



INFORME EJECUTIVO

INFORME FINAL DEL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO N° 000358 DE 2017

ACTUALIZAR EL CATASTRO DE LA RED DE ACUEDUCTO EN EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA E IMPLEMENTAR UN MODELO HIDRÁULICO CALIBRADO COMO PARTE DE LA FASE II DEL PROGRAMA AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA CON EL FIN DE REDUCIR SU ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA.

ENTREGA FINAL

Presentado a:

Área Metropolitana de Bucaramanga – AMB –

Piedecuestana de Servicios Públicos ESP

Elaborado por:

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. ESP

Director: Ing. Wilson Almeyda Remolina

Coordinador: Ing. Luis F. Castañeda Galvis

Supervisor amb: Ing. Jairo Fabián Jaimes Rojas

Gerente General: Ing. Zoraida Ortiz Gómez

Fecha: diciembre de 2018

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	8
2	OBJETIVOS.....	9
2.1	OBJETIVO GENERAL	9
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
3	ANTECEDENTES.....	10
4	ENFOQUE AMBIENTAL DEL PROYECTO.....	11
5	ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE REDES, SUSCRIPTORES Y URBANISMO	12
5.1	ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE REDES E INFRAESTRUCTURA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE PIEDIECUESTA.....	14
5.1.1	Actualización de la base de datos geográfica.....	14
5.1.2	Informe del modelo de datos geográfico.....	24
5.1.3	Planos de actualización del catastro.....	25
5.1.4	Levantamiento de esquinas	28
5.1.5	Informe de actualización del catastro de redes	30
5.2	ELABORACIÓN DEL CATASTRO DE SUSCRIPTORES DEL ACUEDUCTO, GEORREFERENCIADO Y AJUSTADO A LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA DEL IGAC.....	30
5.2.1	Rutas de lectura.....	30
5.2.2	Actualización del catastro de suscriptores.....	31
6	CREACIÓN, CALIBRACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LOS MODELOS HIDRÁULICOS PARA LA GESTIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS Y COMERCIALES.....	32
6.1	CREACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO.....	35
6.1.1	Creación del modelo.....	35
6.2	CALIBRACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO PARA LA GESTIÓN DE PÉRDIDAS.....	36
6.2.1	Campañas de macromedición	36
6.2.2	Campañas de micromedición	37

6.2.3	Calibración del modelo hidráulico	39
6.2.4	Estimación del IANC	42
6.2.5	Identificación de las zonas con pérdidas técnicas y comerciales	43
6.2.6	Confiabilidad hidráulica, índice de resiliencia (IR) y coeficiente de uniformidad de presiones (CU)	45
6.2.7	Proyectos de reposición de redes.....	45
6.2.8	Sectorización hidráulica.....	46
6.2.9	Estaciones reguladoras de presión.....	50
6.3	PROYECCIÓN DE PROGRAMAS DE OPTIMIZACIÓN PARA LA GESTIÓN TÉCNICA Y COMERCIAL EN LA REDUCCIÓN DEL IANC	54
6.3.1	Crítica de facturación.....	54
6.3.2	Parque de medidores	54
6.3.3	Calibración y verificación de medidores	55
6.3.4	Vinculación de nuevos suscriptores.....	55
6.3.5	Mantenimiento correctivo de redes.....	56
6.3.6	Mantenimiento preventivo de redes.....	56
7	PROCEDIMIENTOS PARA LA GESTIÓN DE PROCESOS ENCAMINADOS A LA REDUCCIÓN DEL IANC.....	56
8	PRIORIZACIÓN DE LOS PROYECTOS	57
9	DOCUMENTOS ELABORADOS (ENTREGABLES)	60
10	CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES.....	61
10.1	ETAPA DE PLANEACIÓN	61
10.2	ETAPA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	61
10.3	CREACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA BASE DE DATOS	62
10.4	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN CAMPO	62
10.5	GEORREFERENCIACIÓN DE SUSCRIPTORES	63
10.6	ESTADO DE ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO	64
10.7	VALIDACIÓN EN CAMPO DE LA INFORMACIÓN DEL CATASTRO ..	65
10.8	MODELACIÓN HIDRÁULICA	65
10.9	MEDICIÓN DE CAUDALES Y PRESIONES.....	66
10.10	CAMPAÑAS DE MICROMEDICIÓN	67

10.11	CALIBRACIÓN HIDRÁULICA	68
10.12	ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE AGUA CONTABILIZADA	70
10.13	IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON PRESENCIA DE EMISORES Y DEMANDAS CLANDESTINAS	71
10.14	CONFIABILIDAD HIDRÁULICA	72
10.15	REPOSICIÓN DE REDES	73
10.16	SECTORIZACIÓN HIDRÁULICA	74
10.17	ESTACIONES REGULADORAS	75
10.18	PROYECCIÓN DE PROGRAMAS DE OPTIMIZACIÓN	75

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de los documentos entregados del componente I.....	13
Figura 2. Estructura de la GDB	14
Figura 3. Interfaz de ArcGIS Collector.....	15
Figura 4. Válvula sin observaciones en la GDB	16
Figura 5. Válvula con observación Requiere Mantenimiento	16
Figura 6. Válvula con observación No se visualiza.	17
Figura 7. Válvula con observación Fuga Inundada	17
Figura 8. Válvula con observación Atraque completo en concreto.....	18
Figura 9. Vista general de la red de acueducto del municipio de Piedecuesta.	18
Figura 10. Vista de la red de acueducto (tuberías, elementos visibles y accesorios) del barrio Paseo del Puente II	19
Figura 11. Apique de validación realizado en la red del municipio de Piedecuesta	20
Figura 12. Validación de la información con equipo georadar en el distrito Barroblanco.....	20
Figura 13. Catastro de urbanismo.....	21
Figura 14. Catastro de suscriptores del municipio de Piedecuesta.....	22
Figura 15. Áreas de prestación de servicio de acueducto, municipio de Piedecuesta.	24
Figura 16. Jerarquía de los planos, planchas y esquinas del catastro de redes ...	25
Figura 17. Plano general del catastro de redes.....	26
Figura 18. Plano zonal primario del catastro de redes (I a X)	26
Figura 19. Plano zonal secundario del catastro de redes (A a D)	27
Figura 20. Plancha del catastro de redes (1 a 100).....	27
Figura 21. Diagrama de esquina	29
Figura 22. Evidencia del trabajo de campo	32
Figura 23. Estructura de los documentos entregados del componente II, productos 2.1 y 2.2.....	33
Figura 24. Estructura de los documentos entregados del componente II, producto 2.3	34

Figura 25. Modelo hidráulico en Epanet.....	36
Figura 26. Medición de presiones en uno de los siete puntos de la red.....	37
Figura 27. Personal del Consorcio IP029 registrando lectura del medidor.....	38
Figura 28. Curva de caudal calibrada para el distrito Centro.....	40
Figura 29. Gráfica de presión para modelo unificado punto Calle 8 entre carreras 8-9, distrito Centro.....	40
Figura 30. Plano de presiones (mca) en horas de bajo consumo para modelo unificado en la red de distribución de Piedecuesta.	41
Figura 31. Plano de presiones (mca) en horas de máximo consumo para modelo unificado en la red de distribución de Piedecuesta.	41
Figura 32. Curva de volumen de agua no contabilizada. IANC del municipio de Piedecuesta.....	43
Figura 33. Plano de zonas de posibles fugas en la red de distribución de Piedecuesta.....	44
Figura 34. Plano de zonas con posibles demandas clandestinas en la red de distribución de Piedecuesta.....	44
Figura 35. Plano con tramos de tuberías a reponer para el distrito Argentina.	46
Figura 36. Plano general de los distritos hidráulicos del municipio de Piedecuesta	48
Figura 37. Distrito Argentina.....	49
Figura 38. Distrito Centro	49
Figura 39. Proyección de válvulas reguladoras de presión en el distrito Argentina	51
Figura 40. Proyección de válvulas reguladoras de presión en el distrito Barroblanco	52
Figura 41. Proyección de válvulas reguladoras de presión en el distrito Centro ...	53

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Campos por suscriptor en la tabla de atributos	23
Tabla 2. Relación de planos entregados en medio físico.	28
Tabla 3. Estrategias desarrolladas en el marco del Contrato 0358 para la reducción de pérdidas.....	57

1 INTRODUCCIÓN

El Acueducto Metropolitano de Bucaramanga – **amb S.A. ESP** – a través de la ejecución del Contrato Interadministrativo N° 000153 de 2017, elaboró el diagnóstico general del Sistema de Acueducto de la Empresa Piedecuestana de Servicios Públicos ESP, con el objeto de establecer la estructura base en el planteamiento e implementación de proyectos para la reducción del Índice de Agua No Contabilizada.

Durante el proceso de diagnóstico, el amb S.A. ESP realizó un análisis detallado de cada uno de los componentes del sistema de acueducto, a decir: telemetría y control, catastro de redes, urbanismo y suscriptores, maestro de distribución y gestión comercial. En el citado estudio, se identificaron temas importantes como la desactualización de los catastros, la ausencia de sectorización hidráulica y la necesidad de la implementación de un programa de reposición de medidores, los cuales, aunados inciden directa o indirectamente en el actual Índice de Agua No Contabilizada que, de acuerdo al reporte en el SUI, para el año 2016 supera el 45%.

Considerando que este IANC es muy elevado ya que representa un índice IPUF cercano a los 15 m³ por usuario facturado, muy por encima del tope máximo de 6 m³ que establece la nueva metodología tarifaria, resulta imperiosa la necesidad de actualización y consolidación del catastro de redes y de suscriptores, como quiera que representan la base fundamental de la información del insumo donde se produce este desbalance y que además se requiere para la creación de los modelos hidráulicos. El montaje y calibración de estos modelos, permitirá la localización sistemática de zonas con presencia de usuarios clandestinos, pérdidas técnicas y submedición dentro de la red de distribución, y a su vez, la detección de estos sectores críticos permitirá definir las acciones enfocadas en la reducción del IANC en el corto y mediano plazo.

De acuerdo con lo anterior y a fin de dar continuidad al programa “Ahorro y Uso Eficiente del Agua con el fin de reducir su Índice de Agua No Contabilizada”, el 30 de noviembre de 2017, el amb S.A. ESP y el Área Metropolitana de Bucaramanga, formalizaron el inicio del **Contrato Interadministrativo N° 000358 de 2017**, para la ejecución de la Fase II del programa, y cuyo objeto contractual está basado en la actualización del catastro de redes y la implementación de un modelo hidráulico calibrado del sistema de acueducto del municipio de Piedecuesta.

El presente informe contiene un RESUMEN EJECUTIVO de la entrega final del proyecto, correspondiente al desarrollo del contrato 358/17, elaborado en un tiempo total de doce (12) meses y veintiún (21) días.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Actualizar el catastro de la red de acueducto del municipio de Piedecuesta e implementar un modelo hidráulico calibrado, que permita identificar las zonas con mayor presencia de pérdidas técnicas y comerciales, a fin de definir e implementar acciones encaminadas hacia la disminución del IANC.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Actualizar el catastro de redes e infraestructura del servicio público de acueducto del municipio de Piedecuesta.
- Actualizar y consolidar el catastro georreferenciado de los suscriptores del sistema de acueducto.
- Crear los modelos hidráulicos con base en el catastro actualizado de redes y suscriptores.
- Calibrar los modelos hidráulicos para la gestión de pérdidas técnicas y comerciales.
- Realizar la proyección de los programas de optimización para la gestión técnica y comercial en la reducción del IANC de la empresa Piedecuestana de Servicios ESP.

3 ANTECEDENTES

En la Fase I del Programa Ahorro y Uso Eficiente del Agua con el fin de reducir su Índice de Agua no Contabilizada, el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga – **amb S.A. ESP** – elaboró el diagnóstico del Sistema de Acueducto de la Empresa Piedecuestana de Servicios – **PDS ESP** – con base en la información suministrada y levantada en campo, relacionada con los elementos del sistema de acueducto, y enmarcados en la gestión operativa, administrativa y comercial de la empresa prestadora del servicio.

Dentro del estudio, fue analizada la información relacionada con el IANC reportada por la empresa Piedecuestana de Servicios ESP, al Sistema Único de Información – SUI – para el año 2016. Se observaron valores oscilantes entre el 45% y el 52%, con un valor promedio de 49.27%, para el periodo comprendido entre el mes de enero y diciembre del citado año.

De acuerdo con los resultados del diagnóstico, el amb propuso como metodología de la Fase II, la implementación de seis (6) programas para la ejecución en el corto y mediano plazo:

1. *Gestión de la información técnica y monitoreo de variables*: Comprende la actualización del catastro de redes y la creación y calibración de modelos hidráulicos.
2. *Automatización y gestión de la demanda*: Se enfoca en la instalación de un sistema SCADA para el monitoreo en niveles de tanques, caudalímetros y estaciones reguladoras de presión.
3. *Gestión comercial enfocada en el control de pérdidas comerciales*: Centra la estrategia en el análisis de los factores de submedición, la identificación de usuarios clandestinos y la revisión de los consumos promedios facturados.
4. *Sectorización hidráulica y control de presiones*: Plantea la delimitación de los sectores hidráulicos, para el control en la macromedición y las presiones elevadas.
5. *Renovación del parque de medidores*: Establece la necesaria implementación de un programa de reposición de medidores, como estrategia de control de pérdidas comerciales.
6. *Gestión del mantenimiento de redes*: Se centra en los procedimientos metodológicos para el mantenimiento preventivo y correctivo de redes.

Basados en los resultados del estudio de diagnóstico de la Empresa Piedecuestana de Servicios ESP, el 30 de noviembre de 2017, el amb S.A. ESP y el Área Metropolitana de Bucaramanga, formalizaron el inicio del **Contrato**

Interadministrativo N° 000358 de 2017, para la ejecución de la Fase II del programa.

El citado contrato tiene como objeto la proyección de cinco¹ (5) de los seis (6) programas propuestos en la Fase I del programa, enmarcados dentro de dos componentes que son:

- I. Actualización del catastro de redes, suscriptores y urbanismo
- II. Creación, calibración y optimización de los modelos hidráulicos para la gestión de pérdidas técnicas y comerciales

Los planos y documentos del presente estudio, se estructuraron de acuerdo con las definiciones de la minuta del contrato y anexos de la siguiente manera:



4 ENFOQUE AMBIENTAL DEL PROYECTO

El control del índice de agua no contabilizada –IANC– representa uno de los mayores desafíos en la optimización de la eficiencia de las empresas del sector de agua potable, no obstante, este índice no afecta únicamente el factor económico de la empresa prestadora, sino que también impacta negativamente en el ambiente, debido al desaprovechamiento del recurso hídrico. El control del IANC termina siendo entonces un factor importante en la conservación del recurso hídrico y en la reducción del impacto ambiental negativo derivado de la sobrecaptación de agua. Una mayor captación altera las condiciones físico químicas, hidrogeomorfológicas y ecológicas de la fuente hídrica, afectando los organismos que habitan dicha cuenca.

En consideración a lo anterior, y teniendo como enfoque del presente proyecto la estimación del IANC y la orientación de estrategias para la disminución del mismo, en el objeto de este contrato se contempló la actualización del catastro de redes y la elaboración de un modelo hidráulico calibrado, a partir de los cuales se proyecten

¹ La ejecución del programa N° 2. Para la implementación de un sistema SCADA, fue pospuesto para una etapa posterior e independiente a la Fase II.

acciones encaminadas a la disminución de las pérdidas técnicas y comerciales del sistema.

Disponer de un catastro de redes actualizado permitirá que la empresa Piedecuestana de Servicios Públicos ESP programe y ejecute cabalmente los mantenimientos preventivos y correctivos de la red, disminuyendo y previniendo de esta manera las pérdidas técnicas en el sistema.

Por otra parte, el modelo hidráulico calibrado simula las condiciones reales del sistema, sobre las cuales se plantearon proyectos de reposición y sectorización encaminados al óptimo control de la red, y la proyección de estaciones reguladoras de presión, para el control de presiones en la red, de manera que se reduzca la magnitud de los caudales de fuga. A partir del modelo hidráulico calibrado se identificaron zonas con alta probabilidad de demandas clandestinas y submedición. La disminución de las pérdidas comerciales del sistema influye también, aunque de una manera indirecta, en el ahorro y uso eficiente del agua.

La correcta implementación de las estrategias, programas y proyectos que se generaron a partir del estudio realizado en este proyecto, contribuirán en la reducción de las pérdidas técnicas y comerciales del sistema, y la disminución del agua captada para tratamiento.

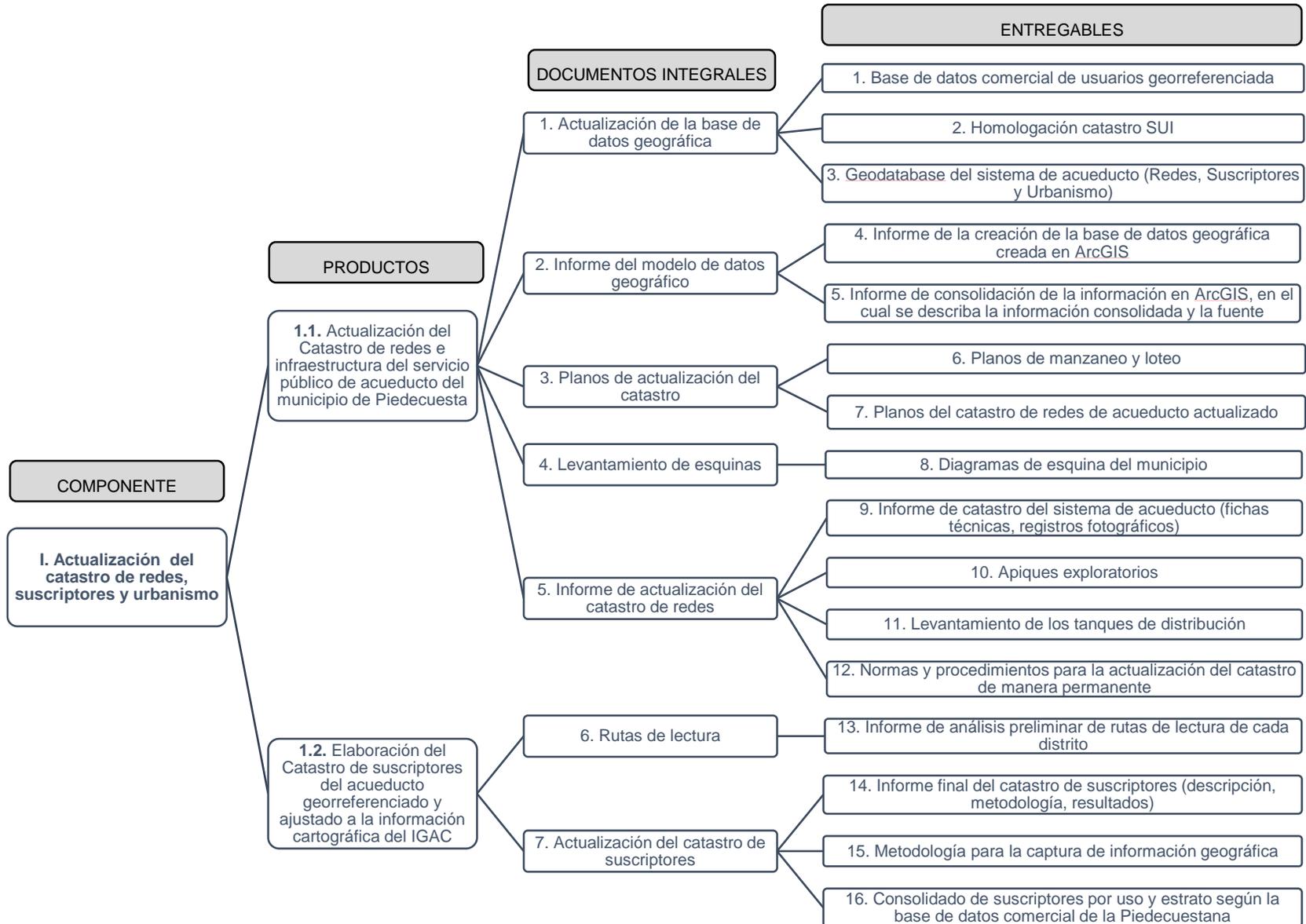
5 ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE REDES, SUSCRIPTORES Y URBANISMO

Disponer de un catastro actualizado, en el que se incluyan todos los elementos que componen la infraestructura de acueducto, constituye una herramienta fundamental para la gestión eficiente de operación y mantenimiento del sistema de acueducto.

A partir del levantamiento de información en campo, el acompañamiento de fontaneros experimentados con conocimiento de la red de acueducto del municipio de Piedecuesta, la validación de la información con base en los planos record y de diseño suministrados por constructoras, y la verificación en campo con equipo de penetración terrestre, el amb concretó el componente de la actualización del catastro de redes, suscriptores y urbanismo.

Los planos y documentos de este componente, entregados en esta etapa se estructuraron de acuerdo a las definiciones de la minuta del contrato y anexos, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Estructura de los documentos entregados del componente I



Fuente: Equipo técnico amb S.A. ESP.

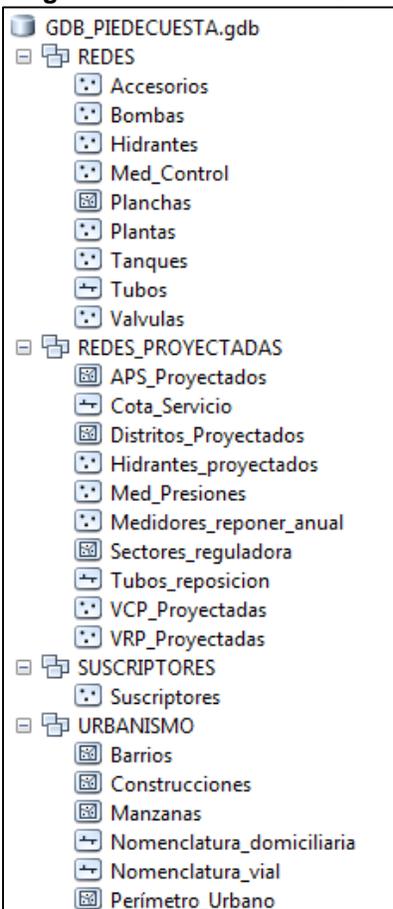
A continuación, se realiza una breve descripción del contenido de cada documento integral.

5.1 ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE REDES E INFRAESTRUCTURA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA

5.1.1 Actualización de la base de datos geográfica

Este documento integral hace referencia a la Geodatabase elaborada, en la que se agrupó la información de forma estratégica en cuatro *Feature Dataset* (redes, redes_proyectadas, suscriptores y urbanismo), y 26 *Feature Class*, considerando las acciones, necesidades y proyecciones de la PIEDECUESTANA DE SERVICIOS PÚBLICOS ESP. En la Figura 2 se presenta la estructura de la base de datos elaborada.

Figura 2. Estructura de la GDB



Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP.

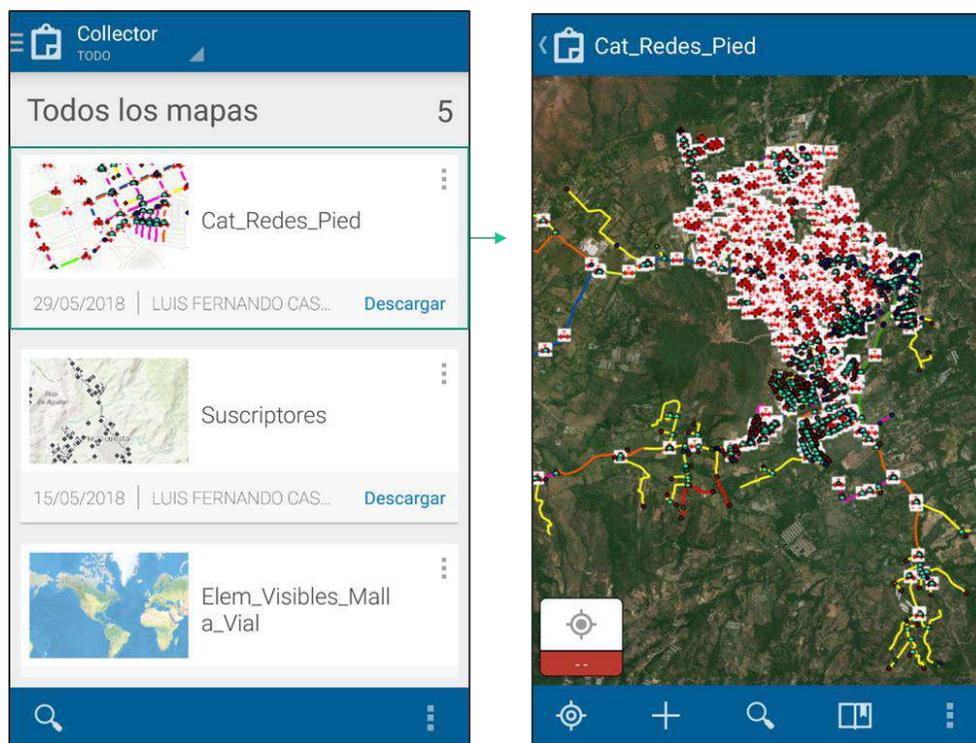
La definición y estructura de cada uno de los *Feature Dataset* se detalla a continuación:

- Redes

Contiene 9 *Feature Class* con información referente a la infraestructura física actual de la red de acueducto del municipio de PIEDECUESTA. En este *Feature Dataset* se crearon 13 dominios garantizando que la escritura de los campos que involucran nombres propios preservara la integridad de la geodatabase.

Los elementos visibles contenidos en este *Feature Class* fueron georreferenciados a partir del levantamiento de información en campo por medio de dispositivos móviles y el uso de la aplicación *ArcGIS Collector*. Los formularios fueron creados en formato *.shp con los campos, dominios y subtipos requeridos para el almacenamiento de la información de cada elemento, siguiendo estándares internacionales de modelos de datos para este tipo de sistemas. Además de la inspección de los elementos del casco urbano, se realizó la exploración de los elementos localizados en la vereda Barroblanco, Ciudad Teyuna, red del hospital Internacional y las conducciones a Nuevo Girón y la cárcel de Palogordo.

Figura 3. Interfaz de ArcGIS Collector



Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP.

Para los elementos visibles identificados en campo se consignaron los atributos físicos y el estado de funcionamiento, el cual fue verificado únicamente por medio visual y a través del registro fotográfico. En el caso de las válvulas se señaló en el campo de observaciones el estado de la caja, por ejemplo, si requería limpieza, si se encontraba inundada o si el cuerpo de la válvula se encontraba cubierto de material o concreto y por lo tanto no se podía visualizar o manipular. En las fotografías de la Figura 4 a la Figura 8 se presentan ejemplos de los diferentes estados de las válvulas encontrados en campo y consignados en la geodatabase.

Figura 4. Válvula sin observaciones en la GDB



Fuente: Registro fotográfico de campo – amb S.A. ESP

Figura 5. Válvula con observación Requiere Mantenimiento



Fuente: Registro fotográfico de campo – amb S.A. ESP

Figura 6. Válvula con observación No se visualiza.



Fuente: Registro fotográfico de campo – amb S.A. ESP

Figura 7. Válvula con observación Fuga Inundada



Fuente: Registro fotográfico de campo – amb S.A. ESP

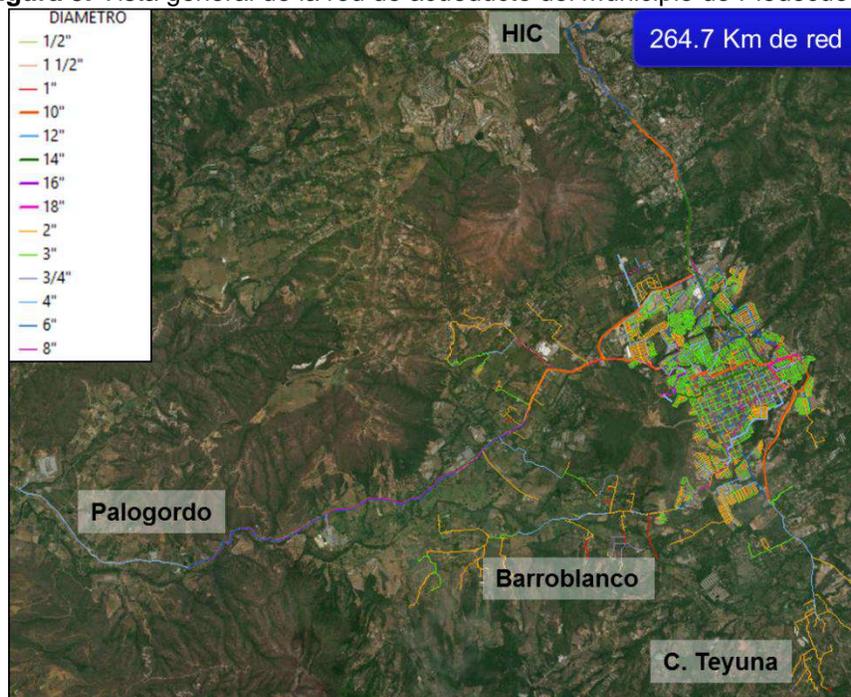
Figura 8. Válvula con observación Atraque completo en concreto



Fuente: Registro fotográfico de campo – amb S.A. ESP

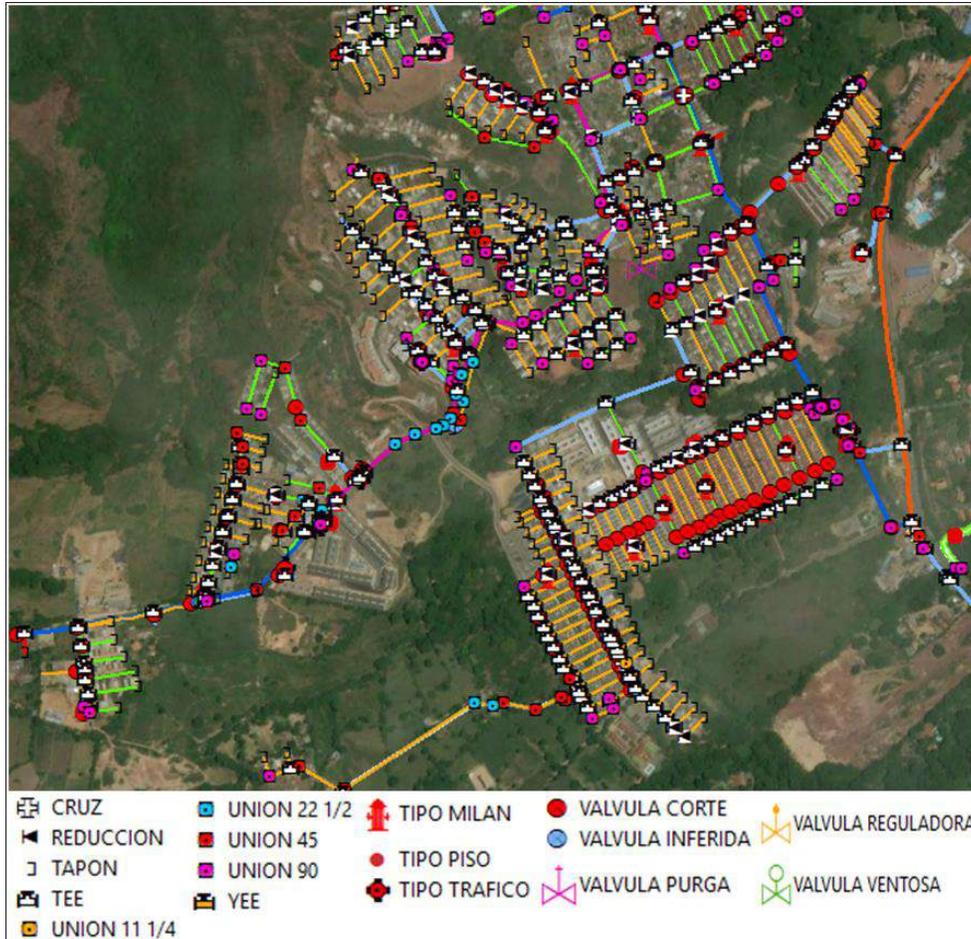
La actualización del catastro de redes de acueducto del municipio de Piedecuesta proyectó una longitud total de 264.7 km de tuberías. En la Figura 9 se presenta una vista general de todas las redes de acueducto del municipio, tanto del casco urbano como de las zonas de prestación especial. En la Figura 10 se muestra una sección detallada del catastro de redes del municipio, donde se evidencian los elementos contenidos en la GDB.

Figura 9. Vista general de la red de acueducto del municipio de Piedecuesta.



Fuente: Geodatabase actualizada del catastro de redes del municipio de Piedecuesta

Figura 10. Vista de la red de acueducto (tuberías, elementos visibles y accesorios) del barrio Paseo del Puente II



Fuente: Geodatabase actualizada del catastro de redes del municipio de Piedecuesta

Una vez digitalizada la información en la base de datos geográfica, fue realizada la verificación del trazado de las redes en campo, a través de la ejecución de apiques de validación y verificación con tecnología de penetración terrestre.

Los apiques de validación y la verificación con equipo georadar (*Utility Scan 350 MHz*) fue realizada en puntos de la red en los que se tenía algún grado de incertidumbre del trazado de las redes. En los casos en los que correspondió, fueron realizadas las modificaciones pertinentes en la base de datos, de acuerdo con la información verificada. La descripción referente a dichos apiques se encuentra consignada en el entregable 10 del presente contrato. En la Figura 11 se muestra parte del registro fotográfico de uno de los apiques realizados, y en la Figura 12 se presenta el registro de una de las verificaciones realizadas con el georadar en el distrito Barroblanco.

Figura 11. Apique de validación realizado en la red del municipio de Piedecuesta



Fuente: Registro fotográfico de campo – amb S.A. ESP

Figura 12. Validación de la información con equipo georadar en el distrito Barroblanco



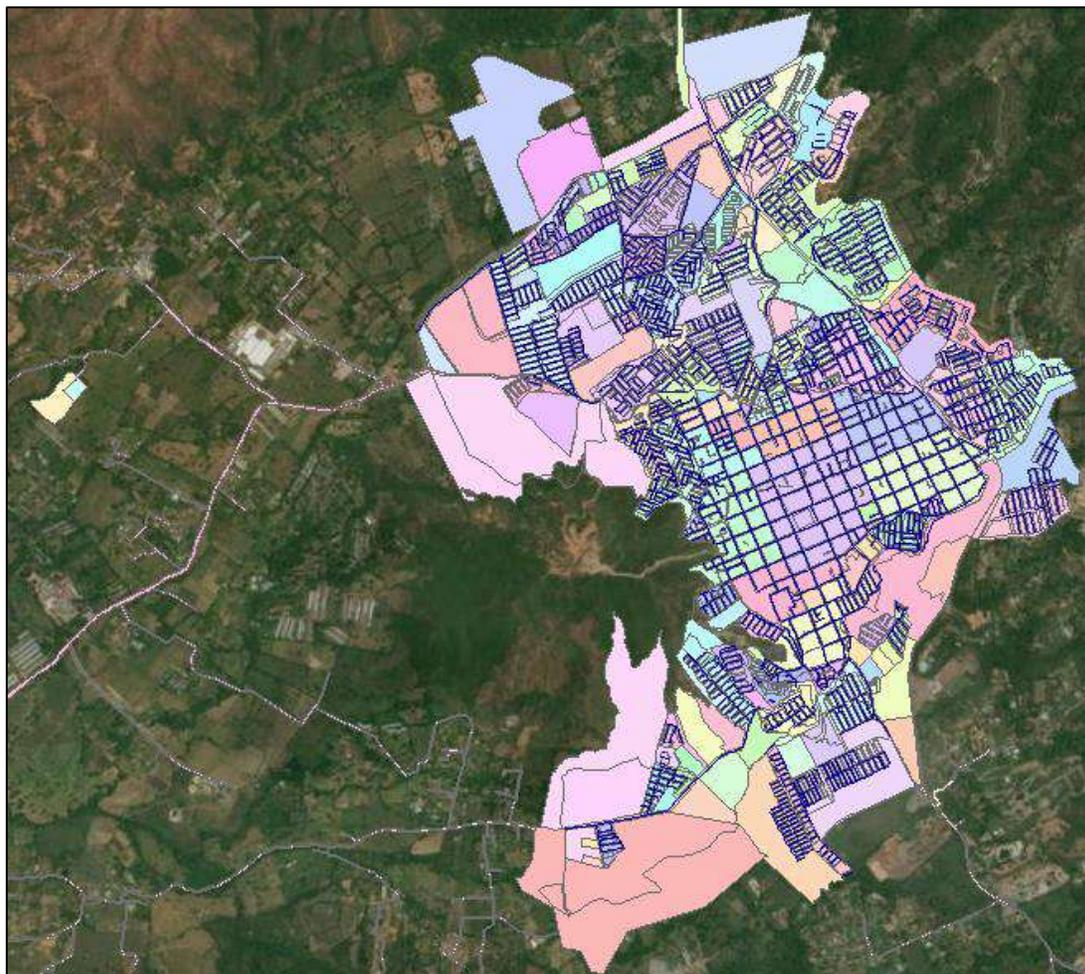
Fuente: Registro fotográfico de campo – amb S.A. ESP

- Urbanismo

Contiene 6 *Feature Class* con información referente a los barrios, manzanas, construcciones y nomenclaturas del municipio.

El catastro de urbanismo fue actualizado con la información reciente del IGAC y el POT 2017 del municipio de Piedecuesta. En la Figura 13 se presenta una vista general del catastro de urbanismo contenido en la GDB.

Figura 13. Catastro de urbanismo



Fuente: Geodatabase actualizada del catastro de urbanismo del municipio de Piedecuesta

- Redes_proyectadas

Contiene 10 *Feature class* con información correspondiente a los elementos de la red, cuya reposición o instalación fue proyectada como parte de las estrategias establecidas para la disminución del IANC. Dichos elementos contenidos en este *feature dataset* corresponden a: área de prestación de servicios, cota de servicio definida por la PDS, redes de reposición y refuerzo, válvulas de cierre permanente y reguladoras de presión, hidrantes, puntos de medición de presión, distritos hidráulicos, sectores de válvulas reguladoras de presión y medidores a reponer en el quinquenio

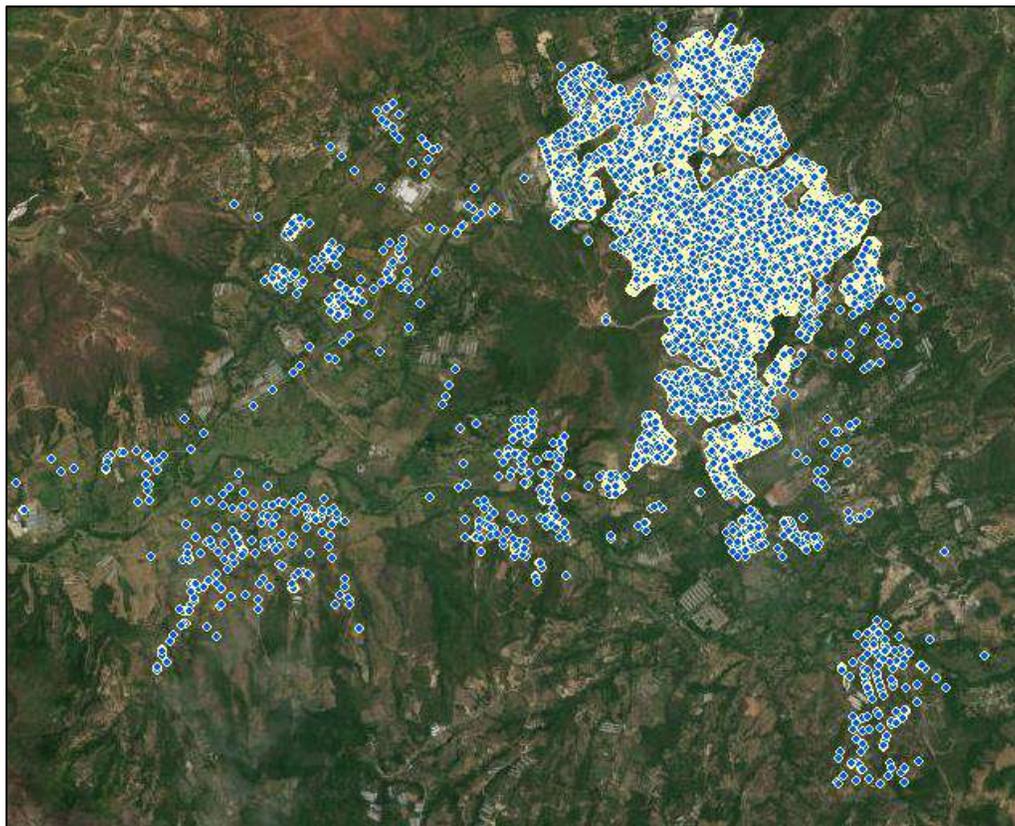
- Suscriptores

Contiene 1 *Feature class* con información atributiva correspondiente a los suscriptores del servicio de acueducto.

De acuerdo con el sistema de información comercial de la Piedecuestana, con fecha de corte del 18 de enero de 2018, se encontraron 40.390 suscriptores de los cuales, según la verificación realizada, a 576 la Piedecuestana de Servicios Públicos no suministra el servicio de acueducto. El amb S.A. ESP recomienda que la empresa Piedecuestana de Servicios realice la verificación en su base de datos comercial, de los usuarios a los que no presta directamente el servicio de acueducto y que realice la posterior actualización de esta información. Considerando lo anterior, se realizó la georreferenciación con el uso de *geocoding* y labores manuales y de campo de un total de 39.814 suscriptores.

En la Figura 14 se presenta una vista espacial de los suscriptores de acueducto de la empresa Piedecuestana de Servicios, en esta, se puede identificar el conjunto de suscriptores del casco urbano y de las zonas de prestación especial (Ciudad Teyuna, Barroblanco y Palogordo).

Figura 14. Catastro de suscriptores del municipio de Piedecuesta



Fuente: Geodatabase actualizada del catastro de suscriptores del municipio de Piedecuesta.

La tabla de atributos de los suscriptores, contiene la información georreferenciada de la base de datos comercial de la Piedecuestana de Servicios Públicos ESP a la fecha de corte de 18 de enero de 2018, así como la homologación catastral. En la Tabla 1 se presentan los campos definidos dentro del *feature class* de suscriptores.

Tabla 1. Campos por suscriptor en la tabla de atributos

CAMPOS DE LA TABLA DE ATRIBUTOS	
1. ID	12. Tipo de medidor
2. Código del Suscriptor (de acuerdo a la base de datos de la PDS)	13. Diámetro del medidor
3. Barrio	14. Edad del medidor
4. Dirección	15. Marca del medidor
5. Código de ruta (Barrio, Ruta, Horizontal)	16. Consumo promedio (últimos 6 meses)
6. Coordenadas (X, Y)	17. Número catastral
7. Nomenclatura (casco urbano)	18. Servicio de Acueducto (SI o NO)
8. Consumos (últimos 6 meses)	19. Servicio de Alcantarillado (SI o NO)
9. Uso legal	20. Servicio de Aseo (SI o NO)
10. Nombre del suscriptor	21. Registro fotográfico (de los usuarios georreferenciados en campo)
11. Estrato	22. Histórico y Lectura acumulada

Fuente: Equipo técnico amb S.A. ESP.

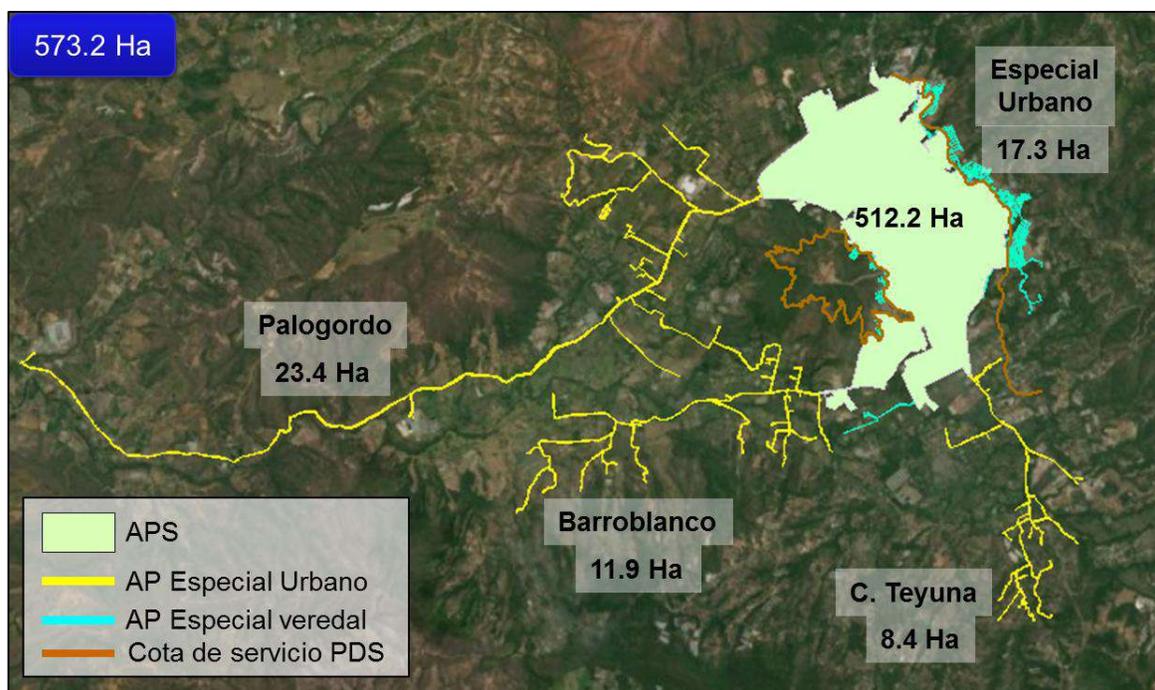
El área de prestación del servicio (zonas urbanas y zonas especiales) de acueducto en el municipio de Piedecuesta, una vez actualizadas las redes, corresponde a una superficie de 573.2 Ha.

Las áreas de prestación especial corresponden a las zonas rurales o aquellas situadas fuera del límite de elevación definido por la PDS como la cota 1000 msnm para las redes alimentadas por el tanque Cantera, y la cota 1040 para las redes alimentadas por los tanques de distribución localizados en la PTAP La Colina. Las siguientes son las zonas de prestación especial con redes activas: áreas de la zona urbana del municipio con cotas superiores a las límite de servicio definidas por la Piedecuestana, vereda Barroblanco, Ciudad Teyuna, conducción de Nuevo Girón y

cárcel Palogordo. El área total correspondiente a la zona de prestación especial es de 61 Ha.

En la Figura 15 se presentan la zona de prestación de servicio y las áreas especiales.

Figura 15. Áreas de prestación de servicio de acueducto, municipio de Piedecuesta.



Fuente: Geodatabase actualizada del catastro de redes del municipio de Piedecuesta

5.1.2 Informe del modelo de datos geográfico

Este documento integral contiene los informes de la creación de la base de datos y de la consolidación de la información en ArcGIS. En el primero se indica la metodología y los lineamientos de análisis, diseño e implementación del modelo de datos de la empresa PIEDECUESTANA DE SERVICIOS PÚBLICOS ESP. En dicho informe se define el diccionario de datos empleado, así como los modelos conceptual y lógico de la base de datos geográfica.

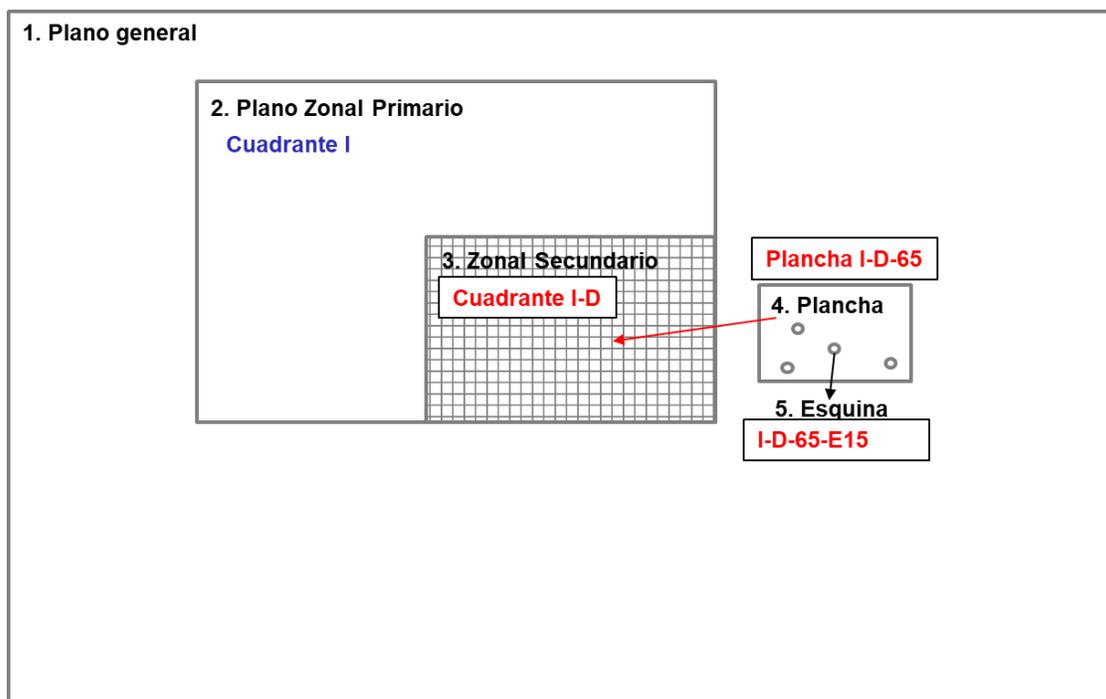
En el segundo informe se describe de manera general la estructura de la geodatabase y la fuente de la información contenida en la misma.

5.1.3 Planos de actualización del catastro

Una vez finalizada la base de datos geográfica, fueron elaborados los planos referentes a la actualización del catastro de redes de acueducto y urbanismo del municipio de Piedecuesta.

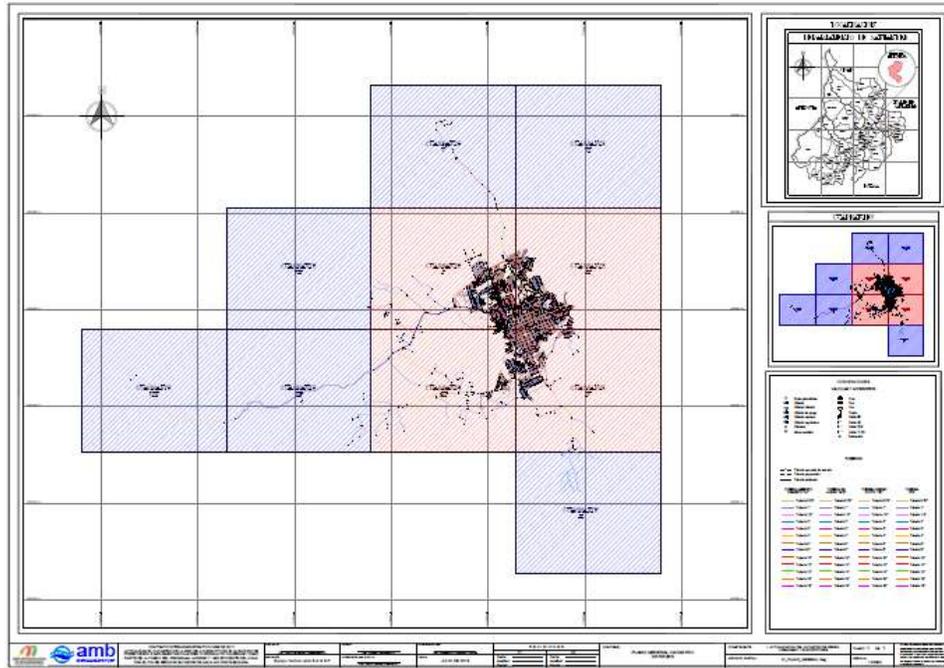
Para el levantamiento de la información, actualización del catastro de redes del municipio de Piedecuesta y la entrega de la información, se creó una jerarquía que contenía los planos de localización general, planos zonales primarios y secundarios, planchas y formatos de esquina. Lo anterior permitió localizar de manera organizada los elementos existentes en cada una de las esquinas del municipio y alcanzar la actualización completa del catastro de redes. En la Figura 16 a la Figura 20 se presenta la jerarquía de los planos y planchas del catastro de redes.

Figura 16. Jerarquía de los planos, planchas y esquinas del catastro de redes



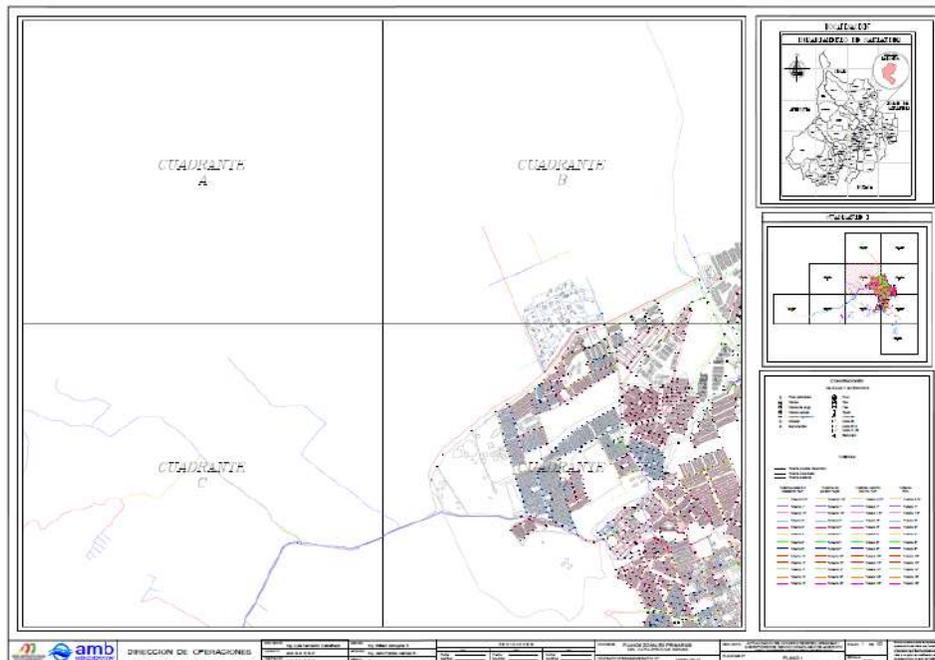
Fuente: Equipo técnico amb S.A. ESP.

Figura 17. Plano general del catastro de redes



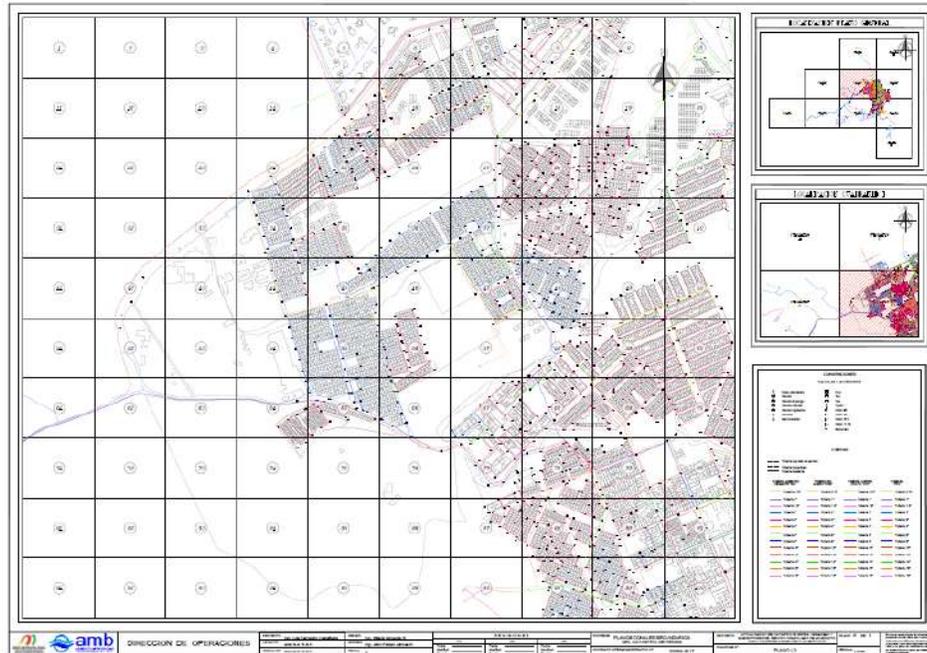
Fuente: Equipo técnico amb S.A. ESP.

Figura 18. Plano zonal primario del catastro de redes (I a X)



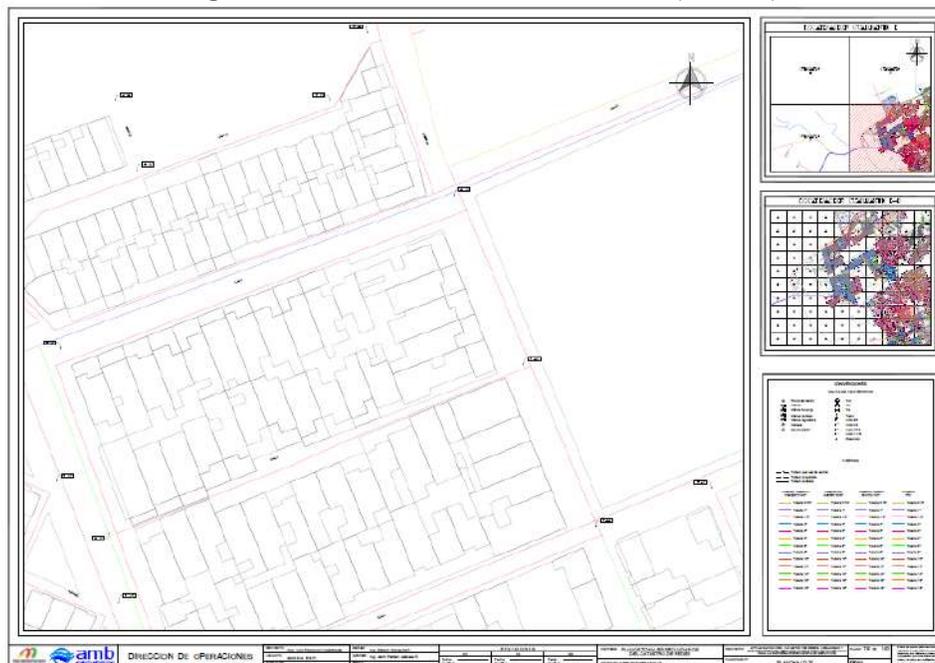
Fuente: Equipo técnico amb S.A. ESP.

Figura 19. Plano zonal secundario del catastro de redes (A a D)



Fuente: Equipo técnico amb S.A. ESP.

Figura 20. Plancha del catastro de redes (1 a 100)



Fuente: Equipo técnico amb S.A. ESP.

Los planos correspondientes al casco urbano fueron generados hasta el detalle de planchas en escala 1:250, y se entregan en medio físico aquellos que contienen información relevante del catastro de redes. En la Tabla 2 se relaciona el número de planos impresos (2 copias de cada uno).

Tabla 2. Relación de planos entregados en medio físico.

PLANOS DE CATASTRO DE REDES	CANT.
Plano General (ESC 1:25000)	1
Planos Zonales Primarios (ESC 1:5000)	10
Planos Zonales Secundarios (ESC 1:2500)	40
Planchas escala 1:250	
Cuadrante I	148
Cuadrante II	68
Cuadrante III	138
Cuadrante IV	96
Planchas escala 1:2500	
Cuadrante V	4
Cuadrante VII	4
Cuadrante VIII	4
Cuadrante IX	4
Cuadrante X	4
PLANOS DE LOTEOS Y MANZANEO	CANT.
Planos de Loteo y manzaneo	26
TOTAL	547

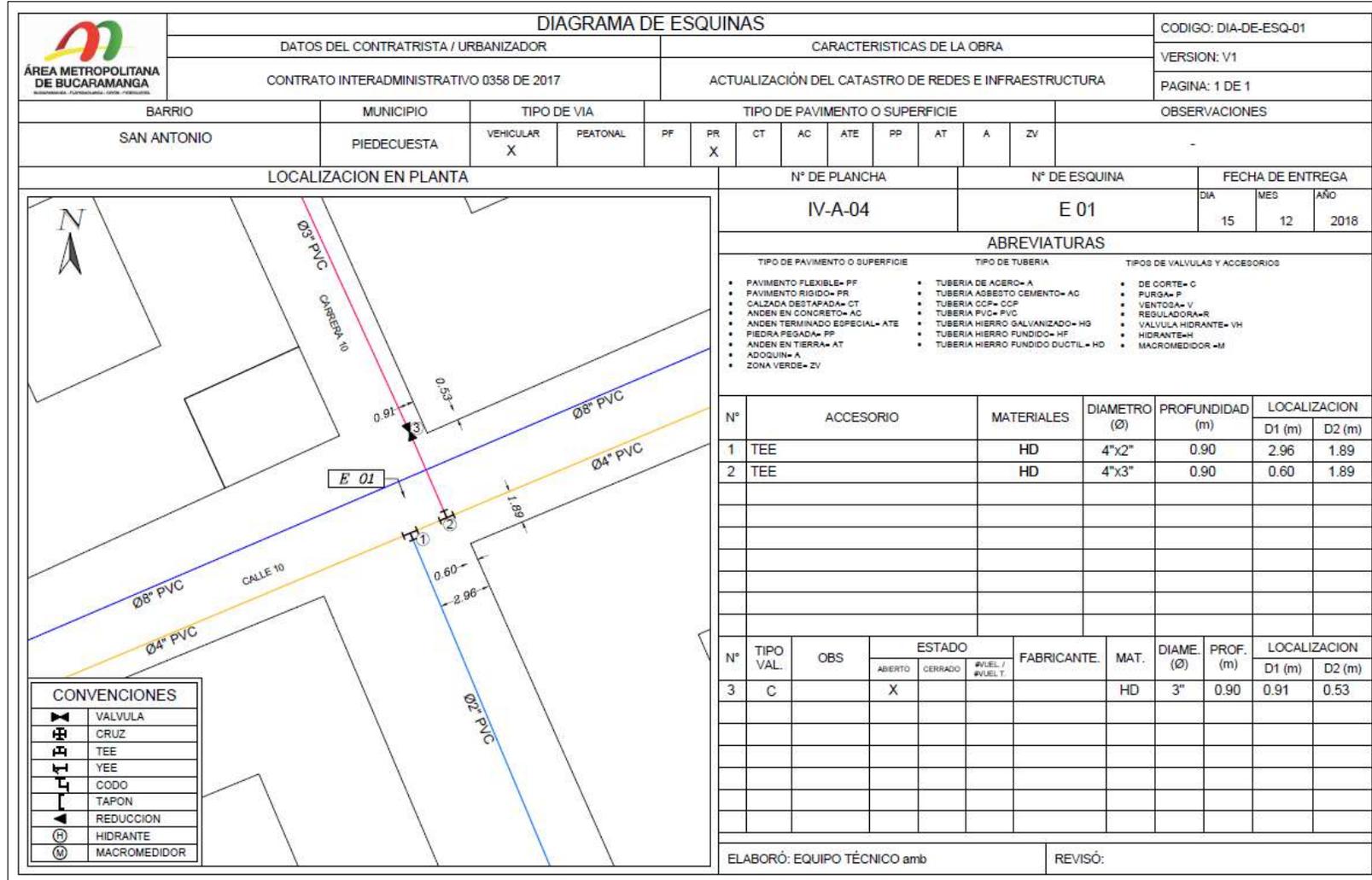
Fuente: Equipo técnico amb S.A. ESP.

Además de las dos (2) copias de planos impresos, el amb S.A. ESP hace entrega de una cartilla (tamaño doble carta) que contiene también los 547 planos indicados en la Tabla 2.

5.1.4 Levantamiento de esquinas

A partir de las planchas (escala 1:250) se identificaron y enumeraron las esquinas correspondientes a cada uno. Para cada esquina se levantó un diagrama en el que se identifican los elementos visibles y accesorios con su respectiva localización y características como el material, diámetro, profundidad y localización. En la Figura 21 se presenta un ejemplo de un diagrama de esquina. Fueron levantadas la totalidad de las esquinas del casco urbano del municipio, algunas de estas no cuentan con accesorios o elementos visibles. Se hace entrega de 2959 diagramas de esquina.

Figura 21. Diagrama de esquina



Fuente: Equipo técnico amb S.A. ESP.

5.1.5 Informe de actualización del catastro de redes

Este documento integral contiene el informe del catastro de redes del sistema de acueducto del Municipio de Piedecuesta, en el cual se describe de manera general, la metodología llevada a cabo para su ejecución, las actividades realizadas desde la concepción y diseño del modelo de datos geográfico y la elaboración de las fichas técnicas de los elementos visibles levantados o catastrados.

Para los elementos visibles identificados en campo, y de acuerdo a su tipo (válvulas e hidrantes), fueron elaboradas las fichas técnicas: 195 para los hidrantes y 1511 para las válvulas. En éstas se consignaron los atributos físicos y el estado de funcionamiento, el cual fue verificado únicamente por medio visual y a través del registro fotográfico.

En este documento integral, se incluye el informe descriptivo de la ejecución y resultados obtenidos en los apiques de validación, construcción de cajas para medición de presión y levantamiento topográfico de los tanques de distribución del municipio.

Por último, considerando importante que la empresa Piedecuestana de Servicios Públicos ESP de continuidad a la actualización del catastro, en este documento integral se incluye un informe que relaciona los procedimientos para la actualización del catastro de manera permanente, el cual se recomienda sea adoptado por la PDS con el fin de desarrollar de una manera ordenada y concisa la respectiva actualización.

5.2 ELABORACIÓN DEL CATASTRO DE SUSCRIPTORES DEL ACUEDUCTO, GEORREFERENCIADO Y AJUSTADO A LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA DEL IGAC

5.2.1 Rutas de lectura

De acuerdo con la base de datos comercial suministrada por la empresa Piedecuestana, con fecha de corte de 18 de enero de 2018, el amb S.A. ESP realizó el análisis de las rutas de lectura y la distribución de los usuarios en cada una de ellas, en este listado se identificaron 28 rutas de lectura, incluidas en ellas las zonas urbanas y rurales. El análisis de la información existente se relaciona en el informe: *análisis preliminar de rutas de lectura de cada distrito.*

5.2.2 Actualización del catastro de suscriptores

El catastro de suscriptores constituye uno de los requisitos fundamentales para realizar una eficiente operación y mantenimiento de las redes de acueducto. Considerando la importancia que representa tener un catastro de suscriptores completo y correctamente actualizado, se realizó la verificación de los 30743 suscriptores que se encontraban ubicados geográficamente según la información suministrada por la empresa Piedecuestana. De esta verificación se determinó que 26127 se encontraban correctamente georreferenciados, de los 40390 existentes en el listado maestro de suscriptores de enero de 2018. De acuerdo con lo obtenido, se proyectó una metodología para la georreferenciación de los suscriptores faltantes, en la cual se contempló: la incorporación de forma manual de acuerdo con las rutas de lectura usadas por la Piedecuestana, la georreferenciación por medio del localizador de direcciones (geocoding) y la georreferenciación en terreno con el uso de ArcGIS *collector* instalado en dispositivos móviles.

Con el uso de dispositivos móviles y los listados maestros de suscriptores y de medidores suministrados por la PDS a fecha de corte del 18 de enero de 2018, el personal técnico del amb S.A. ESP realizó la georreferenciación en terreno de 1616 suscriptores de acueducto de la empresa Piedecuestana, quienes en mayor parte correspondían a sectores rurales del municipio. En este trabajo de campo se identificaron 576 suscriptores que, si bien se encuentran relacionados en la base de datos comercial de la Piedecuestana, no son suscriptores del servicio de acueducto de la PDS sino de alcantarillado y/o aseo. Considerando lo anterior el amb llevó a cabo la georreferenciación del total de suscriptores del servicio de acueducto de la PDS a enero de 2018. En la Figura 22 se evidencia el trabajo de campo realizado con base en el maestro de suscriptores (a) y con base en el maestro de medidores en los casos en el que el predio no contaba con nomenclatura (b).

Figura 22. Evidencia del trabajo de campo



Fuente: Registro fotográfico de campo.

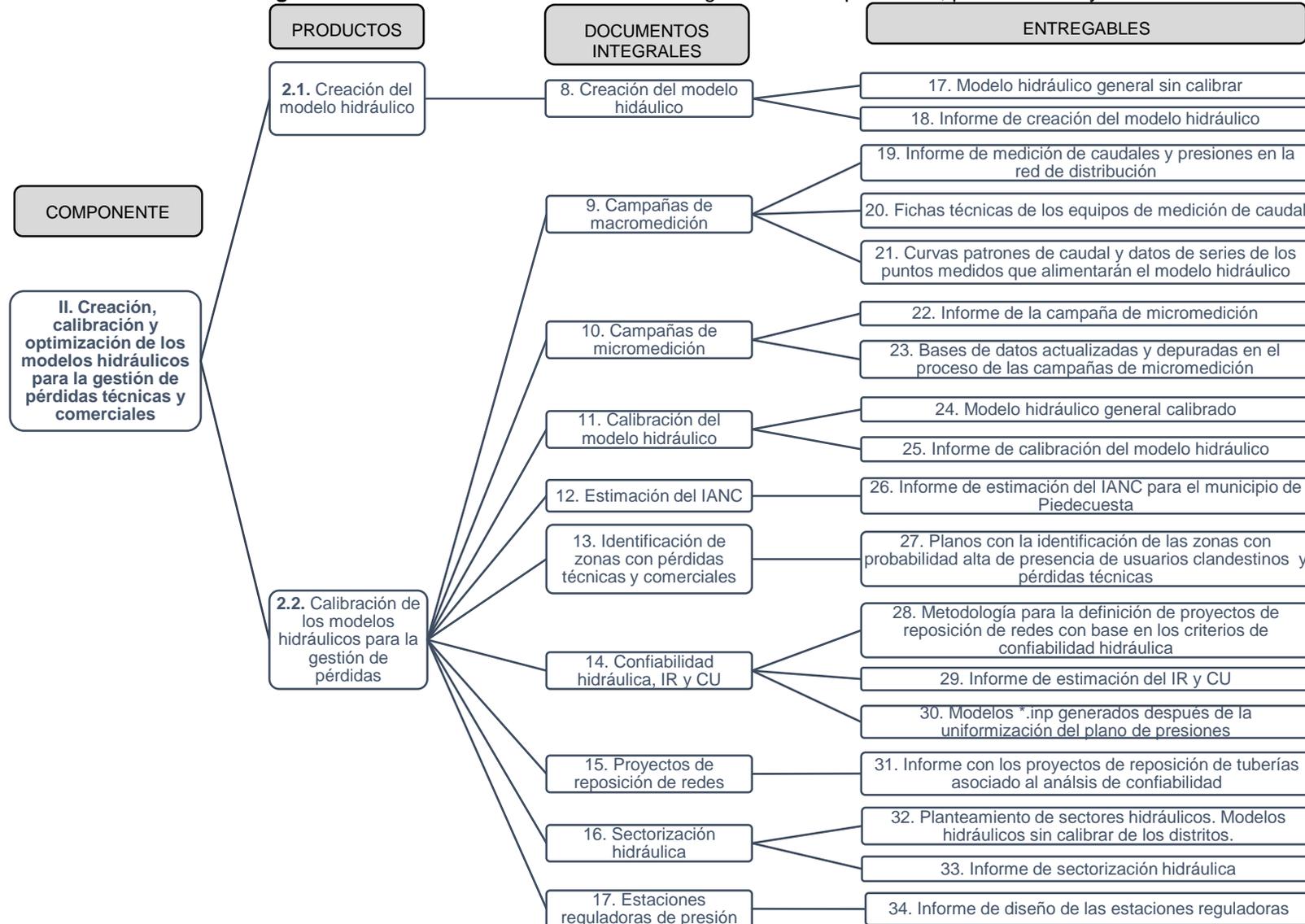
En este documento integral “Actualización del catastro de suscriptores” se relacionan los informes con la descripción, la metodología para la captura de la información y los resultados de la actualización del catastro de suscriptores. De la misma manera, se incluye un informe que contiene el análisis estadístico de la distribución de suscriptores por uso y estrato, según la base de datos comercial de la Piedecuestana.

6 CREACIÓN, CALIBRACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LOS MODELOS HIDRÁULICOS PARA LA GESTIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS Y COMERCIALES

Una vez actualizado el catastro de redes, es posible proseguir a la etapa de creación y calibración de modelos hidráulicos, así como la proyección de los programas de optimización para la identificación y gestión de pérdidas técnicas y comerciales.

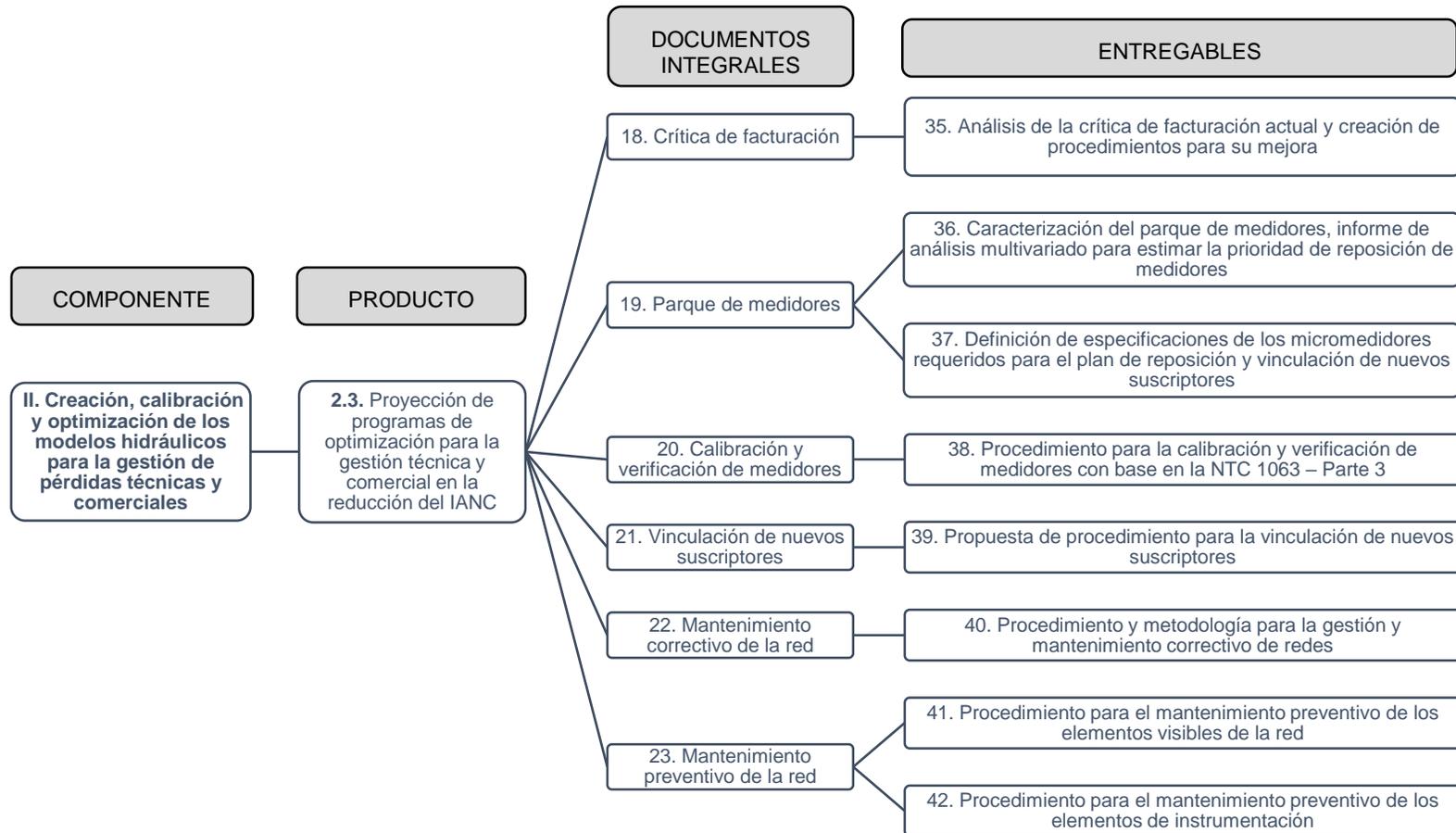
Los planos y documentos de este componente fueron estructurados en tres productos de acuerdo con las definiciones de la minuta del contrato y anexos, como se muestra en la Figura 23 y la Figura 24.

Figura 23. Estructura de los documentos entregados del componente II, productos 2.1 y 2.2.



Fuente: Equipo técnico amb S.A. ESP.

Figura 24. Estructura de los documentos entregados del componente II, producto 2.3



Fuente: Equipo técnico amb S.A. ESP.

6.1 CREACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO

6.1.1 Creación del modelo

A partir de la actualización del catastro de redes de acueducto, y su respectiva consolidación en una base de datos geográfica, se procedió al segundo componente del contrato, el cual consiste en la creación y calibración del modelo hidráulico de la red. Así pues, en este documento integral se incluye el modelo hidráulico en formato *.inp, creado en periodo estático, y el informe descriptivo y metodológico en el que se consignó el proceso que fue llevado a cabo para construir o crear el modelo hidráulico general preliminar en período estático del sistema de acueducto del Municipio de Piedecuesta. En este informe se expone entonces la composición y preparación de los insumos del modelo, así como las consideraciones y procedimiento para la creación del mismo.

El modelo fue construido empleando sucesivamente los programas ArcGIS², WaterGEMS³ y Epanet⁴. Con ArcGIS y en el marco del catastro de redes, se creó la base de datos geográfica (geodatabase), la cual contiene los elementos físicos del sistema de Acueducto. Dichos elementos finalmente materializados como archivos shapefile, constituyeron el insumo básico para la creación del modelo hidráulico en WaterGEMS. Finalmente, el modelo creado fue exportado a un archivo *.inp de Epanet, el cual corresponde al formato en el que se entrega como parte del presente documento integral.

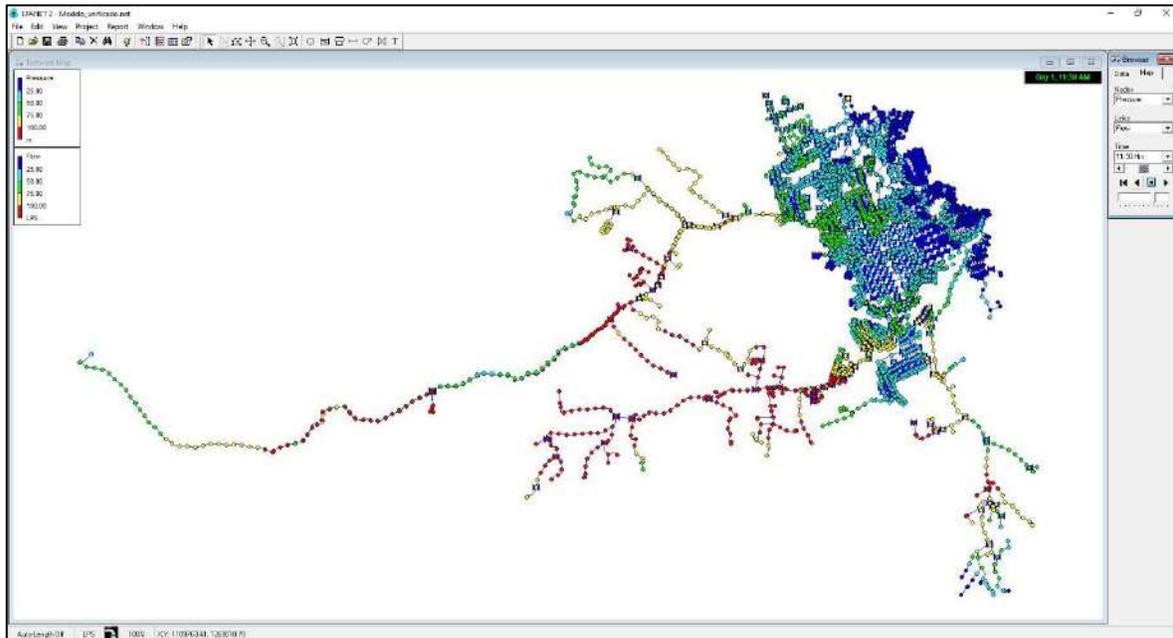
En la Figura 25 se presenta la imagen del modelo hidráulico general del sistema de acueducto del municipio de Piedecuesta, una vez creado en WaterGEMS y exportado a Epanet.

² Software de licencia comercial producido y comercializado por ESRI (Environmental Systems Research Institute). California EE.UU

³ Software de licencia comercial propiedad de Bentley Systems. Exton, Pensilvania EE.UU

⁴ Software de licencia libre desarrollado por la EPA (Environmental Protection Agency), EE.UU.

Figura 25. Modelo hidráulico en Epanet



Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP.

6.2 CALIBRACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO PARA LA GESTIÓN DE PÉRDIDAS

6.2.1 Campañas de macromedición

Considerando esencial para la calibración del modelo hidráulico, contar con las curvas patrones de caudal, el amb S.A. ESP realizó mediciones en periodo extendido en las ocho tuberías matriz que conectan los tanques de almacenamiento localizados en la PTAP La Colina con la red de distribución del municipio. Por otra parte, se realizaron lecturas en periodos de 24 horas en las tuberías de entrada y salida de los tanques de almacenamiento Cra 15 y La Cantera; para la ejecución de estas mediciones fue necesario realizar excavaciones para la instalación de caudalímetros ultrasónicos en dichas tuberías.

Por otra parte, fueron también medidas presiones en periodo extendido sobre tuberías importantes de suministro, en siete (7) puntos distribuidos en la red de distribución. Para la ejecución de estas mediciones fue necesaria la construcción de

siete cajas, la localización y construcción de estas se encuentra descrita en los entregables 10 y 19 del presente contrato. En la Figura 26 se visualiza el manómetro instalado sobre uno de los puntos de medición de presión, localizado en la calle 8 entre cra 8 y 9.

Figura 26. Medición de presiones en uno de los siete puntos de la red.



Fuente: Registro fotográfico de campo – amb S.A. ESP

En consideración a lo anteriormente indicado, este documento integral contiene el informe de medición de caudales y presiones en la red de distribución, así como las fichas técnicas de los equipos de medición de caudal con los que cuenta la PDS, y las curvas de caudal que fueron utilizadas en el proceso de calibración del modelo hidráulico.

6.2.2 Campañas de micromedición

De la misma manera en que la información de los caudales macromedidos en los puntos de distribución de la red son importantes en el proceso de calibración del modelo, también lo son los datos de consumo micromedidos a los suscriptores del servicio de acueducto. Con el fin de realizar un análisis de los consumos de los usuarios de acueducto de la PDS, y comparar dichos datos con los consumos históricos suministrados por la Piedecuestana, se realizaron cuatro campañas de micromedición en el área de prestación urbana y rural del municipio. Dichas campañas fueron realizadas en el transcurso de aproximadamente 45 días (una campaña cada quince días).

Para el desarrollo de este compromiso, el amb S.A. ESP adjudicó a través de licitación pública, el contrato para la ejecución de las campañas de micromedición,

al Consorcio IP029, conformado por Oscar Mantilla Rodriguez, S&S Soluciones y Servicios del Oriente S.A.S. e INKCO S.A.S. Las lecturas fueron registradas en terminales móviles según las especificaciones técnicas definidas por el amb. En la Figura 27 se evidencia el proceso de micromedición realizado por personal del consorcio IP029, debidamente identificado.

Figura 27. Personal del Consorcio IP029 registrando lectura del medidor



Fuente: Registro fotográfico de campo – amb S.A. ESP

Con el fin de registrar el estado del medidor, situaciones que imposibilitaran el acceso para realizar la lectura, o posibles conexiones fraudulentas, fue definido un listado de novedades a través de las cuales se registraron las situaciones encontradas. Obedeciendo a lo anterior, en las campañas de micromedición realizadas, se registraron situaciones que afectan directamente el índice de agua no contabilizada, es decir, posibles formas de fraude y conexiones clandestinas que incrementan las pérdidas comerciales del sistema; algunas de las más comunes corresponden a cambios de medidor entre lecturas y conexiones fraudulentas. El análisis de estas novedades se encuentra en el entregable 22.

Este documento integral contiene el informe descriptivo de la ejecución de dichas campañas, el análisis realizado a partir de las novedades o situaciones encontradas en la medición de las lecturas y las bases de datos obtenidas en dichos procesos.

6.2.3 Calibración del modelo hidráulico

Una vez creado el modelo hidráulico, asignados los consumos a cada uno de los nodos de la red y generadas las curvas de caudal y presión a partir de los datos medidos en campo, se procedió a calibrar el modelo a través del ajuste de las curvas modeladas y medidas. La calibración hidráulica se realiza a fin de representar en el modelo el comportamiento real de la red.

Este documento integral se encuentra constituido por dos entregables: el primero corresponde a los modelos hidráulicos ejecutados en el proceso de calibración, y el segundo contiene el informe que describe la metodología con base en la cual fue ejecutada dicha calibración.

En el primer entregable se incluyen tres modelos hidráulicos en formato *.inp, los cuales corresponden a las fases de calibración del modelo; estos son:

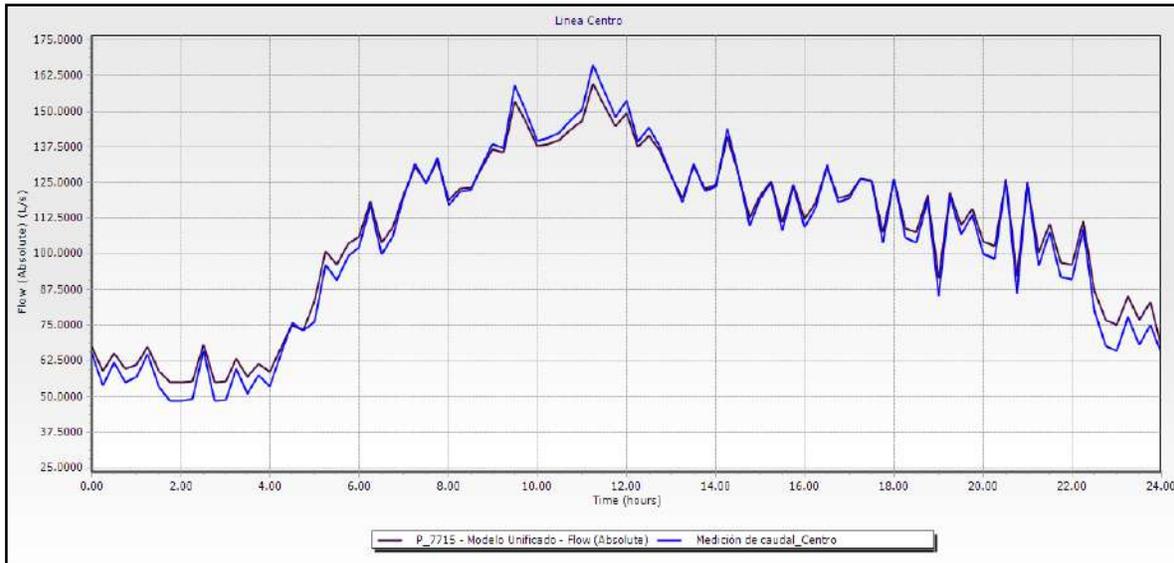
- i. **Modelo base ajustado:** Corresponde al modelo hidráulico en periodo estático, en el que se han incluido los diámetros comerciales reales de las tuberías y las pérdidas menores en válvulas y accesorios.
- ii. **Modelo calibrado por masas:** En este modelo ya se ha realizado el ajuste de las curvas de caudal modeladas con las medidas, es decir, este modelo contiene ya la asignación de caudales de fuga (a través de la modificación del coeficiente del emisor) y el ajuste de las demandas o consumos asignados a los nodos. El ajuste de las demandas se ha realizado considerando hipótesis de consumo y conexiones clandestinas basadas en la estratificación socioeconómica.
- iii. **Modelo unificado:** Basados en el modelo calibrado por masas, se realiza la calibración por energía, es decir, se ajustan las curvas de presión modeladas con las medidas. Esta última fase de la calibración constituye el ajuste de la rugosidad y la asignación de pérdidas menores en la red. Este modelo se denomina unificado porque corresponde al resultado de la calibración definitiva.

El segundo entregable constituye el informe en el que se expone el proceso de calibración, se definen las variables topológicas integradas al modelo hidráulico elaborado para la red de acueducto del municipio de Piedecuesta, y se muestran los resultados de los ajustes realizados en la calibración por masa y energía.

El proceso de calibración definido en este documento integral, fue realizado para cada uno de los distritos que se encuentran definidos actualmente en el municipio de Piedecuesta. En la Figura 28 y la Figura 29 se muestran las curvas resultado de la calibración por masas y energía, realizada para uno de los distritos hidráulicos

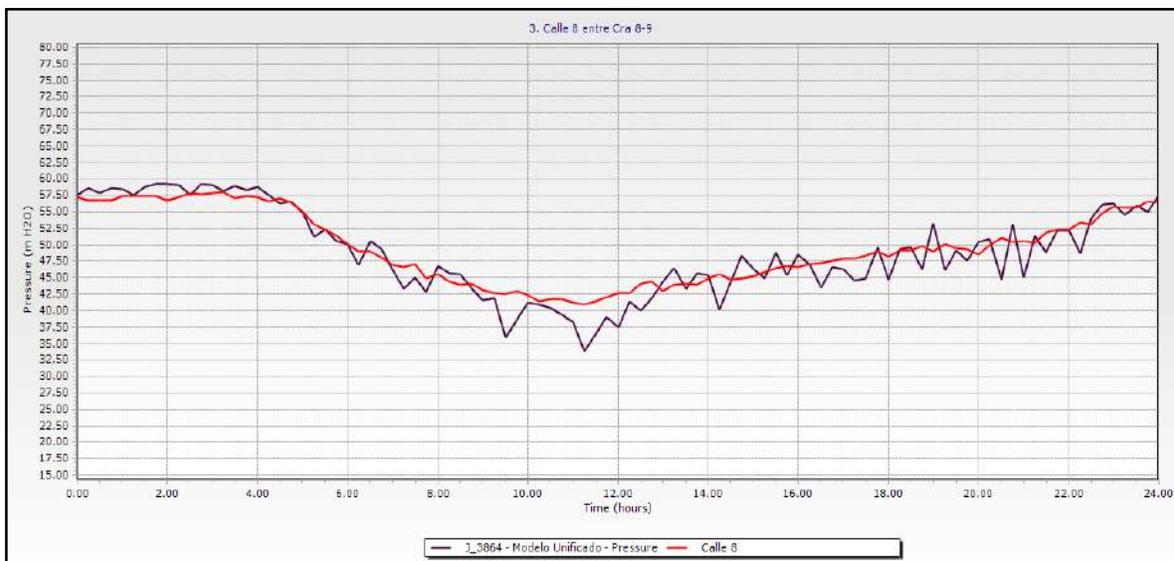
más representativos del municipio, el distrito Centro. La curva de color morado corresponde a la modelada y la azul o roja a la medida en campo.

Figura 28. Curva de caudal calibrada para el distrito Centro.



Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP.

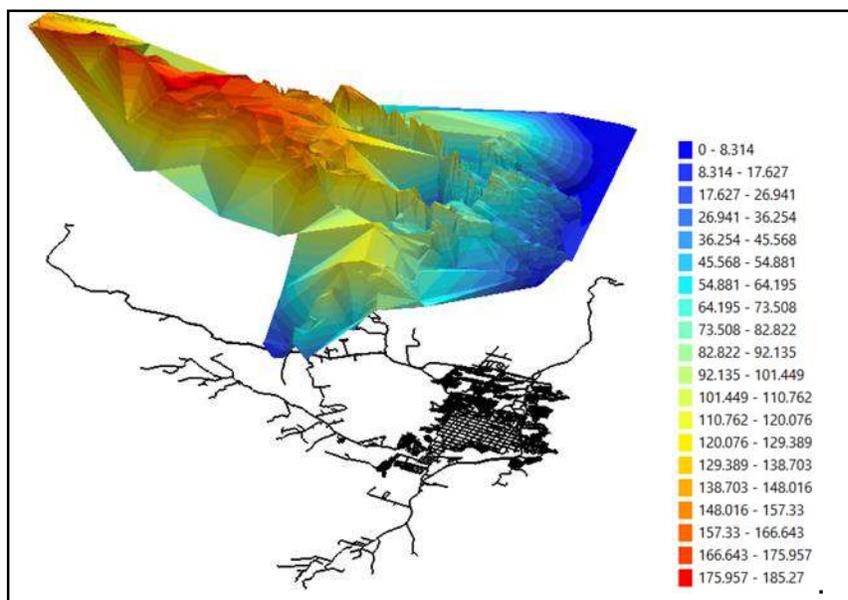
Figura 29. Gráfica de presión para modelo unificado punto Calle 8 entre carreras 8-9, distrito Centro



Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP.

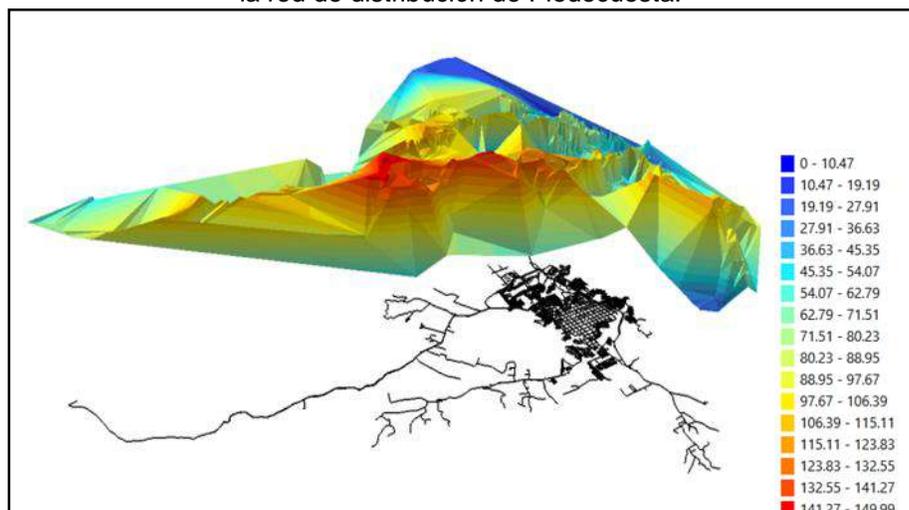
A partir del ajuste por energía realizado en el modelo unificado, se construyó un esquema por elevaciones del plano de presiones en las horas de bajo y alto consumo en la red, los cuales se presentan en la Figura 30 y Figura 31 respectivamente.

Figura 30. Plano de presiones (mca) en horas de bajo consumo para modelo unificado en la red de distribución de Piedecuesta.



Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP.

Figura 31. Plano de presiones (mca) en horas de máximo consumo para modelo unificado en la red de distribución de Piedecuesta.



Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP.

En los planos de presiones obtenidos se evidencian zonas con presiones altas, superiores a los 100 mca y 160 mca en las horas de mayor y menor consumo respectivamente. Estas presiones pueden influir en la magnitud de los caudales de fuga de la red y por lo tanto en el índice de agua no contabilizada. Considerando esencial el control de presiones en la red para la disminución del IANC, en el documento integral 16 del presente contrato (numeral 6.2.9) se propone la instalación de válvulas reguladoras de presión en puntos específicos de la red.

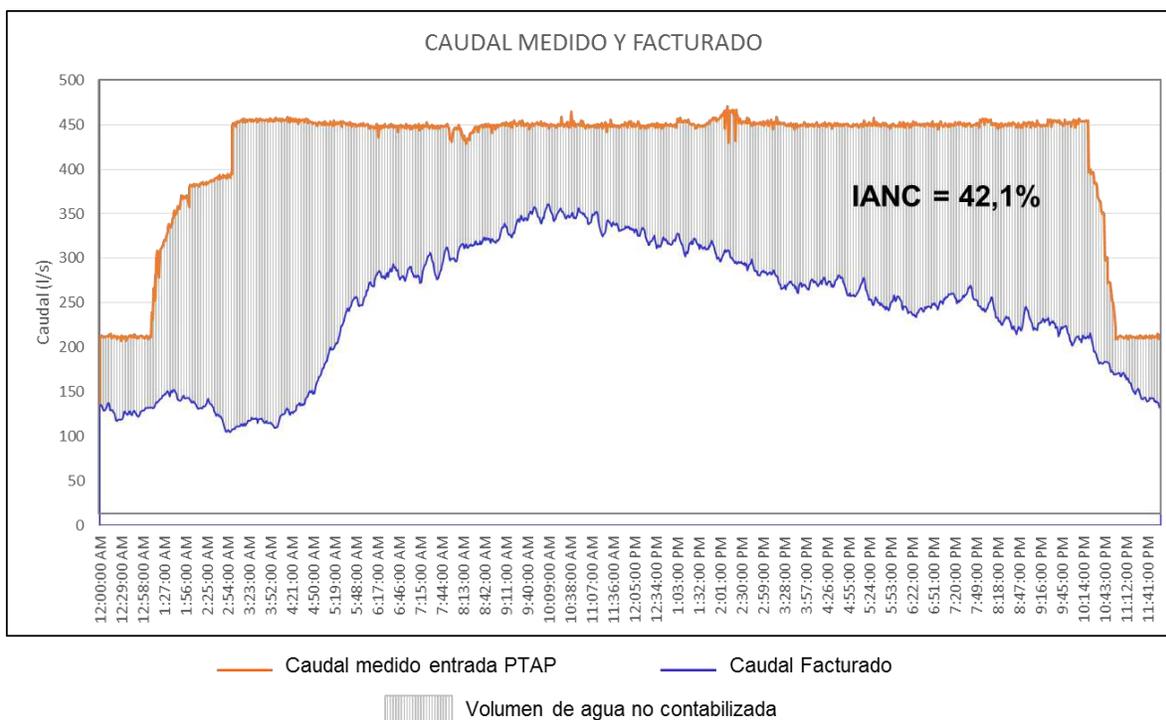
6.2.4 Estimación del IANC

El índice de agua no contabilizada, su estimación y la gestión de las pérdidas para la disminución del mismo, constituye en sí el objeto del presente contrato. La proyección de los programas de optimización para la gestión de las pérdidas se realiza a partir del conocimiento del comportamiento real de la red, es decir, a partir de los resultados de los modelos hidráulicos calibrados.

Considerando lo expuesto anteriormente, y una vez realizada la calibración del modelo hidráulico, este documento integral constituye el informe en el que se establece la estimación del IANC del sistema de acueducto del municipio de Piedecuesta, con base en las mediciones realizadas en el agua tratada en la PTAP La Colina y los datos de facturación de los suscriptores de acueducto de la Piedecuestana de Servicios ESP.

El análisis realizado a las curvas de caudal medido y facturado, arrojó un valor de índice de agua no contabilizada equivalente al 42,13%, el cual contempla las pérdidas técnicas de la red por presencia de fugas y rebose de tanques de distribución, y las pérdidas comerciales referentes a submedición y demandas clandestinas en la red. En la Figura 32 se presentan las curvas medidas y facturadas en el municipio de Piedecuesta.

Figura 32. Curva de volumen de agua no contabilizada. IANC del municipio de Piedecuesta



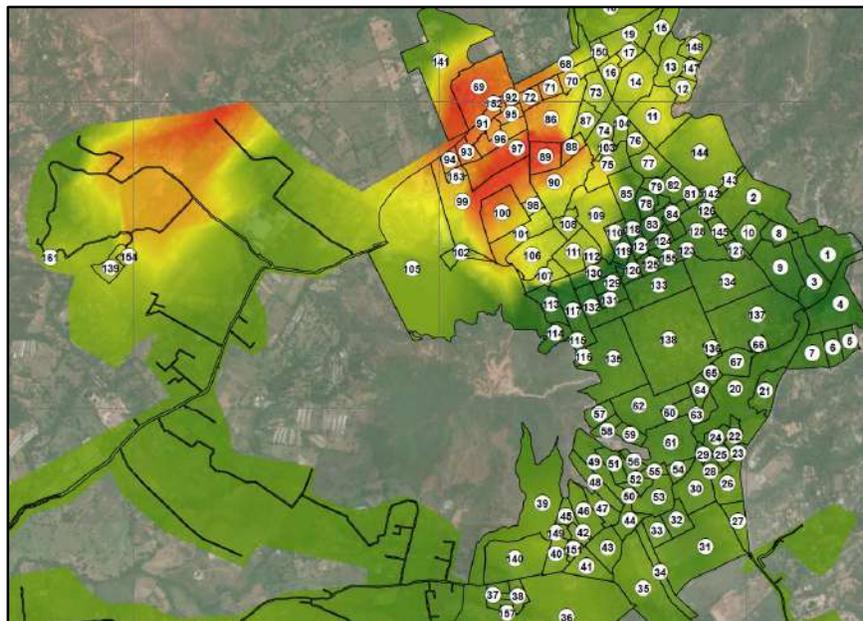
Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP.

6.2.5 Identificación de las zonas con pérdidas técnicas y comerciales

La proyección de los programas de optimización para la disminución del IANC debe ser enfocado inicialmente en las zonas que presenten mayor probabilidad de presencia de pérdidas técnicas y comerciales; la empresa prestadora del servicio debe tener conocimiento de los sectores que debe atacar prioritariamente porque presentan mayor probabilidad de fugas y demandas clandestinas.

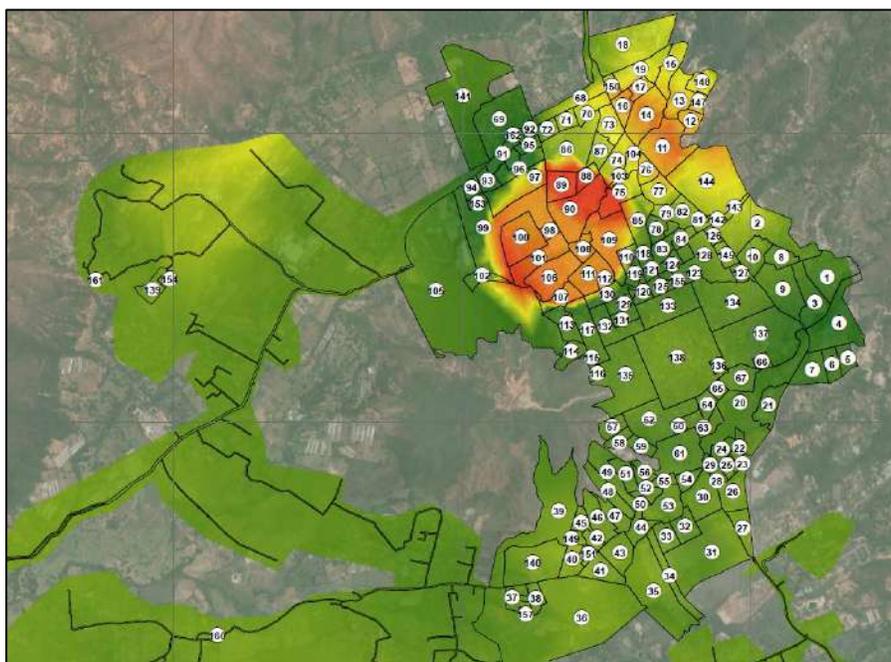
En consideración a lo anterior, en este documento integral se elaboraron mapas de calor (en ArcGIS) para la identificación de las zonas con mayores probabilidades de fugas y demandas clandestinas en el municipio de Piedecuesta. Lo anterior se realizó a partir del análisis de la diferencia entre las curvas de demanda del modelo calibrado y del modelo inicial en las horas de bajo consumo (para la identificación de fugas) y en las horas de alto consumo (para la identificación de conexiones fraudulentas); las diferencias observadas fueron analizadas como consumos mensuales. En la Figura 33 y la Figura 34 se presentan vistas de los mapas de calor elaborados.

Figura 33. Plano de zonas de posibles fugas en la red de distribución de Piedecuesta.



Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP

Figura 34. Plano de zonas con posibles demandas clandestinas en la red de distribución de Piedecuesta.



Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP

6.2.6 Confiabilidad hidráulica, índice de resiliencia (IR) y coeficiente de uniformidad de presiones (CU)

La reposición de las redes busca que a través del aumento de diámetro en ciertas tuberías se prepare o adecúe el distrito para recibir la reducción de presiones buscando hacerla más eficiente. La preparación del distrito consiste en:

- Maximizar la uniformidad de las presiones.
- Maximizar la confiabilidad hidráulica.

El presente documento integral, relacionado con el IR y el CU está constituido por tres entregables. El primero de ellos corresponde al informe metodológico para la definición de proyectos de reposición de redes con base en los criterios de confiabilidad hidráulica; esta metodología de reposición fue aplicada a cada uno de los ocho sectores o distritos hidráulicos planteados para el sistema de distribución del Municipio de Piedecuesta. La finalidad de este informe es que la PDS cuente con una base metodológica para el análisis de futuros proyectos de reposición.

El segundo entregable corresponde al informe de estimación del IR y CU, es decir, en este informe se exponen los resultados detallados del análisis de confiabilidad hidráulica. En dicho informe se define también la conveniencia técnica y económica de las reposiciones, mediante el análisis de los resultados arrojados por la metodología. El tercer entregable corresponde a los modelos *.inp generados a partir de la uniformización del plano de presiones según los porcentajes de peso del IR y CU.

6.2.7 Proyectos de reposición de redes

A partir del análisis de confiabilidad hidráulica realizado, y la definición de la conveniencia técnica y económica de las reposiciones de cada distrito, en el presente documento integral se definen los tramos finales de reposición, y se incluyen los planos donde se identifican los tramos con las tuberías a reponer y el presupuesto general estimado para llevar a cabo la ejecución de las obras en cada uno de los distritos. En la Figura 35 se presenta un ejemplo de uno de los planos elaborados con la información de las tuberías a reponer para el distrito Argentina.

Figura 35. Plano con tramos de tuberías a reponer para el distrito Argentina.



Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP

6.2.8 Sectorización hidráulica

La sectorización hidráulica consiste en la simplificación de la red del área de prestación de servicio mediante la adecuada división de la misma en sub áreas; su importancia radica principalmente en el desarrollo adecuado de las mediciones, el control de las presiones y la simplificación de la operación del sistema a través del control de las entradas y salidas de flujo.

El presente documento integral contiene el informe que consigna los análisis realizados para la determinación de la sectorización hidráulica del sistema de distribución de agua potable del municipio de Piedecuesta. En este informe se

expone la delimitación de los distritos hidráulicos a través de la instalación de válvulas de cierre permanente en las redes perimetrales de cada sector del municipio, y se indica la localización de cada una de estas válvulas en la red y el presupuesto general estimado para la materialización de dichos distritos. Se entregan como anexos de este informe los planos de los distritos hidráulicos definidos para el municipio.

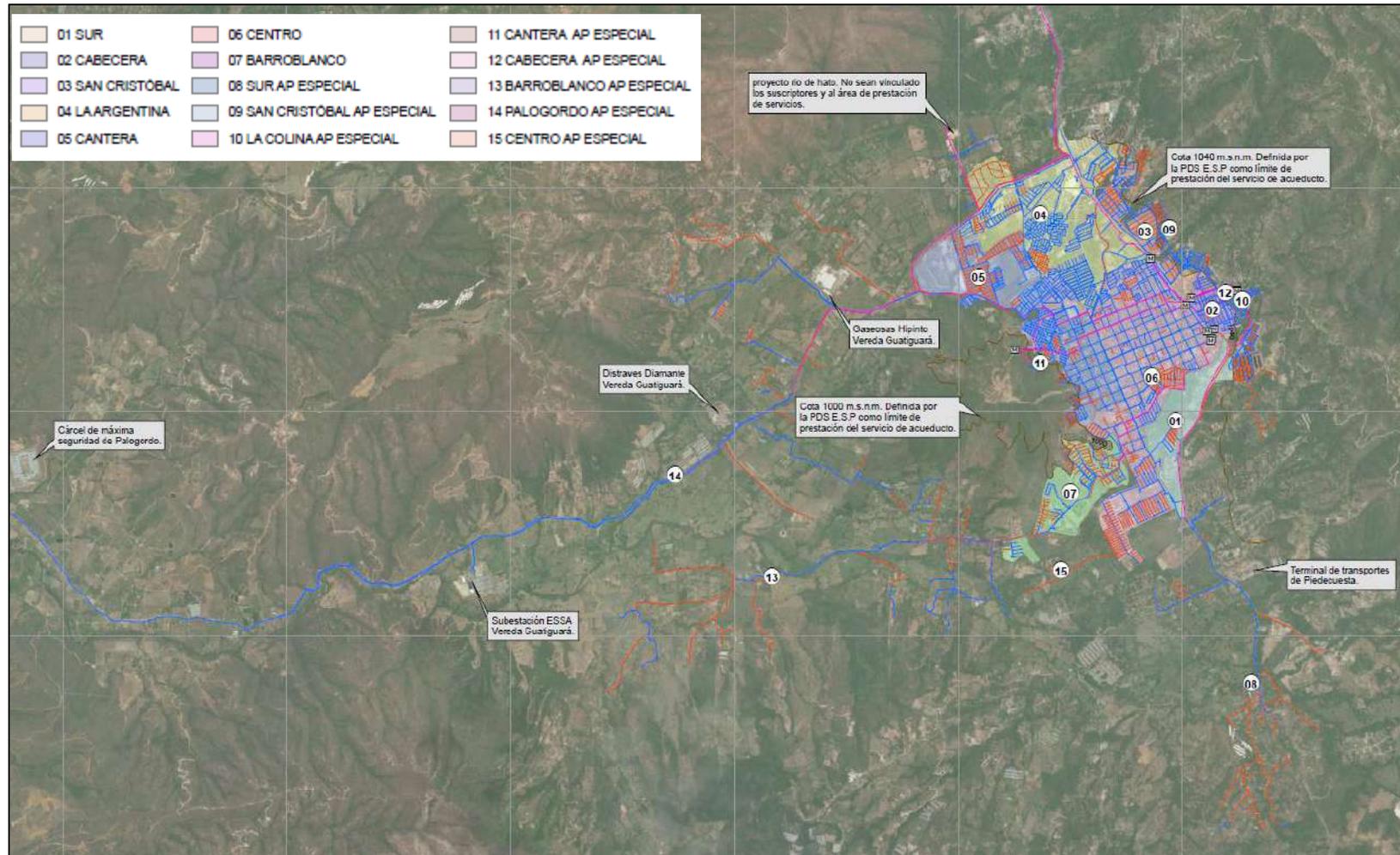
Para la sectorización hidráulica del área urbana del municipio de Piedecuesta se plantearon ocho (8) distritos, denominados así: Distrito La Argentina, Distrito Barroblanco, Distrito San Cristóbal, Distrito La Cantera, Distrito Cabecera, Distrito La Colina, Distrito Centro y Distrito Sur.

Las redes localizadas fuera del área de prestación de servicios, es decir, las zonas rurales o aquellas situadas fuera del límite de elevación definido por la PDS como la cota 1000 msnm para las redes alimentadas por el tanque Cantera, y la cota 1040 para las redes alimentadas por los tanques de distribución localizados en la PTAP La Colina, fueron definidas como zonas de prestación especial. En consideración a lo anterior, todos los distritos, a excepción de La Argentina, cuentan con zonas de prestación especial.

En la Figura 36. se presenta el plano general de la composición de los distritos hidráulicos.

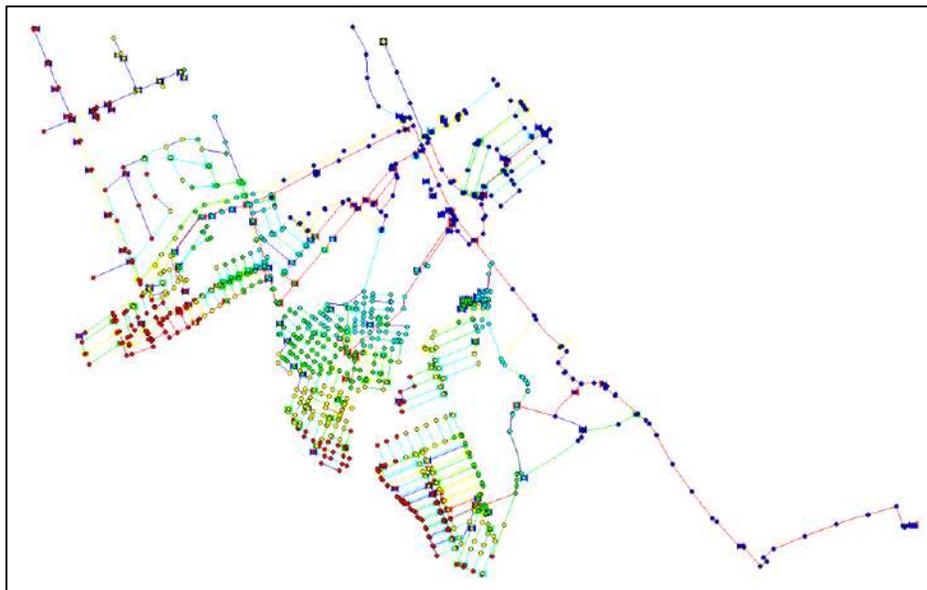
Como parte de este documento integral se entregan los modelos hidráulicos sin calibrar de cada distrito, elaborados como parte del análisis y materialización teórica de los mismos. En la Figura 37 y la Figura 38 se presentan, a manera de ejemplo, los esquemas de los modelos hidráulicos de los distritos Argentina y Centro respectivamente.

Figura 36. Plano general de los distritos hidráulicos del municipio de Piedecuesta



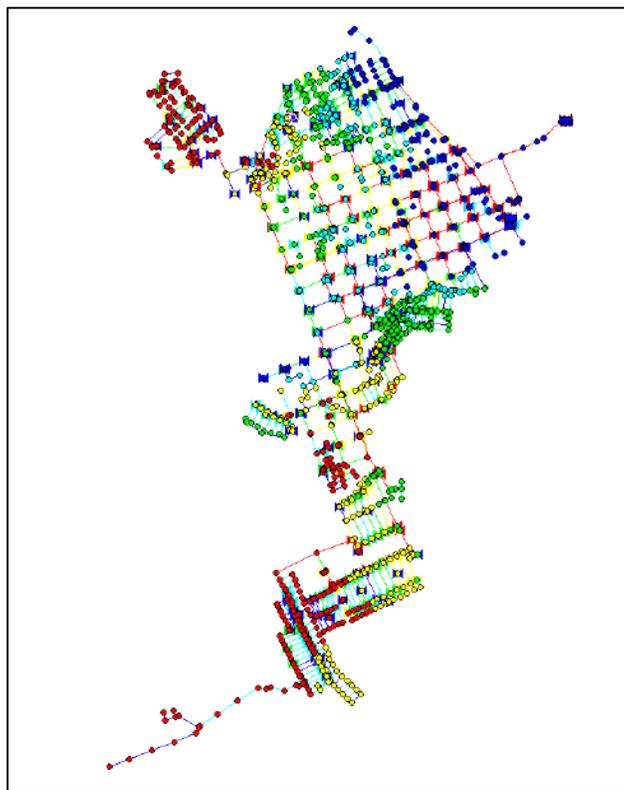
Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP

Figura 37. Distrito Argentina



Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP

Figura 38. Distrito Centro



Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP

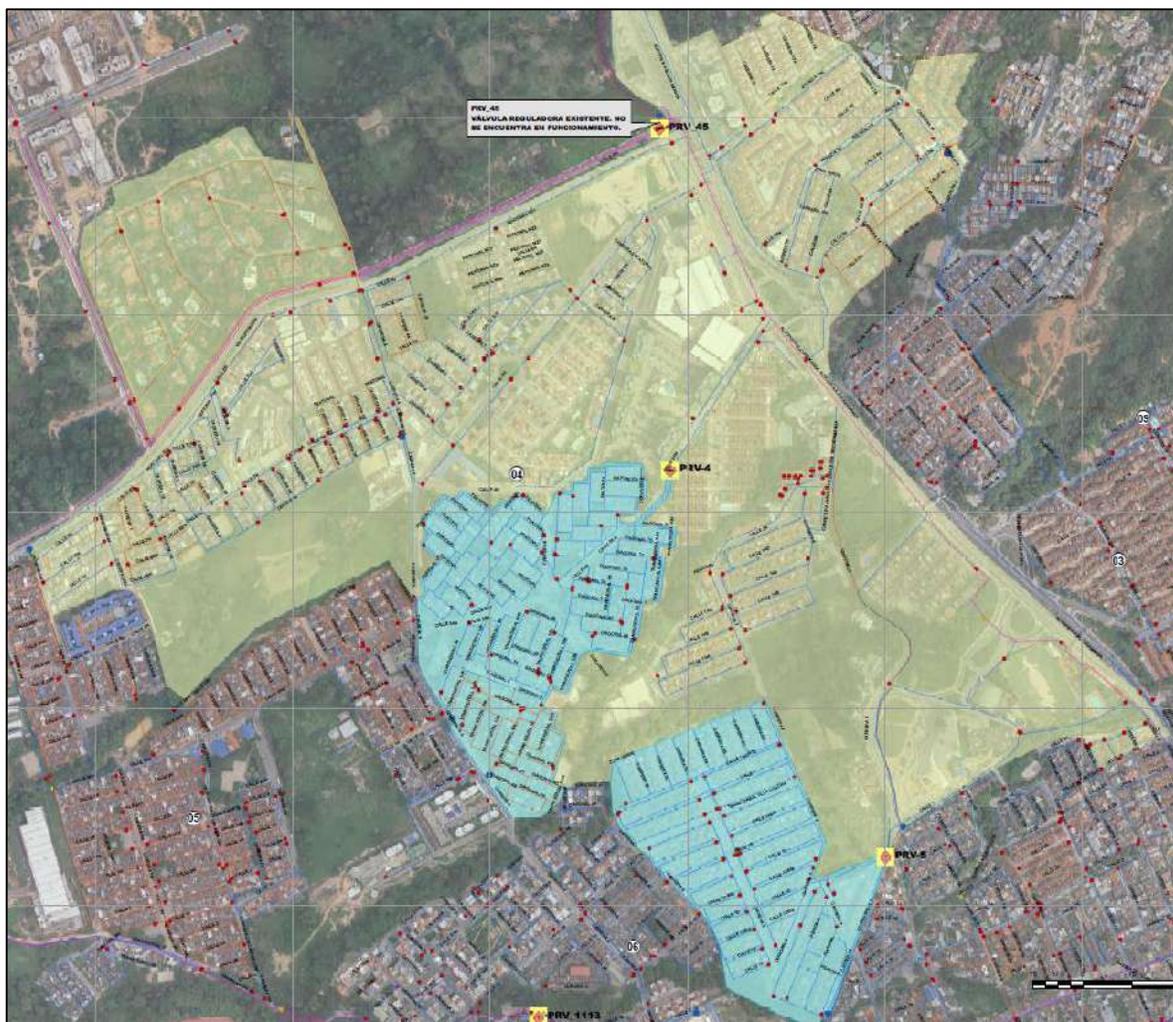
6.2.9 Estaciones reguladoras de presión

El caudal de fugas es directamente proporcional a la presión en el sistema de distribución, de acuerdo con esto, la reducción o regulación de las presiones ayuda no solo a mejorar la operación en la red, sino a su vez reduce la magnitud de las fugas y por consiguiente las pérdidas técnicas y el agua no contabilizada en el sistema. En consideración a lo anterior, se establece la necesidad de la instalación de válvulas o estaciones reguladoras de presión (PRV), a fin de regular el plano de presiones del sistema.

Este documento integral contiene el informe (Entregable 34) con los análisis y cálculos necesarios para la proyección de estaciones reguladoras de presión en puntos estratégicos del sistema de distribución de la empresa Piedecuestana de servicios públicos E.S.P. Se entregan como anexos de este informe los planos de los sectores aferentes a cada válvula reguladora y el presupuesto general estimado para la construcción de dichas estaciones.

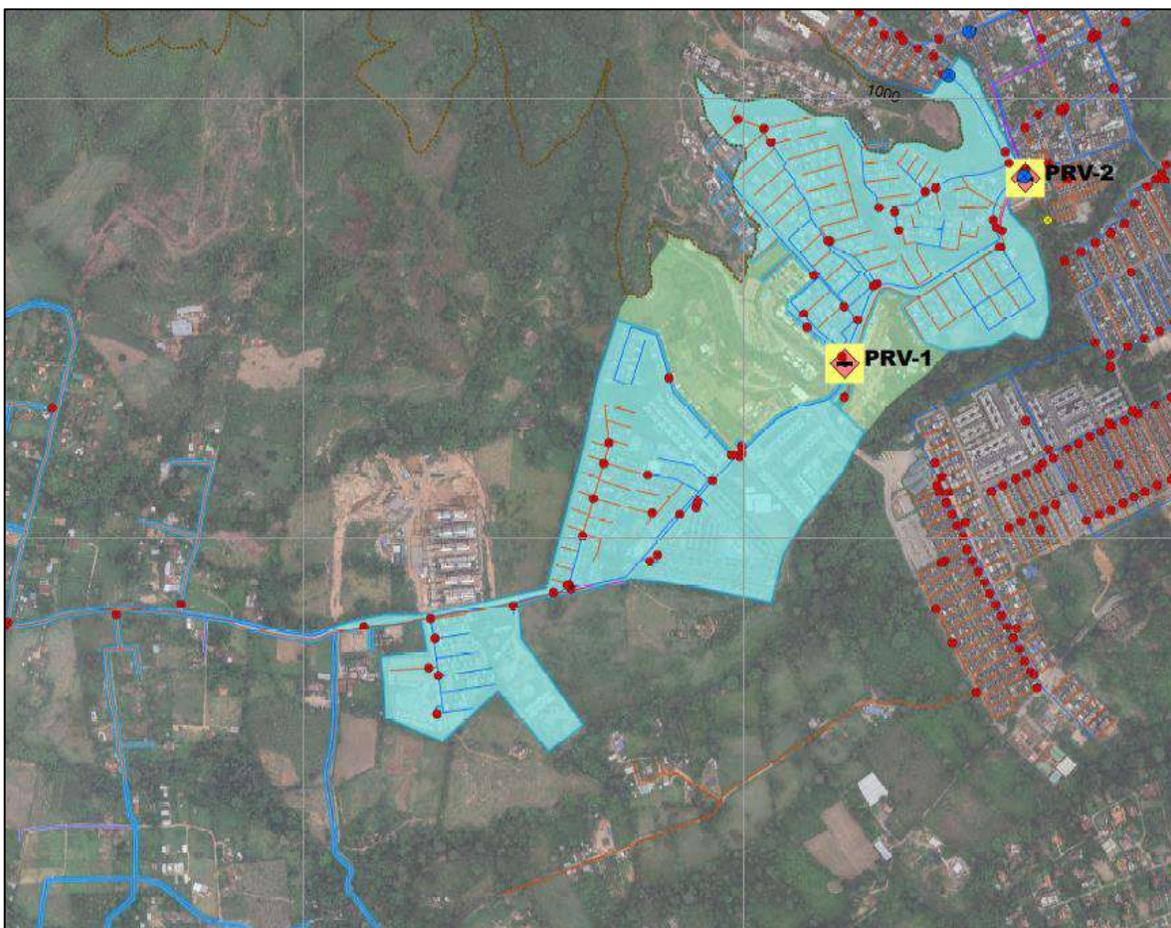
En el análisis realizado, se proyecta la construcción de ocho (8) estaciones reguladoras de presión, distribuidas en los distritos La Argentina, Barroblanco, Centro, Palogordo (prestación especial) y Nuevo Girón. De la Figura 39 a la Figura 41 se presentan los esquemas generales de las válvulas reguladoras proyectadas para los distritos Argentina, Barroblanco y Centro.

Figura 39. Proyección de válvulas reguladoras de presión en el distrito Argentina



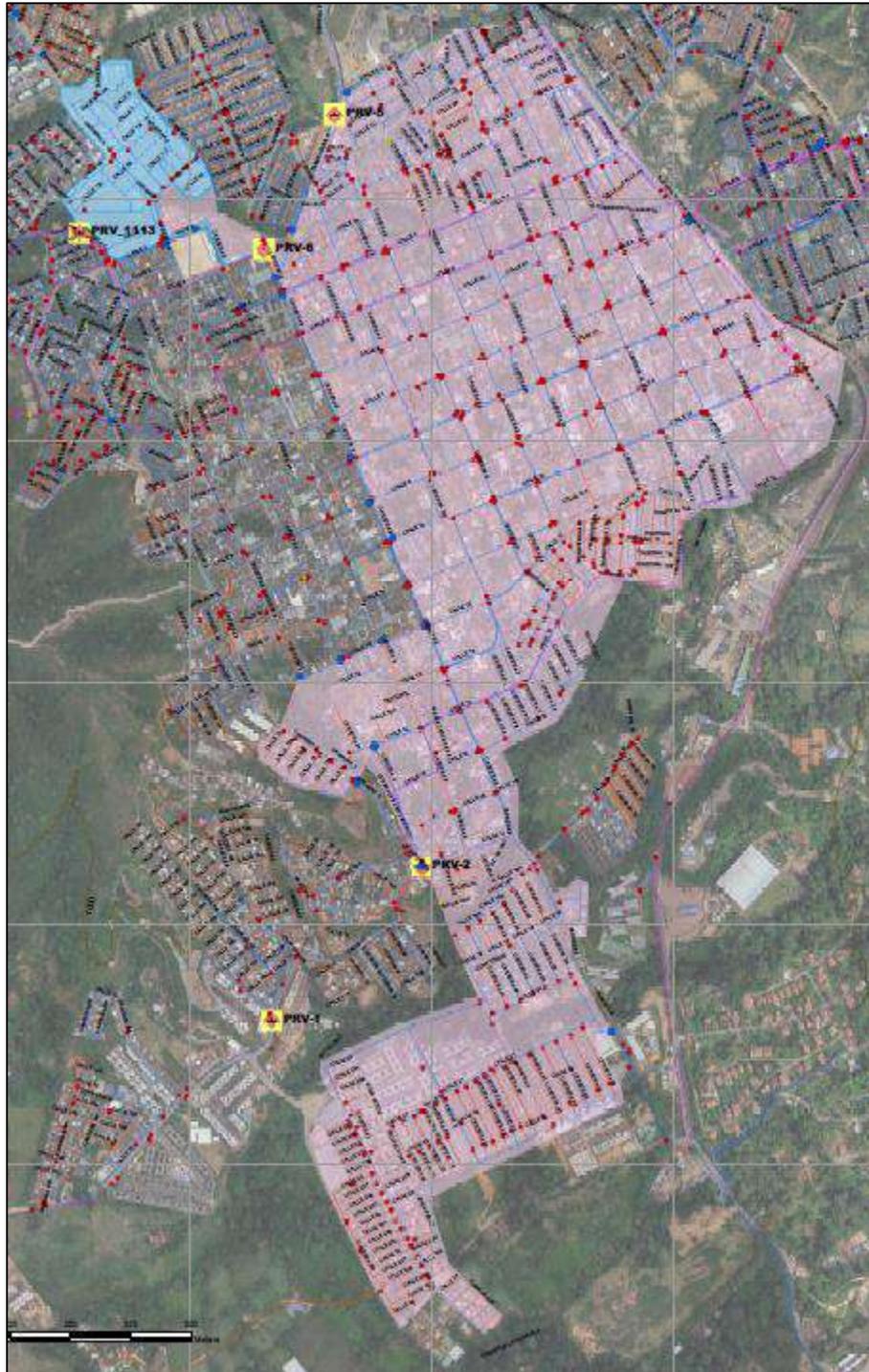
Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP

Figura 40. Proyección de válvulas reguladoras de presión en el distrito Barroblanco



Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP

Figura 41. Proyección de válvulas reguladoras de presión en el distrito Centro



Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP

6.3 PROYECCIÓN DE PROGRAMAS DE OPTIMIZACIÓN PARA LA GESTIÓN TÉCNICA Y COMERCIAL EN LA REDUCCIÓN DEL IANC

6.3.1 Crítica de facturación

Este documento integral contiene un informe en el que se plantean estrategias y una metodología, para la elaboración de la crítica de facturación, fundamentada en el análisis del proceso de crítica actual, y la evaluación de desviaciones significativas del consumo facturado de la empresa Piedecuestana de Servicios.

En este informe se relacionan algunas observaciones, que dentro del proceso de análisis estadístico dieron cuenta de acciones a implementar de manera inmediata con base en hechos específicos presentes en la información comercial de la Piedecuestana de Servicios ESP.

6.3.2 Parque de medidores

Contiene el informe con la caracterización del parque de medidores del municipio de Piedecuesta, el análisis multivariado para estimar la prioridad de reposición de medidores. Este documento fue desarrollado con el fin de plantear estrategias y metodologías a partir de un análisis multivariado de información como eje de un plan de reposición de medidores a corto plazo.

El amb S.A. ESP desarrolló en este documento, un software para la renovación de medidores del municipio de Piedecuesta. Este programa permite elegir de una serie de características que van asociadas al deterioro natural de los medidores o una combinación de ellas. Ejemplo: Medidores con bajo consumo o menor a 10 m³, medidores con una edad superior a 15 años, medidores detenidos o que ya hayan superado los 3000 m³ medidos, etc. El desarrollo de este software es una herramienta de decisión para el reemplazo de medidores de manera sistemática, además que también realiza una programación en el tiempo y lista los elementos a reponer. La herramienta a su vez permite desplegar en un visor geográfico cuales son los elementos que necesitan reposición.

En este documento integral se incluye también el informe con las especificaciones requeridas para el plan de reposición y vinculación de nuevos suscriptores, desarrollado con base en los requisitos definidos en la Resolución 330 de 2017, el RAS y la NTC 1063 partes 1 y 2. El amb recomienda establecer el compromiso,

para que este documento sea adoptado en el corto plazo por la empresa Piedecuestana de Servicios Públicos ESP, a fin de disminuir las pérdidas comerciales asociadas a la submedición por incumplimiento de las especificaciones de los equipos de Micromedición y por obsolescencia del parque de medidores.

6.3.3 Calibración y verificación de medidores

A fin de dar continuidad al entregable anterior, se elaboró un informe en el que se indican los procedimientos para calibrar y verificar los medidores de agua potable, con base en la NTC 1063. La finalidad de la elaboración y entrega de este documento radica en que inicialmente sirva como referencia para el entendimiento del proceso de calibración de la sección de control de pérdidas de la Empresa Piedecuestana de Servicios Públicos, y en segunda instancia sean implementados los procedimientos allí descritos en un eventual laboratorio de calibración de medidores de la empresa.

6.3.4 Vinculación de nuevos suscriptores

Según las consideraciones indicadas en el estudio de diagnóstico de la gestión comercial de la Empresa Piedecuestana de Servicios Públicos E.S.P, realizado en el marco del Contrato 00153 de 2017, se detectó que uno de los principales aspectos a mejorar es el actual procedimiento para la vinculación de nuevos suscriptores, para asegurar que los nuevos usuarios se conecten al servicio solo cuando se haya cumplido el proceso de legalización del mismo.

Considerando lo anterior, se entrega en este documento integral una propuesta de procedimiento para la vinculación de nuevos suscriptores. En el informe indicado inicialmente se describe de una manera analítica el procedimiento actual y vigente en la empresa, se identifican y exponen las acciones de mejora a implementar atendiendo las debilidades detectadas en la metodología utilizada actualmente y finalmente se presenta la metodología recomendada (junto con los recursos requeridos para su implementación), en la que se incluyen algunas directrices del procedimiento análogo del amb S.A E.S.P., acorde a las disposiciones normativas establecidas en la Resolución 330 de 2017, Decreto 1272 de 2017, Decreto 1077 Decreto de 2015, Decreto 3050 de 2013, 229 de 2002 y ley 388 de 1997.

6.3.5 Mantenimiento correctivo de redes

En consideración a las acciones requeridas para el mantenimiento de las redes y elementos del sistema de acueducto, se elaboró un informe en el que se recomienda la metodología a implementar por la empresa Piedecuestana y los recursos de los que debe disponer a fin de realizar un correcto mantenimiento correctivo de los elementos de la red que lo requieran, y según las consideraciones indicadas en los artículos respectivos de la Resolución 330 de 2017. (RAS)

6.3.6 Mantenimiento preventivo de redes

La Resolución 330 de 2017 (RAS) indica la necesidad que tienen las empresas prestadoras del servicio de agua potable de realizar un correcto mantenimiento preventivo, encaminado a prevenir daños en los elementos y posteriores interrupciones en la continuidad del sistema. Este documento integral contiene las propuestas procedimentales y los lineamientos generales para el mantenimiento preventivo de los elementos visibles de la red y los instrumentos de medición de caudal y presión.

7 PROCEDIMIENTOS PARA LA GESTIÓN DE PROCESOS ENCAMINADOS A LA REDUCCIÓN DEL IANC

La información suministrada como producto de la ejecución del presente contrato, contiene estrategias y proyectos que una vez implementados y en adelante actualizados permanentemente, permitirán visualizar la disminución de las actuales pérdidas técnicas y comerciales en el sistema de acueducto del municipio de Piedecuesta.

No obstante, para que dicha disminución pueda verse reflejada en la realidad, y mantenerse con el tiempo, es necesario que la empresa Piedecuestana de Servicios actualice constantemente la información a fin de mantener y generar nuevas estrategias enfocadas a la disminución del IANC.

Considerando lo anterior, el amb S.A. ESP entrega como parte del presente estudio, una serie de procedimientos tipo (anexo 2), orientados a los procesos de actualización permanente del catastro, vinculación de suscriptores, actualización de

los modelos hidráulicos, y mantenimiento preventivo y correctivo de la red, con el objeto de que la empresa Piedecuestana con la correcta implementación de estos, encamine los proyectos actuales y futuros a la disminución de las pérdidas.

8 PRIORIZACIÓN DE LOS PROYECTOS

Las principales estrategias y proyectos que fueron definidos en el marco del presente contrato, a partir del estudio de calibración y análisis de eficiencia de la red, enfocadas en la reducción del índice de agua no contabilizada, se encuentran resumidas en la Tabla 3.

Tabla 3. Estrategias desarrolladas en el marco del Contrato 0358 para la reducción de pérdidas.

ESTRATEGIAS ASOCIADAS A LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS COMERCIALES	ESTRATEGIAS ASOCIADAS A LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS
Inspección de medidores con presuntas irregularidades detectados en las campañas de lectura: Entregable 22	Inspección de fugas en válvulas detectadas en labores de catastro: Entregable 9 – Fichas Técnicas
Inspección de zonas con alta probabilidad de clandestinos: Entregable 27	Inspección de zonas con alta probabilidad de fugas: Entregable 27
Implementación de procedimientos de mejora a la crítica de facturación: Entregable 35	Reposición priorizada de redes: Entregable 31
Sectorización Hidráulica: Entregables 32 y 33.	
Reposición priorizada de medidores: Entregable 36	Reducción de presiones: Entregables 33 y 34.
Implementación de especificaciones requeridas para medidores: Entregable 37	Implementación de procedimiento para mantenimiento correctivo de redes: Entregable 40
Implementación del procedimiento para calibración y reposición de medidores: Entregable 38.	Implementación de procedimiento para mantenimiento preventivo de elementos visibles: Entregable 41

ESTRATEGIAS ASOCIADAS A LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS COMERCIALES	ESTRATEGIAS ASOCIADAS A LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS
Implementación de Procedimiento propuesto para vinculación de suscriptores: Entregable 39.	
Implementación de procedimiento para mantenimiento preventivo de elementos de instrumentación: Entregable 42	

Fuente: Equipo técnico amb S.A ESP

El amb S.A. ESP recomienda las siguientes directrices para la implementación de las diferentes estrategias expuestas (en cada uno de los entregables del contrato 358/17) para la reducción de pérdidas:

1. Se deberá fijar primero la vista en los componentes de agua no contabilizada en donde las inversiones generarán la tasa de retorno más alta. En términos generales, las estrategias que mayor tasa de retorno generan y en menor tiempo, son aquellas encaminadas a reducir las pérdidas comerciales. La recuperación de pérdidas comerciales es posible a un costo relativamente bajo y usualmente se ubican al inicio de un programa de control de pérdidas de agua.
2. La eliminación completa de las pérdidas de agua en una red de distribución de agua no es ni posible ni factible económicamente.

Con lo anterior se plantea el siguiente cronograma general de implementación de estrategias:

FASE 1

0. Desde el inicio, comenzar con la implementación de los procedimientos propuestos, implementación que debe extenderse a lo largo del tiempo en todo el plan de reducción de pérdidas, paralelamente a todas las estrategias.
1. Iniciar por los trabajos de inspección a irregularidades detectadas en campo, en las labores de catastro y micromedición, esto es, la inspección a los medidores y válvulas. Esto debido a que son tareas enfocadas directamente a ciertos elementos del sistema (medidores, válvulas), en los que evidentemente se detectaron problemas actualmente.

2. Realizar los trabajos de inspección a zonas con alta probabilidad de usuarios clandestinos y fugas.
3. Realizar las labores de mantenimiento en aquellos que según su ficha técnica (entregable 9) lo requiere. Estas labores de mantenimiento preventivo deberán empezar a realizarse acorde al procedimiento propuesto en el entregable 41. Paralelamente a lo anterior, se recomienda realizar las labores de mantenimiento en los instrumentos de medición de caudal. También deberán empezar a realizarse estas labores de acuerdo al procedimiento propuesto en el entregable 42.

FASE 2

4. Realizar la reposición de medidores proyectada para los años 1 y 2. Deberá tenerse registro de todos los medidores cambiados anteriormente, para que obviamente sean eliminados del plan de reposición de los años 1 y 2.
5. Realizar la sectorización hidráulica. En su momento la empresa Piedecuestana de Servicios Públicos, ya deberá contar con los profesionales de catastro y modelamiento hidráulico, quienes validaran en su momento el esquema de sectorización propuesto.

FASE 3

6. Realizar la reposición priorizada de redes: Distrito Barroblanco. Se concibe iniciar con el distrito Barroblanco, dado que es el distrito con mayores presiones.
7. Realizar la reducción de presiones del distrito Barroblanco.
8. Paralelamente a los pasos 6 y 7, se recomienda seguir con la reposición de medidores para los años 3, 4 y 5.
9. Realizar la reposición priorizada de redes: Distrito Cantera.
10. Realizar la reducción de presiones del distrito Cantera
11. Realizar la reposición priorizada de redes: Distrito Argentina.
12. Realizar la reducción de presiones del distrito Argentina

13. Realizar la reposición priorizada de redes: Distrito Centro.

14. Realizar la reducción de presiones del distrito Centro.

15. Realizar la reposición priorizada de redes: Distrito Sur.

Lo expuesto anteriormente se detalla en el diagrama general para la implementación de las estrategias, anexo a este informe (anexo 3).

9 DOCUMENTOS ELABORADOS (ENTREGABLES)

De acuerdo con la descripción de los documentos integrales indicada en los ítems anteriores y cuya estructura fue presentada en la Figura 1, la Figura 23 y la Figura 24, el amb S.A. ESP, como parte de sus obligaciones relacionadas con el contrato interadministrativo 0358 de 2017, hace entrega en formato digital y físico de cuarenta y dos (42) entregables, relacionados en el anexo 1.

10 CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

10.1 ETAPA DE PLANEACIÓN

- Para dar inicio al proyecto se realizó una etapa de conceptualización y planeación, en la cual se estableció la metodología de trabajo y las etapas de recolección de información, así como las de trabajo de campo. Asimismo, se dimensionó el personal necesario para ejecutar cada una de las actividades incluidas en el contrato. Lo anterior llevó a destinar para la ejecución del contrato un equipo de trabajo de veinte (20) personas, entre profesionales y auxiliares operativos.
- La etapa de planeación permitió la creación de una estructura para la distribución, numeración y búsqueda de los planos del área urbana y prestación especial del municipio de Piedecuesta. De acuerdo con la distribución realizada, el área del municipio se dividió en un plano general, planos zonales primarios y secundarios, planchas y diagramas de esquina.

10.2 ETAPA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

- Para la recopilación de información se creó un canal bidireccional entre el área técnica y comercial de la Empresa Piedecuestana de Servicios ESP – PDS – y el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. ESP, a través del cual se solicitó y recibió información necesaria en el análisis realizado de los procesos metodológicos de asignación de disponibilidades, venta de matrículas, vinculación de nuevos suscriptores, gestión de daños y de incorporación de la información técnica, los cuales son pilares en los programas de reducción de Agua No Contabilizada.
- El amb S.A. ESP contó con el apoyo de tres (3) fontaneros experimentados con amplio conocimiento en la red de acueducto del municipio de Piedecuesta. La información suministrada por los fontaneros fue inicialmente plasmada en planos físicos y verificada posteriormente en campo, mediante la georreferenciación de elementos visibles. El trabajo con los fontaneros fue indispensable ya que permitió establecer una línea base de catastro de redes.

- Se solicitó formalmente a las constructoras MARVAL S.A. y HG CONSTRUCTORA quienes han realizado buena parte del desarrollo urbanístico del municipio de Piedecuesta, información relacionada con las redes de acueducto consignados en planos de obra construida. El objetivo de esta solicitud correspondía a una validación inicial de la información suministrada por los fontaneros. Se encontraron coincidencias en el trazado de las tuberías adicional, accesorios faltantes y discrepancias en cuanto a los elementos visibles indicados en algunos casos. Estas inconsistencias fueron verificadas en campo y se optó por mantener la información validada en el levantamiento de campo.

10.3 CREACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA BASE DE DATOS

- Se realizó un trabajo de estructuración de la base de datos, en el cual se definieron los tipos de elementos que contendría la misma (Tuberías, accesorios, válvulas, etc). Asimismo, se definió el modelo relacional de la base de datos, los dominios y subtipos de esta. Por último, se definió la plataforma tecnológica y el software donde se almacenaría la información, escogiendo el programa ArcGis 10.5 de la empresa ESRI (Environmental System Research Institute) y una “*File Geodatabase*” como base de datos. Se usaron estándares internacionales de modelos de datos y se crearon coberturas en ArcGis para las redes, APS, urbanismo y suscriptores.
- Seguidamente a la estructuración de la base de datos, se procedió a realizar una configuración de las plantillas de recolección de información en el programa ArcGis Online. Estas plantillas sirvieron para almacenar la información de campo a través de dispositivos móviles, interactuar con aplicaciones de escritorio e incorporar de manera transparente la información en la Base de datos.

10.4 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN CAMPO

- Se crearon los formularios en ArcGIS *Online* para la georreferenciación de suscriptores y elementos visibles de la red. La información fue recolectada en terreno a partir de la aplicación ArcGIS *Collector*, instalada en los dispositivos móviles (Huawei P10 Lite con sistema operativo Android). Los formularios fueron creados en formato *.shp con los campos, dominios y subtipos requeridos para el almacenamiento de la información de cada

elemento, siguiendo estándares internacionales de modelos de datos para este tipo de sistemas.

- A través del trabajo de campo, se levantaron y georreferenciaron los elementos visibles de la red. El levantamiento fue realizado desde el nivel de esquinas y la captura de la información de redes a través de ArcGIS *Collector*. Lo anterior permitió realizar un seguimiento y verificación de la información levantada al instante. Además de la inspección de los elementos del casco urbano, se realizó la exploración de los elementos localizados en la vereda Barroblanco, Ciudad Teyuna, red del hospital Internacional y las conducciones a Nuevo Girón y la cárcel de Palogordo.
- Para los elementos visibles identificados en campo, y de acuerdo con su tipo (válvulas e hidrantes), fueron elaboradas las fichas técnicas. En éstas se consignaron los atributos físicos y el estado de funcionamiento, el cual fue verificado únicamente por medio visual y a través del registro fotográfico. La empresa Piedecuestana debe realizar una **validación del estado operacional** de estos elementos visibles, ya que estos elementos no se manipularon, debido a los posibles problemas de interferencia en el servicio que se pudieran generar.

10.5 GEORREFERENCIACIÓN DE SUSCRIPTORES

- Para la georreferenciación de suscriptores, se creó un proceso automático de geocodificación de direcciones (*Geocoding*), en el cual se tomó la dirección de cada suscriptor, se normalizó y se realizó un recorrido en la malla vial del municipio encontrando una coincidencia exacta o parcial de la dirección, de manera que se pudiese establecer una coordenada geográfica para cada suscriptor. Lo anterior fue la base para la referenciación de suscriptores.
- Con base en la información comercial se generaron coberturas de las rutas de lectura, las cuales fueron un insumo para localizar suscriptores que pertenecían a una ruta de lectura pero que no estaban georreferenciados. Este proceso se realizó por cercanía o por estar contenido entre dos suscriptores conocidos con posición geográfica.
- Se realizó la georreferenciación en terreno de 1616 suscriptores, quienes en mayor parte correspondían a sectores rurales del municipio. Dichos suscriptores fueron identificados con base en el listado maestro de usuarios suministrado por la PDS a fecha de corte del 18 de enero de 2018. En los

casos en que no fue posible identificar la nomenclatura de los predios, se procedió a verificar los números de los medidores e identificarlos en el maestro de medidores suministrado también por la empresa PDS.

- Se georreferenció la totalidad de los suscriptores a los cuales la Empresa Piedecuestana de Servicios ESP presta el servicio de acueducto, y que estaban contenidos en el maestro de usuarios a la fecha de corte del 18 de enero de 2018.
- Es necesario que la Empresa Piedecuestana de servicios adquiriera el **compromiso de la georreferenciación de los suscriptores** incorporados después de enero de 2018. Se debe realizar **verificación del tipo de servicio prestado** por la empresa Piedecuestana de servicios, ya que se encuentran inconsistencias entre el maestro de facturación y la información encontrada en campo.

10.6 ESTADO DE ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO

- Se establecieron procedimientos de digitalización para incorporar la información levantada. Este procedimiento permitió incorporar las redes levantadas en campo, verificar los elementos visibles almacenados en ArcGis online y realizar vínculos entre las fotos tomadas en campo y los elementos de la Base de Datos. Finalmente se consiguió incorporar una longitud total de redes que compone el sistema de acueducto del municipio de Piedecuesta (incluyendo conducciones y áreas de prestación especial), llegando a una longitud de 264.7 km, muy superior a los 123 km contemplados inicialmente. De los 264.70 km, 262.28 km corresponden a redes en PVC, 2.08 Km en AC y 0.34 km en HD y HF.
- De las redes levantadas 60 km corresponde a red menor, 158.15 km a red de distribución y 23.96 km a redes de conducción, asociadas a un porcentaje de 31.20%, 59.74% y 9.05% del total respectivamente. Este fue el insumo básico para la creación del modelo preliminar.
- De manera similar, se incorporaron un total de 1706 elementos visibles (Válvulas e hidrantes), de los cuales no existía ningún elemento de este tipo en la información suministrada por la PDS en el contrato 0153 de 2017. Para estos elementos se crearon fichas técnicas en donde se incorpora información como: localización del elemento, estado de mantenimiento actual, registro fotográfico y coordenadas x, y.

- Se crearon planos de localización general, planos zonales primarios y secundarios, planchas por distrito y formatos de esquina para el levantamiento y actualización del catastro de redes del municipio de Piedecuesta. Lo anterior permite de manera organizada conocer en cada una de las esquinas del municipio, cuales son los elementos que existen y cuál es su estado. En el proceso de levantamiento de información de campo sirvieron para programar el trabajo de manera organizada y poder barrer la información evitando obviar lugares, dejándolos sin actualizar.
- La empresa Piedecuestana adquirió un compromiso en reunión sostenida en la alcaldía de Piedecuesta el día 21 de junio, con respecto a los siguientes ítems:
 - ✓ Compra de licencias de ArcGis 10.X.
 - ✓ Compra de servidores y equipos de cómputo.
 - ✓ Apropiación de procedimientos entregados.
 - ✓ Personal dedicado a la actualización del catastro.

10.7 VALIDACIÓN EN CAMPO DE LA INFORMACIÓN DEL CATASTRO

- Se realizó la validación en campo, en sectores de la red sobre los que se tenía incertidumbre. Dicha verificación fue realizada con la ejecución de apiques de validación en más de cien puntos distribuidos sobre la red del municipio; a partir de los apiques fueron validados los diámetros y materiales de las tuberías encontradas. Para la validación del trazado de ciertos tramos de la red, fue utilizado un equipo georadar (de penetración terrestre). A partir de la información obtenida en el proceso de verificación, se modificó la base de datos en los casos en los que correspondía.

10.8 MODELACIÓN HIDRÁULICA

- Se crearon los siguientes campos para cada tramo de tubería de la base de datos: Diámetro interior (dependiendo del material y parámetro de presión de la tubería), rugosidad absoluta “Ks” (como función del material), coeficiente de pérdidas menores por efecto de los accesorios “Km”, asimismo se realizó

la selección y asignación del tipo de ecuación de condición hidráulica “Darcy-Weisbach”.

- Fueron asignadas las elevaciones a los elementos de la red, teniendo en cuenta las curvas de nivel que fueron generadas por el amb. S.A E.S.P en el marco del Contrato 0153 de 2017. Su creación se realizó a partir de un modelo digital de elevación, construido a su vez a partir de fotografías satelitales.
- Se realizó la asignación del consumo promedio a cada uno de los suscriptores contenidos en la base de datos; dicho consumo fue obtenido a través de las campañas de lectura realizadas en el municipio. Dichas campañas fueron realizadas con el fin de obtener un consumo paralelo, complementario e independiente al consumo promedio histórico y con el fin que la información de consumo no se sesgara a los criterios de la crítica de consumo realizada por la Empresa Piedecuestana de Servicios Públicos.
- Una vez actualizada la base de datos geográfica, se procedió a exportar los nodos, válvulas, hidrantes y tuberías (con los atributos relacionados a cada elemento) al programa WaterGEMS v10. La creación del modelo hidráulico se realizó empleando tres de las cuatro herramientas del grupo de herramientas de creación de modelos del software WaterGEMS: “ModelBuilder”, “TRex” y “LoadBuilder”

10.9 MEDICIÓN DE CAUDALES Y PRESIONES

- El amb S.A. ESP realizó la medición de caudales en periodo extendido en las líneas de salida de los tanques de almacenamiento localizados en la PTAP La Colina, las cuales suministran el agua a todos los distritos del municipio (Cabecera, Cantera, Centro, Colina, Distrito Sur y San Cristóbal) y en los sectores Centro (Cra 15) y Cantera.
- Las mediciones de caudal fueron realizadas en cada una de las ocho (8) tuberías de salida de los tanques de almacenamiento en la PTAP La Colina. Estas mediciones fueron realizadas entre el 29 de septiembre y el 14 de diciembre de 2018, tomando para el análisis del proceso de calibración los datos entre el 29 de septiembre y el 24 de octubre del año 2018, correspondientes un total de 25 días. A continuación, se presenta una breve descripción de los caudales máximos, medios y mínimos obtenidos en este periodo de tiempo en las tuberías de salida de la PTAP La Colina.

Nombre del Punto	Caudal máxima (l/s)	Caudal medio (l/s)	Caudal mínima (l/s)
Salida a Distrito Sur	22.56	14.28	5.0
Salida a Distrito Centro	158.7	106.51	52.19
Conducción Tanque Carrera 15	0.89	0.81	0.78
Salida a San Cristóbal	71.29	45.41	13.62
Salida al Sector La Colina	3.78	1.97	0.02
Salida al Sector Cabecera	11.91	8.69	4.61
Salida al sector San Rafael	0	0	0
Salida al sector La Cantera	198.49	131.45	56.52

- Se realizaron mediciones de presión en la red de distribución se plantearon y construyeron siete (7) puntos de medición propios del presente contrato. Se realizaron mediciones entre el 02 de noviembre y el 08 de noviembre de 2018. Los puntos y los resultados de presión máxima, media y mínima se presentan a continuación:

Nombre del Punto	Presión máxima (m.c.a)	Presión media (m.c.a)	Presión mínima (m.c.a)
Estación de metrolínea	25.36	20.45	16.54
Villa Concha	44.09	40.74	37.45
Punto entre la Calle 8 entre carreras 8-9	58.00	49.57	40.95
Colorados	84.54	82.69	80.31
Barroblanco	131.44	117.8	97.23
Sena Guatiguará	87.11	84.35	81.39
Bosques de Aranjuez	50.26	42.97	32.25

- Las mediciones de presión y caudal para cada uno de los puntos mencionados en la tabla anterior fueron cargadas en periodo extendido al modelo hidráulico con el fin de realizar una comparación entre la presión medida y modelada para realizar el proceso de la calibración de la red.

10.10 CAMPAÑAS DE MICROMEDICIÓN

- Se tomaron datos de micromedición para 40820, 40870, 40820 y 40849 lecturas en las campañas 1 a 4 respectivamente. Los períodos de toma de lecturas en cada medidor, estuvieron en el rango de 13 a 16 días, en las siguientes fechas:
 - Periodo campaña de lectura 1: 15 Oct. 2018 – 19 Oct. 2018.

- ii. Periodo campaña de lectura 2: 1 Nov. 2018 – 4 Nov. 2018.
 - iii. Periodo campaña de lectura 3: 19 Nov. 2018 – 26 Nov. 2018.
 - iv. Periodo campaña de lectura 4: 5 Dic. 2018 – 12 Dic. 2018.
- Durante el desarrollo de las campañas de micromedición, se detectaron casos particulares en algunos suscriptores y que merecen ser objeto de inspección: Hipinto, Lote frente a Benevento, Parque ecológico La Cantera, Pila Pública Sector Los Héroes y Plan de la Virgen.
 - Para la asignación de consumos micromedidos y criticados en los nodos del modelo, se tuvieron en cuenta los consumos de 39.814 suscriptores y fueron asignadas las demandas a los nodos del sistema por medio de la herramienta *LoadBuilder* en WaterGEMS. La demanda base asignada para iniciar el proceso de calibración fue de 242.21 l/s.

10.11 CALIBRACIÓN HIDRÁULICA

- El modelo calibrado, ayuda a realizar la gestión para el control de pérdidas en la red de distribución, ya que con este es posible tomar decisiones de operación sobre la red de distribución.
- Después de finalizar la creación del modelo hidráulico en WaterGEMS, verificar la topología de la red y asignar las demandas a cada uno de los nodos con la herramienta *LoadBuilder*, se procedió a realizar la calibración de la red de distribución del municipio teniendo en cuenta la comprensión y el funcionamiento actual de la red de distribución. Para realizar la calibración fue necesario la creación de grupos por estrato, líneas de distribución de caudales y suposiciones de variación de la rugosidad de los materiales con el tiempo. Así como, la realización de hipótesis organizadas para simular el comportamiento de la red mostrado en las mediciones de campo. La descripción de la metodología se menciona a continuación:
 - i. Creación y asignación de patrones de consumo a cada uno de los nodos de la red abastecidos por las líneas Cabecera, Cantera, Centro, Colina, Distrito Sur y San Cristóbal.
 - ii. Cierre y/o apertura de las válvulas de corte del sistema para la representación del estado actual de la red.
 - iii. Incorporación de las curvas de caudal y presión medidas en campo localizadas en puntos y líneas específicos del modelo.
 - iv. Calibración en horas de bajo consumo y detección de fugas usando la herramienta *Darwin Calibrator*.

- v. Calibración por energía (curvas de presión). Ajuste de rugosidades y pérdidas.
- En el proceso de calibración se asignaron multiplicadores de la demanda para el ajuste del modelo hidráulico considerando las siguientes hipótesis: A los nodos estrato 1 se multiplicó la demanda con valores que varían entre 1.3 y 4, a los nodos estrato 2 con valores entre 1.4 y 3.6. Asimismo, se asignaron factores multiplicadores a las demandas a los nodos estrato 3 entre 1.1 y 2.5. Para los nodos estrato 4 multiplicadores entre 1.1 y 1.7, y para los nodos estrato 5 entre 1.3 y 3.6. Por último, para los nodos estrato 6 se ajustaron las demandas con factores entre 1.1 y 1.3, y para los nodos estrato 7 entre 1.2 y 3.5.
 - Con el análisis de demandas desconocidas realizado, se ajustó de manera bastante precisa las curvas de masa. Se encontró en el modelo sin calibrar un caudal de 312,22 l/s en la hora de mayor consumo, mientras que el modelo calibrado presenta un caudal de 460,61 l/s.
 - Una vez finalizado el proceso de calibración se observa que el caudal aumenta 148,90 l/s en promedio. El modelo permitió determinar las pérdidas que se presentan en el municipio, siendo las conexiones clandestinas uno de los principales factores debido a las grandes diferencias caudales presentadas en las horas de mayor consumo.
 - La red de distribución del municipio de Piedecuesta cuenta con 5160 nodos. Se observa para las horas de bajo consumo que 135 nodos correspondientes a 2.62% de la red, presentan presiones por debajo de 15 m.c.a, valor establecido en el artículo 61 de la resolución 0330 de 2017 como la presión mínima de servicio en la red de distribución para poblaciones mayores a 12500 habitantes. La resolución también permite que hasta un 10% de la red puede tener presiones inferiores a 15 y superiores a 12 m.c.a. Se encuentra que la red del municipio de Piedecuesta cuenta con 41 nodos correspondientes a un porcentaje de 0.79% con presiones en este rango. Por otro lado, cuenta con 3539 nodos correspondientes al 68.59% de la red con valores por encima de 50 m.c.a, límite superior establecido en la resolución. Finalmente, la resolución 0330 de 2017 establece que la red de distribución puede tener presiones hasta de 60 m.c.a. en un porcentaje equivalente al 5%. Se encontró que presenta un total del 51% de los nodos por encima de este valor.
 - Se evidencia que para las curvas de caudal medidas y modeladas (modelo unificado) las diferencias de volumen entre ambas no superan el 3.5%, por lo que el modelo unificado cuenta con una buena aproximación de la realidad actual de la demanda de la red.
 - En horas de alto consumo se observa que 357 nodos correspondientes a 6.92%, se encuentran por debajo de 15 m.c.a. Por otro lado, se encuentra

que la red del municipio de Piedecuesta cuenta con 117 nodos correspondientes a un porcentaje de 2.27% con presiones entre el rango de 12 a 15 m.c.a. De manera similar, cuenta con 1815 nodos correspondientes al 35.17% de la red con valores por encima de 50 m.c.a, límite superior establecido en la resolución. Finalmente, se encontró que la red del municipio presenta un total del 23.86% de los nodos por encima de 60 m.c.a.

- La empresa -PDS ESP- debe incorporar la simulación de redes a través de programas de modelación de redes de distribución. La simulación de las redes permitirá a la empresa -PDS ESP- tomar decisiones de mantenimiento de manera rápida y oportuna. Existe software libre como EPANET desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), el cual permite realizar análisis hidráulicos de redes a través de las características físicas de las tuberías y dinámicas de los nodos (consumos) para obtener presiones y caudales en los nodos y tuberías respectivamente. En el presente contrato se entregará el modelo hidráulico unificado, resultado final de la calibración en formatos (*.NET y *.INP).

10.12 ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE AGUA CONTABILIZADA

- Con la Ley 142 de 1994, la Comisión de regulación de agua Potable y saneamiento básico CRA estableció el límite máximo de pérdidas de agua permitidas para las empresas prestadoras del servicio de acueducto. De acuerdo con el volumen producido y facturado, el IANC de la empresa prestadora del servicio es del 42.13%, valor que supera el límite máximo de pérdidas.
- Es necesario precisar que los datos concernientes al número de suscriptores y sus consumos históricos, fueron solicitados por el amb S.A ESP y entregados por la Piedecuestana de Servicios Públicos ESP, información con la que fue calculado el volumen facturado. El volumen de agua producido fue medido en los meses de septiembre y octubre de 2018 con personal y equipos del amb, contando con elementos de medida que les permitieron determinar la cantidad de agua que ingresa a la planta de tratamiento y la entregada a las redes de conducción y distribución del municipio.
- La Piedecuestana de servicios ESP deberá establecer metas específicas y concretas para la reducción de pérdidas técnicas y comerciales del sistema de acueducto, con el fin de ir disminuyendo paulatinamente el porcentaje de agua no contabilizada y el Índice de Perdidas por usuario Facturado (IPUF) a la meta de 6 M3/suscriptor-mes establecida en la Metodología Tarifaria

(Resolución CRA 315 de 2014), identificando y corrigiendo submediciones en los consumos facturados, usuarios clandestinos, fugas o daños en sus redes de distribución, instrumentación y control de rebose de los tanques de almacenamiento, fugas en la PTAP La Colina y la puesta en operación de los caudalímetros de salida al sistema de distribución, entre otros.

- El monitoreo adecuado y el control permanente de la macromedición y micromedición, proporcionan beneficios que vienen implícitos dentro de la implementación de un programa de gestión de pérdidas: cuando se conoce el funcionamiento de la red y se realizan las inversiones pertinentes en reparación, rehabilitación y mantenimiento, se pueden solucionar problemas recurrentes de interrupciones de agua, es decir no solo se le proporciona a los usuarios un servicio continuo, sino que la empresa dejará de tener pérdidas por ingresos en los periodos de tiempo en los cuales el usuario no dispone del recurso para sus necesidades.
- Para corroborar la estimación del IANC y hacer un seguimiento continuo al mismo, es necesario realizar mediciones continuas en las 8 líneas de salida de la PTAP la Colina y en las 2 líneas de aducción para estimar el volumen de agua cruda que ingresa a la planta de tratamiento, y contar con un consumo promedio histórico por suscriptor en periodos simultáneos de tiempo. La implementación de mediciones de caudales y presiones en la red de distribución y un correcto manejo del sistema de información geográfica con suscriptores correctamente georreferenciados controlará las características del servicio, como demanda de los sectores cuando estos se materialicen, cambios e inconvenientes que se presenten en la red, reparación de daños, calibración de modelos hidráulicos e incluso detección de demandas clandestinas.
- Es necesario que la PDS en el corto plazo implemente un plan de choque para identificar y resolver las perdidas físicas que se identificaron en la PTAP La Colina, con el balance hídrico realizado puntualmente, entre la medición de agua cruda y la entregada al sistema de distribución, con miras a reducir el IANC en una primera etapa.

10.13 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON PRESENCIA DE EMISORES Y DEMANDAS CLANDESTINAS

- Con base en el rango de diferencia encontrado entre las curvas de caudal medidas y las curvas modeladas, se elaboraron mapas de calor para la identificación de las zonas con mayor probabilidad de presencia de emisores o fugas y demandas o usuarios clandestinos. Estos mapas servirán para que la empresa Piedecuestana realice los proyectos ligados a la disminución del

IANC, dando prioridad a las zonas representadas en estos mapas e identificadas con altas probabilidades de pérdidas físicas y comerciales.

- A partir del análisis correspondiente a la identificación de estas zonas, se encontró que existe submedición y conexiones clandestinas en los Barrios Santelmo I, Santelmo II, Paseo Galicia, Bosques de Aranjuez, El Refugio y La Argentina. Se recomienda una revisión de campo detallada de en los barrios mencionados anteriormente.

10.14 CONFIABILIDAD HIDRÁULICA

- Como parte de las estrategias para la reducción de las fugas y el incremento de la confiabilidad en la prestación del servicio del sistema de acueducto del Municipio de Piedecuesta; se desarrolló una metodología de reposición de redes. En términos generales, esta metodología de reposición busca que a través del aumento de diámetro en ciertas tuberías se prepare o adecúe el distrito para recibir la reducción de presiones buscando hacerla más eficiente. La preparación del distrito consiste en:
 - Maximizar la uniformidad de las presiones.
 - Maximizar la confiabilidad hidráulica.
- Se aplicó la metodología de reposición a los distritos que pueden ser objeto de reducción del nivel de presiones: Sur, Barroblanco, Cantera, Argentina y Centro, encontrando como escenarios de reposición más apropiados los indicados a continuación:

ESCENARIO SELECCIONADO PARA DEFINIR PROYECTOS DE REPOSICIÓN				
Distrito Sur	Distrito Barroblanco	Distrito Cantera	Distrito Argentina	Distrito Centro
w1 = 35%	w1 = 35%	w1 = 35%	w1 = 50%	w1 = 90%

- Los distritos San Cristóbal, Cabecera y Colina no se concibieron para la aplicación de la metodología de reposición y reducción de presión, dado que

en general son los distritos con elevaciones altas y que por lo tanto presentan presiones bajas.

10.15 REPOSICIÓN DE REDES

- Con base en la metodología establecida para la reposición de las redes, el análisis de confiabilidad hidráulica y la conveniencia técnica y económica de las reposiciones de cada distrito, se definieron los siguientes proyectos de reposición (y costos generales estimados) para los cinco (5) distritos hidráulicos:
 - i. Distrito Sur: se plantea la reposición de 388.99 metros de tubería correspondientes a un 1.72 % del total de redes en ese distrito. Todos los tramos corresponden a reemplazo. Se estima un costo total de \$ 157.889.340 para las reposiciones planteadas en Distrito Sur.
 - ii. Barroblanco: se plantea una reposición de 1096 metros de tubería correspondientes a un 3.48% de la totalidad de las redes en ese distrito. Todos los tramos corresponden a reemplazo. Se estima un costo total de \$295.761.811 para las reposiciones planteadas en Distrito Barro blanco.
 - iii. Cantera: se plantea la reposición de 1924 metros de tubería correspondientes a un 2.51 % del total de redes en ese distrito. De los 1924 metros de reposición, 997 corresponden a reemplazo y 927 a refuerzo. Se estima un costo total de \$ 1.519.139.894 para las reposiciones planteadas en Distrito Cantera.
 - iv. La Argentina: se plantea la reposición de 2435 metros de tubería correspondientes a un 5.96 % del total de redes en ese distrito. De los 2354 metros de reposición, 1370 corresponden a reemplazo y 1065 a refuerzo. Se estima un costo total de \$ 1.617.856.585 para las reposiciones planteadas en Distrito Argentina.
 - v. Centro: se plantea la reposición de 1688 metros de tubería correspondientes a un 3.02 % del total de redes en ese distrito. De los 1688 metros de reposición, 1592 corresponden a reemplazo y 96 a refuerzo. Se estima un costo total de \$ 1.244.663.198 para las reposiciones planteadas en Distrito Centro.
- Las fuentes para el cálculo de los precios unitarios fueron las siguientes: Se consultaron listas de materiales de Metacol, Gerfor, Pavco, Apollo y Durman principalmente. Los rendimientos y tarifas de equipos y mano de obra fueron consultados en la revista Construdata ediciones 2016 a 2018 y para la Ciudad

de mayor costo. Además, se corroboraron los anteriores precios con la revista Construprecios edición marzo 2017 para la Ciudad de Bucaramanga.

- Los precios unitarios presentados deberán ser actualizados a los precios de consideración de la Empresa Piedecuestana de Servicios Públicos para el año en el que finalmente se ejecute la obra.
- En el informe de reposición (Entregable 31) y planos presentados, los tramos de reposición para cada distrito son presentados en orden de prioridad de reposición, siendo entonces el tramo T-01 el más prioritario. No se considera conveniente la ejecución de un tramo, sin antes haber ejecutado los que presenten mayor prioridad, es decir no se considera conveniente ejecutar el tramo T-02 sin antes haber ejecutado el tramo T-01. Ante las limitaciones de presupuesto se recomienda entonces ejecutar el(los) más prioritario(s) en orden.
- Los proyectos de reposición de redes presentados en el entregable 31 y anexos, no deben ejecutarse sin antes haber realizado la sectorización hidráulica.

10.16 SECTORIZACIÓN HIDRÁULICA

- Se proyectaron ocho (8) distritos hidráulicos para la red de distribución de agua potable de la empresa Piedecuestana de servicios públicos E.S.P. La sectorización hidráulica es la primera etapa para planes de reducción de pérdidas y del agua no contabilizada en sistemas de acueducto. Dicha sectorización es necesaria para una óptima medición de masa y control de presiones en el área de prestación de servicio. Se deben materializar los distritos hidráulicos propuestos en el presente contrato. Una vez materializados los distritos hidráulicos, se podrá realizar su calibración para gestión operacional en sectores más pequeños de manera óptima y oportuna.
- Se recomienda a la Piedecuestana de Servicios Públicos ESP, materializar los distritos hidráulicos en su red de distribución, teniendo en cuenta que actualmente se encuentran interconectados en varios puntos de la red. A partir de la sectorización se asegurará un mayor control y monitoreo de las pérdidas técnicas y comerciales identificadas en este estudio. Con un mayor control sobre los distritos, la PDS podrá plantear estrategias y tomar decisiones enfocadas a la disminución de dichas pérdidas.

10.17 ESTACIONES REGULADORAS

- Se proyectó la construcción de ocho (8) estaciones reguladoras de presión, distribuidas en los distritos La Argentina, Barroblanco, Centro, Palogordo (prestación especial) y Nuevo Girón. Lo anterior se realizó considerando la necesidad de regular el plano de presiones para la disminución de los caudales de fuga en el sistema.
- En el análisis realizado, se encontró que los sectores que presentan mayor dificultad para reducir sus presiones se encuentran en el distrito Argentina, Centro y Barroblanco. El distrito la Argentina y Centro en los barrios: Palermo II, Paseo Alcalá, Paseo Campo Verde y Paseo Cataluña. Lo anterior se debe a su gran diferencia de nivel y al estar alimentados por más de una entrada. En estos distritos se propone la instalación de 3 estaciones reguladoras.
- En el distrito Barroblanco, se plantearon dos (2) estaciones reguladoras de presión debido a la configuración de su topografía, en la cual su línea principal se encuentra en la zona más baja y muchas de las zonas que abastece se encuentran en zonas más elevadas; en donde una sola estación reguladora puede limitar la presión de los usuarios que habitan en las zonas elevadas en mención.

10.18 PROYECCIÓN DE PROGRAMAS DE OPTIMIZACIÓN

- Se realizó el análisis estadístico multivariado para estimar la prioridad de reposición del parque de medidores y como producto final se desarrolló un software para la estimación de la prioridad de reposición de medidores con base en unas características específicas del medidor o del suscriptor, las cuales son:
 - ✓ Estrato
 - ✓ Uso Legal
 - ✓ Consumo Bajo (Entre 1 y 10 m3)
 - ✓ Fecha de instalación del medidor (Mayor a 15 años)
 - ✓ Consumo superior a 3000 m3
 - ✓ Medidor Tipo B

A partir del análisis realizado a las características expuestas anteriormente, se elaboró la priorización de los medidores a reponer en el quinquenio para el municipio de Piedecuesta. Lo anterior sirve como herramienta para que la empresa Piedecuestana elabore las estrategias de reposición de medidores y ejecute los planes de inversión de las mismas.

- Se elaboraron los siguientes informes de procedimientos, orientados a la optimización de los actuales procesos de la empresa Piedecuestana de Servicios:
 - ✓ Procedimiento para la crítica de facturación
 - ✓ Definición de especificaciones de los micromedidores requeridos para el plan de reposición y vinculación de nuevos clientes.
 - ✓ Propuesta para la calibración y verificación de medidores.
 - ✓ Propuesta de procedimiento para la vinculación de nuevos clientes.
 - ✓ Procedimiento y metodología para la gestión y mantenimiento correctivo de redes
 - ✓ Procedimiento para el mantenimiento preventivo de los elementos visibles de la red.
 - ✓ Procedimientos para el mantenimiento preventivo de los elementos de instrumentación.

ANEXO 1. RELACIÓN DE DOCUMENTOS QUE HACEN PARTE DE LA ENTREGA PARCIAL DEL C358/17

ANEXO 2. DIAGRAMAS DE PROCEDIMIENTOS TIPO PARA LA EJECUCIÓN DE PROCESOS ENCAMINADOS A LA DISMINUCIÓN DE LAS PÉRDIDAS

ANEXO 3. DIAGRAMA GENERAL DE IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA