMVALLE, 7) ACUASUR, 8) ACUAVALLE, y 9) AGUAS DEL PARQUE presentando sus áreas de cobertura, descripción de los sistemas de acueducto y alcantarillado, características de sus componentes, concesiones, permisos vigentes, y pérdidas de agua.

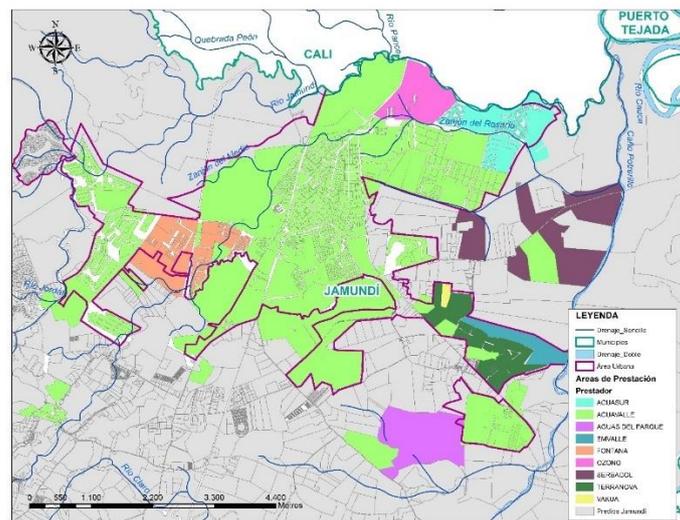
3.1 Cobertura geográfica de la prestación del servicio

Jamundí es un municipio que, por estar localizado en la cordillera occidental al margen izquierdo del río Cauca, está expuesto a factores de riesgo por inundaciones debido a las fuertes lluvias que suelen caer en la cabecera municipal, a deslizamientos de tierra en las partes altas del municipio, y a la formación de avalanchas por los mismos deslizamientos, con formación de represamientos que luego se desprenden y causan graves afectaciones en la parte baja. Por otra parte, el municipio está atravesado por una falla geológica activa en la parte alta, la cual produce daños en carreteras veredales y corregimentales.

En cuanto a la oferta hídrica, el municipio de Jamundí cuenta con tres grandes sistemas hidrográficos (cuenca del río Jamundí, cuenca del río Claro y cuenca del río Timba). La mayor parte del área urbana del municipio es abarcada por la cuenca del río Jamundí. La parte rural y una pequeña parte del área urbana que se encuentra ubicada al sur es abarcada por la cuenca del río Claro.

Según el estudio realizado por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC (2018a), en cuanto la oferta de aguas superficiales, el río Jamundí presenta en los meses de abril y noviembre el mayor caudal neto mensual multianual con 8,4 m³/s, y el mes con el menor caudal, agosto, con 1,7 m³/s. De esta manera, los grandes prestadores toman como fuente de abastecimiento el río Jamundí y el río Jordán que es afluente del río Jamundí (ver mapa 2). Pero debido a que actualmente se encuentran en su máxima presión hídrica, los pequeños prestadores que no logran abastecerse de las fuentes superficiales se abastecen de aguas subterráneas y de compra de agua en bloque a través de grandes prestadores.

Mapa 2. Área de prestación del servicio de acueducto



Fuente: Elaboración Camacol y SSPD

La diversidad estructural, las múltiples agrupaciones humanas de distintos estratos socioeconómicos, y el rápido crecimiento del municipio de Jamundí, ha provocado que este crezca rápidamente con múltiples sistemas de servicios públicos independientes e interconectados entre sí. En consecuencia, esto provoca una gran diversidad de prestadores, fuentes de abastecimiento y puntos de vertimiento, entre otros.

Por lo anterior, el municipio de Jamundí tiene varias áreas de prestación. Estas se dividen en distintos prestadores de servicios públicos domiciliarios donde cada uno de ellos puede ser independiente entre sí, con su propio sistema de abastecimiento/tratamiento como también puede adquirir agua en bloque de otro prestador adyacente. Actualmente, dentro del Sistema Único de Información - SUI de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD se tiene registro de 9 empresas prestadoras, las cuales se presentan en la tabla 1.

En la tabla 1 se describe cada prestador con su respectiva área de prestación, porcentaje con respecto al total de área (ver mapa 2 y tabla 1), el nivel de riesgo asociado a cada prestador que determina el nivel de cumplimiento de los estándares de calidad de prestación del servicio (Indicador Único Sectorial - IUS), si presentó los Planes de Emergencia y Contingencia - PEC, y finalmente, si la SSPD adelantó visitas técnicas de inspección.

Tabla 1. Listado total de prestadores del municipio de Jamundí

| # | Nombre prestador | Área aprox. (ha) | % cobertura respecto al total de área | IUS2 2020 (Riesgo) | PEC ³ | Registro visita física por parte de la SSPD |
|---|-------------------------------|------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------|---|
| 1 | VAKUA | 6.33 | 0.2% | 0 (ALTO) | No, Sin información | No |
| 2 | TERRANOVA | 111.38 | 4.2% | 12.70 (ALTO) | Sí, 2021 | Sí, sólo aseo |
| 3 | SERBACOL | 202.39 | 7.6% | 4.1 (ALTO) | Sí, 2021 | Sí |
| 4 | OZONO | 87.56 | 3.3% | 11.06 (ALTO) | Sí, 2021 | Sí |
| 5 | FONTANA | 142.99 | 5.4% | 13.45 (ALTO) | Sí, 2020 | No |
| 6 | EMVALLE | 52.91 | 2.0% | 1.21 (ALTO) | No, Sin información | No |
| 7 | ACUASUR | 127.35 | 4.8% | 6.85 (ALTO) | Sí, 2021 | No |
| 8 | ACUAVALLE | 1799.46 | 67.5% | 78.39 (MEDIO) | Sí, 2021 | Sí |
| 9 | AGUAS DEL PARQUE ⁴ | 135.32 | 5.1% | ND | Sin información | No |

Fuente: SUI – SSPD – PEC 2021 – SIVICAP

De acuerdo con los resultados presentados anteriormente, el prestador que abarca la mayor parte del municipio de Jamundí es ACUAVALLE. Esto lo convierte en el prestador principal del municipio, no solo por el porcentaje de cobertura en área, sino también por la cantidad de suscriptores inscritos a este (ver numeral 3.5, tabla 6). Los demás prestadores son pequeños en comparación con el prestador principal y suelen ser los que mayor riesgo tienen según el indicador IUS, dado que no presentan la información requerida, como se evidencia en la tabla anterior y a lo largo de este informe.

3.2 Descripción de los sistemas

En la tabla 2 se resumen la información relevante obtenida del prediagnóstico y diagnóstico realizado por la SSPD para cada uno de los prestadores asociada a la fuente de abastecimiento, y los elementos de los sistemas de acueducto y alcantarillado para cada uno de los prestadores:

Tabla 2. Resumen características hidráulicas de los componentes del sistema de acueducto y alcantarillado de todos los prestadores

| Nombre prestador | Fuente abastecimiento | Sistema de acueducto | Sistema de alcantarillado |
|------------------|--|--|---|
| VAKUA | Sin información | Sin información | Sin información |
| TERRANOVA | Principal: 2 Pozos subterráneos (VJ112@1993 y pozo VJ136@2006) | 1 Planta de Tratamiento de Agua Potable - PTAP (Desgasificación, coagulación, floculación, clarificación, filtración, cloración) | 1 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR (Rejillas, desarenador, trampa grasas, Up flow Anaerobic Sludge Blanket - UASB, filtros percoladores, clarificadores y lechos de secado) |
| SERBACOL | Principal: Compra agua en Bloque (EMCALI) | 1 PTAP de emergencia | 1 PTAR, sistema combinado |

² Según el artículo 7 de la resolución 906 de 2019 el IUS es el instrumento que determina el nivel de riesgo de las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y/o alcantarillado, y que será publicado anualmente por la SSPD. Valores de referencia 0-30 Alto Riesgo, 30-60 Riesgo Medio Alto, 60-80 Riesgo Medio, 80-90 Riesgo Medio Bajo, 90-100 Riesgo Bajo

³ PEC presentados por los prestadores y cargados al sistema SUI

⁴ Este prestador "Aguas del Parque" aún no se encuentra registrado en el sistema ni identificado en RUPS, por lo tanto, no cuenta con un identificador único dentro del sistema SUI.

| | | | |
|------------------|--|---|---|
| | Secundario: Pozo VP698@2008 | (Tipo compacta, torres aireación, coagulación, filtración) | (Rejillas, desarenador, trampa grasas, UASB, filtros percoladores, sedimentador, lechos de secado y quemador gases) |
| OZONO | Principal: Compra agua en bloque (Acuavalle) Secundario: Pozo sin identificar@2019 | No presenta tratamiento, únicamente conductos para alimentar la red matriz desde la acometida | 1 PTAR, sistema separado (Pozo bombeo, cribado y aforo, tanques homogenización, tamices, reactores biológicos, sedimentadores, desinfección y lechos) |
| FONTANA | Principal: Compra agua en bloque (Acuavalle) | No presenta tratamiento, únicamente conductos para alimentar la red matriz desde la acometida | 1 PTAR solo para el sector #2, sistema separado (canal de entrada y rejilla auto limpiante, tanque de igualación y aireador, sistema de bombeo, filtro percolador clarificadores, tanques biodigestores, lechos de secado). Para el sector #1 se tiene contrato de aguas servidas con Acuavalle |
| EMVALLE | Principal: Pozo (VJ166@2020) | 1 PTAP (Captación, aducción, sedimentador, filtro, cloración, almacenamiento) | 1 PTAR, sistema separado (Trampa grasa, pozo bombeo, cribado, desarenadores, sedimentador, lodos activos, digestor y lechos) |
| ACUASUR | Principal: río Jamundí | 3 PTAP compactas (captación, aducción, desarenador, oxidación, coagulación, clarificación, filtración, cloración) | 1 PTAR (filtros percoladores, lodos activados, clarificadores, tanques digestores, lechos y compostaje) |
| ACUAVALLE | Principal: río Jamundí y Jordán | 2 PTAP Convencional y 1 PTAP Portátil (seis líneas de tratamiento, con floculación mecánica, filtros rápidos de rata declinante con medio filtrante mixto de antracita, arena y grava. La planta portátil compacta consta de dos módulos) | Sistema semicombinado Actualmente no cuenta con tratamiento |
| AGUAS DEL PARQUE | Sin información | Sin información | Sin información |

Fuente: SUI – SSPD – PEC 2021 – SIVICAP

3.2.1 VAKUA

Se realizó la solicitud de información de los sistemas de acueducto y alcantarillado de condiciones actuales y futuras al prestador de manera directa mediante radicados oficiales, correos electrónicos y llamadas telefónicas, sin obtener respuesta a la información solicitada. Por lo tanto, no se incluye información en el presente informe.

3.2.2 TERRANOVA

La empresa TERRANOVA presta los servicios de acueducto y alcantarillado en la ciudadela Terranova y en el plan parcial El Rodeo. En el año 2003 TERRANOVA inició con la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y en el año 2011 el servicio de aseo en la Ciudadela Terranova. Desde el 2013 presta los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en el plan parcial el Rodeo, centro poblado que se encuentra ubicado a aproximadamente 5 minutos de la Ciudadela Terranova.

El área de prestación se encuentra en el este de la zona urbana del municipio, limitando al sur y al oeste con el perímetro de servicios del prestador ACUAVALLE, al este con EMVALLE y al norte con VAKUA. De acuerdo con el SUI, para el 2021 el prestador cuenta con un total de 8.651 suscriptores.

- Sistema de Acueducto

Con base en la información reportada en el PEC del prestador, el sistema de acueducto de TERRANOVA capta sus aguas a partir de 2 pozos subterráneos, construidos uno en 1993 y el otro en 2006 con una profundidad de 120m.

- Sistema de Alcantarillado

El sistema de alcantarillado residual que opera TERRANOVA recolecta las aguas mediante la acometida, la caja de inspección, la recámara de inspección para luego llegar al tratamiento (preliminar, secundario, tratamiento de lodos) entregando el agua tratada en la derivación 4-8-1 del río Claro.

3.2.3. SERBACOL

SERBACOL presta los servicios de acueducto y alcantarillado en la zona de Ciudad del Campo, la cual está conformada por los barrios Guayacanes, Camino de los Sauces, Los Laureles, Los Almendros, Villas del Samán y Tulipanes.

El área de prestación de servicios se encuentra ubicada en la zona este del municipio, limitando al sur con el perímetro de servicios EMVALLE, al oeste con el perímetro de servicios de ACUAVALLE y hacia el norte con el área de prestación de ACUASUR. Aún en la plataforma SUI no se encuentra información de este prestador, sin embargo, según un registro de visita realizado en el 2011, el prestador tenía para ese momento 3.296 suscriptores.

- Sistema de Acueducto

Con base en la información reportada en el PEC del prestador SERBACOL, se identifica que el prestador opera y comercializa los servicios de acueducto y alcantarillado en Ciudad del Campo y Juanchito, jurisdicción del municipio de Palmira. El sistema de acueducto consta de dos fuentes de abastecimiento: la primera, de agua de pozo y la segunda, la compra de agua en bloque a la empresa de acueducto EMCALI.

- Sistema de Alcantarillado

El sistema de alcantarillado de Ciudad del Campo es combinado, y está conformado por tres Estaciones de Bombeo de Aguas Residuales - EBAR y tres Estaciones de Bombeo de Aguas Lluvias - EBALL, la cual hace la descarga que recibe la ciudadela al río Cauca, cuerpo receptor.

La urbanización tiene una PTAR que es de propiedad de la empresa y se encuentra en estado operativo, fue construida y puesta en marcha en el año 2002. La cobertura de tratamiento de las aguas residuales corresponde al 85% del total de las aguas servidas, esto debido a que en la entrada de la PTAR se encuentra un aliviadero que conduce aproximadamente el 15% de las aguas servidas al tanque de recolección de agua lluvia, de tal forma que estas se mezclan y son vertidas directamente al río Cauca.

La PTAR se encuentra ubicada dentro del área urbana y trata alrededor de 18 L/s, está compuesta por un tanque de igualación, dos desarenadores, dos UASB y dos filtros percoladores, dos sedimentadores secundarios y un lecho de secado con tres unidades. Para la disposición final tienen un canal de descarga que vierte al río Cauca. Durante la visita realizada en su momento se pudo evidenciar las obras para la optimización de este. El aforo se realiza mediante aforo volumétrico.

3.2.4 OZONO

La compañía OZONO es la encargada de la prestación del servicio de acueducto de Ciudad Country. El suministro de agua potable proviene de la red de acueducto de Jamundí administrada por la empresa ACUAVALLE. De igual forma, OZONO es la prestadora del servicio de recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales domésticas, la cual es dirigida y tratada en una PTAR. Actualmente el índice de ocupación es bajo debido a que las unidades habitacionales aún no se encuentran construidas en su totalidad. De acuerdo con el radicado 20225290569772 entregado por OZONO, para el 2021 el prestador contaba con un total de 1.734 suscriptores.

- Sistema de Acueducto

El acueducto está comprendido desde el punto de acometida sobre la red de distribución de ACUAVALLE, por lo tanto, OZONO, que adquiere el agua en bloque, depende de ACUAVALLE para el tratamiento y calidad del agua potable. Su infraestructura consta de únicamente conductos para alimentar la red matriz desde la acometida de ACUAVALLE que incluye macromedidor.

- Sistema de Alcantarillado

El sistema de alcantarillado está a cargo de OZONO está conformado por una red de tuberías en Cloruro de Polivinilo - PVC aligerada que van por las vías de la urbanización recogiendo las aguas servidas hasta el sitio donde se encuentra localizada la PTAR, y un sistema de drenaje pluvial independiente diseñado para drenar las aguas lluvias por medio de canales, conduciéndolas a una laguna de regulación de 10.500 m³. Se drena por bombeo al Zanjón El Rosario del municipio de Jamundí (2 bombas flotantes de 16" con combustible diésel)

El sistema de tratamiento de agua residual es un sistema de lodos activados (aeróbico) con tres etapas, automatizada con sistema de alarmas, construida desde el 2016 y un caudal de diseño de 24 L/s, un caudal de operación de 5,5 L/s. El punto de vertimiento se encuentra en el Canal Zanjón el Rosario.

3.2.5 FONTANA

FONTANA presta los servicios de acueducto y alcantarillado en el casco urbano del municipio de Jamundí, específicamente en el sector de Alfaguara, y tiene un convenio de facturación conjunta con la empresa de aseo Jamundí Aseo S.A. E.S.P. El área de prestación de servicios se encuentra en la zona oeste del casco urbano, limitando al este con el perímetro de servicios del prestador ACUAVALLE. De acuerdo con el radicado 20215292338322 entregado por FONTANA, para el 2021 el prestador contaba con un total de 3.464 suscriptores.

- Sistema de Acueducto

Con base en la información reportada en el PEC del prestador, desde 1997 el sistema de acueducto de FONTANA compra agua en bloque a ACUAVALLE desde la PTAP por medio de dos tuberías, una de 16” ubicada en el sector de Ciudad Alfaguara (SH1) y la otra de 24” por el sector de Verde Alfaguara (SH2), por lo tanto, no tiene captación, aducción, tratamiento ni conducción.

- Sistema de Alcantarillado

FONTANA cuenta con una planta de tratamiento en el sector de Verde Alfaguara, ubicada en medio de ambos sectores hidráulicos. Está compuesto por canal de entrada y rejilla auto limpiante, tanque de igualación y aireador, sistema de bombeo, filtro percolador clarificadores, tanques biodigestores, lechos de secado. De igual forma, las aguas lluvias se recogen de manera independiente al sistema sanitario para finalmente conducir las hasta el lago existente en la zona verde.

3.2.6. EMVALLE

La Ciudad Farallones cuenta con los servicios básicos como energía, gas, telecomunicaciones, acueducto, alcantarillado y aseo. EMVALLE es la empresa encargada de prestar los servicios de acueducto y alcantarillado a esta comunidad. De acuerdo con el PEC, para el 2021 el prestador contaba con un total de 2.069 suscriptores.

- Sistema de Acueducto

El agua producida por la PTAP del EMVALLE, será la fuente principal de abastecimiento de Ciudad Farallones. En caso de emergencia, se contará con el suministro de agua potable en carrotanques con la empresa Transporte Rodríguez (ubicada en Cali). En ambos casos, EMVALLE está encargada de la distribución en la red de acueducto a través de las vías de la urbanización abarcando el 100% de toda la Ciudad Farallones incluyendo la zona comercial. La red está compuesta por conductos con diámetros de 2, 3, 4, 6 y 8” para las redes externas. El sistema cuenta con 9 hidrantes y 43 válvulas.

- Sistema de Alcantarillado

EMVALLE es la prestadora del servicio de recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales domésticas, la cual se dirigirá y tratará en una PTAR. El sistema de alcantarillado que presta EMVALLE está conformado por una red de tuberías en PVC NOVAFORT Sanitaria que va por las vías de la urbanización recogiendo las aguas servidas de las viviendas unifamiliares y multifamiliares y del área comercial futura, hasta el sitio donde se encuentra localizada la PTAR.

El sistema contará con treinta y un cámaras de inspección, construidas en concreto, un emisor final para descarga sanitaria a la entrada de la PTAR. Para prevenir inundaciones la Ciudad Farallones tiene un sistema de recolección de aguas lluvias para drenarlas por medio de los canales norte, central y un Box-Culvert hacia una laguna la cual tiene 7.700 m² y una altura efectiva de 5m (38.500 m³).

3.2.7. ACUASUR

ACUASUR está ubicada en la Hacienda El Castillo, aproximadamente a 2,5 Kilómetros de la entrada principal, la cual se encuentra totalmente pavimentada. La PTAP se ubica en los Portales del Castillo, sobre el margen derecho del río Jamundí y la PTAR se ubica al final de la vía principal.

El proyecto de urbanización de la Hacienda El Castillo ocupa un área bruta de 127 hectáreas y está delimitado al norte con el río Jamundí, al oriente con la hacienda El Castillo, al occidente con la hacienda Sachamate y al sur con el Zanjón del Rosario. De acuerdo con el radicado 20214024304431 entregado por ACUASUR, para el 2021 el prestador contaba con un total de 2.639 suscriptores.

- Sistema de Acueducto

Con base en la información reportada en el PEC del prestador, el sistema de acueducto de ACUASUR, capta sus aguas del río Jamundí mediante sistema de captación por bombeo, ubicado en la margen derecha del río. Se lleva el agua hasta la planta de potabilización ubicada a 30m de distancia del punto de captación; de allí se conduce a los tanques de almacenamiento y finalmente se distribuye para todos los usuarios del acueducto.

El agua cruda ingresa por dos tuberías de aducción a tres plantas de potabilización tipo compacto (clarificación – filtración) denominadas PTAP 1, 2 y 3. El agua tratada se desinfecta con cloro, se almacena en los tanques de las PTAP y se distribuye por red a la Ciudadela Campestre El Castillo. Debido a que el servicio se presta a condominios conformados por conjuntos residenciales, el sistema de medición de consumos se compone por macro-medidores a la entrada de cada uno de los conjuntos y micromedidores por suscriptor.

- Sistema de Alcantarillado

El sistema de alcantarillado recoge las aguas residuales de 28 condominios, conducidas a una cámara de recolección y bombeadas a la planta de tratamiento de aguas residuales, la cual cuenta con dos tecnologías de depuración. La primera corresponde a filtros percoladores y la segunda a lodos activados; de dichas estructuras se conduce el agua pretratada a tanques sedimentadores y posteriormente vertida al zanjón El Rosario, tributario del río Jamundí. Se cuenta igualmente con un sistema de digestión de lodos generados por la PTAR (deshidratación en lechos de secado y disposición en compostaje).

La PTAR de ACUASUR, se ubica a aproximadamente 2,5 Km de la entrada principal a la Hacienda El Castillo al final de la vía principal sobre la margen izquierda del Zanjón del Rosario, frente a la iglesia El Castillo y al Conjunto 3 del Condominio La Herrería.

3.2.8 ACUAVALLE

ACUAVALLE es la entidad administradora del sistema de acueducto y de alcantarillado de la mayoría del municipio de Jamundí. Cuenta con estructuras para la captación, aducción, tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución del agua. El sistema, en su totalidad funciona por gravedad, a excepción de una de las bocatomas del río Jamundí localizadas al lado de la planta la cual

toma el agua por bombeo. De acuerdo con la información suministrada por ACUAVALLE vía correo electrónico, para el 2021 el prestador contaba con un total de 42.702 suscriptores.

- **Sistema de Acueducto**

Este servicio público es prestado por ACUAVALLE, llegando a la totalidad de la población de la zona urbana. Por el contrario, en la zona rural su atención es parcial y considera solo los corregimientos de Potrerito, San Isidro, Bocas del Palo y Paso de la Bolsa. Las fuentes de abastecimiento son el río Jamundí y río Jordán, el tipo de bocatoma es de fondo, el tipo de tratamiento es convencional (sedimentador, floculador, filtro y cloración), se localiza en Potrerito, el caudal promedio es de 305,5 L/s y se distribuye por gravedad.

- **Sistema de Alcantarillado**

El sistema de alcantarillado sanitario del municipio de Jamundí posee instalaciones de redes sanitarias para la recolección de las aguas servidas y pluviales. En su totalidad el sistema funciona por gravedad y es de carácter semicombinado, ya que además de las aguas residuales, recoge agua lluvia proveniente de solares, patios y techos de las viviendas, aunque en su diseño original se tenía únicamente como alcantarillado sanitario.

3.2.9 AGUAS DEL PARQUE

Debido a que el prestador aún no se encuentra inscrito en el Registro Único de Prestadores del Servicio - RUPS no fue posible contar con la información de este para el presente análisis. Se conoce que será un nuevo prestador que entrará a funcionar en un futuro próximo para los nuevos proyectos estratégicos a construirse.

3.3 Concesión de aguas

Como se ha mencionado anteriormente, el municipio de Jamundí cuenta con nueve prestadores de acueducto y alcantarillado, de los cuales se recopiló para cada uno la información asociada a las concesiones de abastecimiento otorgadas por la corporación ambiental. Esto quiere decir que es el máximo caudal permitido para aprovechamiento hasta la fecha. Los resultados se resumen en la tabla 3:

Tabla 3. Resumen concesiones por prestador para el municipio de Jamundí

| Nombre Prestador | Concesión |
|------------------|---|
| VAKUA | ND |
| TERRANOVA | Fuente Principal Subterránea: 80 L/s en total (40 L/s por pozo) |
| SERBACOL | Fuente Secundaria/respaldo: 18 L/s (único pozo) |
| OZONO | Fuente Secundaria/respaldo: 60 L/s (único pozo) |
| FONTANA | NA |
| EMVALLE | Fuente Subterránea como fuente Principal: 100 L/s (único pozo) |
| ACUASUR | 46,02 L/s (Río Jamundí) |
| ACUAVALLE | 266.44 L/s (Río Jordán) y |

| | |
|------------------|-----------------------|
| | 196 L/s (Río Jamundí) |
| AGUAS DEL PARQUE | ND |

Fuente: SUI – SSPD – PEC 2021 – SIVICAP

3.3.1 VAKUA

Empresa sin información reportada.

3.3.2 TERRANOVA

El sistema de abastecimiento cuenta con dos pozos para la captación de agua subterránea: el pozo VJ 112, construido en Julio de 1993, y el pozo VJ 136, construido en septiembre de 2006. Ambos tienen una profundidad de total de 120 metros. El prestador no entregó la información específica con respecto a la concesión, pero se realiza una aproximación de acuerdo con la información dentro del PEC la cual enuncia que extracción de agua de ambos pozos subterráneos que se realiza a través de tubería de 8" a un caudal de 40 L/s cada uno. Obteniendo un total de 80 L/s.

3.3.3 SERBACOL

Según el informe de visita realizado el 26 de septiembre de 2011, se evidenció que desde julio de 2011 la compañía se encuentra distribuyendo agua en bloque, para lo cual cuenta con el contrato No. 300GAA – CCV – 528 - 2010 suscrito con las Empresas Municipales de Cali por un término de 5 años. Sin embargo, tiene planta de tratamiento para el agua potable que mantendrá activa para cualquier caso de emergencia. La fuente de abastecimiento de esta planta es de tipo subterránea y corresponde al pozo VP698.

La concesión⁵ otorgada no tiene término. La CVC le concede un caudal máximo de 18 L/s, con un tiempo de operación diaria de 16 horas, tiempo de operación semanal de 7 días y un tiempo de recuperación semanal de 56 horas, extraídos del pozo profundo No. VP-698. Actualmente este cuenta con una capacidad de extracción de 28 L/s. La planta de tratamiento está diseñada para un caudal de 20 L/s, pero el caudal tratado es de hasta 18 L/s y solo se usa en caso de emergencia.

3.3.4 OZONO

De acuerdo con el informe de visita del 28 y 29 de enero del 2019, el abastecimiento se realiza por medio de la compra de agua en bloque por parte de la empresa ACUAVALLE. Adicionalmente, se encuentra en construcción una planta de tratamiento de agua potable ubicada en las inmediaciones de Ciudad Country donde ya se encuentra construido un pozo. La solicitud de concesión de agua por 30 L/s se realizó a la CVC el día 05 de junio de 2018 mediante radicado 427492018; a la fecha la empresa no ha recibido respuesta.

3.3.5 FONTANA

El prestador cuenta con una captación sobre río Jordán, con una asignación de 60,56 L/s.

3.3.6 EMVALLE

La CVC aprobó la concesión de aguas subterráneas del pozo profundo VJ- 166 en el predio denominado Hacienda La Paz, ubicado en la vereda San Isidro, jurisdicción del municipio de Jamundí⁶.

⁵ Resolución 0720 No. 0721-00356 de 15 de mayo de 2008.

⁶ Resolución No 0710 No. 0711 000896 de 2020 de fecha 07 de octubre de 2020

El caudal máximo aprovechable otorgado es de 100 L/s y el aprovechamiento se puede realizar diariamente durante 16 horas diarias. El volumen máximo de bombeo anual es de 2.096.640 m³. La PTAP está proyectada constructivamente en 3 fases en total: la primera fase ya se encuentra terminada para un caudal de 10 L/s, la segunda fase se encuentra actualmente al 70% de 30 L/s y la última fase, que aún no se ha empezado, tendrá igualmente 30 L/s para un total final de 70 L/s.

El agua extraída se utilizará para uso de consumo humano, para el abastecimiento de agua potable para una proyección de 30.000 habitantes al año 2028 en un área de 53,07 Ha (según radicado 20225291539302 del 11 de abril de 2022).

3.3.7 ACUASUR

Según el PEC – 2021, la fuente de abastecimiento de ACUASUR es el río Jamundí el cual mantiene un caudal medio de 10,9 m³/s, (10.900 L/s), con una baja probabilidad de reducción de caudales por eventos de sequía. El referido documento indica que se presenta alta vulnerabilidad por inundación, consecuencia del incremento en los niveles del río Jamundí, sin embargo, ACUASUR menciona que no se ha reportado inundaciones en las zonas de bombeos o sistemas de captación de agua potable.

En lo que corresponde a la cantidad de agua disponible y autorizada por la autoridad ambiental, según Resolución DAR SOC No. 000156 de marzo de 2007, la CVC otorgó la concesión de aguas del río Jamundí al prestador ACUASUR parcelación Hacienda el Castillo, con un caudal de 21 L/s, correspondiente al 1,75% del caudal base del río en el sitio de captación, el cual para ese punto corresponde a 1,2 m³/s o su equivalente a 1.200 L/s. La CVC amplía, hasta el año 2028, la cantidad de agua que puede captar ACUASUR para el abastecimiento de agua potable, otorgando una concesión de aguas de 46,02 L/s por diez años⁷.

3.3.8 ACUAVALLE

Para ACUAVALLE la concesión de caudal se amplió de 401 L/s (Jordán 205 L/s, 2009 más Jamundí 196 L/s, 2016) a 462,44 L/s (Jordán 266,44 L/s, 2020⁸ y Jamundí 196 L/s, 2016⁹) ambas con vigencia de 10 años.

Para el río Jordán el caudal ecológico es 73 L/s con caudales superiores a 400 L/s el 95% del tiempo, por lo tanto, presenta una disponibilidad de 327 L/s. Se aumenta únicamente en 61,44 L/s debido a que FONTANA ya cuenta con 60,56 L/s (aunque en el recurso de reposición del 20 de noviembre del 2020 se aclara que FONTANA no hace uso de este y desea adquirir todo el caudal). Para el río Jamundí no hay posibilidad de aumento dado que el caudal ecológico es 604 L/s con caudales superiores a 813 L/s el 95% del tiempo, presentado una disponibilidad única de 209 L/s.

Debido a que estos dos ríos ya se encuentran en su máxima presión hídrica de acuerdo con las concesiones otorgadas por la autoridad ambiental (CVC) de la respuesta al radicado 20224020712931 del 25 de febrero del 2022, el prestador actualmente está solicitando una nueva concesión de aguas superficiales sobre el río Claro para un caudal de 600 L/s. De esta manera proyectan para el 2023 la elaboración de los estudios y diseños de captación, aducción, planta de potabilización, almacenamiento y conducción con la ejecución de las respectivas obras para 2024-2025.

⁷ Resolución 0711-000522 del 2018, la autoridad ambiental CVC

⁸ Resolución 0710 No 0711-000976 del 15 de octubre de 2020

⁹ Resolución 0710 No 0711-001169 del 24 de noviembre del 2016

3.3.9 AGUAS DEL PARQUE

Este prestador no cuenta con información disponible.

3.4 Permiso de vertimiento de aguas residuales

Se recopiló la información de vertimientos otorgadas por la corporación ambiental. Los resultados se resumen en la tabla 4:

Tabla 4. Resumen vertimiento por prestador del municipio de Jamundí

| Nombre Prestador | Concesión vertimiento (punto de vertimiento) |
|------------------|--|
| VAKUA | ND |
| TERRANOVA | ND (Derivación 4-8-1 del Río Claro) |
| SERBACOL | No (Río Cauca) |
| OZONO | Sí (Canal Zanjón el Rosario: Río Jamundí) |
| FONTANA | Sí (Colector Vía Férrea o Circunvalar) |
| EMVALLE | Sí (Canal zanjón potrerillo) |
| ACUASUR | Sí (Canal Zanjón el Rosario: Río Jamundí) |
| ACUAVALLE | No (Canal Zanjón el Rosario: Río Jamundí) |
| AGUAS DEL PARQUE | ND |

Fuente: SUI – SSPD – PEC 2021 – SIVICAP

3.4.1 VAKUA

Empresa sin información reportada.

3.4.2 TERRANOVA

El prestador no entregó la información específica con respecto a la concesión de vertimiento pero se realiza una aproximación de acuerdo con la información dentro del PEC, la cual enuncia que el sistema de tratamiento de agua residual está diseñado para tratar un caudal de 51 L/s y se encuentra dividida en diferentes procesos preliminar, secundario, tratamiento de lodos; de los cuales se componen de desarenador – rejillas autolimpiantes, trampa de grasas, pozo de bombeo, UASB (tres compartimientos), tres filtros percoladores, clarificadores secundarios y lechos de secado, entregando el agua tratada en la derivación 4-8-1 del río Claro.

3.4.3 SERBACOL

No tiene permiso de vertimiento, se encuentra en trámite; el prestador presentó copia de la solicitud del permiso a la CVC realizado el 24 de febrero de 2011. Tampoco tiene Plan de Saneamiento y Manejo de vertimientos - PSMV y no ha formulado el plan maestro de acueducto y alcantarillado.

Existe un vertimiento puntual que corresponde al agua que sale de la PTAR y va al cuerpo receptor río Cauca que desemboca al río Magdalena. En este mismo sitio se vierten las aguas lluvias con un porcentaje de aguas servidas correspondientes al exceso que proviene del aliviadero. El prestador aclaró en la visita que no existen vertimientos industriales en el área de prestación.

3.4.4 OZONO

El prestador cuenta con permiso de vertimiento del proyecto urbanístico denominado Ciudad Country ubicado en el municipio de Jamundí¹⁰

3.4.5 FONTANA

Las aguas residuales que se autoriza verter en el presente acto administrativo son de tipo doméstico, generadas en las etapas de 1 a 8 del proyecto urbanístico denominado Verde Alfaguara, con caudal medio de 77,7 L/s, cuya descarga se realizará de manera directa al Zanjón del Medio hasta máximo el año 2019 y posterior a esa fecha se realizará la descarga al Colector Vía Férrea o Circunvalar.¹¹

3.4.6 EMVALLE

En el año 2017 se otorga el permiso de vertimientos para las instalaciones del proyecto Ciudad de Farallones por un término de 10 años¹². Las aguas residuales autorizadas para verter son de tipo doméstico procedentes de 5.500 viviendas con una población estimada de 19.250 personas, teniendo en cuenta una ocupación por vivienda de 3 a 5 habitantes con un caudal medio de 31 L/s. El efluente tratado será dispuesto por una tubería de PVC de 12" y un cabezal de entrega por la margen izquierda del Zanjón Potrerillo.

3.4.7 ACUASUR

Respecto al permiso de vertimientos de aguas residuales, ACUASUR no reporta al SUI este documento actualizado. No obstante, el informe de Evaluación Integral de la SSPD (noviembre de 2014) indicó que dicho permiso se encontraba vencido, considerando que según Resolución CVC 0710 de diciembre de 2007 se otorgó permiso de vertimientos por cinco años, el cual tenía vigencia hasta diciembre de 2012.

De igual manera, según oficio remitido por la CVC a la SSPD con radicado 20195290383362 de 2019, se indicó que el prestador de alcantarillado en dicha Área de Prestación del Servicio - APS, no tiene PSMV. En consecuencia, se presentan restricciones normativas ambientales para los vertimientos de aguas residuales, entre tanto el prestador no actualice los respectivos permisos ambientales ante la autoridad competente.

3.4.8 ACUAVALLE

En cuanto al permiso de vertimientos, actualmente ACUAVALLE no cuenta con dicha resolución y se están reuniendo los requisitos para iniciar el trámite con la autoridad ambiental que permita obtener el mencionado permiso ambiental.

3.4.9 AGUAS DEL PARQUE

El prestador no cuenta con información disponible.

3.5 Indicadores de la prestación del servicio

En la tabla 5 se presentan los indicadores de la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado en el municipio de Jamundí por parte de los prestadores en estudio, las capacidades de tratamiento de agua potable y residual y el número de suscriptores:

¹⁰ El permiso fue otorgado mediante resolución 710 No. 0711-000903 del 30 de octubre de 2015 por la CVC.

¹¹ Resolución 710 No. 0711-0000722 de 2015.

¹² Resolución No 0711-036-014-101 expedida por la CVC

Tabla 5. Resumen de los indicadores de agua potable y saneamiento básico, capacidad de tratamiento y número de suscriptores

| Nombre Prestador | Índice de Riesgo de Calidad del Agua - IRCA | Nivel de Riesgo Calidad del Agua | Continuidad | Índice de Agua no Contabilizada -IANC | Índice de Perdidas por Suscriptor Facturado - IPUF | ¿Tiene PTAP? ¿Capacidad 2021? | ¿Tiene PTAR? ¿Capacidad 2021? | Número de Suscriptores 2021 |
|------------------|---|----------------------------------|----------------------|---------------------------------------|--|--|-------------------------------|-----------------------------|
| VALOR REFERENTE | 0,0 a 5,0 | Sin riesgo | 21,1 – 24 (Continuo) | 25 | 6,0 | NA | NA | NA |
| Unidad | % | NA | hr/día | % | m3/ susc- mes | L/s | L/s | NA |
| VAKUA | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| TERRANOVA | 0,8 | Sin Riesgo | 23,84 | ND | ND | Sí, 60 Fuente Principal: agua subterránea | Sí, 51 | 8.651 |
| SERBACOL | ND | ND | ND | ND | ND | Sí, 20 Fuente Principal: Compra en Bloque Secundaria: agua subterránea | Sí, 18 | 3.296 |
| OZONO | 0,3 | Sin Riesgo | 23,93 | ND | ND | Sí, 20 Fuente principal: Compra en Bloque Secundaria: agua subterránea | Sí, 44 | 1.734 |
| FONTANA | 2,2 | Sin Riesgo | 23,92 | ND | ND | No Fuente principal: Compra en Bloque | Sí, 77,7 | 3.464 |
| EMVALLE | 8,1 | Bajo | 23,81 | ND | ND | Sí, 100 Fuente Principal: agua subterránea | Sí, 31 | 2.069 |
| ACUASUR | 2,1 | Sin Riesgo | 23,93 | ND | ND | Sí, 70 Fuente Principal: Río Jamundí | Sí, 30 | 2.639 |
| ACUAVALLE | 0 | Sin Riesgo | 23,93 | 41 | ND | Sí, 800 Fuente Principal: Río Jamundí, Jordán y Claro (para el 2023) | No | 42.702 |
| AGUAS DEL PARQUE | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |

Fuente: SSPD (2021) – Elaboración Camacol y SSPD

Los datos se obtuvieron a través de consultas internas del SUI, a partir de las respuestas a los radicados solicitados a cada uno de los prestadores a través del correo formal, de los PEC entregados por cada prestador, del SIVICAP y de la base/informe sectorial 2020 - 2021. El IANC presentado para ACUAVALLE corresponde al valor estimado con base en las consultas realizadas al sistema SUI, asociados al volumen de producción anual y el volumen facturado. Respecto al valor del Índice de Pérdidas por suscriptor Facturado - IPUF, en el informe sectorial del año 2020 el municipio tiene un valor de 11, el cual es superior al valor del IPUF recomendado por la normativa.

Teniendo en cuenta el desempeño de los diferentes indicadores y estándares de prestación de servicios se incorpora, mediante la Resolución CRA 906 de 2019, el Indicador Único Sectorial - IUS, el cual permite estimar el nivel de riesgo de la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado por parte de los prestadores, integrando ocho dimensiones temáticas, que ponderadas, permiten calificar el indicador con un dato para cada vigencia. Una vez consultado el reporte del IUS, se identifica para las empresas prestadoras que operan en Jamundí, las calificaciones detalladas a continuación para las vigencias 2020 y 2021.

Tabla 6. Resultados Indicador Único Sectorial (IUS) 2020

| Prestador | Dimensiones ¹³ | | | | | | | | | | | | | | | | IUS | Nivel de Riesgo |
|-----------|------------------------------|-------|---|-------|------------------------------------|-------|--|--------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|---------------------------|-------|--------|-----------------|
| | 1. Calidad del Servicio (CS) | | 2. Eficiencia en la Planificación y ejecución de inversiones (EP) | | 3. Eficiencia en la Operación (EO) | | 4. Eficiencia en la Gestión Empresarial (GE) | | 5. Sostenibilidad Financiera (SF) | | 6. Gobierno y Transparencia (GYT) | | 7. Sostenibilidad Ambiental (SA) | | 8. Gestión Tarifaria (GT) | | | |
| SERBACOL | 12.0 | 96.0% | 6.3 | 50.6% | 8.9 | 70.9% | 12.5 | 100.0% | 8.4 | 67.1% | 9.4 | 75.0% | 10.0 | 80.0% | 10.9 | 87.5% | 78.4% | Medio |
| FONTANA | 5.8 | 46.5% | 1.0 | 8.0% | 0.0 | 0.0% | 2.5 | 20.0% | 4.1 | 33.2% | 0.0 | 0.05% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 13.55 | Alto |
| TERRANOVA | 5.4 | 42.9% | 2.5 | 20.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 4.8 | 38.7% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 12.7% | Alto |
| ACUASUR | 5.9 | 46.8% | 1.0 | 8.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 6.9% | Alto |
| OZONO | 6.2 | 49.4% | 2.5 | 20.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 2.4 | 19.1% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 11.9%1 | Alto |
| EMVALLE | 1.2 | 9.7% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 1.2% | Alto |
| VAKUA | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | 0.0% | 0.0 | Alto |

Fuente: SSPD (2021c) – Elaboración Camacol y SSPD

¹³ Los datos presentados tienen una calificación máxima de 12,5 para cada dimensión, que en términos porcentuales representa un 100%

Tabla 7. Resultados Indicador Único Sectorial (IUS) 2021

| Prestador | Dimensiones ¹⁴ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------------------------------|--------|---|--------|------------------------------------|--------|--|--------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|----------------------------------|--------|---------------------------|-------|-------------------|-----------------|
| | 1. Calidad del Servicio (CS) | | 2. Eficiencia en la Planificación y ejecución de inversiones (EP) | | 3. Eficiencia en la Operación (EO) | | 4. Eficiencia en la Gestión Empresarial (GE) | | 5. Sostenibilidad Financiera (SF) | | 6. Gobierno y Transparencia (GYT) | | 7. Sostenibilidad Ambiental (SA) | | 8. Gestión Tarifaria (GT) | | IUS | Nivel de Riesgo |
| SERBACOL | 12.32 | 98.6% | 6.65 | 53.2% | 10.69 | 85.5% | 10.00 | 80.0% | 10.94 | 87.5% | 8.35 | 66.8% | 10.00 | 80.0% | 10.87 | 86.9% | 79.82% | Medio |
| FONTANA | 5.81 | 46.5% | 1.50 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.25 | 10.0% | 0.00 | 0 | 8.5% ⁶ | Alto |
| TERRANOVA | 12.41 | 99.3% | 12.50 | 100.0% | 12.50 | 100.0% | 12.50 | 100.0% | 8.55 | 68.4% | 9.01 | 72.1% | 12.50 | 100% | 12.50 | 100% | 92.47% | Bajo |
| ACUASUR | 6.25 | 50.0% | 1.50 | 12.0% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.25 | 10.0% | 8.75 | 70% | 17.75% | Alto |
| OZONO | 12.50 | 100.0% | 3.75 | 30.0% | 12.50 | 100.0% | 10.00 | 80.0% | 3.13 | 25.0% | 0.00 | 0.00 | 12.50 | 100.0% | 12.50 | 100% | 66.88% | Medio |
| EMVALLE | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00% | Alto |
| VAKUA | 0.64 | 5.1% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.64% | Alto |

Fuente: SSPD (2021c) – Elaboración Camacol y SSPD

3.6 Pérdidas de agua

Los volúmenes de agua que se pierden, así como el ahorro en el uso del agua por parte de los usuarios, permiten aliviar la presión sobre la disponibilidad del recurso hídrico y la producción de agua potable. Por lo cual es importante observar el comportamiento del Índice de Agua no Contabilizada - IANC, en el análisis de la demanda de agua actual y futura.

El comportamiento del indicador de pérdidas de agua para el municipio es el mismo al del prestador ACUAVALLE, dado que es el único prestador que tiene reporte en el SUI.

Con base en las consultas realizadas al sistema SUI, en el año 2020 ACUAVALLE reportó un volumen de producción anual de 11.531.065 metros cúbicos (m³/año). Comparando este valor con el volumen facturado reportado a SUI para la vigencia 2020, se estimó un volumen de agua pérdida equivalente a 6.741.264 m³/año, lo cual, en términos de este indicador, resultó un valor de IANC de 41%.

Adicionalmente es importante indicar que la reducción de los niveles de pérdidas y límites mínimos proyectados estarán sujetos al estudio del Nivel Económico de Pérdidas – NEP, propio de cada prestador, según lo establecido por la Resolución CRA 906 de 2019.

¹⁴ Los datos presentados tienen una calificación máxima de 12,5 para cada dimensión, que en términos porcentuales representa un 100%

3.7 Reflexiones sobre las condiciones de la oferta

En el municipio de Jamundí gran parte de la cobertura del servicio de acueducto en zona urbana y algunos predios que corresponden a la zona rural, es atendida por el prestador ACUAVALLE. El área restante es complementada por los demás prestadores presentes en el municipio.

El Índice de Riesgo de Calidad del Agua - IRCA es reportado por cinco prestadores cuyos los valores clasifican como “Sin Riesgo” a excepción del prestador EMVALLE que presenta el valor de IRCA en un rango que corresponde a riesgo bajo (tabla 6), lo que indica que el agua del municipio es apta para consumo humano, de acuerdo con la Resolución 2115 de 2007 expedida por el Ministerio de Salud - Minsalud- y Minvivienda.

En cuanto a los indicadores de prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado para los prestadores del municipio, es importante mencionar que en materia de continuidad se clasifican como “continuo” para todos los prestadores que reportan.

Para el sistema de abastecimiento, todos los prestadores cuentan con su propia fuente o tratamiento (a excepción de FONTANA que compra el agua en bloque al prestador principal ACUVALLE) con el fin de suministrarle oportunamente a sus usuarios el agua potable; inclusive presentan sistemas de respaldo generalmente agua subterránea, en caso de que la fuente principal presente algún tipo de inconveniente como es el caso de OZONO y SERBACOL.

Finalmente, todos los prestadores cuentan con su respectivo sistema de tratamiento de aguas residuales, a excepción del prestador principal ACUAVALLE.

4. Proyección demanda de agua y capacidades de la oferta

En esta sección se realizarán los cálculos de proyección en demanda de agua con un horizonte de tiempo a 2038 y se compararán con las capacidades proyectadas de los prestadores del servicio en el municipio.

4.1 Postulados básicos

Las siguientes consideraciones se tomaron como postulados básicos para el desarrollo del presente estudio:

- a. La población de análisis se acotó al área de prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado atendidos por los prestadores: VAKUA, TERRANOVA, SERBACOL, OZONO, FONTANA, EMVALLE, ACUASUR, ACUAVALLE, y AGUAS DEL PARQUE.
- b. El APS de cada prestador está constituida de la siguiente manera:
 - El APS para ACUVALLE está constituida por suscriptores de uso residencial de todos los estratos socioeconómicos, así como usos comercial y residencial.
 - El APS para TERRANOVA está constituida por suscriptores de uso residencial de estratos 1,2 y 3, así como uso comercial.

- El APS para FONTANA está constituida por suscriptores de uso residencial de estratos 1,3 y 4, así como uso comercial y residencial.
 - El APS para ACUASUR está constituida por suscriptores de uso residencial de estrato 4, así como uso comercial.
 - El APS para OZONO está constituida por suscriptores de uso residencial de estratos 1 y 4 así como uso comercial.
 - El APS para EMVALLE está constituida por suscriptores de uso residencial de estrato 3.
 - El APS para SERBACOL está constituida por suscriptores de uso residencial estrato socioeconómico 1 y 2 y uso comercial.
 - El APS para VAKUA se desconoce
- c. La información de oferta hídrica se establece según concesiones de agua otorgadas por la CVC.
 - d. El caudal concesionado determina las limitaciones de oferta de agua potable.
 - e. Las tendencias de crecimiento de suscriptores y comportamiento de consumos de agua potable se tomaron según reportes realizados por el prestador al SUI (2022).
 - f. La unidad temporal de análisis es anual.
 - g. El periodo de análisis comprende los años 2013 - 2020, y se hicieron proyecciones al 2038.
 - h. El corto plazo se establece como un periodo menor a 5 años y el mediano plazo, como un periodo comprendido entre 5 y 10 años.
 - i. Un suscriptor residencial es equivalente a una vivienda.
 - j. En cada vivienda nueva habita solamente un hogar.
 - k. Se tiene en cuenta las proyecciones de hogares y personas de la cabecera del municipio (DANE, 2022a, 2022b) para calcular el tamaño promedio de los hogares, personas por hogar, para cada año hasta 2035. Después de ese año se asume que el tamaño del hogar permanece igual al de 2035.
 - l. Las viviendas que se estima se generarán en el municipio estarán ocupadas desde el momento que se entregan.
 - m. La población municipal tiende a ser mayor a la población atendida por prestadores de servicios públicos de acueducto y alcantarillado; por ende, no se asume cobertura de 100% en la prestación de estos servicios.

Tomando en consideración el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS en su título sobre sistemas de acueducto, se puede estimar el caudal demandado en función de la población (Minvivienda, 2010):

$$Caudal (L/s) = Población \left(\frac{Dotación RAS}{86400} \right) (1 + \%Perdidas agua) \quad [1]$$

La *Dotación RAS* depende de la altura respecto al nivel del mar del municipio, a menor altura mayor *Dotación*. Los valores de *Dotación* para distintas alturas están definidos por la resolución 0330 de 2017 (Minsalud, 2017). Teniendo en cuenta los postulados *i.*, *j.* y *k.*, se puede deducir fácilmente la demanda de agua expresada en caudal (L/s) en función ya sea suscriptores o viviendas.

4.2 Proyección de entrega de viviendas

Para la proyección de vivienda, la estimación de la entrada (entregas) de vivienda nueva al municipio se ha dividido en dos partes: por un lado, se tienen en cuenta los proyectos que, en el momento del

análisis, se encuentran en preventa, construcción o terminado (sin entregar), ya sea al interior de proyectos estratégicos (gráfica 4 de la sección 2.3.) o fuera de ellos (resto). Por el otro, se realizaron estimaciones sobre la generación de vivienda nueva, es decir, lanzamientos supuestos de proyectos que se realizarán en los próximos años, nuevamente, dentro o fuera de los proyectos estratégicos.

La estimación de entregas en los proyectos de vivienda ya lanzados en el municipio tiene en cuenta que estos se encuentran en diferentes fases constructivas: sin iniciar construcción (preventa), cimentación, estructura, obra negra, acabados o terminado. Considerando la fase constructiva y el tiempo que tarda¹⁵ cada fase hasta la entrega se estima el año de entrega de las viviendas. Los tiempos que se usan son los calculados para viviendas de interés social¹⁶, pues este tipo de vivienda tiene una mayor participación en los proyectos estratégicos. En los últimos meses se evidencia que este tipo de vivienda tiene una duración promedio de 31 meses desde su lanzamiento hasta la entrega y de unos 16 meses en todo su estado constructivo.

La estimación de entregas de viviendas en los próximos años no solo dependerá de los proyectos que hoy ya están en el mercado, sino también de los que lo estarán en los próximos años. Se plantea entonces supuestos de generación de nuevos proyectos o lanzamientos de vivienda para los próximos años y a estos se les aplica el tiempo entre el lanzamiento y la entrega. Dicha estimación se realizó en dos casos: para las unidades faltantes dentro de los proyectos estratégicos y para las unidades que se generarán en el resto del municipio.

Para el primer caso se realizó un análisis de la velocidad anual a la que se ha desarrollado el proyecto estratégico desde que inició su actividad. Esta velocidad se contrastó con una velocidad supuesta estándar de 7%¹⁷ anual. Luego de comparar ambas velocidades se tomó la que mostrará el mayor número de unidades por año entre las dos, permitiendo hacer un análisis que no subestime el flujo de entrada de proyectos nuevos y así mismo de entregas de vivienda en los próximos años.

Para el segundo caso, de las unidades generadas en el resto del municipio, se observó la tendencia de los últimos años en cuanto a ventas de vivienda anuales (gráfica 2 de la sección 2.1.). Se supone que la generación anual de vivienda fuera de los proyectos, en los próximos años, será igual al promedio en ventas observado entre 2015 y 2021, lo que es razonable al tener en cuenta el desbalance entre formación de hogares y generación de vivienda en Cali que incide en la generación de vivienda en municipios cercanos como Jamundí (ver sección 2.2.).

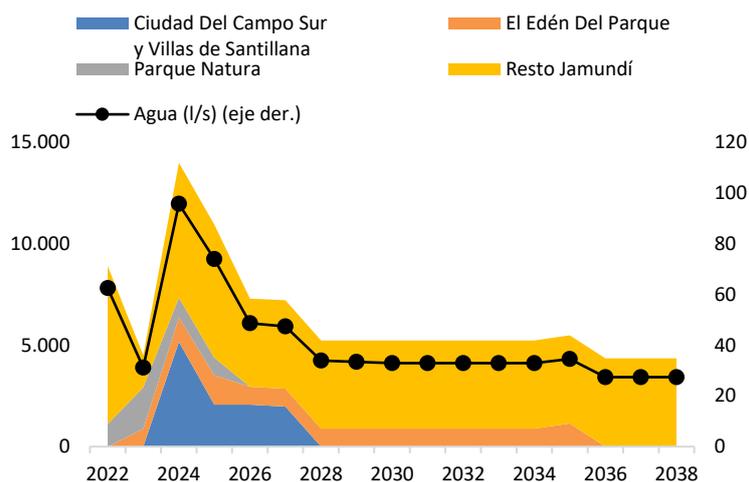
Con estas estimaciones se generó un flujo estimado de entregas de vivienda entre 2022 y 2038. Como se puede observar en la gráfica 5 hay algunos picos de entregas en los años 2022 y 2024 con 8.800 y 13.900 unidades entregadas, respectivamente. En el 2024, por ejemplo, se presentan entregas en los tres proyectos estratégicos, siendo Parque Natura el que más acumula unidades para ese año. Una vez estimada la entrega de viviendas, el siguiente paso es traducir esto en demanda de agua. Para ello se hizo uso de la ecuación [1] descrita en la sección 4.1. y los postulados j. y k. de dicha sección (eje derecho de la gráfica 5).

¹⁵ Ejemplos de estos tiempos (calculados con información previa a la usada en este estudio) se pueden ver en Camacol (2019).

¹⁶ La vivienda social o VIS son viviendas que tienen un valor igual o inferior a los 135 salarios mínimos legales vigentes y de 150 salarios en aglomeraciones urbanas definidas por el decreto 1467 de 2019.

¹⁷ Este supuesto es razonable si se tiene en cuenta que proyectos estratégicos como macroproyectos suelen tener una duración superior a los 8 años (Minvivienda, 2021).

Gráfica 5. Estimación de entregas de vivienda en Jamundí



Fuente: Minvivienda y Coordinada Urbana – Cálculos Camacol y SSPD

Nota: Las estimaciones contemplan sólo los proyectos estratégicos propuestos a la fecha, lo cual no excluye que en el periodo puedan plantearse otros adicionales

4.3 Crecimiento inercial de la demanda de agua

Debido al crecimiento demográfico se espera que año tras año crezca la demanda por agua de manera inercial. Para proyectar la demanda de los próximos años se plantean dos escenarios:

a. **Escenario 1 (población DANE):**

Se toman las proyecciones de población del municipio en su área urbana (DANE, 2022b) y se aplica la ecuación [1] de la sección 4.1. Con lo cual se tiene en cuenta las necesidades reales de la ciudad.

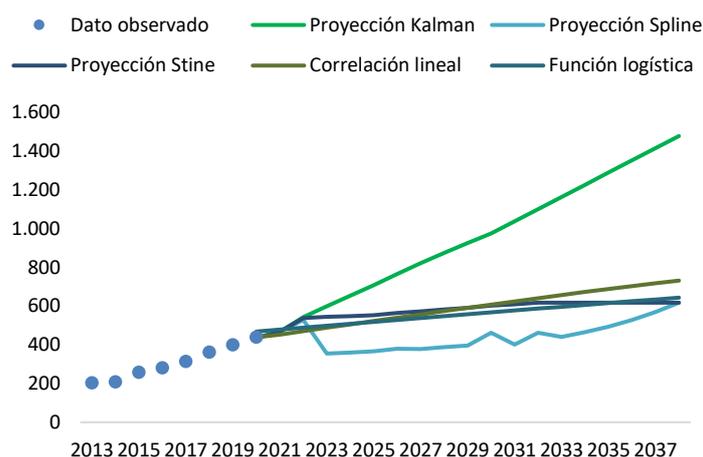
b. **Escenario 2 (suscriptores SUI):**

Usando los suscriptores contabilizados por el SUI entre 2013 y 2020 se proyecta su tendencia mediante distintos modelos estadísticos. Posteriormente, se traduce los suscriptores a agua usando la ecuación [1] y los postulados *i*, *j*, y *k* de la sección 4.1.

Cabe resaltar que estos escenarios de proyección no necesariamente recogen la dinámica que se observará en la vivienda. Como se evidenció en la sección 2.2., es posible que al interior de un municipio las ventas de vivienda se desalineen de la formación de hogares por factores de desbalance entre oferta y demanda de vivienda en otros municipios. Igualmente, las metas de generación de vivienda en proyectos estratégicos no necesariamente son capturadas por las proyecciones de población o la tendencia observada en el crecimiento de los suscriptores.

De esta manera, estas proyecciones darán un punto de partida (base) desde el cual se adicionará demanda de agua debido a la entrada de nuevas unidades de vivienda que proyecta entrarán desde 2022 (ver gráfica 5 de la sección 4.2.). La relación entre el punto de partida, la proyección de la demanda inercial, la demanda a causa de la dinámica de proyectos de vivienda, y las capacidades de la oferta se presentan en la sección 4.6.

Gráfica 6. Caudal (L/s) según modelos de proyección de demanda base



Fuente: SUI (2022) y DANE - Cálculos Camacol y SSPD

Para el escenario 2 se pusieron en práctica varios modelos estadísticos: filtro de Kalman, Spline, Stine, regresión lineal simple¹⁸ y función logística, las cuales se detallan en el Anexo 1. Los resultados obtenidos por los modelos (gráfica 6) permiten evidenciar que el modelo Spline presenta una disminución en la proyección de los suscriptores y un comportamiento relativamente constante en el tiempo. Esto hace que sean descartadas, pues la población normalmente tiende a aumentar y así mismo la cantidad de suscriptores que demandan los servicios públicos.

Por su parte, las proyecciones con los métodos Stine, función logística, regresión lineal y Kalman presentan un comportamiento creciente, el último método en una mayor medida. El filtro Kalman fue el método que más se ajustó a la tendencia de crecimiento evidenciada entre 2013 y 2020. De esto se concluye que para Jamundí la proyección con base en el método Kalman se ajusta a los datos históricos y conserva la tendencia de estos.

4.4 Planificación de obras

A continuación, se presenta la información relacionada con las obras de habilitación de capacidades en los servicios de acueducto y alcantarillado de los prestadores del municipio de Jamundí, de los cuales fue posible recopilar información.

4.4.1. ACUAVALLE

Actualmente se está optimizando la planta existente a un caudal aproximado de 600 L/s a través de:

- Mejoras en el proceso de floculación, cambio de placas de asbesto-cemento por módulos de alta tasa en el proceso de sedimentación. Estas actividades que se terminarán en abril de 2022.
- Cambio de material filtrante y de sistema de lavado a tres de los once filtros. Actividad que terminaría en diciembre de 2022.

¹⁸ Suscriptores en función de la población proyectada por el DANE (2022, b). Es similar al escenario 1, sin embargo, en este último caso no se asume que toda la población accede al servicio.

- Cambio de material filtrante y de sistema de lavado a los ocho filtros restantes. Actividad que se tiene programada iniciar y terminar en diciembre de 2023.
- Nuevo sistema de producción, potabilización y distribución de agua potable.

Para ampliar la oferta de agua en el municipio de Jamundí, ACUAVALLE está adelantando lo siguiente:

- Solicitud concesión de aguas superficiales sobre el río Claro, para un caudal de 600 L/s.
- Avalúo técnico de un predio, actividad que termina el 31 de marzo de 2022.

Una vez conocido el avalúo del predio, se tiene programado lo siguiente:

- Adquisición del predio. Se proyecta al 30 de junio de 2022.
- Obtención de la concesión de aguas superficiales del río Claro. Se proyecta al 30 de agosto de 2022.
- Elaboración de los estudios y diseños de captación, aducción, planta de potabilización, almacenamiento y conducción, para 600 L/s. Se proyecta para el año 2023.
- Ejecución de obras. Se proyecta para los años 2024 y 2025.
- Ubicación proyectada de sistemas de tratamiento agua potable y almacenamiento:
 - i. Sector río Claro
 - ii. Cota, aproximada, 1.120 m.s.n.m.
 - iii. Coordenada Este: 76°30'11.33"O
 - iv. Coordenada Norte: 3°15'46.24"N

4.4.2 OZONO

Los proyectos de expansión de capacidad contemplados dentro del plan de obras para este prestador corresponden a la construcción de las nuevas fases de las plantas de tratamiento de agua que incluyen a la PTAR y las redes de acueducto y alcantarillado del área de prestación de servicio de Ciudad Country. Las etapas y el estado de avance de las obras de expansión de capacidad para la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado se consignan en la Tabla 8:

Tabla 8. Etapas de construcción PTAR

| PTAR de Ciudad Country | | | | |
|---------------------------------|-----------------|----------|----------|-----------------|
| Año | 2016 | 2019 | 2022 | 2023 |
| Ejecución de obra | Fase 1 | Etapas 2 | Etapas 3 | Etapas 4 (100%) |
| PTAP de Ciudad Country | | | | |
| Año | 2019 | | | |
| Ejecución de obra | Etapas 1 (100%) | | | |
| Redes de Ciudad Country | | | | |
| Año | 2016 | 2019 | 2021 | 2023 |
| Ejecución de red acueducto | 60% | 75% | 80% | 100% |
| Ejecución de red alcantarillado | 60% | 75% | 80% | 100% |

Fuente: Respuesta al radicado No.20224020222301- OZONO

Pese a que estos proyectos ya están definidos, no se descarta que a futuro se realice un proyecto de expansión adicional por parte del prestador.

4.4.3 Demás prestadores

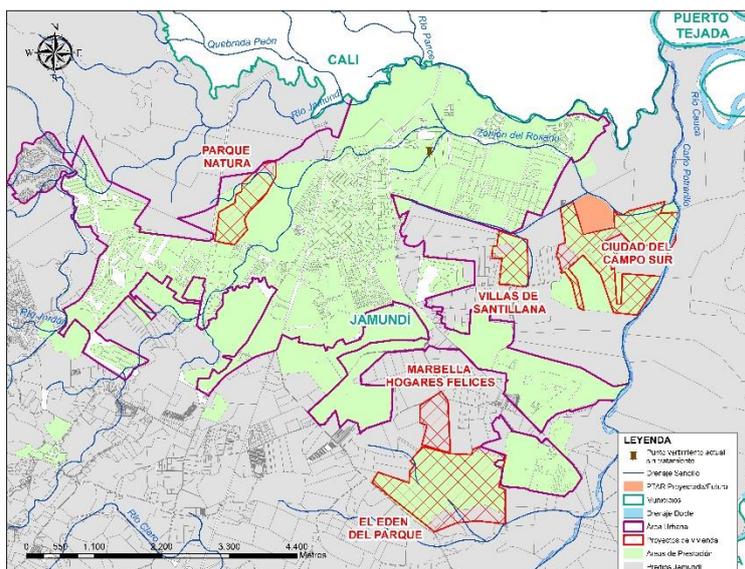
De los prestadores restantes del municipio no se cuenta con información relacionada a planificación de obras.

4.4.4 Planificación a nivel municipal

El municipio de Jamundí no cuenta con PTAR construida y entre las prioridades para los objetivos de calidad del río Cauca, definido por la CVC, el municipio de Jamundí se encuentra en el puesto 9 entre 33 municipios considerados. Se contempla la construcción e implementación de la PTAR en el sector urbano del municipio de Jamundí en un mediano plazo; sin embargo, el sistema de alcantarillado requiere inicialmente de la construcción de los colectores, canales, rehabilitaciones de red, control a conexiones erradas, entre otros, para que se logre un adecuado funcionamiento del sistema de tratamiento.

En el estudio del año 2006 se había propuesto un lote para la ubicación del sistema de tratamiento de aguas residuales, debidamente aprobado dentro del Plan Básico de Ordenamiento Territorial - PBOT, localizado en las afueras del perímetro urbano del municipio, en cercanía del emisor final propuesto en el plan maestro. Sin embargo, como en los últimos siete años se han presentado condiciones cambiantes en vivienda y cobertura, que difieren de las proyectadas en el año 2006, se realizó un nuevo análisis para la localización de la PTAR, y en el marco del PSMV, el municipio revisó la decisión de una nueva localización, la cual corresponde a un área donde se encuentran ubicadas las torres de Inravisión, la cual cuenta con las condiciones necesarias.

Mapa 3. Ubicación de la PTAR proyectada y río Jordán/Jamundí/Claro



Fuente: Elaboración Camacol y SSPD

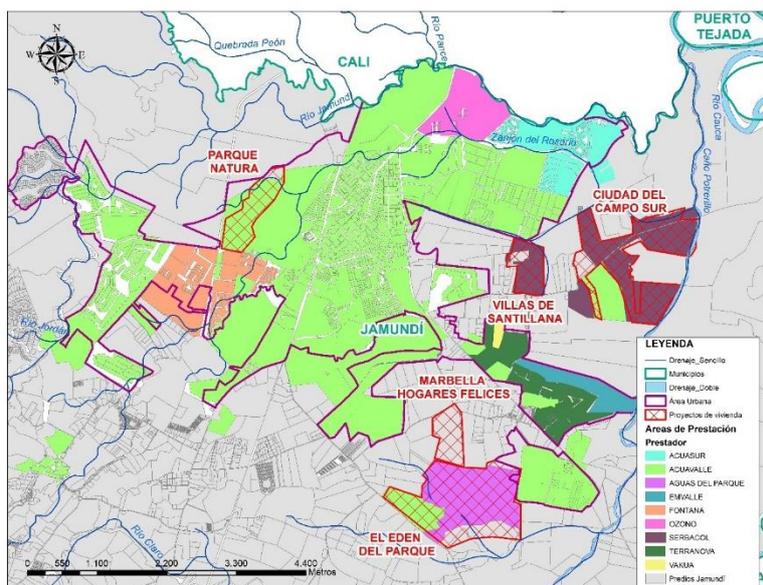
Es importante mencionar que el municipio de Jamundí ya ha adquirido el predio para la construcción de la PTAR de Jamundí sobre la margen derecha del Zanjón El Rosario antes de su entrega al Zanjón Tortugas. Los colectores no se podrán construir mientras no defina el sitio de la PTAR y una vez definida, se requiere la construcción de un colector que lleve las aguas del área urbana actual hasta el sitio de la PTAR y evitar sus descargas al Zanjón El Rosario (mapa 3).

En el caso del municipio de Jamundí la tecnología a implementar ya se encuentra definida y corresponde al diseño efectuado inicialmente por el Ingeniero Tony Nuñez en el año 1998, y rediseñado en el año 2010 por el Ingeniero Enrique Lourido en el marco de los Planes Departamentales de Agua - PDA y por la firma INGESAM para la CVC en el año 2016.

4.5 Ubicación proyectos estratégicos y áreas de prestación de servicio

Dado que el municipio de Jamundí cuenta con nueve prestadores de servicios públicos para acueducto y alcantarillado, se tienen varios panoramas. Como se observa en el mapa 4, la empresa ACUAVALLE abastece la mayor parte del municipio, incluyendo algunas zonas aledañas, rurales y hasta el suministro de agua potable a otros prestadores a través del formato de venta de agua en bloque (ver subsecciones 3.2. y 3.3.).

Mapa 4. Servicio de acueducto y proyectos estratégicos



Fuente: Minvivienda - Elaboración Camacol y SSPD

De igual forma, a partir del mapa se puede identificar qué prestadores estarán encargados de las nuevas áreas de viviendas futuras a construirse o en construcción. Para el proyecto las Villas de Santillana y Ciudad del Campo Sur se puede inferir que serán proyectos atendidos por el prestador SERBACOL¹⁹. Ahora, el proyecto de vivienda Parque Natura se deduce que deberá ser atendido por ACUAVALLE. El proyecto el Edén del Parque se infiere será atendido por el nuevo prestador de servicios AGUAS DEL PARQUE, el cual aún se desconoce su año de constitución o inicio de operación. Lo cual genera una alerta o alarma para el constructor de ese proyecto debido a que los servicios públicos deberán ser asegurados previo a las entregas de vivienda a los usuarios finales; de lo contrario se sugiere consultar con el prestador ACUAVALLE para validar si este puede ampliar su zona hasta este proyecto de vivienda.

Finalmente, como se observa en el mapa 4, permite evidenciar que los proyectos de vivienda Edén del Parque, junto con Marbella Hogares Felices, se ubican en áreas excluidas del perímetro de prestación de servicios. Por tanto, es necesario el ajuste al POT y con esto, la ampliación del perímetro de servicios de los prestadores para dar cobertura en materia de acceso de acueducto y alcantarillado a los habitantes de estas nuevas viviendas bien sea actualizando o ampliando las APS o creando nuevas APS (nuevos prestadores).

4.6 Balance oferta y demanda

En este apartado se analiza en conjunto los resultados derivados de la proyección de entrada de nuevas viviendas (sección 4.2.), demanda inercial en los próximos años (sección 4.3.), caudal concesionado²⁰ (sección 3.3.) y capacidades técnicas de los sistemas de acueducto (secciones 3.2 y 4.4.). Con esto se puede advertir de manera oportuna si, dadas las condiciones de los sistemas, existe

¹⁹ Este prestador confirma su compromiso para abastecer estos nuevos proyectos a través de los radicado 20215290345592 y 20215292940712 que llegaron al SSPD

²⁰ Es necesario aclarar que el municipio de Jamundí cuenta con diferentes APS y por lo tanto diferentes prestadores, por consiguiente, para hallar el dato del caudal concesionado y capacidad instalada se sumaron todas las capacidades y concesiones para obtener el municipal.

la capacidad de satisfacer la demanda de agua que se va a generar en los próximos años debido al desarrollo de proyectos estratégicos de vivienda, así como del desarrollo inmobiliario fuera de estos.

Como se explicó en la sección 4.3. se plantean dos escenarios de proyección. En el primero todas las personas proyectadas por el DANE acceden al servicio, y en el segundo se proyecta la demanda de agua teniendo en cuenta la tendencia observada en el crecimiento de los suscriptores en el municipio. Las condiciones de oferta (caudal concesionado y capacidad del sistema) no cambian bajo uno u otro escenario.

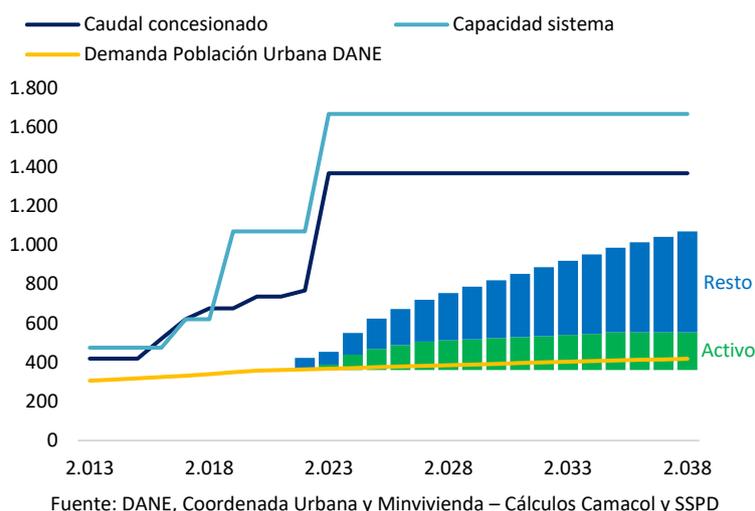
Así pues, se define un caudal concesionado equivalente al caudal de la vigencia 2021-2022 de 766 L/s en total sumando todos los prestadores. En cuanto a la capacidad instalada, se tiene un total de 1.070 L/s para la misma vigencia, y se espera que para el 2023 entre en operación los 600 L/s de la nueva PTAP que usará como fuente el Río Claro enunciado en la sección 4.4 (gráficas 7 y 8). Igualmente, se aprecia que la capacidad es incluso superior al caudal concesionado.

En la gráfica 7 se presentan los resultados del escenario 1. Se observa que el agua que se demandará por el desarrollo de los proyectos estratégicos y por la generación de vivienda en el resto del municipio desde 2022, se ubica por encima de lo proyectado con base en la población esperada por el DANE en todos los años. Para el final de 2038 se espera que la capacidad que hoy tiene el sistema se ubique por encima de las necesidades de demanda debido a la vivienda.

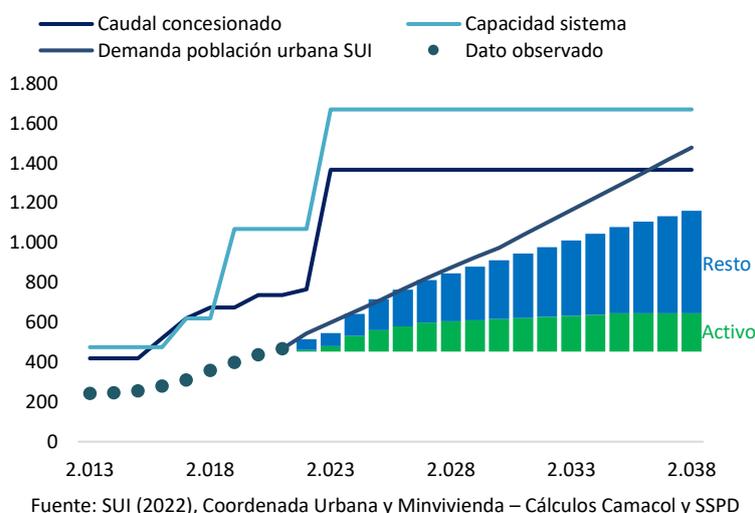
Se evidencia que, si bien las capacidades del sistema y del caudal concesionado de los prestadores satisface la demanda futura en materia de proyectos de vivienda, es importante resaltar que se deberá asegurar para el 2023 la nueva concesión sobre el río Claro y la construcción tanto de la nueva PTAP, como la nueva PTAR para el municipio, de lo contrario se podría presentar problemas de desabastecimiento, racionamiento e incluso crisis sanitaria por el no tratamiento de sus aguas residuales.

En el caso del escenario 2 (gráfico 8) la proyección de la tendencia del crecimiento de los suscriptores supera en todos los años la demanda esperada por la entrada de nuevas viviendas. La brecha es ligera hasta el año 2029, y desde allí la diferencia comienza a ampliarse de manera continua. Esto al punto que para los años 2037 y 2038 la proyección de la demanda de agua con base en la tendencia de los suscriptores supera el caudal concesionado; mientras que, por su parte la demanda esperada por la entrada de nuevas viviendas se ubica más cerca, aunque por debajo, del caudal concesionado comparado con el escenario 1.

Gráfica 7. Oferta y demanda de caudal (L/s) – escenario 1



Gráfica 8. Oferta y demanda de caudal (L/s) – escenario 2



Lo anterior se debe a diferencias en la base de demanda de agua que proyecta en cada escenario en el año 2021. En el escenario 2 la base depende de la cantidad de suscriptores, con lo cual no necesariamente recoge el hecho de que en los últimos años pudo haber problemas de acceso de la población al recurso hídrico. Por otro lado, el escenario 1 asume que toda la población tiene acceso.

Con base en los dos escenarios, se concluye que, tomando las consideraciones y postulados del estudio, no se esperan limitaciones en la prestación del servicio que genere preocupaciones frente a la disponibilidad del servicio en el corto y mediano plazo, considerando solamente la demanda adicional esperada debido a la entrada de nuevas viviendas. Sin embargo, el escenario 2 señala que, considerando la tendencia observada del crecimiento de los suscriptores, es posible que en efecto la demanda crezca a una velocidad aún mayor, de manera que sobre pase el volumen de caudal concesionado en 2037.

De acuerdo con las tablas 4 y 5 (ver subsecciones 3.4. y 3.5.), actualmente todos los pequeños prestadores (a excepción de ACUAVALLE) cuentan con tratamiento de aguas residuales en una proporción relativamente igual a su respectiva capacidad de tratamiento de agua potable.

- TERRANOVA, la PTAP trata 60 L/s y la PTAR 51 L/s
- SERBACOL, la PTAP trata 18 L/s y PTAR,18 L/s
- EMVALLE, la PTAP trata 30 L/s y la PTAR 31 L/s
- OZONO, la PTAP trata 20 L/s y la PTAR 24 L/s
- ACUASUR, la PTAP trata 70 L/s y la PTAR 30 L/s.

Esto permite inferir que la cantidad de suscriptores de acueducto es relativamente proporcional a la cantidad de suscriptores de alcantarillado y que, por ende, se encuentran diseñados para su respectivo crecimiento límite de acuerdo con el área asignada por el POT.

El principal y más grande prestador, ACUAVALLE, es un caso especial, debido a que éste tiene mucha más área de expansión según el POT y a que actualmente presenta una excepción dado que es el único prestador que actualmente no cuenta con tratamiento de aguas residuales, como se enunció anteriormente (ver sección 4.4 y mapa 3), lo que conlleva a grandes volúmenes de contaminación. Por esto, ACUAVALLE realizó distintos planes maestros para optimizar y/o instalar infraestructura nueva para el mejoramiento de los servicios públicos y lograr así satisfacer la demanda constante de los nuevos desarrollos de viviendas. Los cuales se mencionan a continuación:

- Plan Maestro de Acueducto
 - i. Diseño y construcción de obras para la optimización de la PTAP e incremento de su capacidad.
 - ii. Obras de instalación de extensión de redes para las zonas de Las Flores, Bonanza, Marbella, Pangola, Natura, Plan Parcial Zanjón del Medio y Sachamate.
 - iii. Implementación de sectorización hidráulica con la instalación de 11 estaciones de control hidráulico.
- Plan Maestro de Alcantarillado
 - i. Construcción de EBAR Las Flores.
 - ii. Optimización de EBAR Gaitán.
 - iii. Obras de instalación de extensión de redes para las zonas de Las Flores, Bonanza, Marbella, Pangola, Natura, Plan Parcial Zanjón del Medio y Sachamate.
 - iv. Colectores La Morada y Circunvalar: Construido aproximadamente 3 km. En construcción por parte de la CVC aproximadamente 7 km.
 - v. Colector Norte: Colector Norte I etapa construida con una longitud aproximada de 2.6 km.
 - vi. Colector Norte II etapa construido por la fiduciaria OCCITANIA, actualmente está en proceso de compra por parte de ACUAVALLE.
 - vii. Colector El Cairo: Construido aproximadamente 1,6 km. Está en etapa de ajuste a los diseños de aproximadamente entre 6 y 8 km.
 - viii. Colector Las Flores: El colector se encuentra diseñado, sin embargo, se debe ajustar por cambios en los proyectos urbanísticos que proyectan sus propias ESP con sistemas de

alcantarillado y PTAR colectivos. Este colector fue presentado para ser financiado con recursos de la Nación.

ACUAVALLE realizó el Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario y Pluvial del municipio de Jamundí en 1996, el cual fue actualizado en el año 2006. Sin embargo, algunos de los colectores que se diseñaron para ese momento, y que no han sido aún construidos, no responden a las situaciones de ese momento de crecimiento, y otros solo quedaron a nivel de conceptualización. Por tal razón, ACUAVALLE decidió contratar la actualización de la red de colectores sanitarios del municipio de Jamundí. Dada la dinámica del municipio de Jamundí (alto crecimiento debido a la formación de hogares, generación de vivienda nueva y migración) y el esquema vial propuesto en el año 2013, se acordó modificar los trazados de los colectores e integrarlos de forma tal que su recorrido se haga principalmente por vías públicas, que da como resultado el diseño de ingeniería de detalle del sistema de alcantarillado del 2016. En la Tabla 9 se resumen los resultados hidráulicos de dicho informe para conocer la capacidad futura de esta PTAR:

Tabla 9. Resultados hidráulicos PTAR

| Año | # habitantes según proyección de la ingeniería de detalle | Q Medio Diario (L/s) | Q Máximo Horario (L/s) | Q diseño (L/s) |
|------|---|----------------------|------------------------|----------------|
| 2010 | 98.425 | 148,87 | 251,08 | 367,43 |
| 2015 | 115.944 | 172,93 | 288,97 | 401,1 |
| 2020 | 137.278 | 200,16 | 331,45 | 438,89 |
| 2025 | 160.579 | 229,43 | 376,72 | 478,56 |
| 2030 | 176.192 | 247,88 | 405,06 | 497,69 |
| 2035 | 193.514 | 268,13 | 436,03 | 518,82 |
| 2040 | 212.734 | 290,37 | 469,86 | 542,12 |

Fuente: Informe Ingeniería Detalle (ACUAVALLE, 2016)

Para el 2020, ACUAVALLE trataba 430 L/s en la PTAP, y en teoría la PTAR, para el mismo año, trataría 439 L/s, lo cual es congruente. Pero dadas las proyecciones seguramente se requerirá nuevamente una actualización de dicho estudio debido a que la población crecerá aún más y probablemente demande, para el 2035, entre 1.000 y 1.250 L/s mientras la PTAR trataría únicamente 518 L/s (gráfica 7).

5. Conclusiones

La generación de vivienda en Jamundí se ha cuatriplicado en la última década. En 2012 y 2013 el municipio vendió cerca de 1.200 viviendas por año; para el periodo 2015-2020 el promedio se incrementó a 5.600, y ya para 2021 las ventas se ubicaron por encima de las 8.000 unidades. Esto se explica por desbalances en oferta y demanda de vivienda en la aglomeración de Cali²¹, que pueden derivar en procesos migratorios hacia el municipio de Jamundí.

Los proyectos estratégicos representaron, en el último año, el 53% de las ventas en el municipio. El potencial de generación de vivienda de estos proyectos se mantendrá hasta 2035, pues el 73% de la meta de vivienda aún falta por desarrollarse.

²¹ Definida por el Sistema de Ciudades del DNP (2014)

En el municipio se encuentran nueve prestadores de los servicios de acueducto y alcantarillado, de los cuales fue posible recopilar la infraestructura del servicio de acueducto el cual, en general, consta de captación, aducción, desarenadores, potabilización, almacenamiento, conducción y distribución. A partir de los datos anuales recopilados para todos los prestadores (hasta el 2021), los sistemas de potabilización tenían capacidad en promedio de 654 L/s, y el caudal concesionado en promedio de 579 L/s. La calidad del agua se categoriza como “sin riesgo” para cinco de los prestadores que reportan información de este indicador. La continuidad del servicio es de 23 horas y el indicador de pérdidas de agua es de 41%²².

En las proyecciones de caudal y capacidad del sistema de acueducto se consideró una expansión de estas capacidades en 600 L/s en 2023 por parte del operado ACUAVALLE. El que se dé esta expansión es esencial para que en el mediano plazo las capacidades de la oferta satisfagan las necesidades en demanda de agua. Esta misma noción puede reflejarse para la cobertura del sistema de alcantarillado para el municipio. Por ende, se debe considerar el cumplimiento oportuno de las obras de inversión estipuladas.

De acuerdo con el indicador sintético IUS, el riesgo para la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado sobre el municipio de Jamundí se clasifica como “Riesgo medio” para el prestador con mayor cobertura, ACUAVALLE y “Riesgo alto” para los demás prestadores de acuerdo con el análisis del 2020. Para el 2021 se observó un aumento en el puntaje del indicador, evidenciando una mejora por parte de los prestadores, especialmente para el caso de TERRANOVA y OZONO, los cuales lograron reducir el nivel de riesgo respecto a la vigencia anterior. Sin embargo, las demás empresas conservaron su clasificación de nivel de riesgo alto. Esto permite inferir un esfuerzo importante por parte de los prestadores para mejorar su prestación, que aún requiere dirigir iniciativas para alcanzar por lo menos una condición de riesgo “Medio bajo” (calificación mayor a 80%) o de riesgo “Bajo” (que es un indicador mayor a 90%).

Considerando que se realicen las obras de inversión en 2023, no se esperan limitaciones en la prestación del servicio que genere preocupaciones frente a la disponibilidad del servicio en el corto y mediano plazo; esto teniendo en cuenta únicamente la demanda adicional esperada debido a la entrada de nuevas viviendas. Sin embargo, dada la tendencia observada del crecimiento de los suscriptores, es posible que en efecto la demanda crezca a una velocidad aún mayor a la esperada por la proyección de viviendas, de manera que sobre pase el volumen de caudal concesionado en 2037.

²² El indicador corresponde a ACUAVALLE, dado que los demás operadores no reportaron este indicador.

6. Bibliografía

- ACUASUR. (2022). *Radicado SSPD 20215293582782- Respuesta ACUASUR S.A. E.S.P. a la solicitud de información.*
- ACUASUR S.A. E.S.P. (2021). *Plan de emergencia y contingencia (PEC). Servicio: Acueducto y Alcantarillado.* Jamundí: Reporte SUI.
- ACUAVALLE S.A. E.S.P. (2019). *Plan de emergencia y contingencia (PEC). Servicio: Acueducto y Alcantarillado.* Jamundí: Reporte SUI.
- ACUAVALLE S.A. E.S.P. (2022). *Radicado SSPD 20224020712931 respuesta ACUAVALLE S.A. E.S.P. a la solicitud de información.*
- ACUAVALLE S.A. E.S.P. (2016). *Diseños de ingeniería de detalle de las redes, camaras, estructuras de separación y demás obras requeridas para el colector sur, norte, vía férrea, avenida circunvalar, las acacias y gaitán del sistema de alcantarillado.* Jamundí.
- Alcaldía Jamundí. (2020). *Plan de Ordenamiento Territorial.*
[https://www.jamundi.gov.co/Ciudadanos/Paginas/Plan-de-Ordenamiento-Territorial-\(POT\).aspx](https://www.jamundi.gov.co/Ciudadanos/Paginas/Plan-de-Ordenamiento-Territorial-(POT).aspx)
- Bacaër, N. (2008). *Verhulst y la ecuación logística en la dinámica de la población.*
https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01562340v2/file/Verhulst_es.pdf
- Camacol. (2019). *Prospectiva Edificadora 2019. Una visión de corto y mediano plazo.*
https://camacol.co/sites/default/files/descargables/PROSPECTIVA%20EDIFICADORA%202019_1.pdf
- Camacol. (2022). *Coordenada Urbana.* <https://camacol.co/productividad-sectorial/modernizacion-empresarial/coordenada-urbana>
- Carollo, M. (2012). *Regresión Lineal Simple.* <https://anestesiario.org/2020/la-distancia-mas-corta-el-metodo-de-los-minimos-cuadrados/>
- CVC. (2018a). *BALANCE OFERTA – DEMANDA DE AGUA CUENCA DEL RÍO JAMUNDÍ.*
https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-09/Balance_Jamund_1.pdf
- CVC. (2018b). *BALANCE OFERTA – DEMANDA DE AGUA CUENCA DEL RÍO CLARO.*
https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-09/Balance_Claro_0.pdf
- CVC. (2018c). *BALANCE OFERTA – DEMANDA DE AGUA CUENCA DEL RÍO TIMBA.*
https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-09/Balance_Timba_0.pdf
- DANE. (2020). *Documento Metodológico de elaboración de las proyecciones de población de Bogotá, D.C., a nivel de localidad hasta el año 2035 y de Unidad de Planeamiento Zonal – UPZ hasta el año 2024.* <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/proyecciones-de-poblacion/Bogota/proyecciones-bogota-metodologia-desagregacion-loc-2018-2035-UPZ-2018-2024.pdf>
- DANE. (2022). *Proyecciones de población.* <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- DANE. (2022). *Proyecciones de viviendas y hogares.*
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-viviendas-y-hogares>
- DANE. (2022a). *Proyecciones de población.* <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

- DANE. (2022b). *Proyecciones de viviendas y hogares*.
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-viviendas-y-hogares>
- DNP. (2014). *Misión Sistema de Ciudades. Una política nacional para el sistema de ciudades colombiano con visión a largo plazo*. Bogotá: DNP.
- EMCALI. (2022b). *Radicado SSPD 20225291539302. Respuesta EMCALI E.I.C.E E.S.P. Solicitud de información*. (p. 3).
- EMVALLE S.A.S E.S.P. (2020). *Plan de emergencia y contingencia (PEC). Servicio: Acueducto y Alcantarillado*. Jamundí. Reporte SUI.
- EMVALLE S.A.S E.S.P. (2022). *Radicado SSPD 20225291539302. Respuesta EMVALLE S.A.S. E.S.P. solicitud de información*.
- FONTANA S.A. E.S.P. (2020). *Plan de emergencia y contingencia (PEC). Servicio: Acueducto y Alcantarillado*. Jamundí: Reporte SUI.
- FONTANA S.A. E.S.P. (2022). *Radicado SSPD 20215292338322. Respuesta FONTANA S.A. E.S.P. solicitud de información*.
- Función pública. (2011). *Ley 1469 de 2011*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=43213#0>
- Función pública. (2015). *Decreto 1077 de 2015 Sector Vivienda, Ciudad y Territorio*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77216>
- González, M. (s.f.). *Splines: Curvas y Superficies*. <http://www.inf-cr.uclm.es/www/cglez/downloads/docencia/AC/splines.pdf>
- Megbolugbe, I., Marks, A., & Schwartz, M. (1991). The Economic Theory of Housing Demand: A Critical Review. *The Journal of Real Estate Research*, 6(3), 381-393.
- Minvivienda. (2010). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS*. Bogotá DC.
- Minvivienda. (2021). *Memoria justificativa - Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1077 de 2015*. https://www.minvivienda.gov.co/system/files/consultasp/memoria-justificativa_misn.pdf
- MinVivienda. (s.f.). *Resolución 330 del 8 de Junio 2017*. 32–34.
<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0330-2017.pdf>
- OZONO S.A.S E.S.P. (2022). *Radicado SSPD 20225290569772. Respuesta OZONO S.A.S E.S.P. solicitud de información*.
- OZONO S.A.S. E.S.P. (2020). *Plan de emergencia y contingencia (PEC). Servicio: Acueducto y Alcantarillado*. Jamundí: Reporte SUI.
- SERBACOL S.A. E.S.P. (2020). *Plan de emergencia y contingencia (PEC). Servicio: Acueducto y Alcantarillado*. Jamundí: Reporte SUI.
- SERBACOL S.A.S E.S.P. (2022). *Radicado SSPD 20215290345592. Respuesta SERBACOL S.A.S E.S.P. solicitud de información*.
- SSPD. (2018). *Evaluación Integral de Prestadores. Empresas Municipales de Cali E.I.C.E. E.S.P- EMCALI E.I.C.E. E.S.P.* Obtenido de Superservicios Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2(003), 1–224.
- SSPD. (2021). *Estudio sectorial de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado 2020*. https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/informe_sectorial_aa_30-12-21_vf.pdf
- SUI. (2022). *Formatos Facturación Acueducto y Alcantarillado. Consulta Bases de Datos SUI*.

TERRANOVA S.A. E.S.P. (2021). *Plan de emergencia y contingencia (PEC). Servicio: Acueducto y Alcantarillado*. Jamundí: Reporte SUI.

VAKUA S.A.S E.S.P. (s.f.). *Radicado SSPD 20215293249552. Respuesta VAKUA S.A.S E.S.P. solicitud de información*.

Anexo 1. Modelos de proyección de demanda

A1. Filtro de Kalman

El filtro de Kalman es un algoritmo para restablecer un dato en la proyección lineal de un sistema de variables sobre el conjunto de información disponible, según se va estableciendo nueva información. Este filtro permite calcular de modo sencillo la verosimilitud de un modelo dinámico lineal, uniecuacional o multiecuacional, lo que permite estimar los parámetros y obtener predicciones de los modelos.

Los filtros de Kalman operan en modelos de espacio de estado, de acuerdo con Durbin y Koopman (2012), de la siguiente forma:

$$y_t = z\alpha_t + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \sim N(0, H) \quad [2]$$

$$\alpha_{t+1} = T\alpha_t + n_t \quad n_t \sim N(0, Q) \quad [3]$$

$$\alpha_1 \sim N(\alpha_1, P_1) \quad [4]$$

donde y_t es la serie observada (posiblemente con valores faltantes) pero α_t no se observa por completo. La primera ecuación (la ecuación de "medición") dice que los datos observados están relacionados con los estados no observados de una manera particular. La segunda ecuación (la ecuación de "transición") dice que los estados no observados evolucionan con el tiempo de una manera particular.

El filtro de Kalman funciona para encontrar estimaciones óptimas de α_t (se supone que α_t es Normal: $\alpha_t \sim N(a_t, p_t)$), por lo que realmente hace el filtro de Kalman es calcular la media condicional y la varianza de la distribución para α_t condicional en las observaciones hasta tiempo t).

Una vez que el filtro de Kalman se ha aplicado a todo el rango de tiempo, tiene estimaciones óptimas de los estados en, p_t para $t = 1, 2, \dots, t$. Imputar datos es entonces simple a través de la ecuación de medición. En particular, solo se calcula:

$$\hat{y}_t = z\alpha_t \quad [5]$$

A2. Spline

Es un modelo de regresión no paramétrica cuyo objetivo es encontrar un modelo computacional que permite predecir el valor de la variable en función de las covariables. Este modelo utiliza un método de interpolación que estima valores usando una función matemática que minimiza la curvatura general de la superficie, lo que resulta una superficie suave que pasa exactamente por los puntos de entrada. Estos puntos se ajustarán después con funciones polinómicas continuas de la siguiente forma:

- a) La curva realiza interpolación del conjunto de puntos de entrada cuando las secciones polinómicas se ajustan de modo que la curva pasa a través de cada punto de entrada de acuerdo con Gonzáles Morcillo (s.f.).

- b) La curva realiza una aproximación al conjunto de puntos de entrada cuando los polinomios se ajustan a la trayectoria general del punto de entrada sin pasar necesariamente a través de ningún punto de entrada de acuerdo con Gonzáles Morcillo (s.f.).

La función polinómica de n-ésimo grado se define como:

$$y = a_0 + a_1x + a_1x^2 + \dots + a_{n-1}x^{n-1} + a_nx^n \quad [6]$$

Donde a_t son constantes diferentes de cero y n es un entero no negativo.

Se debe tener presente que los Splines son:

- Una curva definida a trozos mediante polinomios.
- Se utilizan para aproximar curvas con formas complicadas.
- Tienen una representación sencilla y son fáciles de implementar.
- Tienen buenas propiedades matemáticas

A3. Stine

Es un modelo de regresión no paramétrica que se basa en la interpolación racional con funciones racionales especialmente elegidas para satisfacer las siguientes condiciones:

- Si los valores de las ordenadas de los puntos especificados cambian de forma monótona y las pendientes de los segmentos de línea que unen los puntos cambian de forma monótona, entonces la curva de interpolación y su pendiente cambiarán de forma monótona.
- Si las pendientes de los segmentos de línea que unen los puntos especificados cambian de forma monótona, las pendientes de la curva de interpolación cambiarán de forma monótona.
- Si ocurre un pequeño cambio en la ordenada o la pendiente en uno de los puntos de las condiciones anteriores, estos dejarán de cumplirse. Entonces, hacer este pequeño cambio en la ordenada o la pendiente en un punto no causará más que un pequeño cambio en la curva de interpolación.

A4. Correlación lineal

Es un modelo matemático paramétrico usado para aproximar la relación de una variable predicha a partir de otra predictora. Mediante las técnicas de regresión se busca una función que sea una buena aproximación de una nube de puntos (X_i, Y_i) . El modelo de regresión lineal simple tiene la siguiente expresión:

$$y = \alpha + \beta x + \varepsilon \quad [7]$$

Donde, α es la ordenada en el origen (el valor que toma y cuando x vale 0), β es la pendiente de la recta (e indica cómo cambia y al incrementar x en una unidad) y ε es una variable que incluye un conjunto grande de factores, cada uno de los cuales influye en la respuesta sólo en pequeña magnitud, a la que llamaremos error. x e y son variables aleatorias, por lo que no se puede establecer una relación lineal exacta entre ellas.

Para hacer una estimación del modelo de regresión lineal simple se utiliza el método de mínimos cuadrados que trata de buscar una recta minimizando la suma de cuadrados de las diferencias entre los valores reales observados (y_i) y los valores estimados (\hat{y}_i), mencionado por Carollo M. (2012).

Aplicado al caso de estudio, el concepto de correlación lineal se emplea para estimar los parámetros de la función lineal que modela una dependencia lineal entre dos variables: la demanda de acuerdo con la proyección de población según las estimaciones del DANE (2020) y la demanda de acuerdo con la proyección de suscriptores reportados en el SUI (2022). Para calibrar el modelo se emplean datos conocidos para ambas variables en un periodo comprendido entre 2013 y 2020.

La utilidad de este modelo radica en que se encuentra implícita una lógica de proporcionalidad entre el modelo empleado por el DANE (2020) para proyectar población y la dinámica de crecimiento de suscriptores. Esta aproximación encuentra un sustento importante en los planteamientos teóricos fundamentos estadísticos del DANE (2020) en los ejercicios de proyección.

A5. Función logística

La función logística, conocida también como curva logística en forma de S (curva sigmoidea), es una función matemática que se utiliza en el crecimiento de poblaciones, mejorando el modelo exponencial. Se define mediante la siguiente ecuación:

$$P(t) = \frac{K P_0 e^{rt}}{K + P_0 (e^{rt} - 1)} \quad [8]$$

Donde, P representa el tamaño de la población, r representa la tasa de crecimiento, e es la constante de Euler, t es el tiempo y K el tamaño máximo de la población. Mediante la etapa de crecimiento se genera un modelo exponencial y a medida que comienza la saturación, el crecimiento se convierte en un modelo lineal hasta llegar a un punto donde se detiene.

El modelo exponencial de Thomas Robert Malthus no era muy realista, así que el matemático belga Pierre François Verhulst propuso la función logística donde comenta que la tasa de reproducción es proporcional a la población existente y a la cantidad de recursos disponibles, en igualdad de condiciones. Por ende, esta función permite ser utilizada en modelos de crecimiento demográfico. Sin embargo, se debe tener en cuenta que esta función requiere de dos parámetros iniciales, como lo son la población inicial P_0 y el tamaño máximo de la población K .