**MUNICIPIO DE VILLA DE LEYVA BOYACÁ**

# OPTIMIZACION ACUEDUCTO ASACAPILLA II DEL MUNICIPIO DE VILLA DE LEYVA, BOYACÁ

**VILLA DE LEYVA**
**FEBRERO DE 2024**

# CONTENIDO


1. CARACTERISTICAS BASICAS DEL MUNICIPIO ..... 3
1.1. LOCALIZACIÓN ..... 3
1.2. DIVISIÓN POLÍTICA ..... 4
1.3. VÍAS DE COMUNICACIÓN ..... 5
1.4. GEOLOGIA Y SUELOS ..... 7
1.5. CLIMATOLOGIA HIDROGRAFÍA E HIDROLOGÍA ..... 10
1.6. RIESGOS Y AMENAZAS ..... 11
1.7. USO DEL SUELO ..... 12
1.8. EDUCACIÓN ..... 14
1.9. ECONOMÍA ..... 15
1.10. TRANSPORTE ..... 16
1.11. DEPORTE ..... 18
1.12. CULTURA ..... 18
1.13. SALUD ..... 18
2. DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE ACUEDUCTO EXISTENTE ..... 20
2.1. CONDICIONES OPERATIVAS Y DE CUBRIMIENTO ACTUALES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO ..... 20
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO ..... 28
4. CRITERIOS DE DISEÑO ..... 29
5. ANALISIS Y PROYECCIÓN DE POBLACIÓN ..... 33
6. CÁLCULO DE LA DEMANDA ACTUAL ..... 44
7. CAUDAL DE DISEÑO ..... 46
8. RESULTADOS MODELO HIDRÁULICO ..... 48
8.1. UBICACIÓN DE VÁLVULAS DEL PROYECTO ..... 56

## 1. CARACTERISTICAS BASICAS DEL MUNICIPIO

Fundada en 1572 con el nombre de Villa de Santa María de Leyva, fue declarada monumento nacional en el año 1954. Es considerada uno de los pueblos más hermosos de Colombia en donde sobresale su enorme y famosa plaza principal, empedrada (1,4 ha) que se encuentra flanqueada por viejos edificios coloniales. El municipio tiene una extensión de 128 km2 y su altura sobre el nivel del mar en el casco urbano es de 2.143 metros, la temperatura promedio está entre los 17 y 18ºC. La población, según el censo de 2018, es de 16.139 de los cuales 7.897componen la población urbana y 8242 la rural. La economía Leyvana se basa en el turismo, la agricultura y la explotación de piedra, arcilla y mármol.

El acceso a Villa de Leyva se realiza por vía terrestre por la carretera a Tunja capital del departamento, a Chiquinquirá y a Arcabuco.

### 1.1. LOCALIZACIÓN

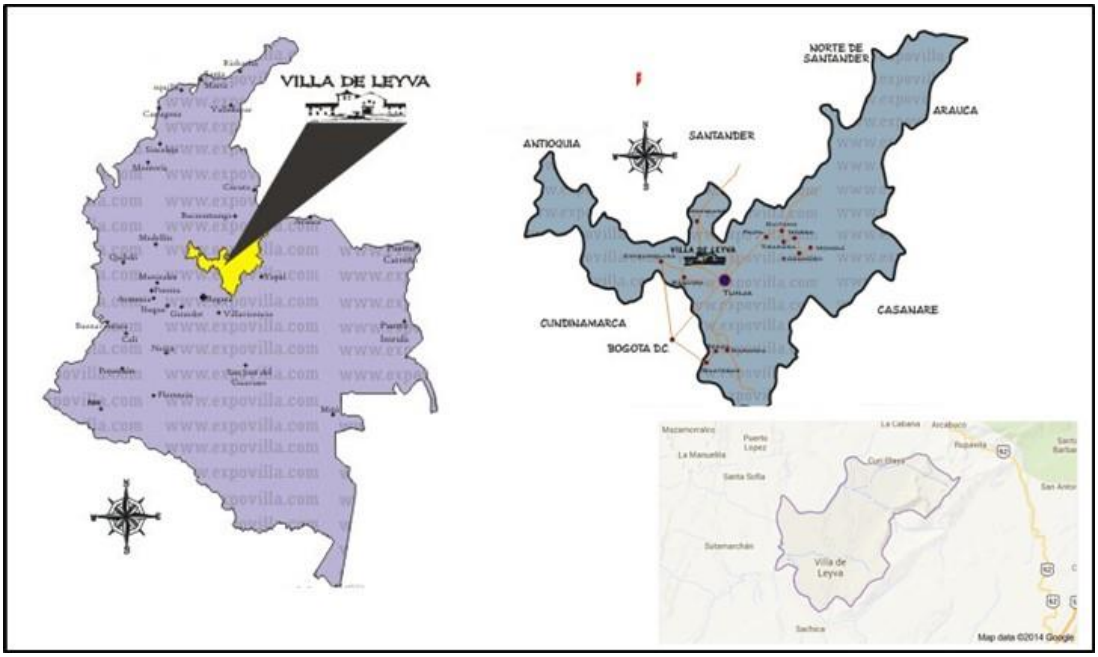
Villa de Leyva es un municipio colombiano ubicado a unos 40 km al oeste de Tunja, en el departamento de Boyacá, reconocido como patrimonio histórico y cultural, se caracteriza por su arquitectura de estilo colonial y por sus variados paisas rurales que van desde la zona de páramo con sus nacimientos y reservorios de agua hasta la zona desértica y seca.

El municipio de Villa de Leyva se encuentra sobre la cordillera oriental de los Andes, en la región central del departamento de Boyacá, en una zona montañosa que rodea un valle conocido desde épocas precolombinas llamado inicialmente por los indígenas valle de Zaquencipá, luego valle de Moniquirá y que actualmente ocupa la provincia de Ricaurte.

La Provincia de Ricaurte ha sido dividida en dos zonas: Alto Ricaurte y Bajo Ricaurte, estas zonas política y administrativamente incluyen trece municipios:

Tiene una altitud va desde los 2.400 m.s.n.m. en la parte más baja, hasta los 3800 metros aproximadamente en la parte más alta, donde gran parte del territorio hace parte del Parque Nacional Natural Pisba. La cabecera de Villa de Leyva ésta situada a 5º 54'35.14" de latitud norte y 72° 46'51.54" de longitud del Oeste de Greenwich. Con respecto de las coordenadas de Gauss, presenta los siguientes valores:

**Figura 1.** Ubicación del Municipio de Villa de Leyva

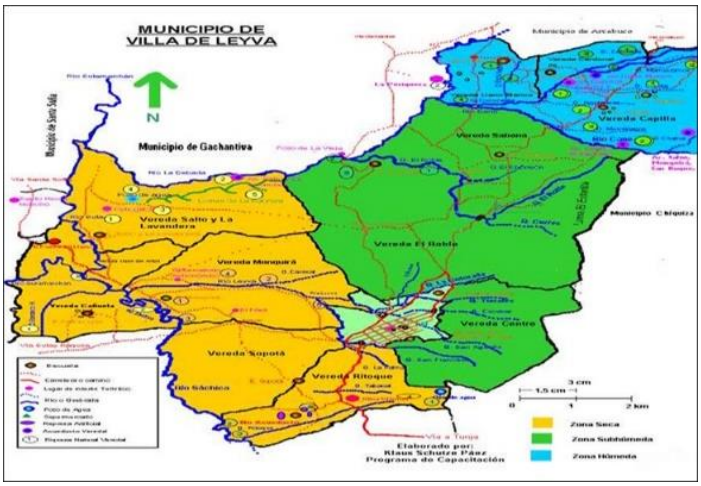



**Fuente.** El autor.

## 1.2. DIVISIÓN POLÍTICA

Villa de Leyva limita por el Norte: municipios de Arcabuco y Gachantivá,
Por el sur: municipio de Sáchica
Por el oriente: municipio de Chíquiza
Por el occidente: municipios de Santa Sofía y Sutamarchán

**Figura 2.** Límites de Municipio de Villa de Leyva




**Fuente.** El autor.

## 1.3. VÍAS DE COMUNICACIÓN

Según el PBOT Municipio de Villa de Leyva 2004, El sistema vial de Villa de Leyva está estructurado por el conjunto de vías que integran la red o malla que permite la intercomunicación vial al interior y al exterior del municipio. Hacen parte de este sistema las vías nacionales, departamentales y municipales.

Malla vial Municipal. La estructura del Sistema vial Municipal lo constituyen las vías que en el Municipio y según su competencia son de carácter Nacional, Departamental y Municipal; vías que comunican el territorio Urbano - Local con la Provincia, la Región y el territorio Nacional. Su estructura conforma una malla que permite la comunicación y relación de la población con el territorio y fundamenta su desarrollo económico y productivo. El Plan Básico de Ordenamiento Territorial establece para su periodo ejecutivo la malla vial que, complementada, categorizada incidirá en el fortalecimiento sostenible del Municipio y la Región.

La malla vial del Municipio de Villa de Leyva se categoriza de la siguiente forma:

**Tabla 1.** Malla vial

| Categoria | Caracteristicas |
|---|---|
| 0 | Vía principal, intermunicipal de enlace Nacional. |
| 1 | Vía principal, intermunicipal de enlace Regional. |
| 2 | Vía intermunicipal de enlace Provincial (Secundario). |
| 3 | Vía interveredal de primer orden. |
| 4 | Vías que comunica las interveredales (Segundo orden). |
| 5 | Vía comunitaria. Carreteable comunal |
| 6 | Caminos Patrimoniales. (Indígenas, de herradura y por tradición). |

Fuente. El autor.

Las características físicas de la malla vial municipal o circuito vial responderán a las siguientes especificaciones:

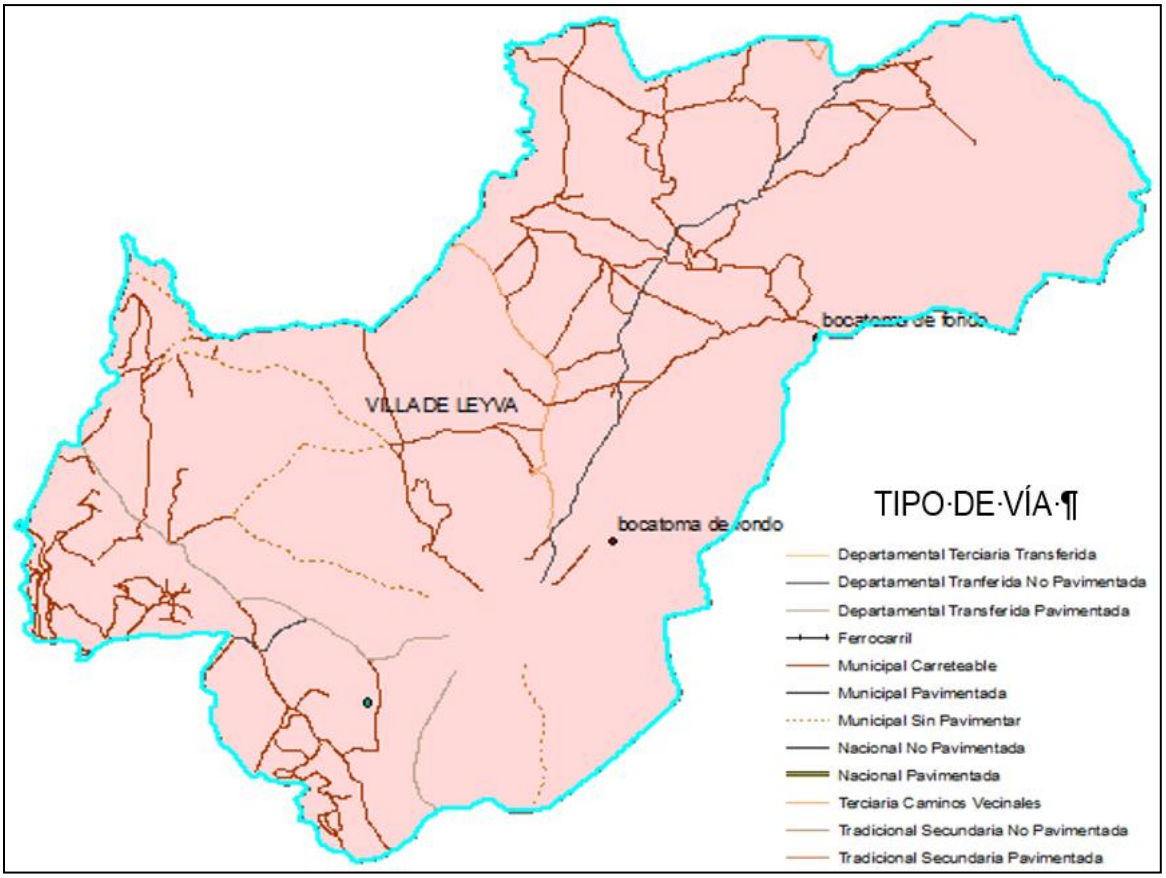
**Tabla 2.** Especificaciones malla vial

| Categoría | Seccion Transversal | | | Capa de Rodadura | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| | Vía | Berma | Anden | | |
| V1 | 10 | 2 | | Pavimento | Rectificar pendientes y trazado |
| V2 | 7 | 1 | 1 | Gravilla | Rectificar pendientes y drenajes (cemento) |
| V3 | 6 | 1 | | Gravilla | Tratamiento y manejo de taludes y drenajes (cemento) |

| Categoría | Seccion Transversal | | | Capa de Rodadura | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| | Vía | Berma | Anden | | |
| V4 | 5 | 1 | | Recebo | Corrección de perfil en corte transversal, drenajes |
| V5 | 4 | 1 | | Tierra | Tratamiento de perfiles y drenajes |
| V6 | E | E | | Existente | No se permiten cambios |

Fuente. El autor.

**Figura 3.** Sistema vial y transito municipio de Villa de Leyva




Malla vial Municipal. Identificación y Proyectos. Corresponde a la presente identificación, se puede observar en la imagen 18, el cual hace parte del presente Acuerdo.

La malla vial urbana se articula a un área de oportunidad para parqueaderos que busca equilibrar el sistema vial vehicular con el sistema vial peatonal. Conformación de la malla vial urbana consolida el perímetro urbano y áreas de regulación en una estructura única y homogénea.

Uno de los problemas del desarrollo del municipio lo constituye la indiscriminada aparición de vías sin tener en cuenta un plan vial estructurado, donde el sistema primario prevalezca sobre el libre albedrio de los urbanizadores, en el que los nuevos procesos de urbanización se apoyen en los instrumentos de gestión del reparto de cargas y beneficios,( Ley 388 de 1997), en la cual los promotores y constructores de nuevos conjuntos de vivienda, sean los encargados de construir las infraestructuras de nivel local , mientras la administración se concentra en la estructura primaria.

Por otra parte, el trabajo de accesibilidad tanto en el espacio urbano como rural debe priorizar la mejor oferta de accesibilidad segura para todos, especialmente al interior del casco urbano patrimonial, ofertando posibilidades a peatones y discapacitados.

La calidad vial es precaria y en especial con dificultad para la movilización de los peatones. Cuenta con:

- 30.000 metros de calles pavimentadas equivalente.
- 40.000 metros de calles empedradas equivalente.
- 40.000 metros de calles destapados equivalente.
- 40.000 metros de calles en afinados equivalente.

## 1.4. GEOLOGIA Y SUELOS

En la zona de estudio aflora una sucesión de rocas sedimentarias generalmente carbonatadas, así como depósitos de rocas del Cuaternario (depósitos aluviales, coluviales y de precipitación química) en las que se utiliza la nomenclatura del Valle Medio del Magdalena para rocas sedimentarias Cretáceas. Estas sucesiones litológicas son presentadas a continuación (de la más antigua a la más reciente)

**Formación Arcabuco.**
Según Etayo–Serna et al (1983), la Formación Arcabuco se compone de bancos gruesos de arenisca cuarzosa de color claro, en ocasiones rojiza, de tamaño de grano fino a medio, ocasionalmente conglomerado, contiene algunas capas de lodolitas. Presenta un espesor que excede considerablemente los 300m.

Fue descrita originalmente por Scheibe, E.A. (1938). La localidad tipo según Etayo Serna (1983) se ubica en la rivera del Río Pómeca, por la vía Tunja – Moniquirá, 7,5 km aguas arriba desde Arcabuco. La unidad posee allí más de 470 m de espesor, aunque no se encuentra expuesta la base.

Edad: Jurasico tardío según Scheibe (1938) con base en las faunas fósiles halladas en las capas que le superponen; sin embargo, Etayo-Serna (1968), con base en diversas correlaciones con la unidad suprayacente, le asigna una edad de Cretácico temprano

**Formación Rosablanca.**

Según Etayo–Serna et al (1983), la Formación Rosablanca está conformada por calizas grises, algunas lumaquelicas, dolomitas grises, lodolitas calcáreas grises, Shales con intercalaciones de caliza y hacia la parte superior un nivel de areniscas. Fue definida inicialmente por Wheeler (1929). Años más tarde Toussaint (1996) comenta un espesor variable para la formación de unos 100 m al norte de Bucaramanga y de 425 m en la zona del Río Sogamoso, específicamente en la Mesa de los Santos la cual es su sección tipo. Julivert (1968), indica que hacia el área de Simiti adicionalmente se encuentra Nicklesia y que se presentan ciertos niveles con equinodermos como Toxaster roulini y moluscos, así como briozoarios y nanofosiles de edad Berriasiano – Valanginiano.

Edad: según Bürgl (1954) de acuerdo a la fauna colectada en el Río Cane se le asigna una edad de Valanginiano. Por otro lado Etayo-Serna (1968) considera que esta unidad puede corresponder al Valanginiano tardío.

**Formación Ritoque (Kiri).**

Definida inicialmente por Etayo–Serna (1968) como rocas que afloran en el municipio de Ritóque (Boyacá). Esta formación está compuesta por limolitas grises en su parte inferior con alternancia de limolitas con calizas lumaquelicas lenticulares en bancos de 30 a 50 cm de espesor en el flanco occidental del Anticlinal de Arcabuco y según Etayo-Serna (1968), está compuesta de limolitas grises micáceas con tonos rojizos por meteorización, en alternancia con areniscas de tamaño de grano fino a arcillosas, con un espesor de 70 m a 110 m. La Formación Ritoque se encuentra en contacto concordante hacia la base con la Formación Rosablanca y hacia el techo con la Formación Paja.

Edad: Según Etayo-Serna (1968) la edad para la Formación Ritoque corresponde al Hauteriviano temprano.

**Formación Paja (kip).**

Según Julivert (1968), el nombre asignado para la Formación deriva de la Quebrada La Paja, afluente del Río Sogamoso, entre Bucaramanga y San Vicente. La Formación Paja, según Morales et al (1958) está constituida predominantemente por shales arcillosos a limosos, negros, micáceos, ligeramente calcáreos y delgadamente laminados, con láminas y venillas delgadas de yeso. La parte inferior contiene concreciones calcáreas, nódulos septarios y venas de calcita. En los cuadrángulos de Tunja y de Charalá, Renzoni (1969), la ha subdividido informalmente en un miembro inferior arenoso constituido por una alternancia de estratos de arenitas y de arcillolitas grises, y un miembro superior arcillosos constituido por Shales de color negro a gris castaño e interestratificaciones de calizas. En el área de Villa de Leiva Etayo-Serna (1968), ha subdividido informalmente la Formación Paja en tres conjuntos: Lutitas negras inferiores, constituida por shales negros con nódulos fosilíferos. Arcillolitas abigarradas,

formado por arcillolitas abigarradas que contienen nódulos calcáreos fosilíferos, estratos delgados calcáreos y láminas de venas y yeso. Arcillolitas de color marrón a gris con nódulos elipsoidales huecos.

El espesor de esta formación varía entre un mínimo de 125 m y un máximo de 625 m, la extensión geográfica de esta formación es la parte norte del Valle medio de Magdalena y la región de Mesas y Cuestas. Finalmente, Renzoni (1968) describe sobre la carretera Sáchica – Tunja una parte inferior de shales negros Hauterivianos y una superior de shales negros Aptianos con nódulos huecos; así mismo, pone de manifiesto la presencia de un miembro inferior arenoso a partir de Arcabuco y Togüi. Estos niveles de arenisca se alternan con niveles de shales negros más o menos arenosos y el conjunto llega a ser de 293 m en espesor.

De acuerdo a la recopilación hecha por Toussaint (1996), los fósiles encontramos para la parte basal de la Formación Paja corresponden a faunas de Olcostephanus, mientras que para la parte superior la fauna contiene Nicklesia del Barremiano y Dufrenoyia del Aptiano inferior. Adicionalmente en Forero-Onofre y Sarmiento-Rojas (1985) se resalta la presencia de niveles con restos de reptiles marinos como del Kronosaurus del Albiano, encontrado en cercanías de Villa de Leyva.

De acuerdo con Etayo-Serna (op.citp.), para la parte baja se interpreta ambientalmente la acumulación de lodolitas terrígenas en sectores muy tranquilos bajo condiciones anóxicas; para el miembro de arcillolitas abigarradas. Forero-Onofre & Sarmiento-Rojas (1985), interpretan el desarrollo de llanuras de mareas salinas, entre ambientes supramareales e intermareales y para el nivel superior según Patarroyo & Moreno Murillo (1997) la salinidad disminuye y puede ser interpretado un avance del nivel del mar o restricción en las condiciones del medio. Edad: Asignada como Hauteriviano tardío – Aptiano tardío según Etayo-Serna (1968). Sin embargo, el mismo autor Etayo-Serna (1979) determina más tarde, una edad comprendida desde el Valanginiano tardío hasta el Aptiano tardío.

**Grupo San Gil (kis).**

Descrita por Hubach, E. (1953), como caliza de San Gil, posteriormente Etayo-Serna (1968), la define como Grupo San Gil.

El Grupo San Gil aflora entre los puntos 16b y E36 de la poligonal referida por Etayo Serna (1968) en la carretera entre Sáchica y Puente Samacá departamento de Boyacá. Constituido por la Formación San Gil Inferior que es una secuencia de arcillolitas arenosas grises, calizas arenosas y arenitas cuarzosas y por la Formación San Gil Superior la cual está formada por lodolitas de color gris oscuro con interestratificaciones de arenitas y calizas. El espesor aproximado para el grupo San Gil es de 940 m.

Edad: Se le asigna la edad de Aptiano – Albiano según Etayo-Serna (1968).

**Formacion Churuvita (Ksch).**

Descrita por Etayo-Serna (1968). La unidad aflora parcialmente entre los puntos E36 y 43a de la poligonal referida por este autor y está localizada entre la carretera entre Sáchica y el Puente Samacá, (Boyacá). De base a tope está constituida por un segmento inferior de arenitas cuarzosas, moscovíticas, de grano fino, de color gris, estratificadas en bancos gruesos; este segmento es fosilífero en un 7% de su espesor el cual es aproximadamente 100 mt. Un segmento intermedio formado por una alternancia de bancos lumaquélicos calcáreos, a calcáreos arcillosos, lodolitas y arenitas en estratos gruesos; este segmento es fosilífero en un 37% de su espesor, el cual es 73; y un segmento superior constituido por una alternancia de arcillolitas y limolitas con bancos macizos de arenitas de grano variable entre tamaño fino y medio, y con bancos calcáreos macizos. Los niveles fosilíferos representan el 43,8% del espesor del segmento. El espesor estipulado para esta Formación es 225 m.

Edad: Según Etayo-Serna et al (1968) corresponde al Cenomaniano.

**Depósitos Cuaternarios.**

En el área del Departamento de Boyacá y a partir de los diferentes trabajos geológicos tanto de carácter regional como locales, se agruparon y diferenciaron los siguientes tipos de depósitos cuaternarios:

Glaciares (Qm). Este tipo de depósitos se presenta en el extremo noroeste y constan de una serie de morrenas, formadas por una masa de bloques angulares, parcialmente de arenitas y conglomerados, en una matriz areno -arcillosa, sin ninguna selección.

Coluviales (Qc). Con este término se incluyen los depósitos de talud y derrubios; están constituidos por acumulaciones de materiales de composición heterogénea y de tamaño variable, predominantemente bloques angulares.
Aluviales (Qal). Se ubican hacia las márgenes de los drenajes principales y consisten de bloques redondeados, a subredondeados principalmente de arenitas, en una matriz areno-arcillosa, presentan una morfología plana.

## 1.5. CLIMATOLOGIA HIDROGRAFÍA E HIDROLOGÍA

Al llevar a cabo el análisis climático de la zona es necesario valorar varios factores y este se realiza descriptivamente y aplicable de forma o de uso corriente, de acuerdo con los lineamientos de autores tales como Thornthwaite y la subdirección de agrología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, los cuales indican las condiciones atmosféricas de humedad, aridez, los regímenes climáticos, lo mismo que el factor de humedad de lluvia o índice de efectividad de la precipitación P/T, relacionando las clases de clima y su vegetación asociada.

Estas relaciones están consignadas en los cuadros siguientes:

**Tabla 3.** Clasificación climática

| Factor de humedad | Código | Tipo climático |
|---|---|---|
| | | |
| Mayor de 100 | A | Superhumedo |
| 80.1 a 100 | $B_4$ | Muy Húmedo |
| 60.1 a 80 | $B_3$ | Húmedo |
| 40.1 a 60 | $B_2$ | Moderadamente Húmedo |
| 20.1 a 40 | $B_1$ | Ligeramente Húmedo |
| 0.1 a 20 | $C_2$ | Subhumedo – Húmedo |
| -20.1 a 0 | $C_1$ | Subhumedo – Seco |
| -40.1 a -20 | D | Semiárido |
| -60.1 a -40 | E | Árido |

## 1.6. RIESGOS Y AMENAZAS

Según el Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015, respecto al tema de inundación estas, están ubicadas al sur de la desembocadura del rio La Cebada en el rio Cane, hasta la desembocadura de la quebrada el Roble en el rio Cane.

Además de lo anterior y debido al régimen torrencial, las lluvias en la zona, al igual que las altas pendientes de los drenajes de las quebradas San Francisco, San Agustín, San Marcos, Cucubos, Tintales y la Colorada, representan un alto nivel de amenaza por inundaciones de alta pendiente, o súbitas para el casco urbano y alrededores del municipio de Villa de Leyva.

El rebasamiento de las quebradas que atraviesan el casco urbano y que lo enmarcan en especial las quebradas San Francisco, San Marcos, San Agustín, La Palma y la Bañadera, ya no poseen espacios físico-naturales requeridos para esta función regulatoria (además de las rondas), por ende las actuales edificaciones e infraestructuras viales y de manejo de aguas, no son suficientemente adecuadas para este efecto, implicando con ello un riesgo que trae el deterioro del patrimonio de la propiedad y de los bienes construidos fuera del eventual riesgo que trae a la vida y la salud de los habitantes de estas zonas; además de afectar la estructura y las funciones naturales de las quebradas y aumentar costos de prevención y manejo por parte del erario público o de los privados.

El Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Villa de Leyva identifica dos áreas propensas a inundación, la primera área se encuentra comprendida entre la desembocadura de las Quebradas La Colorada Alta, El Roble y Río La Cebada

en el Río Cane, como la de más alto riesgo; y el área comprendida por la Quebrada La Colorada en su encuentro con el Río Leyva (área suburbana), con altos niveles de encharcamiento.

Corrientes que por filtración de las aguas en depósito provenientes de la parte alta del casco urbano (sector Sureste), han significado riesgo para las construcciones cercanas existentes del perímetro urbano.

En torno a las zonas por inundación fluvial es necesario:

- Identificar las viviendas ubicadas en el área para su incorporación a planes de reubicación de vivienda rural.

- Se prohíbe cualquier actividad agropecuaria y de ocupación habitacional en el codo del Río Cane (área de mayor inundación).

- Implementar sistemas de drenajes en áreas de inundación e influencia.

- Se prohíbe el uso de agroquímicos en los cultivos del área de influencia de la zona de inundación.

- Recuperación de la cobertura vegetal nativa y restitución de bosques exógenos en las rondas de las áreas de riesgo por inundación.

- Construcción de sistemas en las áreas de influencia de la zona de inundación para el tratamiento de aguas residuales y aguas lluvias.

Para el diseño de la red del sistema de acueducto, se deberá complementar con trabajos sociales en conjunto con la alcaldía, para la adecuación de los cauces de los cuerpos hídricos, para prevenir riesgos de inundaciones que pudiera afectar la red.

## 1.7. USO DEL SUELO

El Plan de Desarrollo 2012-2015, se evidencia el análisis sociodemográfico del año de 2004, el 17,72% de la población vive en arriendo o subarriendo, mientras el 32,17% se halla en otras condiciones, indicando que el 49,89% de los habitantes tiene diversa posesión sobre la tierra. La población rural es minifundista, más del 50% de los predios están por debajo de una hectárea. Los predios con mayor extensión, situados en las veredas: Capilla, El Roble, Salto y la Lavandera, Moniquirá, Sopotá y Ritoque, están ubicados sobre suelos erosionados ó suelos no aptos para la actividad agropecuaria. Por lo tanto, el desarrollo rural de Villa de Leyva debe estar encaminado hacia la organización de la producción de acuerdo al uso real del suelo

**Actividad Agraria.**

La cebolla ocupaba la mayor área en promedio de cultivo en los últimos 9 años pero se ha visto remplazada por el cultivo de tomate bajo invernadero y a campo abierto, especialmente en las veredas bajas del Municipio, le siguen la papa, maíz, fríjol, arveja y trigo.

La Actividad agraria se ha estancado en parte por falta de transferencia tecnológica, altos costos de producción, inestabilidad de los precios y la comercialización limitada. El cultivo con el mayor número de Hectáreas sembradas es el Tomate bajo invernadero y lo sigue la cebolla que tradicionalmente ha sido sembrada en la región.

Recientemente con la implementación de los proyectos productivos como son las huertas caseras, se han visto motivadas algunas familias para abastecerse de productos para el consumo diario.

**Actividad Pecuaria.**

La actividad pecuaria se desarrolla en terrenos que poseen pastos adaptados como el kikuyo, pastos naturales (poa, el carretón y paja), pero son escasos los pastos mejorados.

Existen especies mayores y menores; el ganado bovino es de mayor importancia, y, el producto obtenido de la explotación pecuaria es para consumo doméstico su comercialización se realiza en el ámbito local, dejando ver claramente que no hay extensión de mercado. Otras especies como la porcina, caprina y ovina se explotan en menor cantidad.

La población rural desconoce procesos que conduzcan al incremento y obtención de máximos beneficios de la actividad pecuaria, mediante procesos de agregación de valor. La explotación pecuaria al igual que otras actividades económicas, no tiene organizaciones empresariales perjudicando la oferta y la demanda que en el mercado afecta directamente al ganadero y al consumidor con topes altos y bajos sin tendencias estabilizadoras durante el año.

**Actividad Agroindustrial.**

Existen dos Empresas que realizan actividad agroindustrial a partir del cultivo de la Uva así: Viñedo Guananí y Ainn Karim: Empresas que procesa la uva para la producción vinícola. Sus vinos son muy reconocidos en el mercado regional y nacional.

Los cultivos de flores son desarrollados por: Agrodex y otras empresas de menor tamaño, que distribuyen su producción a nivel nacional e internacional en menor escala.

Se han impulsado microempresas agroindustriales (Conservas, mermeladas), yogurt, pulpa de fruta etc. Es una actividad poco explotada por la población nativa ya que no existen procesos para la creación y conformación de empresas. Aunque se ha realizado capacitación por intermedio del SENA en la conformación de microempresa, falta mayor concientización de la población en cultivos alternativos entre otros.

La red existente de acueducto no afecta el uso actual de los suelos que el Plan de Desarrollo 2012-2015 propone, lo que se tener en cuenta para los trabajos del producto N° 3 de selección de alternativas, para en conjunto con la alcaldía realizar labores de servidumbres.

## 1.8. EDUCACIÓN

El sistema de educación se encuentra desarrollando los principios constitucionales garantizando los derechos fundamentales a la educación, plan decenal de educación y ley general de educación, con el cubrimiento de población estudiantil de un 97% entre educación pública y privada, con proyectos educativos fortalecidos con estrategias para mejorar la calidad educativa, docentes capacitados, con enfoque de proyectos e investigación educativa al servicio de la nueva misión y visión del municipio. Personal técnico, tecnológico y profesional egresado de instituciones educativas con convenios con el municipio como SENA con sede en Villa de Leiva.

Profesionales de diferentes modalidades con universidades como la UNAD, UPTC, Minuto de Dios, ESAP con programas semiescolarizados y educación virtual.

Personal calificado con experiencias de Intercambios, pasantías universitarias con otros departamentos y países. Estos estudiantes habrán realizado sus estudios con apoyo de becas y cofinanciación de entidades como el ICETEX y Colfuturo. Proyectos pedagógicos y proyectos de aula articulados a los procesos productivos, artísticos, culturales, y patrimoniales del municipio y/o de la región del alto Ricaurte. Atención a niños con problemas de aprendizaje y refuerzo escolar, atendidos de una forma diferente a niños con problemas de discapacidad. Política de infancia y adolescencia consolidada, mesas técnicas de infancia operando, observatorio social de infancia y familia con resultados positivos y aportes para la implementación de la política de infancia.

## 1.9. ECONOMÍA

- **Sector minero:**

En el orden a establecer criterios para sustentar propuestas en el ordenamiento territorial de Villa de Leyva y en su consecuente desarrollo sostenible, sea lo primero manifestar que, a pesar de los cientos de estudios sobre la región, no se conoce suficientemente, cuáles son los limitantes o umbrales ambientales permisibles.

Articulación público privada: Dicha articulación se basa en el dialogo continuo con el sector productivo de la región y pasa por una definición conjunta de una visión de desarrollo del territorio.

Diseño concertado participativo de un programa de buenas prácticas (BP) y un plan de mejora. Crear una unidad de apoyo municipal al sector minero encargada de liderar y coordinar acciones tendientes a fortalecer el encadenamiento productivo, la seguridad, la gestión ambiental y la responsabilidad social de este sector productivo, logrando que se convierta en una verdadera posibilidad de crecimiento socioeconómico de la región.

- **Sector Agropecuario y Agroindustrial**

Existen dos Empresas que realizan actividad agroindustrial a partir del cultivo de la Uva así: Viñedo Guananí y Ainn Karim: Empresas que procesa la uva para la producción vinícola. Sus vinos son muy reconocidos en el mercado regional y nacional.

Los cultivos de flores son desarrollados por: Agrodex y otras empresas de menor tamaño, que distribuyen su producción a nivel nacional e internacional en menor escala.

Se han impulsado microempresas agroindustriales (Conservas, mermeladas), yogurt, pulpa de fruta etc. Es una actividad poco explotada por la población nativa ya que no existen procesos para la creación y conformación de empresas. Aunque se ha realizado capacitación por intermedio del SENA en la conformación de microempresa, falta mayor concientización de la población en cultivos alternativos entre otros.

Una nueva amenaza para la estructura natural lo constituye la producción agroindustrial bajo viveros de plástico que están cambiando el paisaje natural de la región por un paisaje polimerizado, afectando intensamente la estructura de la tierra, demandando alto consumo de agua sin ninguna contraprestación por el uso de los recursos naturales ni las afectaciones generadas.

Partiendo de una identificación y registro de los pequeños productores del Municipio (RUAT) elaborar e implementar un plan general de asistencia técnica agropecuaria definiendo mecanismos de seguimiento y evaluación de resultados.

Trabajar con las diferentes entidades del estado en la definición de fondos locales para el desarrollo de las mipymes, a fin de superar las dificultades en el acceso a líneas de financiamiento.

Formulación y suscripción de convenios con gremios, instituciones públicas, empresas privadas para implementar programa de trasferencia de nuevas tecnologías y buenas prácticas en el sector agropecuario.

Acompañar y apoyar a las organizaciones de distritos de riego para la presentación de proyectos para la construcción de infraestructura y sistemas de riego y proyectos productivos agropecuarios.

Identificar las áreas potenciales: desarrollo agropecuario, potencial minero y agroindustrial, servicios ambientales, servicios turísticos, artesanías, transporte, prestación de bienes y servicios, adelantar convenios y alianzas para adelantar procesos de formación y organización de mipymes que atiendan las necesidades de la región del país.

## 1.10. TRANSPORTE

Constituido por un sistema Perimetral articulado al Sistema Vial Municipal, a su vez a la malla vial Urbana que optimiza el Centro Histórico para el recorrido contemplativo peatonal. La malla vial urbana se articula a un área de oportunidad para parqueaderos que busca equilibrar el sistema vial vehicular con el sistema vial peatonal.

Conformación de la malla vial urbana consolida el perímetro urbano y áreas de regulación en una estructura única y homogénea.

Uno de los problemas del desarrollo del municipio lo constituye la indiscriminada aparición de vías sin tener en cuenta un plan vial estructurado, donde el sistema primario prevalezca sobre el libre albedrio de los urbanizadores, en el que los nuevos procesos de urbanización se apoyen en los instrumentos de gestión del reparto de cargas y beneficios,( Ley 388 de 1997), en la cual los promotores y constructores de nuevos conjuntos de vivienda, sean los encargados de construir las infraestructuras de nivel local , mientras la administración se concentra en la estructura primaria.

Por otra parte, el trabajo de accesibilidad tanto en el espacio urbano como rural debe priorizar la mejor oferta de accesibilidad segura para todos, especialmente al interior del casco urbano patrimonial, ofertando posibilidades a peatones y discapacitados.
La calidad vial es precaria y en especial con dificultad para la movilización de los peatones. Cuenta con:

- 30.000 metros de calles pavimentadas equivalente.
- 40.000 metros de calles empedradas equivalente.
- 40.000 metros de calles destapados equivalente.
- 40.000 metros de calles en afinados equivalente.

La malla vial urbana, en una estructura única y homogénea, con la morfología y manzaneo estructurante del Centro Histórico, genera especialmente hacia el límite urbano, solicitudes de revisión a los trazados y proyecciones viales, establecidas en el plano UF2 del PBOT, por fraccionamiento de predios, áreas residuales sin posibilidad de parcelación y cumplimiento de condiciones técnicas mínimas de construcción, pérdida de continuidad del alineamiento y proyección vial por edificaciones, interferencia con rondas y zonas de protección ambiental, disminución del área útil por protección ambiental y asignación vial, mayores costos por adquisición de predios cuando se cuenta con vías ya establecidas o trazados ya consolidados muy cerca al alineamiento planteado.

La malla vial rural, es un sistema terciario, sometido al vaivén de los periodos de lluvias, sin un buen sistema de cunetas y obras de arte, con tráfico pesado de volquetas de 12 toneladas, que hace intransitable para el acceso veredal con inusitada frecuencia y requiere con urgencia, un programa de placa huella, económico pero durable y capaz de ofrecer mejoras sustanciales en lo existente. La comunidad, sobre todo en la zona rural, señala continuamente como problemática urgente el mal estado de las vías Inter veredales.

Suscripción de convenios con Gobernación y Municipios vecinos para la elaboración y presentación conjunta ante entidades del orden departamental y nacional de proyectos de mejoramiento y pavimentación de las vías de interés regional.

Promover alianzas estratégicas estado - empresa privada - comunidad para la gestión de recursos y ejecución de las obras requeridas para el mejoramiento de la infraestructura vial intermunicipal e interveredal.

Realizar el ordenamiento vial del Municipio teniendo en cuenta la orientación e importancia de las vías y el tipo de tráfico que transita por el Municipio.

Revisión de la oferta y demanda del transporte público urbano y rural, para determinar las necesidades y proyecciones reales.

## 1.11. DEPORTE

La población con formación deportiva está motivada, con proyecciones de instalaciones adecuadas, coliseo cubierto y otros escenarios deportivos acorde a las necesidades de la población.

Villa de Leiva bridándole al visitante nuevos escenarios y actividades deportivas para el fomento a estilos de vida saludable.

Un municipio con eventos deportivos y de manejo del tiempo libre que sirve de atractivo a los visitantes tales como ciclo paseos, media maratón, rutas de ciclo montañismo, aeróbicos y otras actividades.

Una Villa de Leyva con el apoyo de Indeportes Boyacá, Coldeportes y capital privado apoyando los diferentes programas y proyectos.

Fomentar el hábito al deporte y la actividad física a través de procesos formativos, para el mejoramiento de la calidad de vida de la población.

Se debe mejorar y optimizar los recursos y procedimientos técnicos, administrativos y operativos que faciliten la formulación de una política pública municipal para el deporte, la recreación y el uso adecuado del tiempo libre.

## 1.12. CULTURA

Organizar eventos artísticos y culturales locales, donde se rescaten las tradiciones y se fomente la creación de escuelas de formación. Vincular la biblioteca municipal a la red de bibliotecas nacional. Promover programas de lectura a través de los estudiantes del colegio y la ludoteca con actividades extracurriculares. Promover encuentros intergeneracionales anuales.

## 1.13. SALUD

El sistema de salud del municipio con un estudio de auditoría y evaluación, con acciones correctivas, ajustes y proyecciones para optimizar la prestación del servicio y estar consolidado como un servicio de calidad, eficiencia y eficacia, como antesala para inaugurar el nuevo hospital para Villa de Leyva.

Un municipio con estudio de pre factibilidad para la operatividad e impacto del programa medicina. Turística.

Convenios realizados interadministrativos con diferentes entidades de salud interesadas en la región (CORPAS, UPTC, Uniboyaca, otras) para temas como auditorias, capacitación en salud pública y salud familiar, derechos y deberes en

salud, diagnósticos veredales en salud, normatividad en salud y otros). Material didáctico y pedagógico con el fin de realizar talleres y actividades complementarias a los programas de población vulnerable, estilo de vida saludable y otros.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE ACUEDUCTO EXISTENTE

### 2.1. CONDICIONES OPERATIVAS Y DE CUBRIMIENTO ACTUALES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

Se describe a continuación el sistema de acueducto:

**FUENTES DE ABASTECIMIENTO**

El acueducto del municipio de Villa de Leyva se abastece de dos fuentes hídricas superficiales, la primera y más importante se llama Rio Cané y se encuentra ubicada en el costado nororiental del municipio y abastece a varios acueductos del municipio. La otra fuente abastecedora se llama Quebrada La Colorada, es una fuente pequeña que se encuentra cerca de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, al costado nororiental del casco urbano del municipio.

Rio Cane: Se localiza en la vereda La Capilla, en las coordenadas 5°40'36.19"N y 73°28'45.71"O. La captación de esta fuente se realiza mediante una bocatoma de fondo en concreto con un canal recolector de 6 m de ancho y 0,9 m de longitud, compuesta por una rejilla convencional de 1,38 m^2 de área, muros laterales y una presa. Según los resultados del reconocimiento en campo, esta estructura en términos generales se encuentra en buen estado, se realizan los mantenimientos periódicos de rutina, como limpieza de la rejilla, retirando el material vegetal que se deposita. El caudal captado es aproximadamente de 40 l/s.

Fuente Rio Cane




Fuente: Estudio

Quebrada La Colorada: Se localiza próximo a la zona urbana del municipio, en las coordenadas 5°38'45.52"N - 73°30'28.72"O. La captación de esta quebrada se realiza mediante una bocatoma de fondo en concreto de 2,1 m aproximadamente, compuesta por una rejilla de acero de 1,44 m^2 de área, muros laterales y una

presa. Esta estructura en términos generales se encuentra en buen estado, se realizan los mantenimientos periódicos de rutina, como limpieza de la rejilla, retirando el material vegetal que se deposite. El caudal captado es aproximadamente de 5 l/s.

Fuente quebrada La colorada




Fuente: Estudio

**DIAGNOSTICO DE LOS DESARENADORES**

Desarenador Rio Cane: El sistema de captación No 1 (el cual capta agua en el Rio Cane) presenta un desarenador construido en concreto reforzado y de tratamiento tipo convencional, compuesto por una cámara de entrada de dimensiones 2.17 x 2.97x1.65 (LxAxP) y una de salida de dimensiones 1.16 x 2.97 x1.45 m (LxAxP). La cámara de sedimentación del desarenador tiene dimensiones 8.50 x 2.97 x 2.1 m (LxAxP). Construido en concreto reforzado ubicado a 101 metros aproximadamente de la captación. Cuenta con sistemas de entrada, salida con trampa de flotantes y purga de materiales finos. Esta estructura cuenta con un sistema de tapas que impide que le caigan hojas y demás material orgánico llevado por el aire.

Desarenador Rio Cane



Fuente: Estudio

Desarenador Quebrada La Colorada: El sistema de captación No 2 (el cual capta agua de la Quebrada La colorada), presenta como pretratamiento, un desarenador construido en concreto reforzado de tipología convencional, el cual presenta una cámara de entrada de dimensiones 0.87x1.08 x 0.78, (LxAxP) metros con vertedero rectangular o muro de aquietamiento, así como también presenta una cámara de salida, 1.0x 1.25x 0.90 (LxAxP), la cual presenta un vertedero rectangular en la cámara de salida. Este sistema de pretratamiento no cuenta con cerramiento, adicionalmente se encuentra expuesto a la entrada de materiales gruesos.

Desarenador Quebrada La Colorada




Fuente: Estudio.

**DIAGNOSTICO LÍNEA DE ADUCCIÓN**

Rio Cane: El sistema de aducción del rio Cane está compuesto por las siguientes estructuras:

-Compuesto por tubería en PVC de 8” de diámetro y una longitud de 101 metros, medidos desde la salida de la bocatoma hasta la unidad de pretratamiento (desarenador), en el trayecto presenta 1 una válvula de control. Este tramo de la línea de aducción transporta un caudal aproximado de 40. L/s.

-La línea de aducción del desarenador a la cámara de quiebre 1 sale una sola línea de 8” de PVC tiene una longitud 544.41 m y luego de la cámara de quiebre se deriva dos tuberías, una en 6” y otra en 8”, con una longitud de 902,96m hasta llegar a la cámara de quiebre 2. Se identifica un viaducto en el tramo del desarenador a la cámara de quiebre 1. La línea en tubería de 6” es usada como línea de emergencia.

-En el trayecto de la cámara de quiebre 1 a la cámara de quiebre 2 se identifica un viaducto el cual permite el paso elevado de las tuberías por el Rio Cané y presenta una longitud de 12 metros.

-La línea de aducción en total tiene 6 pasos elevados en buenas condiciones y que no presentan fallas visibles que puedan alterar las condiciones de servicio.

-La línea de aducción en servicio desde el Rio Cané hasta la planta de tratamiento La Diana, tiene una longitud aproximada de 6000 metros y fue instalada hace aproximadamente 7 años, por lo cual no ha presentado inconvenientes mayores, en caso de que se presenten no se retiró la tubería anterior por lo que puede ser usada como emergencia, aunque actualmente transporta un pequeño caudal para evitar taponamientos, así mismo con frecuencia se pone a trabajar a tubo lleno para evitar que colapse.

Quebrada La Colorada: La línea de aducción de la Quebrada La Colorada se compone de dos tramos.

-Tramo 1, corresponde a la línea instalada desde la captación de la quebrada la colorada al desarenador la cual presenta 23.16m de longitud en 4” de diámetro en material PVC. En el trayecto se encuentra instalada una válvula de corte de 4”. La línea de aducción transporta un caudal de 5 L/s aproximadamente que es el concesionado.

-Tramo 2: Este tramo se encuentra entre el desarenador hasta la PTAP y es de aproximadamente 400 metros en donde la mayoría de la línea se encuentra destapada y adosada a una peña con alta pendiente, por lo que es muy complejo llegar a enterrar la tubería.

## DIAGNOSTICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

La planta tratamiento La Diana: Esta localizada en la vereda El Roble, sector La Colorada a 2 kilómetros del área urbana del municipio, esta planta cuenta con personal encargado las 24 horas. Tiene una capacidad de 40 l/s y cuenta con procesos de aforo, adición de productos químicos, mezcla, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. El caudal de tratamiento para la planta según el manual operativo de la PTAP de Villa de Leyva es de 40 l/s.

Planta de Tratamiento Compacta: Consiste en una planta de tratamiento no convencional, compacta tipo AC-PF2, recibe una fracción de las aguas del Río Cane para conducirlas a la vereda Ritoque, esta planta tiene capacidad de 3 l/s. Se encuentra ubicada a unos metros de la planta La Diana.

Diagnóstico de las plantas de tratamiento de agua potable

**EMPRESA MUNICIPAL DE SERVICIOS PUBLICOS DE VILLA DE LEYVA**

**DIAGNOSTICO GLOBAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

| **Nombre/ubicación** | Proceso de tratamiento | Estado estructural | Operación y mantenimiento |
|---|---|---|---|
| **Planta de tratamiento- La Diana** | Coagulación | Bueno | Bueno. Mantenimiento cada mes |
| | Pre-sedimentación | Bueno | |
| | Floculación | Bueno | |
| | Sedimentación | | |
| | Filtración | | |
| | Floculación | Bueno | |
| | Sedimentación | | |
| | Filtración | | |
| **Planta de tratamiento compacta** | Coagulación, floculación y sedimentación. | Aceptable | Presenta fallas en los filtros, dado que realiza retro lavado constantemente. |
| | Filtración | Aceptable | |
| | Desinfección | Aceptable | |

Planta de Tratamiento La Diana.



Fuente: Estudio

PTAP Compacta



Fuente: Estudio

## DIAGNOSTICO DE EFICIENCIA DE LAS PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

De acuerdo a los informes físico-químicos, efectuados por el laboratorio de control se indica que el agua entregada a los usuarios de ESVILLA es agua potable apta para el consumo humano según el decreto 1575 de 2007 del Ministerio de Salud.

## DIAGNOSTICO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

El sistema de acueducto del municipio de Villa de Leyva cuenta con dos tanques de almacenamiento de agua potable en la planta de tratamiento “La Diana”, el primero con una capacidad de 500 $m^3$ semienterrado de concreto el cual se encuentra en estado regular, de este sale una tubería de 8” de diámetro con la cual se inicia la red de conducción del sistema. El segundo tanque con una capacidad de 800 m^3 semienterrado de concreto en buen estado de este sale una tubería de 8” con la cual se inicia la red de conducción del sistema. Adicional a estos tanques de almacenamiento, en el sector La Mesopotamia se encuentra otro tanque de Almacenamiento de 300 $m^3$, en buen estado.

**Almacenamiento 1:** Es un tanque en concreto, semienterrado, está localizado dentro del cerramiento de la planta de tratamiento, tiene una capacidad de 500 m3, abastece la zona urbana y rural del municipio. A la salida del tanque existe macro medición. Las deficiencias y problemas detectados son: Le falta una caja de inspección para la válvula de lavado.

**Almacenamiento 2:** Es un tanque en concreto, semienterrado, está localizado dentro del cerramiento de la planta de tratamiento, tiene una capacidad de 800 m3, abastece la zona urbana del municipio. A la salida del tanque existe macro medición. Las deficiencias y problemas detectados son: Le falta una caja de inspección para la válvula de lavado.

**Almacenamiento 3:** Tanque de Mesopotamia. Es un tanque en concreto, semienterrado, está localizado más delante de la planta de tratamiento en el camino al inicio de la red de distribución, tiene una capacidad de 300 m3, abastece la zona urbana del municipio.

**Tabla 4.** Almacenamiento municipio de Villa de Leyva.

| ALMACENAMIENTO Y USOS | | | |
|---|---|---|---|
| | NOMBRE | VOLUMEN | USO |
| TANQUE 1 | Planta Tratamiento | 500 | Urbano |
| TANQUE 2 | Mesopotamia | 800 | Urbano |
| TANQUE 3 | San Francisco | 300 | Urbano |

**Fuente.** Esvilla Sa ESP.

Total, Volumen de Almacenamiento uso urbano 1600$m^3$

**Redes de distribución**

La red de distribución está dividida en tres sectores, el material de la tubería es PVC, los diámetros que predominan son 6”, 4”, 3” y 2”. Según información de la Empresa ESVILLA E.S.P., la red se encuentra en buen estado.

Las deficiencias y problemas detectados son: En el día se tiene buen servicio de presión, hacia las 06:00 P.M. se desocupan los tanques, los sectores de San Juan de Dios y San Francisco se reduce la presión y en algunos casos se quedan sin agua, pero en las horas de buen servicio los usuarios reciben una gran presión que causa daños en los flotadores y grifos.

Solo existe macro medición en la salida de la planta y la salida los tanques 1 y 2, ubicado en el mismo predio de la Planta de tratamiento. Según información de la Empresa ESVILLA E.S.P. de Servicios Públicos de Villa de Leyva, se tienen 3400 micromedidores instalados y funcionando en el municipio, que son atendidos por el acueducto urbano.

## 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto contempla "**OPTIMIZACION ACUEDUCTOS RURALES DEL MUNICIPIO DE VILLA DE LEYVA, BOYACÁ**"

El municipio de Villa de Leyva, realizo un estudio detallado de las condiciones actuales del acueducto urbano, en este programa, se pudo determinar que el acueducto cuenta con dos plantas de tratamiento de agua potable, las cuales aportan caudal a la red de distribución, dentro de esta red de distribución se encuentra dos tanques de almacenamiento principales, los cuales reciben el agua tratada de cada PTAP, estos tanques tiene como objetivo principal almacenar y distribuir el recurso hídrico a los usuarios suscritos a esta red, sin embargo, y debido a la alta afluencia de visitantes al municipio, el sistema de almacenamiento actual no cuenta ni con la capacidad ni con la calidad en el estado físico del mismo.

Dentro del diagnóstico del acueducto de este municipio, se encontró que las dos plantas de tratamiento de agua potable funcionan correctamente, es decir, ninguna presento problemas significativos en los diferentes procesos de tratamiento. Por otra parte, se realizó una prueba de estanqueidad al tanque de almacenamiento de 500 m3, el cual está construido hace tiempo y no se le ha realizado un mantenimiento correctivo en los últimos años, donde los resultados arrojaron que, para el presente año, el tanque está presentando pérdidas considerables, las cuales, pueden ser causa de grietas que se pudieron observar visualmente en el interior de la estructura.

Por las razones descritas anteriormente, el municipio de Villa de Leyva, realizo la gestión para desarrollar un proyecto cuyo fin sea la solución del problema actual del almacenamiento, para esto, se pretende desarrollar un análisis detallado de las posibles alternativas de solución, para que de esta manera se tome una pronta acción y de esta manera mejorar las condiciones de funcionamiento, lo que además conlleva a preservar el recurso hídrico que en la actualidad está presentando problemas ambientales en gran mayoría causa de la actividad humana.

## 4. CRITERIOS DE DISEÑO

### PERIODO DE DISEÑO

Según la resolución 0844 del 2018 artículo 40, el periodo de diseño para todos los componentes del sistema de acueducto, alcantarillado y aseo, sin importar la población servida es de 25 años, tomando como año cero de proyección el 2022.

### ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO.

Para la estimación del caudal se tiene en cuenta la población al periodo de diseño al año 2046, según el artículo 47 de la resolución 0330 del 2017 se establece que para los procesos de tratamiento deben diseñarse con el caudal máximo diario.

### Dotación neta

La dotación neta se determina según la resolución 0330 del 2017 artículo 43, donde determina, hacer uso de la información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores. En todos los casos, se deberá cumplir con los valores de dotación mostrados a continuación.

**Tabla 1.** Dotación neta, resolución 0330 del 2017.

| ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA | DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA) |
|---|---|
| > 2000 m.s.n.m | 120 |
| 1000 – 2000 m.s.n.m | 130 |
| < 1000 m.s.n.m | 140 |

Fuente. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y territorio., 2017).

### Dotación bruta

Dotación la cual afecta a la dotación neta por las pérdidas técnicas del sistema, siendo el valor máximo de pérdidas técnicas de 25%, valor el cual es adoptado para el cálculo ya que este valor es óptimo para el funcionamiento de acueductos urbanos en Boyacá.

**Ilustración 1.** Dotación bruta.

$$D_{bruta} = d_{neta}/(1 - \%p)$$

Donde,

$D_{bruta}$: Dotación bruta
$d_{neta}$: Dotación neta
%p: Porcentaje de pérdidas técnicas máximas para diseño

**Fuente.** (Ministerio de Vivienda, Ciudad y territorio., 2017).

**Caudal medio diario**

Se realiza el cálculo del caudal se usa la siguiente expresión

$$Qmd = \frac{Dotacion\ Bruta * habitantes}{86400}$$

**Caudal máximo diario**

Para el cálculo del caudal máximo diario, es la sumatoria del caudal medio diario, caudal institucional, caudal institucional y caudal comercial; afectado por un factor de mayoración k1 dado por la resolución 0330, k1= 1,3.

**Caudal máximo horario**

El caudal se estima de acuerdo al artículo 47 de la resolución 0330 del 2017, donde relaciona que a poblaciones menores a 12.500 habitantes el factor de mayoración (K2) obedece al 60% del caudal máximo diario.

$$QMH = QMD * K2$$

**PROFUNDIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS PARA LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS**

La profundidad de instalación de las tuberías que conforman la red de distribución no debe exceder de 1.50 m., medidos desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno.

En cuanto a la profundidad mínima de instalación, se debe cumplir con lo definido en la siguiente Tabla.

**Tabla 2.** Profundidades mínimas a cota clave de la tubería.

| SERVIDUMBRE | PROFUNDIDAD A LA CLAVE DE LA TUBERÍA (M) | |
|---|---|---|
| | Zona Urbana | Zona rural |
| Vías peatonales o zonas verdes o agrícolas | 0,60 | 1,00 |
| Vías vehiculares | 1,00 | 1,00 |

**Fuente.** Resolución 0330 de 2017.

## PRESIONES DE SERVICIO MÍNIMAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

La presión dinámica mínima en la red de distribución debe ser de 10 m.c.a. en sistemas con poblaciones de diseño de hasta 12.500 habitantes. Para poblaciones de diseño de más de 12.500 habitantes la presión dinámica mínima debe ser de 15 m.c.a.

El área a abastecer con una presión dinámica inferior puede corresponder hasta el 10% del área total, siempre que la presión mínima sea superior o igual a 8 m.c.a para poblaciones de diseño de menos de 12.500 habitantes y de 12 m.c.a para poblaciones de diseño mayor a 12.500 habitantes.

Se puede abastecer con una presión dinámica hasta el 5% del área total, siempre que la presión mínima sea superior o igual a 5 m.c.a para poblaciones de diseño de menos de 12.500 habitantes y de 10 m.c.a para poblaciones de diseño mayor a 12.500 habitantes.

## PRESIONES DE SERVICIO MÁXIMAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

A partir de la expedición de la presente resolución, para sistemas nuevos u optimizaciones, la presión estática máxima debe ser de 50 m.c.a. Para cumplir con esta condición, la red de distribución debe estar subdividida en tantas zonas de presión como se requieran.

En una misma zona de presión se pueden presentar presiones estáticas mayores a la máxima definida; en este caso, el área a abastecer con una presión estática superior puede corresponder al 10% del área de la zona de presión, desde que no se sobrepase una presión de 55 m.c.a. y hasta el 5% del área de la zona de presión, desde que no sobrepase una presión de 60 m.c.a.

El uso de cámaras de quiebre para la regulación de presiones está limitado exclusivamente a líneas en las cuales se transporte agua cruda.

## DIÁMETRO INTERNO REAL MÍNIMO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

El diámetro mínimo en las redes de distribución no deberá ser inferior a 75 mm para sectores urbanos, mientras que para sectores rurales no deberán ser inferiores a 50 mm. Se deben realizar los cálculos necesarios que permitan garantizar que, con el diámetro interno real de la tubería seleccionada, se cumplan las condiciones mínimas establecidas.

## 5. ANALISIS Y PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

Para el cálculo de la proyección de población, se realizará en primer lugar la determinación de la proyección poblacional a partir de los censos oficiales del Dane para los años 1985, 1993 y 2005 para los métodos aritmético, geométrico y exponencial, y esta información se cotejará junto con la proyección que realizó el Dane para el periodo 2020 – 2035, esto con el propósito de definir el método matemático calculado (artimético, geométrico y exponencial) que se ajuste mas a la línea de tendencia de la proyección realizada por el Dane Post Covid 2020 – 2035.

Una vez determinado el método matemático de proyección poblacional luego de cotejar la información con la proyección Dane, haciendo claridad que se trabajará con información de la parte rural del municipio, se extraerá la tasa de crecimiento del método escogido y a partir de una información de población actual, esta se afectará por la tasa de crecimiento establecida para el área rural del municipio de Villa de Leyva para el periodo de diseño de 25 años 2049.

### PERIODO DE DISEÑO

El proyecto, según se determina por la Resolución 0844 de 2018, establece que el sistema ha de ser diseñado para un periodo de veinticinco (25) años y con este parámetro se realizará entonces el análisis de la demanda. El año de inicio de la proyección se estima para el 2022, teniendo en cuenta que lo que queda del año 2021 se empleará para terminar de surtir los tramites de revisión y Viabilización.

### ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN

La proyección de la población para el municipio de Villa de Leyva, se realizó acogiendo los métodos recomendados por el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico.

Una vez establecido la clasificación del municipio por altitud (Villa de Leyva, 2149 msnm), se prosigue a definir los modelos matemáticos requeridos por el RAS y la resolución 0330 de 2017, para determinar la población.

La población se calculará utilizando los siguientes modelos matemáticos: Aritmético, geométrico y exponencial, seleccionando el modelo que mejor se ajuste al comportamiento histórico de la población y al crecimiento de la proyección Dane Post Covid, ya que esta cuenta con un numero importante de variables demográficas a tener en cuenta.

Como punto de partida para la ejecución de los modelos matemáticos se tuvieron en cuenta los datos de población de la parte rural del municipio, obtenidos en los censos efectuados por el DANE en los años 1985, 1993 y 2005, datos que fueron obtenidos a través de informes estadísticos emitidos por el Departamento

Administrativo Nacional de Estadística DANE, datos que se incluyen dentro del archivo digital del presente documento. A continuación, se enuncia el desarrollo de los modelos.

## METODOS DE PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

### Método Aritmético

Según definición clásica corresponde a suponer un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

$$\boldsymbol{P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * (T_f - T_{uc})}$$

Dónde:

$P_f =$ Habitantes correspondientes al año para el que se requiere proyectar la población
$Puc =$ Habitantes correspondientes al último año censado con información
$Pci =$ Habitantes correspondientes al censo inicial con información
$T_{uc} =$ Año correspondiente al censo ultimo con información
$T_{ci} =$ Año correspondiente al censo inicial con información y
$T_f =$ Es el año al cual se quiere proyectar la información

### Método Geométrico

El Método Geométrico es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La ecuación que se emplea es:

$$\boldsymbol{P_f = P_{uc} + (1 + r)^{(T_f - T_{uc})}}$$

Donde r es la tasa de crecimiento anual en forma decimal y las demás variables se definen igual que para el método anterior.

### Método Exponencial

El Método exponencial La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable

desarrollo y poseen abundantes áreas de expansión. La ecuación empleada por este método es la siguiente:

$$Pf = P_{ci} * e^{k*(T_f - T_{ci})}$$

Donde $k$ es la tasa de crecimiento de la Población, la cual se deduce como promedio de la tasa calculada para cada censo, así:

Dónde:

$$k = \frac{LnP_{cp} - LnP_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

$P_{cp}$ =Población del censo posterior.
$P_{ca}$ =Población del censo anterior
$T_{cp}$ = Año correspondiente al censo posterior
$T_{ca=}$ Es el año correspondiente al censo anterior

**PROYECCIÓN POBLACIONAL PROYECCIÓN DANE 2020 - 2035**

Las proyecciones de población a nivel nacional y departamental se han elaborado mediante el "Método de Componentes Demográficos" y a nivel total municipal se aplicó el método semi demográfico de "Relación de Cohortes", obteniendo resultados de acuerdo con las estructuras de población de los censos y las tendencias demográficas del pasado reciente, así como de los supuestos a corto y mediano plazo para los componentes de fecundidad, mortalidad y migración. Para la desagregación de la población por cabecera resto, se proyectó la participación de las cabeceras municipales con ayuda de la función logística.

Estas proyecciones fueron realizadas tomando como base los resultados ajustados de población del Censo 2005 y la conciliación censal 1985 - 2005; así como los análisis sobre el comportamiento de las variables determinantes de la evolución demográfica, las hipótesis y algunos comentarios sobre sus resultados.

**Tabla - 3.** Proyección de Población Dane 2020 – 2035, municipio de Villa de Leyva.

| PROYECCIÓN DANE 2020 - 2035 | |
|---|---|
| **2020** | 8538 |
| **2021** | 8570 |
| **2022** | 8557 |
| **2023** | 8550 |
| **2024** | 8543 |
| **2025** | 8552 |
| **2026** | 8571 |

| PROYECCIÓN DANE 2020 - 2035 | |
|---|---|
| **2027** | 8578 |
| **2028** | 8606 |
| **2029** | 8637 |
| **2030** | 8681 |
| **2031** | 8749 |
| **2032** | 8801 |
| **2033** | 8848 |
| **2034** | 8906 |
| **2035** | 8955 |

**Fuente:** DANE – El autor.

## POYECCIÓN DE POBLACIÓN DATOS CENSALES DANE

Para el caso y atendiendo las recomendaciones de la norma del sector, se deberán hacer revisiones mediante la aplicación de diversos métodos para identificar las progresiones más ajustadas al área de intervención.

Por ser entonces el área de estudio articulada con este concepto de la Resolución 0330 de 2017 sería procedente atender a una revisión más confiable por lo que se aplicará los métodos aritmético, Geométrico, Exponencial y el estimado del DANE para esta jurisdicción del País.

Para lo anterior se tiene el punto de partida al conocer los siguientes censos realizados por el DANE para el Municipio de Villa de Leyva así:

**Tabla 4.** Censos poblacionales DANE Municipio de Villa de Leyva.

| | |
|---|---|
| 1895 | 3194 |
| 1993 | 3618 |
| 2005 | 4426 |

**Fuente**: DANE – El autor.

Es visible como el municipio en lo ya mencionado presenta un crecimiento muy constante, poco estabilizado de manera evidente y poco restringido incluso, que demuestra que han sucedido migraciones hacia el municipio importantes en los periodos inter censales identificados en tabla anterior por los registros DANE.

En proyecciones DANE es claro que incluso se prevén variaciones en población con migraciones hacia el municipio de Villa de Leyva en rangos no tan bajos, pero ello eventualmente más por buenos niveles de calidad de vida de sus habitantes, así como por disponibilidad de recursos y capacidad económica buena.

Es sencillo establecer que los promedios año a año analizados son muy similares en los periodos analizados que fluctúan entre 15% y 25% en casi la última década.

Se establece que no se considera acertado evaluar los momentos de tasas negativas pues ellas se han sucedido en momentos críticos de violencia, pero que en general no demuestran una constante a tener en cuenta para decidir que la población de Villa de Leyva se anulará en el futuro próximo. Siempre se considera a criterio del consultor se debe conservar un crecimiento que así sea limitado asegure una perspectiva más real y menos conservadora.

Aun así, nadie debe preocuparse de sobre dimensionamientos del sistema, pues las capacidades de redes mínimos de norma superarán cualquier expectativa de distribución y conducción la que se requiera por caudales de demanda de la población futura que aquí se validará como aceptada en la probabilidad para su valoración final en caudales.

**Tabla 5.** Proyección de población datos censales Dane municipio de Villa de Leyva.

| PROYECCION METODOS DANE - VILLA DE LEYVA - RURAL | | | |
|---|---|---|---|
| AÑO | ARITMETICO | GEOMETRICO | EXPONENCIAL |
| 2,024 | 5107 | 5247 | 5251 |
| 2,025 | 5143 | 5295 | 5299 |
| 2,026 | 5178 | 5342 | 5347 |
| 2,027 | 5214 | 5390 | 5395 |
| 2,028 | 5250 | 5439 | 5444 |
| 2,029 | 5286 | 5488 | 5493 |
| 2,030 | 5322 | 5537 | 5543 |
| 2,031 | 5358 | 5587 | 5593 |
| 2,032 | 5393 | 5637 | 5643 |
| 2,033 | 5429 | 5688 | 5694 |
| 2,034 | 5465 | 5739 | 5746 |
| 2,035 | 5501 | 5791 | 5798 |
| 2,036 | 5537 | 5843 | 5850 |
| 2,037 | 5573 | 5896 | 5903 |
| 2,038 | 5608 | 5949 | 5957 |
| 2,039 | 5644 | 6002 | 6010 |
| 2,040 | 5680 | 6056 | 6065 |
| 2,041 | 5716 | 6111 | 6120 |
| 2,042 | 5752 | 6166 | 6175 |
| 2,043 | 5788 | 6221 | 6231 |

| PROYECCION METODOS DANE - VILLA DE LEYVA - RURAL | | | |
|---|---|---|---|
| AÑO | ARITMETICO | GEOMETRICO | EXPONENCIAL |
| 2,044 | 5823 | 6277 | 6287 |
| 2,045 | 5859 | 6334 | 6344 |
| 2,046 | 5895 | 6391 | 6401 |
| 2,047 | 5931 | 6448 | 6459 |
| 2,048 | 5967 | 6506 | 6518 |
| 2,049 | 6003 | 6565 | 6576 |

**Fuente:** El Autor.

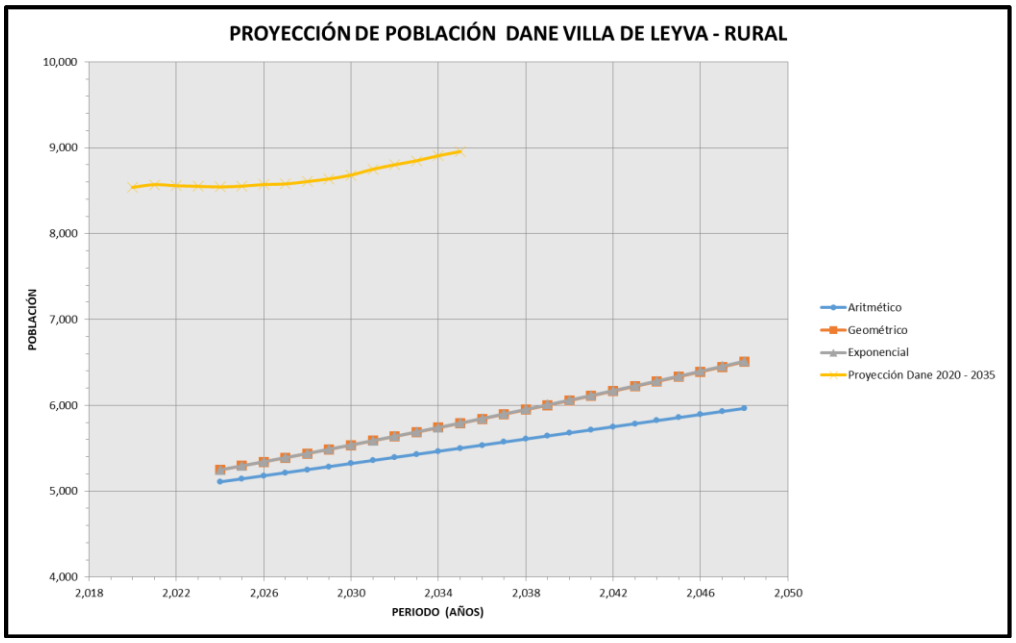
**Tabla 9.** Determinación tasa de crecimiento rural Villa de Leyva.

| POBLACIÓN DE DISEÑO (HAB) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,024 | 5,107 | | 5,247 | | | 5,251 | |
| 2,025 | 5,143 | 0.70 | 5,295 | 0.90 | | 5,299 | 0.90 |
| 2,026 | 5,178 | 0.70 | 5,342 | 0.90 | | 5,347 | 0.90 |
| 2,027 | 5,214 | 0.69 | 5,390 | 0.90 | | 5,395 | 0.90 |
| 2,028 | 5,250 | 0.69 | 5,439 | 0.90 | | 5,444 | 0.90 |
| 2,029 | 5,286 | 0.68 | 5,488 | 0.90 | | 5,493 | 0.90 |
| 2,030 | 5,322 | 0.68 | 5,537 | 0.90 | | 5,543 | 0.90 |
| 2,031 | 5,358 | 0.67 | 5,587 | 0.90 | | 5,593 | 0.90 |
| 2,032 | 5,393 | 0.67 | 5,637 | 0.90 | | 5,643 | 0.90 |
| 2,033 | 5,429 | 0.66 | 5,688 | 0.90 | | 5,694 | 0.90 |
| 2,034 | 5,465 | 0.66 | 5,739 | 0.90 | | 5,746 | 0.90 |
| 2,035 | 5,501 | 0.66 | 5,791 | 0.90 | | 5,798 | 0.90 |
| 2,036 | 5,537 | 0.65 | 5,843 | 0.90 | | 5,850 | 0.90 |
| 2,037 | 5,573 | 0.65 | 5,896 | 0.90 | | 5,903 | 0.90 |
| 2,038 | 5,608 | 0.64 | 5,949 | 0.90 | | 5,957 | 0.90 |
| 2,039 | 5,644 | 0.64 | 6,002 | 0.90 | | 6,010 | 0.90 |
| 2,040 | 5,680 | 0.63 | 6,056 | 0.90 | | 6,065 | 0.90 |
| 2,041 | 5,716 | 0.63 | 6,111 | 0.90 | | 6,120 | 0.90 |
| 2,042 | 5,752 | 0.63 | 6,166 | 0.90 | | 6,175 | 0.90 |
| 2,043 | 5,788 | 0.62 | 6,221 | 0.90 | | 6,231 | 0.90 |
| 2,044 | 5,823 | 0.62 | 6,277 | 0.90 | | 6,287 | 0.90 |
| 2,045 | 5,859 | 0.62 | 6,334 | 0.90 | | 6,344 | 0.90 |
| 2,046 | 5,895 | 0.61 | 6,391 | 0.90 | | 6,401 | 0.90 |
| 2,047 | 5,931 | 0.61 | 6,448 | 0.90 | | 6,459 | 0.90 |
| 2,048 | 5,967 | 0.60 | 6,506 | 0.90 | | 6,518 | 0.90 |
| 2,049 | 6,003 | 0.60 | 6,565 | 0.90 | | 6,576 | 0.90 |

**Fuente:** El Autor.

De acuerdo a la tabla anterior, es pertinente mencionar que la tasa de crecimiento del método que más se ajusta para efectos del cálculo de proyección con respecto a la proyección Dane 2020 – 2035, método exponencial, es de 0.9%.

**Ilustración 2.** Comportamiento de crecimiento Villa de Leyva.




**Fuente.** El autor.

En la Ilustración se muestra el comportamiento del crecimiento poblacional de los diferentes métodos evaluados a partir de la proyección del DANE. Se observa que los métodos geométrico y exponencial generan una proyección del crecimiento poblacional similar entre sí, y se asemejan a la tendencia de la curva del DANE para el horizonte de diseño.

En cambio, el método aritmético a pesar que se mantiene más cerca de la estacionalidad, se presenta un crecimiento desacelerado que NO se asemeja en absoluto al comportamiento de la población de acuerdo a la proyección de población realizada por el Dane.

A partir de la información definida anteriormente, y teniendo presente que la población (Usuarios) a la fecha actual es de 68, con una densidad poblacional según la cartilla del Dane para el área rural del municipio de Villa de Leyva es de 3.61 hab/usuario.

De acuerdo a esto, y habiendo calculado la tasa de crecimiento para el método EXPONENCIAL seleccionado en la determinación de los métodos de proyección, se puede definir que la población proyectada para el presente proyecto será:

**Tabla 10.** Proyección poblacional final del Proyecto – Villa de Leyva rural.

| POLACIÓN VEREDAL - VILLA DE LEYVA - 20 02 2024 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| USUARIOS | DENSIDAD POB (Hab/Usuario) | POLACIÓN ACTUAL | TASA DE CRECIMIENTO | AÑO | POB PROYECTADA |
| 68 | 3.61 | 246 | 0.90% | 2024 | 246 |
| | | | | 2025 | 248 |
| | | | | 2026 | 250 |
| | | | | 2027 | 252 |
| | | | | 2028 | 254 |
| | | | | 2029 | 256 |
| | | | | 2030 | 258 |
| | | | | 2031 | 260 |
| | | | | 2032 | 262 |
| | | | | 2033 | 264 |
| | | | | 2034 | 266 |
| | | | | 2035 | 268 |
| | | | | 2036 | 270 |
| | | | | 2037 | 272 |
| | | | | 2038 | 274 |
| | | | | 2039 | 276 |
| | | | | 2040 | 278 |
| | | | | 2041 | 281 |
| | | | | 2042 | 284 |
| | | | | 2043 | 287 |
| | | | | 2044 | 290 |
| | | | | 2045 | 293 |
| | | | | 2046 | 296 |
| | | | | 2047 | 299 |
| | | | | 2048 | 302 |
| | | | | 2049 | 305 |

**Fuente.** El autor.

De acuerdo a lo presentado en la tabla anterior, es pertinente mencionar que teniendo presente la tasa de crecimiento calculada a partir de la información Dane, y habiendo definido los usuarios actuales y la densidad poblacional, la población de diseño al horizonte de 25 años será de **305 Habitantes.**

## Conclusión y Discusión

Revisado con atención cada uno de los resultados obtenidos por la aplicación de diversos métodos de cálculo para estimación de la población futura en la localidad de Villa de Leyva, se concluye que efectivamente la tendencia de un crecimiento constante en los últimos 8 años, resultado de ya tomar esta población en un escenario de aumento de la afluencia de población flotante a causa del crecimiento en oferta turística y disponibilidad de recursos.

Esta situación de crecimiento sin duda será continua y seguirá registrando porcentajes más altos de los que predice el DANE, alentado incluso por el interés del mismo municipio en incentivar su expansión.

Bajo esta condición se reitera ratificar un crecimiento más acelerado de los años antes del 2025 experimentados, sin embargo, se debe ser igual prudente desde todo punto de vista mantener un aumento que sin ser incipiente igual no sea desmedido por cuatro o cinco años que se modificó esta rata censal.

Por tanto, se entrará a adoptar para el estudio la población calculada por el método **EXPONENCIAL**, de allí la tasa de crecimiento para la determinación de la población objetivo, tasa de crecimiento calculada como 0.9%.

## Ajuste Población Flotante

La Resolución 0330 de 2017, establece que se deben considerar actividades turísticas, laborales, industriales y/o comerciales que represente la población flotante, de acuerdo con los estudios disponibles para la municipalidad en evaluación. Sin embargo, para Villa de Leyva tal y como se indicó en párrafos anteriores, se tiene una amplia disponibilidad de camas (hostales u hoteles) por su alto desarrollo turístico, por tanto, será necesario tener en cuenta un alto índice de población flotante para el cálculo de la demanda.

**Población de Análisis**

Después de construir tasaciones acordes con las condiciones representativas de los sitios donde se planteará el sistema de acueducto, bajo las condiciones de crecimiento antes expuestas, se hace a continuación un resumen final de los totales de población a tener en cuenta para el cálculo de diversos componentes y las modelaciones hidráulicas así:

Para el municipio de Villa de Leyva – área de influencia del proyecto:

- Población actual Villa de Leyva 68 Usuarios
- Densidad poblacional 3.61 hab/usuario
- Población actual Villa de Leyva 246 habitantes
- Periodo proyectado 2049
- Población proyectada Villa de Leyva 305

- Población final de diseño 305

Con lo anterior se tendrá entonces una población de valoración de **305** habitantes (Población final total) para el municipio de Villa de Leyva en el periodo proyectado **2049** incluyendo la población flotante.

## 6. CÁLCULO DE LA DEMANDA ACTUAL

De acuerdo a la información y al análisis realizado anteriormente, se pretende realizar el diseño hidráulico, cuyo objetivo es evaluar las condiciones a las que la estructura debe estar sometida, y de esta manera determinar parámetros de capacidad, la cual debe ser suficiente para el abastecimiento de agua en el periodo de diseño, el cual fue de 25 años.

## CALCULO DE DOTACIÓN

### Periodo De Diseño

Según la resolución 0844 del 2018 artículo 40, el periodo de diseño para todos los componentes del sistema de acueducto, alcantarillado y aseo, sin importar la población servida es de 25 años, tomando como año cero de proyección el 2024.

### Estimación de caudales de diseño

Para la estimación del caudal se tiene en cuenta la población al periodo de diseño de 15250 habitantes al año 2046, según el artículo 47 de la resolución 0330 del 2017 se establece que para los procesos de tratamiento deben diseñarse con el caudal máximo diario.

### Perdidas (%)

El porcentaje de pérdidas técnicas máximas en la ecuación anterior engloba el total de pérdidas esperadas en todos. los componentes del sistema (como conducciones, aducciones y redes), así como las necesidades de la planta de tratamiento de agua potable, y no deberá superar el 25º/o.

### Dotación neta

La dotación neta se determina según la resolución 0330 del 2017 artículo 43, donde determina, hacer uso de la información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores. En todos los casos, se deberá cumplir con los valores de dotación mostrados a continuación.

**Tabla 6.** Dotación neta, resolución 0330 del 2017.

| ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA | DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA) |
|---|---|
| > 2000 m.s.n.m | 120 |
| 1000 – 2000 m.s.n.m | 130 |
| < 1000 m.s.n.m | 140 |

**Fuente.** (Ministerio de Vivienda, Ciudad y territorio., 2017)

Db= (Dneta/(1-%p))
Db Dotación bruta
Dn Dotación neta
% Porcentaje de perdidas

***Ecuación 1 Cálculo de la Dotación Bruta***

$$Db = \frac{120\frac{l}{hab} - día}{1 - 25\%} = \frac{160L}{Hab - día}$$

**Caudal Medio Diario (qmd)**

$$\text{qmd} = \frac{\text{Db} * \text{Población diseño}}{86400}$$

$$\text{qmd} = \frac{\frac{160L}{Hab - día} * 305\text{hab}}{86400}$$

$$\text{qmd} = 0.56\frac{\text{L}}{\text{S}}$$

**Caudal Máximo Horario (QMH)**

$$QMD = \text{QMD} * 1.40$$

$$QMH = 0.728\frac{\text{L}}{\text{S}} * 1.40$$

$$\text{QMH} = 1.019\frac{\text{L}}{\text{s}}$$

## 7. CAUDAL DE DISEÑO

El caudal de diseño del proyecto fue calculado mediante la demanda de la población, este caudal es el máximo diario, donde, según los resultados mostrados, este dio como resultado un valor de 1.019 L/s. En la siguiente tabla se pueden evidenciar los resultados mencionados.

**Tabla 7.** Datos proyección de caudal al año 2049.

| PROYECCIÓN DE CAUDALES METODO EXPONENCIAL | | | | | | | | | Elevación Villa de Leyva | 2766 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Año | Población | Dot. Neta (L/hab*día) | % Pérdidas | Dot. Bruta (L/hab*día) | Caudal (l/día) | Caudal (m3/día) | qmd (l/s) | K1 | QMD (l/s) | K2 | QMH |
| 2024 | 246 | 120 | 25% | 160 | 39360 | 39.36 | 0.46 | 1.3 | 0.598 | 1.4 | 0.837 |
| 2025 | 248 | 120 | | 160 | 39680 | 39.68 | 0.46 | 1.3 | 0.598 | 1.4 | 0.837 |
| 2026 | 250 | 120 | | 160 | 40000 | 40.00 | 0.46 | 1.3 | 0.598 | 1.4 | 0.837 |
| 2027 | 252 | 120 | | 160 | 40320 | 40.32 | 0.47 | 1.3 | 0.611 | 1.4 | 0.855 |
| 2028 | 254 | 120 | | 160 | 40640 | 40.64 | 0.47 | 1.3 | 0.611 | 1.4 | 0.855 |
| 2029 | 256 | 120 | | 160 | 40960 | 40.96 | 0.47 | 1.3 | 0.611 | 1.4 | 0.855 |
| 2030 | 258 | 120 | | 160 | 41280 | 41.28 | 0.48 | 1.3 | 0.624 | 1.4 | 0.874 |
| 2031 | 260 | 120 | | 160 | 41600 | 41.60 | 0.48 | 1.3 | 0.624 | 1.4 | 0.874 |
| 2032 | 262 | 120 | | 160 | 41920 | 41.92 | 0.49 | 1.3 | 0.637 | 1.4 | 0.892 |
| 2033 | 264 | 120 | | 160 | 42240 | 42.24 | 0.49 | 1.3 | 0.637 | 1.4 | 0.892 |
| 2034 | 266 | 120 | | 160 | 42560 | 42.56 | 0.49 | 1.3 | 0.637 | 1.4 | 0.892 |
| 2035 | 268 | 120 | | 160 | 42880 | 42.88 | 0.50 | 1.3 | 0.650 | 1.4 | 0.910 |
| 2036 | 270 | 120 | | 160 | 43200 | 43.20 | 0.50 | 1.3 | 0.650 | 1.4 | 0.910 |
| 2037 | 272 | 120 | | 160 | 43520 | 43.52 | 0.50 | 1.3 | 0.650 | 1.4 | 0.910 |

| PROYECCIÓN DE CAUDALES METODO EXPONENCIAL | | | | | | | | | Elevación Villa de Leyva | | 2766 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Año | Población | Dot. Neta (L/hab*día) | % Pérdidas | Dot. Bruta (L/hab*día) | Caudal (l/día) | Caudal (m3/día) | qmd (l/s) | K1 | QMD (l/s) | K2 | QMH |
| 2038 | 274 | 120 | | 160 | 43840 | 43.84 | 0.51 | 1.3 | 0.663 | 1.4 | 0.928 |
| 2039 | 276 | 120 | | 160 | 44160 | 44.16 | 0.51 | 1.3 | 0.663 | 1.4 | 0.928 |
| 2040 | 278 | 120 | | 160 | 44480 | 44.48 | 0.51 | 1.3 | 0.663 | 1.4 | 0.928 |
| 2041 | 281 | 120 | | 160 | 44960 | 44.96 | 0.52 | 1.3 | 0.676 | 1.4 | 0.946 |
| 2042 | 284 | 120 | | 160 | 45440 | 45.44 | 0.53 | 1.3 | 0.689 | 1.4 | 0.965 |
| 2043 | 287 | 120 | | 160 | 45920 | 45.92 | 0.53 | 1.3 | 0.689 | 1.4 | 0.965 |
| 2044 | 290 | 120 | | 160 | 46400 | 46.40 | 0.54 | 1.3 | 0.702 | 1.4 | 0.983 |
| 2045 | 293 | 120 | | 160 | 46880 | 46.88 | 0.54 | 1.3 | 0.702 | 1.4 | 0.983 |
| 2046 | 296 | 120 | | 160 | 47360 | 47.36 | 0.55 | 1.3 | 0.715 | 1.4 | 1.001 |
| 2047 | 299 | 120 | | 160 | 47840 | 47.84 | 0.55 | 1.3 | 0.715 | 1.4 | 1.001 |
| 2048 | 302 | 120 | | 160 | 48320 | 48.32 | 0.56 | 1.3 | 0.728 | 1.4 | 1.019 |
| 2049 | 305 | 120 | | 160 | 48800 | 48.80 | 0.56 | 1.3 | 0.728 | 1.4 | 1.019 |

**Fuente.** El autor.

## 8. RESULTADOS MODELO HIDRÁULICO

A continuación, se presenta el resultado hidráulico del sector evaluado a partir de la topología concertada con el municipio y el cálculo de los caudales de diseño para la construcción de los modelos hidráulicos.

Se detalla la relación y equivalencia de los diámetros empleados para el desarrollo del modelo hidráulico teniendo en cuenta los diámetros internos y nominales según fabricante.

**Tabla N° 20.** Tabla de equivalencias de diámetros para la construcción del modelo hidráulico.

| EQUIVALENCIAS EN DIÁMETROS - TUBERÍA PEAD | | |
|---|---|---|
| **Diámetro Comercial (In)** | Diámetro Nominal (mm) | Diámetro Interno (mm) |
| **1/2"** | 16 | 11.4 |
| **3/4"** | 25 | 18 |
| **1"** | 32 | 26 |
| **1 1/2"** | 40 | 32.6 |
| **2"** | 63 | 55.4 |
| **3"** | 90 | 79.2 |
| **4"** | 110 | 96.8 |

**Fuente.** Manual técnico tubosistemas PEAD para conducción de agua potable. Pavco.

**Tabla N° 21.** Resultados hidráulicos redes de conducción y distribución acueducto Veredal.

| ID | LONGITUD (m) | DIÁMETRO (m) | MATERIAL | FLUJO (l/s) | VELOCIDAD (m/s) | GRADIENTE DE PERDIDA (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **P-1** | 27.11 | 45.2 | PVC | 1.658 | 1.03 | 0.68 |
| **P-2** | 32.13 | 45.2 | PVC | 1.658 | 1.03 | 0.81 |
| **P-3** | 57.59 | 45.2 | PVC | 1.658 | 1.03 | 1.44 |
| **P-4** | 19.28 | 45.2 | PVC | 1.643 | 1.02 | 0.48 |
| **P-5** | 36.83 | 45.2 | PVC | 1.628 | 1.01 | 0.89 |
| **P-6** | 33.83 | 45.2 | PVC | 1.628 | 1.01 | 0.82 |
| **P-7** | 48.93 | 45.2 | PVC | 1.613 | 1.01 | 1.17 |
| **P-8** | 50.35 | 45.2 | PVC | 1.598 | 1.00 | 1.18 |
| **P-9** | 69.88 | 45.2 | PVC | 1.583 | 0.99 | 1.61 |

| ID | LONGITUD (m) | DIÁMETRO (m) | MATERIAL | FLUJO (l/s) | VELOCIDAD (m/s) | GRADIENTE DE PERDIDA (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **P-10** | 116.52 | 45.2 | PVC | 1.583 | 0.99 | 2.68 |
| **P-11** | 29.41 | 45.2 | PVC | 1.523 | 0.95 | 0.63 |
| **P-12** | 148.63 | 45.2 | PVC | 1.508 | 0.94 | 3.13 |
| **P-13** | 35.13 | 45.2 | PVC | 1.493 | 0.93 | 0.73 |
| **P-14** | 74.42 | 45.2 | PVC | 1.478 | 0.92 | 1.51 |
| **P-15** | 46.22 | 45.2 | PVC | 1.463 | 0.91 | 0.92 |
| **P-16** | 16.89 | 45.2 | PVC | 1.463 | 0.91 | 0.34 |
| **P-17** | 12.62 | 45.2 | PVC | 1.433 | 0.89 | 0.24 |
| **P-18** | 25.97 | 45.2 | PVC | 1.433 | 0.89 | 0.50 |
| **P-19** | 46.29 | 45.2 | PVC | 1.433 | 0.89 | 0.89 |
| **P-20** | 25.48 | 45.2 | PVC | 1.418 | 0.88 | 0.48 |
| **P-21** | 34.08 | 45.2 | PVC | 1.418 | 0.88 | 0.64 |
| **P-22** | 18.88 | 45.2 | PVC | 1.403 | 0.87 | 0.35 |
| **P-23** | 9.39 | 45.2 | PVC | 1.403 | 0.87 | 0.17 |
| **P-24** | 9.45 | 45.2 | PVC | 1.402 | 0.87 | 0.17 |
| **P-25** | 76.47 | 45.2 | PVC | 1.402 | 0.87 | 1.41 |
| **P-26** | 45.27 | 45.2 | PVC | 1.387 | 0.86 | 0.82 |
| **P-27** | 42.53 | 45.2 | PVC | 1.372 | 0.86 | 0.75 |
| **P-28** | 72.78 | 45.2 | PVC | 1.372 | 0.86 | 1.29 |
| **P-29** | 17.99 | 45.2 | PVC | 1.342 | 0.84 | 0.31 |
| **P-30** | 8.96 | 45.2 | PVC | 1.342 | 0.84 | 0.15 |
| **P-31** | 8.87 | 45.2 | PVC | 1.343 | 0.84 | 0.15 |
| **P-32** | 16.07 | 45.2 | PVC | 1.343 | 0.84 | 0.27 |
| **P-33** | 10.57 | 45.2 | PVC | 1.313 | 0.82 | 0.17 |
| **P-34** | 134.37 | 45.2 | PVC | 1.253 | 0.78 | 2.01 |
| **P-35** | 30.41 | 32.6 | PVC | 1.238 | 1.48 | 2.18 |
| **P-36** | 30.35 | 32.6 | PVC | 1.238 | 1.48 | 2.18 |
| **P-37** | 46.43 | 32.6 | PVC | 1.223 | 1.46 | 3.25 |
| **P-38** | 47.41 | 32.6 | PVC | 1.193 | 1.43 | 3.17 |
| **P-39** | 29.73 | 26 | PVC | 0.452 | 0.85 | 0.99 |
| **P-40** | 25.82 | 26 | PVC | 0.452 | 0.85 | 0.86 |
| **P-41** | 25.35 | 26 | PVC | 0.452 | 0.85 | 0.85 |
| **P-42** | 49.61 | 11.4 | PVC | 0.045 | 0.44 | 1.30 |
| **P-43** | 38.08 | 11.4 | PVC | 0.045 | 0.44 | 1.00 |
| **P-44** | 15.63 | 11.4 | PVC | 0.045 | 0.44 | 0.41 |
| **P-45** | 15.53 | 11.4 | PVC | 0.045 | 0.44 | 0.40 |
| **P-46** | 50.75 | 11.4 | PVC | 0.045 | 0.44 | 1.31 |
| **P-47** | 32.8 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.11 |
| **P-48** | 32.88 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.11 |
| **P-49** | 76.37 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.26 |
| **P-50** | 21.31 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.07 |

| ID | LONGITUD (m) | DIÁMETRO (m) | MATERIAL | FLUJO (l/s) | VELOCIDAD (m/s) | GRADIENTE DE PERDIDA (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **P-51** | 14.13 | 26 | PVC | 0.331 | 0.62 | 0.27 |
| **P-52** | 57.29 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.19 |
| **P-53** | 13.68 | 11.4 | PVC | 0.030 | 0.29 | 0.17 |
| **P-54** | 61.86 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.21 |
| **P-55** | 32.96 | 18 | PVC | 0.241 | 0.95 | 2.06 |
| **P-56** | 33.83 | 18 | PVC | 0.241 | 0.95 | 2.11 |
| **P-57** | 24.5 | 18 | PVC | 0.196 | 0.77 | 1.04 |
| **P-58** | 53.98 | 18 | PVC | 0.196 | 0.77 | 2.29 |
| **P-59** | 42.49 | 18 | PVC | 0.181 | 0.71 | 1.56 |
| **P-60** | 64.73 | 18 | PVC | 0.166 | 0.65 | 2.02 |
| **P-61** | 35.8 | 18 | PVC | 0.166 | 0.65 | 1.12 |
| **P-62** | 40.2 | 11.4 | PVC | 0.136 | 1.33 | 8.01 |
| **P-63** | 25.52 | 11.4 | PVC | 0.136 | 1.33 | 5.09 |
| **P-64** | 29.02 | 11.4 | PVC | 0.136 | 1.33 | 5.79 |
| **P-65** | 28.64 | 11.4 | PVC | 0.135 | 1.32 | 5.66 |
| **P-66** | 49.94 | 11.4 | PVC | 0.090 | 0.88 | 4.66 |
| **P-67** | 74.4 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.25 |
| **P-68** | 125.27 | 11.4 | PVC | 0.075 | 0.73 | 8.34 |
| **P-69** | 125.17 | 11.4 | PVC | 0.060 | 0.59 | 5.51 |
| **P-70** | 36.53 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.12 |
| **P-71** | 62.45 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.21 |
| **P-72** | 62.14 | 11.4 | PVC | 0.045 | 0.44 | 1.61 |
| **P-73** | 50.82 | 11.4 | PVC | 0.030 | 0.29 | 0.62 |
| **P-74** | 24.26 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.08 |
| **P-75** | 37.5 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.13 |
| **P-76** | 37.61 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.13 |
| **P-77** | 31.06 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.11 |
| **P-78** | 52.49 | 11.4 | PVC | 0.045 | 0.44 | 1.36 |
| **P-79** | 19.42 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.07 |
| **P-80** | 9.34 | 26 | PVC | 0.316 | 0.60 | 0.16 |
| **P-81** | 50.82 | 26 | PVC | 0.316 | 0.60 | 0.88 |
| **P-82** | 45.79 | 26 | PVC | 0.316 | 0.60 | 0.79 |
| **P-83** | 39.82 | 26 | PVC | 0.301 | 0.57 | 0.63 |
| **P-84** | 19.38 | 26 | PVC | 0.301 | 0.57 | 0.31 |
| **P-85** | 35.04 | 26 | PVC | 0.301 | 0.57 | 0.55 |
| **P-86** | 17.25 | 26 | PVC | 0.286 | 0.54 | 0.25 |
| **P-87** | 63.45 | 26 | PVC | 0.271 | 0.51 | 0.82 |
| **P-88** | 44.34 | 26 | PVC | 0.271 | 0.51 | 0.58 |
| **P-89** | 37.45 | 26 | PVC | 0.271 | 0.51 | 0.49 |
| **P-90** | 38.6 | 26 | PVC | 0.271 | 0.51 | 0.50 |
| **P-91** | 160.29 | 18 | PVC | 0.196 | 0.77 | 6.80 |

| ID | LONGITUD (m) | DIÁMETRO (m) | MATERIAL | FLUJO (l/s) | VELOCIDAD (m/s) | GRADIENTE DE PERDIDA (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **P-92** | 59.41 | 18 | PVC | 0.196 | 0.77 | 2.52 |
| **P-93** | 8.99 | 18 | PVC | 0.166 | 0.65 | 0.28 |
| **P-94** | 20.58 | 18 | PVC | 0.166 | 0.65 | 0.64 |
| **P-95** | 31.93 | 18 | PVC | 0.166 | 0.65 | 1.00 |
| **P-96** | 11.33 | 18 | PVC | 0.120 | 0.47 | 0.19 |
| **P-97** | 40.54 | 18 | PVC | 0.120 | 0.47 | 0.70 |
| **P-98** | 25.57 | 11.4 | PVC | 0.105 | 1.03 | 3.17 |
| **P-99** | 13.78 | 11.4 | PVC | 0.090 | 0.88 | 1.29 |
| **P-100** | 11.91 | 11.4 | PVC | 0.075 | 0.73 | 0.79 |
| **P-101** | 5.74 | 11.4 | PVC | 0.060 | 0.59 | 0.25 |
| **P-102** | 12.29 | 11.4 | PVC | 0.060 | 0.59 | 0.54 |
| **P-103** | 19.98 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.07 |
| **P-104** | 22.35 | 18 | PVC | 0.046 | 0.18 | 0.06 |
| **P-105** | 13.83 | 11.4 | PVC | 0.031 | 0.30 | 0.17 |
| **P-106** | 14.01 | 11.4 | PVC | 0.030 | 0.29 | 0.17 |
| **P-107** | 36.11 | 11.4 | PVC | 0.030 | 0.29 | 0.44 |
| **P-108** | 44.86 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.15 |
| **P-109** | 26.45 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.09 |
| **P-110** | 10.77 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.04 |
| **P-111** | 33.02 | 11.4 | PVC | 0.075 | 0.74 | 2.22 |
| **P-112** | 75.58 | 11.4 | PVC | 0.060 | 0.59 | 3.36 |
| **P-113** | 76.4 | 11.4 | PVC | 0.060 | 0.59 | 3.36 |
| **P-114** | 48.12 | 11.4 | PVC | 0.045 | 0.44 | 1.24 |
| **P-115** | 14.66 | 11.4 | PVC | 0.045 | 0.44 | 0.38 |
| **P-116** | 42.02 | 11.4 | PVC | 0.045 | 0.44 | 1.09 |
| **P-117** | 28.08 | 11.4 | PVC | 0.045 | 0.44 | 0.73 |
| **P-118** | 15.63 | 11.4 | PVC | 0.030 | 0.29 | 0.19 |
| **P-119** | 136.35 | 11.4 | PVC | 0.030 | 0.29 | 1.66 |
| **P-120** | 44.61 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.15 |
| **P-121** | 36.76 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.12 |
| **P-122** | 56.37 | 18 | PVC | 0.015 | 0.06 | 0.02 |
| **P-123** | 76.11 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.26 |
| **P-124** | 58.68 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.20 |
| **P-125** | 7.71 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.03 |
| **P-126** | 118 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.40 |
| **P-127** | 67.09 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.23 |
| **P-128** | 54.97 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.19 |
| **P-129** | 43.12 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.15 |
| **P-130** | 153.28 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.52 |
| **P-131** | 100.08 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.34 |
| **P-132** | 64.92 | 11.4 | PVC | 0.045 | 0.44 | 1.68 |

| ID | LONGITUD (m) | DIÁMETRO (m) | MATERIAL | FLUJO (l/s) | VELOCIDAD (m/s) | GRADIENTE DE PERDIDA (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **P-133** | 50.32 | 11.4 | PVC | 0.030 | 0.29 | 0.61 |
| **P-134** | 35.63 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.12 |
| **P-135** | 300.45 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 1.02 |
| **P-136** | 94.79 | 11.4 | PVC | 0.030 | 0.29 | 1.16 |
| **P-137** | 48.18 | 11.4 | PVC | 0.030 | 0.29 | 0.59 |
| **P-138** | 12.31 | 11.4 | PVC | 0.030 | 0.29 | 0.15 |
| **P-139** | 28.09 | 11.4 | PVC | 0.030 | 0.29 | 0.34 |
| **P-140** | 167.99 | 11.4 | PVC | 0.030 | 0.29 | 2.05 |
| **P-141** | 48.96 | 11.4 | PVC | 0.030 | 0.29 | 0.60 |
| **P-142** | 125.38 | 11.4 | PVC | 0.030 | 0.29 | 1.53 |
| **P-143** | 35.68 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.12 |
| **P-144** | 40.71 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.14 |
| **P-145** | 85.52 | 11.4 | PVC | 0.030 | 0.29 | 1.04 |
| **P-146** | 41.66 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.14 |
| **P-147** | 113.78 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.38 |
| **P-148** | 23.96 | 32.6 | PVC | 1.208 | 1.45 | 1.64 |
| **P-162** | 27.02 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.09 |
| **P-163(1)** | 59.92 | 11.4 | PVC | 0.030 | 0.29 | 0.73 |
| **P-163(2)** | 21.84 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.07 |
| **P-164** | 13.84 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.05 |
| **P-165** | 33.06 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.11 |
| **P-166** | 21.98 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.07 |
| **P-167** | 13.9 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.05 |
| **P-168** | 19.14 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.06 |
| **P-169** | 23.33 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.08 |
| **P-170** | 12.97 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.04 |
| **P-171** | 13.51 | 11.4 | PVC | 0.015 | 0.15 | 0.05 |

**Fuente.** El autor.

Como se observa en la tabla anterior, los tramos con diámetros superiores a 18mm (diámetro interno o su equivalencia ½”), cuentan con velocidades a lo descrito en la norma técnica, sin embargo, esto se debe a que como son tramos de nodos finales de tramos, la demanda es muy baja para la capacidad real de la tubería.

**Tabla N° 22.** Resultados hidráulicos de los nodos acueducto Veredal.

| ID | ELEVACION (m) | DEMANDA (l/s) | GRADIENTE HIDRÁULICO (m) | PRESIÓN (mca) |
|---|---|---|---|---|
| **J-26** | 2,764.82 | 0.000 | 2,765.95 | 1.13 |
| **J-27** | 2,763.25 | 0.000 | 2,765.14 | 1.89 |
| **J-28** | 2,754.15 | 0.015 | 2,763.70 | 9.53 |
| **J-29** | 2,754.35 | 0.015 | 2,763.22 | 8.86 |
| **J-30** | 2,750.76 | 0.000 | 2,762.33 | 11.55 |
| **J-31** | 2,745.17 | 0.015 | 2,761.51 | 16.31 |
| **J-32** | 2,742.15 | 0.000 | 2,760.35 | 18.16 |
| **J-33** | 2,730.31 | 0.015 | 2,759.17 | 28.80 |
| **J-34** | 2,719.63 | 0.000 | 2,757.56 | 37.85 |
| **J-35** | 2,711.95 | 0.015 | 2,754.88 | 42.84 |
| **J-36** | 2,708.44 | 0.015 | 2,754.25 | 45.71 |
| **J-37** | 2,693.28 | 0.000 | 2,751.12 | 57.72 |
| **J-38** | 2,687.33 | 0.000 | 2,750.39 | 52.94 |
| **J-39** | 2,685.44 | 0.000 | 2,748.88 | 53.32 |
| **J-40** | 2,681.99 | 0.000 | 2,747.97 | 55.84 |
| **J-41** | 2,681.73 | 0.000 | 2,747.63 | 55.77 |
| **J-42** | 2,681.53 | 0.000 | 2,747.39 | 55.73 |
| **J-43** | 2,680.92 | 0.000 | 2,746.89 | 55.84 |
| **J-44** | 2,679.51 | 0.000 | 2,746.01 | 56.36 |
| **J-45** | 2,678.27 | 0.000 | 2,745.53 | 57.12 |
| **J-46** | 2,664.50 | 0.000 | 2,690.59 | 26.03 |
| **J-47** | 2,652.51 | 0.000 | 2,689.18 | 36.60 |
| **J-48** | 2,645.17 | 0.000 | 2,688.36 | 43.11 |
| **J-49** | 2,639.62 | 0.000 | 2,687.61 | 47.90 |
| **J-50** | 2,639.09 | 0.015 | 2,686.33 | 47.14 |
| **J-51** | 2,630.20 | 0.000 | 2,654.37 | 24.12 |
| **J-52** | 2,629.05 | 0.015 | 2,654.10 | 25.00 |
| **J-53** | 2,627.34 | 0.030 | 2,653.93 | 26.53 |
| **J-54** | 2,613.54 | 0.015 | 2,651.92 | 38.30 |
| **J-55** | 2,611.81 | 0.000 | 2,649.74 | 37.85 |
| **J-56** | 2,609.79 | 0.000 | 2,647.56 | 37.70 |
| **J-57** | 2,604.57 | 0.000 | 2,644.31 | 39.66 |
| **J-58** | 2,597.16 | 0.015 | 2,642.67 | 45.42 |
| **J-59** | 2,595.41 | 0.500 | 2,639.49 | 44.00 |
| **J-60** | 2,595.67 | 0.000 | 2,638.50 | 42.74 |
| **J-61** | 2,593.00 | 0.015 | 2,636.79 | 43.70 |
| **J-62** | 2,598.20 | 0.000 | 2,635.49 | 37.21 |

| ID | ELEVACION (m) | DEMANDA (l/s) | GRADIENTE HIDRÁULICO (m) | PRESIÓN (mca) |
|---|---|---|---|---|
| **J-63** | 2,597.35 | 0.000 | 2,634.49 | 37.07 |
| **J-64** | 2,602.18 | 0.000 | 2,633.68 | 31.43 |
| **J-65** | 2,607.51 | 0.015 | 2,632.37 | 24.81 |
| **J-66** | 2,608.06 | 0.000 | 2,632.26 | 24.15 |
| **J-67** | 2,609.81 | 0.000 | 2,632.14 | 22.29 |
| **J-68** | 2,614.04 | 0.000 | 2,631.89 | 17.81 |
| **J-69** | 2,615.08 | 0.015 | 2,631.81 | 16.70 |
| **J-70** | 2,602.78 | 0.000 | 2,636.53 | 33.68 |
| **J-71** | 2,597.22 | 0.015 | 2,636.33 | 39.04 |
| **J-73** | 2,593.07 | 0.015 | 2,636.63 | 43.47 |
| **J-74** | 2,593.56 | 0.015 | 2,636.58 | 42.94 |
| **J-75** | 2,594.02 | 0.000 | 2,627.70 | 33.61 |
| **J-76** | 2,591.05 | 0.000 | 2,626.66 | 35.54 |
| **J-77** | 2,587.62 | 0.000 | 2,624.37 | 36.67 |
| **J-78** | 2,585.64 | 0.000 | 2,622.81 | 37.09 |
| **J-79** | 2,580.62 | 0.000 | 2,620.79 | 40.09 |
| **J-80** | 2,574.42 | 0.015 | 2,619.67 | 45.16 |
| **J-81** | 2,573.20 | 0.000 | 2,611.66 | 38.38 |
| **J-82** | 2,571.65 | 0.000 | 2,606.57 | 34.85 |
| **J-83** | 2,570.43 | 0.015 | 2,595.12 | 24.64 |
| **J-84** | 2,576.06 | 0.000 | 2,590.46 | 14.37 |
| **J-85** | 2,563.58 | 0.015 | 2,590.21 | 26.57 |
| **J-86** | 2,567.47 | 0.015 | 2,582.12 | 14.62 |
| **J-87** | 2,567.20 | 0.000 | 2,576.61 | 9.39 |
| **J-88** | 2,551.83 | 0.000 | 2,576.48 | 24.60 |
| **J-89** | 2,547.94 | 0.015 | 2,576.27 | 28.28 |
| **J-90** | 2,571.97 | 0.015 | 2,575.00 | 3.02 |
| **J-91** | 2,569.41 | 0.015 | 2,594.50 | 25.04 |
| **J-92** | 2,568.14 | 0.015 | 2,594.42 | 26.23 |
| **J-93** | 2,569.65 | 0.015 | 2,574.87 | 5.21 |
| **J-94** | 2,580.30 | 0.015 | 2,622.68 | 42.30 |
| **J-95** | 2,583.18 | 0.015 | 2,624.26 | 41.00 |
| **J-96** | 2,587.58 | 0.030 | 2,626.34 | 38.68 |
| **J-97** | 2,593.11 | 0.015 | 2,636.56 | 43.36 |
| **J-98** | 2,595.47 | 0.000 | 2,635.49 | 39.94 |
| **J-99** | 2,591.55 | 0.000 | 2,634.70 | 43.06 |
| **J-100** | 2,593.85 | 0.000 | 2,634.07 | 40.14 |
| **J-101** | 2,593.11 | 0.000 | 2,633.77 | 40.58 |
| **J-102** | 2,594.92 | 0.000 | 2,633.22 | 38.22 |
| **J-103** | 2,594.70 | 0.000 | 2,632.97 | 38.19 |

| ID | ELEVACION (m) | DEMANDA (l/s) | GRADIENTE HIDRÁULICO (m) | PRESIÓN (mca) |
|---|---|---|---|---|
| **J-104** | 2,589.61 | 0.000 | 2,632.15 | 42.45 |
| **J-105** | 2,584.63 | 0.000 | 2,631.57 | 46.85 |
| **J-106** | 2,580.62 | 0.000 | 2,630.59 | 49.87 |
| **J-107** | 2,584.30 | 0.000 | 2,623.78 | 39.40 |
| **J-108** | 2,587.28 | 0.030 | 2,621.26 | 33.91 |
| **J-109** | 2,582.61 | 0.000 | 2,619.34 | 36.66 |
| **J-110** | 2,582.67 | 0.000 | 2,619.15 | 36.40 |
| **J-111** | 2,592.67 | 0.000 | 2,618.45 | 25.73 |
| **J-112** | 2,598.48 | 0.015 | 2,615.28 | 16.76 |
| **J-113** | 2,599.68 | 0.015 | 2,613.99 | 14.28 |
| **J-114** | 2,602.08 | 0.015 | 2,613.20 | 11.10 |
| **J-115** | 2,601.21 | 0.015 | 2,612.40 | 11.17 |
| **J-116** | 2,603.46 | 0.015 | 2,612.34 | 8.86 |
| **J-117** | 2,583.24 | 0.015 | 2,619.28 | 35.97 |
| **J-118** | 2,576.26 | 0.000 | 2,618.93 | 42.59 |
| **J-119** | 2,577.85 | 0.015 | 2,618.49 | 40.56 |
| **J-120** | 2,576.02 | 0.000 | 2,618.34 | 42.24 |
| **J-121** | 2,576.40 | 0.015 | 2,618.25 | 41.77 |
| **J-122** | 2,594.97 | 0.015 | 2,618.41 | 23.40 |
| **J-123** | 2,577.38 | 0.015 | 2,628.37 | 50.89 |
| **J-124** | 2,565.16 | 0.015 | 2,621.65 | 56.37 |
| **J-125** | 2,576.56 | 0.000 | 2,620.40 | 43.75 |
| **J-126** | 2,577.11 | 0.000 | 2,620.02 | 42.83 |
| **J-127** | 2,575.82 | 0.000 | 2,618.94 | 43.03 |
| **J-128** | 2,575.19 | 0.000 | 2,618.21 | 42.93 |
| **J-129** | 2,574.62 | 0.000 | 2,618.02 | 43.31 |
| **J-130** | 2,563.34 | 0.015 | 2,616.36 | 52.91 |
| **J-131** | 2,561.35 | 0.015 | 2,618.06 | 56.60 |
| **J-132** | 2,596.56 | 0.015 | 2,633.09 | 36.46 |
| **J-133** | 2,617.53 | 0.000 | 2,632.95 | 15.39 |
| **J-134** | 2,631.77 | 0.015 | 2,632.69 | 0.92 |
| **J-135** | 2,596.47 | 0.015 | 2,644.11 | 47.54 |
| **J-136** | 2,602.50 | 0.015 | 2,647.54 | 44.95 |
| **J-137** | 2,655.40 | 0.015 | 2,687.97 | 32.50 |
| **J-138** | 2,641.51 | 0.015 | 2,688.95 | 47.35 |
| **J-139** | 2,674.56 | 0.015 | 2,745.82 | 51.12 |
| **J-140** | 2,685.15 | 0.015 | 2,748.74 | 53.46 |
| **J-141** | 2,678.01 | 0.015 | 2,749.88 | 51.72 |
| **J-142** | 2,691.98 | 0.015 | 2,750.78 | 58.68 |
| **J-143** | 2,716.31 | 0.015 | 2,753.20 | 36.81 |

| ID | ELEVACION (m) | DEMANDA (l/s) | GRADIENTE HIDRÁULICO (m) | PRESIÓN (mca) |
|---|---|---|---|---|
| **J-144** | 2,713.53 | 0.015 | 2,752.58 | 38.98 |
| **J-145** | 2,716.57 | 0.015 | 2,752.46 | 35.82 |
| **J-146** | 2,732.53 | 0.015 | 2,759.33 | 26.75 |
| **J-147** | 2,687.60 | 0.000 | 2,746.47 | 58.75 |
| **J-148** | 2,694.61 | 0.000 | 2,745.89 | 51.17 |
| **J-149** | 2,697.83 | 0.000 | 2,745.74 | 47.81 |
| **J-150** | 2,698.57 | 0.000 | 2,745.39 | 46.73 |
| **J-151** | 2,700.49 | 0.000 | 2,743.34 | 42.77 |
| **J-152** | 2,701.85 | 0.000 | 2,742.75 | 40.81 |
| **J-153** | 2,707.84 | 0.015 | 2,741.22 | 33.31 |
| **J-154** | 2,704.32 | 0.015 | 2,741.10 | 36.70 |
| **J-156** | 2,586.76 | 0.015 | 2,634.56 | 47.71 |
| **J-157** | 2,616.87 | 0.015 | 2,652.88 | 35.94 |
| **J-158** | 2,677.29 | 0.000 | 2,744.89 | 57.46 |
| **J-159** | 2,675.11 | 0.015 | 2,744.75 | 59.50 |
| **J-160** | 2,648.07 | 0.015 | 2,685.94 | 37.80 |
| **J-161** | 2,563.34 | 0.015 | 2,616.27 | 52.82 |
| **J-162** | 2,601.21 | 0.015 | 2,611.60 | 10.37 |
| **J-163** | 2,601.00 | 0.000 | 2,611.67 | 10.65 |
| **J-164** | 2,600.16 | 0.015 | 2,611.63 | 11.44 |
| **J-165** | 2,595.57 | 0.015 | 2,636.68 | 41.03 |
| **J-166** | 2,606.34 | 0.015 | 2,632.29 | 25.90 |
| **J-167** | 2,622.82 | 0.015 | 2,654.05 | 31.17 |
| **J-168** | 2,616.87 | 0.015 | 2,652.82 | 35.87 |
| **J-169** | 2,587.58 | 0.015 | 2,626.26 | 38.61 |
| **J-170** | 2,574.42 | 0.015 | 2,619.63 | 45.12 |
| **J-171** | 2,571.99 | 0.015 | 2,574.95 | 2.96 |

En los nodos anteriores es posible dilucidar el cumplimiento de los criterios de presión. Se evidencia que los nodos del modelo para el sector evaluado se encuentran por debajo de los 60 Mca, sin embargo, se presentan algunos nodos con presiones altas dentro de la conducción que no afectan el funcionamiento del sistema, esto en razón a la cercanía con la fuente de abastecimiento.

## 8.1. UBICACIÓN DE VÁLVULAS DEL PROYECTO

A continuación, y como resultado de la modelación hidráulica del acueducto adelantado, se presenta el listado de válvulas con sus respectivas características,

así como su ubicación según coordenadas planas de acuerdo al levantamiento topográfico desarrollado.

**Tabla N° 23.** Ubicación de válvulas e instrumentación del proyecto.

| RELACIÓN CONTROL DE VÁLVULAS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **VÁLVULA** | TIPO | DIÁMETRO (mm) | MATERIAL | COORDENADA | |
| | | | | X | Y |
| **PRV-2** | REGULADORA DE PRESIÓN | 45.2 | HD | 1067490.184 | 1124179.014 |
| **PRV-3** | REGULADORA DE PRESIÓN | 45.2 | HD | 1067235.080 | 1124082.307 |
| **PRV-4** | REGULADORA DE PRESIÓN | 18 | HD | 1066878.222 | 1124007.009 |
| **AV-2** | VENTOSA DOBLE ACCIÓN | 26 | HD | 1066850.800 | 1124134.264 |
| **AV-3** | VENTOSA DOBLE ACCIÓN | 18 | HD | 1066307.532 | 1124212.251 |
| **AV-4** | VENTOSA DOBLE ACCIÓN | 11.4 | HD | 1066386.773 | 1124270.424 |
| **FCV-1** | VALVULA DE CONTROL | 45.2 | HD | 1067480.443 | 1124172.920 |
| **FCV-2** | VALVULA DE CONTROL | 45.2 | HD | 1067226.513 | 1124079.720 |
| **FCV-3** | VALVULA DE CONTROL | 11.4 | HD | 1066604.102 | 1123825.311 |
| **FCV-4** | VALVULA DE CONTROL | 26 | HD | 1066877.25 | 1124093.564 |
| **FCV-5** | VALVULA DE CONTROL | 11.4 | HD | 1066891.163 | 1124204.014 |
| **FCV-6** | VALVULA DE CONTROL | 26 | HD | 1066527.197 | 1124186.824 |
| **FCV-7** | VALVULA DE CONTROL | 11.4 | HD | 1066421.051 | 1124121.884 |
| **FCV-8** | VALVULA DE CONTROL | 18 | HD | 1066297.025 | 1124228.08 |
| **FCV-9** | VALVULA DE CONTROL | 11.4 | HD | 1066250.547 | 1124277.245 |