



**Contrato de Consultoría No. 035-2021**

**Estudios y diseños definitivos y al detalle de la rehabilitación y/o optimización de la bocatoma Cocora, el estudio y diseño para el tratamiento, suministro y abastecimiento de agua potable para los acueductos comunitarios de las comunas 12 y 13 de la ciudad de Ibagué, y la verificación y validación hidráulica de la línea de aducción desde la bocatoma Cocora hasta la PTAP La Pola y la línea de conducción desde el tanque ciudad a tanque sur con su línea de distribución al d3 de la ciudad de Ibagué**

**PRODUCTO 3**

**VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN DESDE LA BOCATOMA COCORA HASTA LA PTAP LA POLA Y LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DESDE EL TANQUE CIUDAD A TANQUE SUR CON SU LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN AL D3**

**ED-C389-IT-3.0-V1  
Versión 1**



**IEH GRUCON S.A.**  
Una empresa del Grupo Emdepa

**IBAGUÉ, ABRIL 2022**



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



### CUADRO DE RESPONSABILIDADES

RESPONSABLE	NÚMERO DE REVISIÓN	
	0	1
Elaboración	Camila Reyes Cristina Narváez Alejandro Valderrama	Camila Reyes Cristina Narváez Alejandro Valderrama
	30-12-2021	21-04-2022
Revisión	Jessica Lozano	Jessica Lozano
	30-12-2021	21-04-2022
Aprobación	Carlos Alberto Giraldo	Carlos Alberto Giraldo
	30-12-2021	21-04-2022

### LISTA DE DISTRIBUCIÓN

DEPENDENCIA	No. COPIAS	FECHA DE ENVÍO	OBSERVACIONES
Archivo	1	30-12-2021	
Archivo	1	21-04-2022	

### CUADRO DE MODIFICACIONES

REVISIÓN	FECHA DE MODIFICACIÓN	ORIGEN DEL CAMBIO O MODIFICACIÓN
V1	Abril-2022	Se complemento informe



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



## **Tabla de Contenido**

<b>1</b>	<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>ALCANCE</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>23</b>
4.1	OBJETIVOS GENERALES	23
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
<b>5</b>	<b>ASPECTOS PRELIMINARES</b>	<b>24</b>
5.1	INFORMACIÓN RECOLECTADA	24
5.2	SALIDAS DE CAMPO	24
5.2.1	<i>RED DE ADUCCIÓN</i>	25
5.2.2	<i>RED DE CONDUCCIÓN</i>	35
5.2.3	<i>TANQUE SUR</i>	39
5.2.4	<i>RED DE DISTRIBUCIÓN</i>	42
5.3	PLAN DE GESTIÓN Y RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	42
5.3.1	<i>RED DE ADUCCIÓN</i>	42
5.3.2	<i>RED DE DISTRIBUCIÓN</i>	58
<b>6</b>	<b>VALIDACIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA</b>	<b>59</b>
6.1	RED DE ADUCCIÓN	60
6.2	RED DE CONDUCCIÓN	62
6.3	RED DE DISTRIBUCIÓN	62
<b>7</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE OBRAS FALTANTES</b>	<b>63</b>
7.1	ADUCCIÓN	63
7.1.1	<i>FASE 1</i>	63
7.1.2	<i>FASE 2</i>	63
7.2	CONDUCCIÓN	63
7.3	DISTRIBUCIÓN	64
<b>8</b>	<b>DISEÑOS Y OPTIMIZACIONES</b>	<b>65</b>
8.1	ADUCCIÓN	67
8.1.1	<i>OBRAS PROTECCIÓN MARCOS H: TRAMO K0+060 a K0+080</i>	67
8.1.2	<i>VIADUCTO 4: Tramo K8+310 a K8+365</i>	75
8.1.3	<i>PUENTE 17: Tramo K9+007 a K9+794</i>	82



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



8.1.4	OBRAS DE ARTE	106
8.1.5	TÚNEL FALSO: Tramo K10-530 a K10+650	110
8.1.6	PAVIMENTO TÚNELES	113
8.1.7	PUENTE 12: Tramo K12+750 a K12+646	118
8.1.8	DERIVACIÓN BOQUERÓN: Tramo 12+960	140
8.1.9	PASO COMBEIMA: Tramo K17+952 a K18+090	143
8.1.10	LLEGADA LA POLA: K19+181	147
8.1.11	ESTRUCTURAS DE DISIPACIÓN LLEGADA LA POLA	148
8.2	CONDUCCIÓN	163
8.2.1	SALIDA TANQUE CIUDAD	163
8.2.2	PASO 1 BOX	166
8.2.3	PASO ELEVADO 2 (CERCHA)	177
8.2.4	LLEGADA A TANQUE SUR	182
8.2.5	SALIDA TANQUE SUR	186
8.2.6	CONEXIÓN DISTRITO 3	190
8.3	ANCLAJES	199
8.3.1	METODOLOGÍA	199
8.3.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	204
8.4	CAJAS Y VÁLVULAS	218
8.4.1	METODOLOGÍA	219
8.4.2	DISEÑO DE LAS VÁLVULAS	222
<b>9</b>	<b>MODELACIÓN HIDRÁULICA</b>	<b>243</b>
9.1	RED DE ADUCCIÓN	243
9.1.1	EVALUACIÓN HIDRÁULICA	250
9.2	RED DE CONDUCCIÓN	259
9.2.1	EVALUACIÓN HIDRÁULICA	260
9.3	RED DE DISTRIBUCIÓN	264
9.3.1	EVALUACIÓN HIDRÁULICA	265
9.4	GOLPE DE ARIETE	272
<b>10</b>	<b>COMPONENTE GEOTECNIA</b>	<b>273</b>
<b>11</b>	<b>COMPONENTE DE AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>274</b>
<b>12</b>	<b>COMPONENTE FINANCIERO</b>	<b>275</b>
<b>13</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>276</b>



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



13.1	ANEXO 1– COMPONENTE TOPOGRÁFICO	276
	<i>Anexo 1.1 Actividades preliminares</i>	276
	<i>Anexo 1.2. Levantamiento topográfico</i>	276
13.2	ANEXO 2–COMPONENTE GEOTÉCNICO	276
	<i>Anexo 2.1. Info secundaria</i>	276
	<i>Anexo 2.2. Caracterización</i>	276
	<i>Anexo 2.3. Cimentaciones</i>	276
	<i>Anexo 2.4. Mov tierras</i>	276
	<i>Anexo 2.5. Tubería</i>	276
	<i>Anexo 2.6. Planos</i>	276
13.3	ANEXO 3–COMPONENTE ESTRUCTURAL	276
	<i>Anexo 3.1. Memorias de cálculo</i>	276
	<i>Anexo 3.2. Planos</i>	276
13.4	ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO	276
	<i>Anexo 4.1. Memorias de cálculo</i>	276
	<i>Anexo 4.2. Planos</i>	276
	<i>Anexo 4.3. Modelo Hidráulico</i>	276
	<i>Anexo 4.2. Golpe de ariete</i>	276
13.5	ANEXO 5–COMPONENTE DE AUTOMATIZACIÓN	276
	<i>Anexo 5.1. Especificaciones técnicas</i>	276
	<i>Anexo 5.2. Presupuesto</i>	276
13.6	ANEXO 5–COMPONENTE FINANCIERO	276



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



## **Listado de Tablas**

Tabla 5-1 Información recolectada.....	24
Tabla 5-2 Válvulas en la aducción, identificadas en la salida de campo .....	27
Tabla 5-3 Elementos red de conducción Acueducto Ibagué.....	37
Tabla 5-4 Resultado Prueba Presión Tubería .....	44
Tabla 5-5 Estructuras especiales Fase I .....	46
Tabla 5-6 Ubicación Válvulas Ventosas Fase I .....	49
Tabla 5-7 Válvulas Purgas Fase I .....	50
Tabla 5-8 Ubicación anclajes válvulas Fase I .....	51
Tabla 5-9 Dimensión de los anclajes de los codos Fase I.....	51
Tabla 5-10 Estructuras especiales Fase II .....	53
Tabla 5-11 Válvulas Ventosa Fase II .....	55
Tabla 5-12 Válvulas Purga Fase II .....	55
Tabla 5-13 Estructuras Especiales Sistema Sur .....	56
Tabla 5-14 Válvulas ventosas .....	57
Tabla 5-15 Válvulas purga .....	57
Tabla 6-1 Coordenadas válvulas de ventosas .....	60
Tabla 6-2 Coordenadas válvulas de ventosas .....	60
Tabla 6-3 Coordenadas válvulas de ventosas .....	61
Tabla 6-4 Abscisa válvulas de purga .....	61
Tabla 6-5 Abscisa válvulas de ventosa .....	62
Tabla 6-6 Abscisa válvulas de purga .....	62
Tabla 8-1 Ubicación de materiales por abscisado.....	92
Tabla 8-2 Resumen de codos del trazado total de puente 17 .....	101
Tabla 8-3 Resumen de los empujes actuantes sobre los anclajes .....	102
Tabla 8-4 Resumen de los empujes actuantes mayorados sobre los anclajes.....	103
Tabla 8-5 Parámetros geotécnicos en el cárcamo .....	103
Tabla 8-6 Peso requerido para suplir el empuje resistente .....	104
Tabla 8-7 Dimensionamiento del cárcamo macizo o anclaje superficial.....	105
Tabla 8-8 Verificación de cumplimiento de empujes en “X”, “Y” y “Z” .....	106
Tabla 8-9 Resumen de los empujes actuantes sobre los anclajes .....	127



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Tabla 8-10 Resumen de los empujes actuantes mayorados sobre los anclajes.....	128
Tabla 8-11 Peso calculado de concreto del anclaje aguas abajo de la cercha.....	130
Tabla 8-12 Peso calculado de concreto del anclaje aguas abajo de la cercha.....	131
Tabla 8-13 Parámetros del suelo de puente 12.....	132
Tabla 8-14 Revisión de empujes resistentes por fricción del anclaje aguas arriba de la cercha.....	133
Tabla 8-15 Revisión de empujes resistentes por fricción del anclaje aguas abajo de la cercha.....	133
Tabla 8-16 Empujes mayorados con FS= 3.....	134
Tabla 8-17 Cálculo de empujes pasivos ejercidos por el suelo.....	136
Tabla 8-18 Cumplimiento de empujes XY por fricción, cohesión y empujes pasivos.....	136
Tabla 8-19 Verificación de cumplimiento de empujes en XY.....	137
Tabla 8-20 Verificación de cumplimientos de empujes en Z.....	137
Tabla 8-21 Resumen de los empujes actuantes sobre los anclajes.....	158
Tabla 8-22 Parámetros PTAP La Pola.....	159
Tabla 8-23 Cuantificación de tipo superficie y área de la cuenca.....	172
Tabla 8-24 Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad.....	172
Tabla 8-25 Ponderación del Coeficiente de escorrentía según áreas y tipos de superficie.....	173
Tabla 8-26 Resultados evaluación tiempos de concentración.....	173
Tabla 8-27 Resultados Intensidad de la lluvia en mm/h.....	174
Tabla 8-28 Periodos de retorno.....	174
Tabla 8-29 Valores del coeficiente Kc.....	175
Tabla 8-30 Coeficiente K.....	176
Tabla 8-31. Dimensiones por cada tipo de diámetro de tubería y cantidad de hierros aproximada.....	197
Tabla 8-32 Anclajes Tipo.....	203
Tabla 8-33 Accesorios sin anclaje- Red de Aducción.....	205
Tabla 8-34 Accesorios con anclaje nuevos- Red de Aducción.....	206
Tabla 8-35 Accesorios con anclaje a optimizar- Red de Aducción.....	209
Tabla 8-36 Accesorios sin anclaje - Red de Conducción.....	215
Tabla 8-37 Accesorios con anclaje nuevo- Red de Conducción.....	215
Tabla 8-38 Accesorios con anclaje a optimizar- Red de Conducción.....	216



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Tabla 8-39 Accesorios sin anclaje - Red de Distribución.....	217
8.4.2.1 Tabla 8-40 Accesorios con anclaje nuevo- Red de Distribución .....	217
8.4.2.2 Tabla 8-41 Accesorios con anclaje a optimizar- Red de Distribución.....	218
Tabla 8-42 Ubicación de válvulas especiales en las 3 etapas.....	219
Tabla 8-43 Datos iniciales de las válvulas de cheque .....	223
Tabla 8-44 Dimensiones de las cajas .....	223
Tabla 8-45 Resumen de los empujes actuantes sobre los anclajes .....	224
Tabla 8-46 Parámetros PTAP La Pola .....	225
Tabla 8-47 Datos iniciales de las válvulas de cheque .....	226
Tabla 8-48 Dimensiones de las cajas .....	228
Tabla 8-49 Resumen de los empujes actuantes sobre los anclajes .....	228
Tabla 8-50 Parámetros PTAP La Pola .....	229
Tabla 8-51 Diagnostico purgas existentes- Aducción.....	232
Tabla 8-52 Diseño purgas - Aducción .....	232
Tabla 8-53 Diagnostico purgas existentes- Conducción.....	233
Tabla 8-54 Diseño purgas - Distribución .....	233
Tabla 8-55 Diagnostico ventosas existentes- Aducción .....	236
Tabla 8-56 Diseño ventosas - Aducción.....	236
Tabla 8-57 Diagnostico ventosas existentes- Conducción .....	237
Tabla 8-58 Diseño ventosas - Conducción.....	238
Tabla 8-59 Diseño ventosas - Distribución.....	238
Tabla 8-62 Resumen de los empujes actuantes sobre los anclajes .....	240
Tabla 8-63 Parámetros PTAP La Pola .....	241
Tabla 9-1 Perdidas menores aducción tubería de 36” .....	244
Tabla 9-2 Perdidas menores aducción tubería de 24” .....	245
Tabla 9-3 Perdidas menores red aducción.....	245
Tabla 9-4 Parámetros escenario 1 .....	250
Tabla 9-5 Parámetros escenario 2 .....	253
Tabla 9-6 Parámetros escenario 3 .....	255
Tabla 9-7 Perdidas menores conducción tubería de 32” .....	259
Tabla 9-8 Perdidas menores red conducción.....	260
Tabla 9-9 Parámetros conducción Escenario No.1. ....	260





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Tabla 9-10 Parámetros conducción Escenario No.2. ....	262
Tabla 9-11 Perdidas menores distribución tubería de 14" .....	265
Tabla 9-12 Perdidas menores distribución tubería de 12" .....	265
Tabla 9-13 Perdidas menores red conducción. ....	265
Tabla 9-14 parámetros conducción Escenario No.1.....	266
Tabla 9-15 parámetros conducción Escenario No.2.....	268
Tabla 9-16 parámetros conducción Escenario No.3.....	270



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



## **Listado de Ilustraciones**

Ilustración 1-1 Estudio de cada producto en cada subproducto .....	19
Ilustración 2-1 Fase y producto asociado a este informe .....	20
Ilustración 5-1 Válvula Principal red Aducción- Recorrido .....	25
Ilustración 5-2 Registro fotográfico, Tramo K8+300 a K8+340 .....	33
Ilustración 5-3 Registro fotográfico, Tramo K8+990 a K9+880 .....	33
Ilustración 5-4 Registro fotográfico, Tramo K10+530 a K10+650 .....	33
Ilustración 5-5 Registro fotográfico, Tramo K11+200 a K11+560 .....	34
Ilustración 5-6 Registro fotográfico, Tramo K12+650 a K12+770 .....	34
Ilustración 5-7 Registro fotográfico, Tramo K0+000 a K0+020 .....	34
Ilustración 5-8 Registro fotográfico, Tramo K4+980 a K5+130 .....	35
Ilustración 5-9 Registro fotográfico, Tramo K6+210 a K+280 .....	35
Ilustración 5-10 Tanque sur- Salida de campo .....	40
Ilustración 5-11 Tanque Sur – Salida de Campo .....	41
Ilustración 5-12 Registro fotográfico Tramos sin instalar distribución .....	42
Ilustración 8-1 Tramos faltantes – Aducción .....	65
Ilustración 8-2 Tramos faltantes – Conducción .....	66
Ilustración 8-3 Tramos faltantes – Distribución .....	67
Ilustración 8-4 Estado actual .....	68
Ilustración 8-5 Marcos H soporte de tubería .....	69
Ilustración 8-6 Erosión de marcos H .....	70
Ilustración 8-7 Concreto a la vista en cimentación del marco H .....	71
Ilustración 8-8 Erosión de marcos H, Intrusión del rio .....	72
Ilustración 8-9 Vista general desde aguas abajo hacia aguas arriba .....	73
Ilustración 8-10 Construcción en campo de los hexápodos .....	74
Ilustración 8-11 Estructura marco H corte frontal .....	75
Ilustración 8-12 Viaducto 4 - Punto de conexión aguas abajo, al fondo punto de conexión aguas arriba .....	76
Ilustración 8-13 Viaducto 4 - Montaje e instalación estructura metálica de viaducto 4 .....	76
Ilustración 8-14 Viaducto 4 - Sector de empalme de tramo aguas arriba con viaducto 4, punto de alta pendiente .....	77
Ilustración 8-15 Panorámica punto de conexión llegada .....	78



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Ilustración 8-16 Panorámica punto de conexión punto de conexión salida.....	78
Ilustración 8-17 Viaducto 4 - Instalación de estructura tipo cercha y tubería de CCP 36".	78
Ilustración 8-18 Viaducto 4 - Instalación de estructura tipo cercha y tubería de CCP 36".	79
Ilustración 8-19 Alineamiento vertical – planta general .....	80
Ilustración 8-20 Detalle tubería a retirar y anclaje a demoler.....	80
Ilustración 8-21 Alineamiento horizontal – planta general .....	81
Ilustración 8-22 Alineamiento vertical (perfil) y detalle caja válvula de ventosa .....	82
Ilustración 8-23 Localización General Tubería Aducción.....	83
Ilustración 8-24 Ubicación de las fotografías tomadas .....	84
Ilustración 8-25 Puente 17 – Vista general No.1 .....	85
Ilustración 8-26 Puente 17 – Vista general No.2 .....	85
Ilustración 8-27 Puente 17 – Obras de cimentación doble calzada APP GICA.....	86
Ilustración 8-28 Puente 17 – vía terciaría a intervenir .....	86
Ilustración 8-29 Puente 17 – Obras de movimiento de tierras cerca de cimentación de puente.....	87
Ilustración 8-30 Comienzo tramo alta pendiente predio Don Plinio .....	87
Ilustración 8-31 Puente 17– Obras estabilización cerca a la cimentación de puente 17...	88
Ilustración 8-32 Planta General.....	90
Ilustración 8-33 Perfil General.....	90
Ilustración 8-34 Subdivisión de tramos CCP .....	91
Ilustración 8-35 Trazado con discriminación de materiales .....	93
Ilustración 8-36 Estabilización de talud cerca a la cimentación de puente 17 .....	94
Ilustración 8-28-37 Vista en perfil del cárcamo en concreto .....	95
Ilustración 8-28-38 Vista en planta de cárcamo .....	96
Ilustración 8-28-39 Cárcamo con recebo comenzando a subir a superficie.....	96
Ilustración 8-28-40 Cárcamo con recebo en superficie .....	97
Ilustración 8-41 Cárcamo macizo superficial.....	97
Ilustración 8-42 Tubería de Acero Al carbón .....	98
Ilustración 8-43 Ubicación en perfil de muros de soporte.....	99
Ilustración 8-44 Corte transversal muros de soporte.....	100
Ilustración 8-45 Isometría del muro de soporte en zona de alta pendiente.....	100
Ilustración 8-46 Sección transversal típica de cárcamo macizo o anclaje .....	104



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Ilustración 8-47 Planta del cárcamo macizo o anclaje.....	105
Ilustración 8-48 Reconocimiento de campo de las obras de arte – sector a intervenir ...	107
Ilustración 8-49 Reconocimiento de campo de las obras de arte – Talud, perdidas de bancada y escaleras existentes .....	107
Ilustración 8-50 Planta general de las obras de arte. ....	108
Ilustración 8-51 Perfil general y sección transversal cabezal de salida a escalera .....	109
Ilustración 8-52 Perfil de la estructura de disipación proyectada (alcantarilla 3).....	109
Ilustración 8-53 Perfil general losa de concreto / disipador de energía .....	110
Ilustraciones 8-54 Tramo Túnel falso – Características y estado del sector a intervenir.	111
Ilustración 8-55 Alineamiento horizontal – planta general .....	112
Ilustración 8-56 Alineamiento vertical – perfil general .....	112
Ilustración 8-57 Alineamiento vertical – Detalle ubicación perfil caja ventosa de 6” .....	113
Ilustración 8-58 Sección transversal caja válvula de ventosa 6”.....	113
Ilustración 8-59 Planta general ubicación túneles y vía proyectada .....	114
Ilustración 8-60 Túnel – Sección en herradura.....	115
Ilustración 8-61 Túnel – Estructura del pavimento .....	115
Ilustración 8-62 Túnel – Sección transversal adecuada .....	116
Ilustración 8-63 Perfil general adecuación túnel 2.....	116
Ilustración 8-64 Perfil general adecuación vía.....	117
Ilustración 8-65 Perfil general adecuación túnel 1 .....	117
Ilustración 8-66 Pavimento – Sección vía .....	118
Ilustración 8-67 Pavimento – Sección vía .....	118
Ilustración 8-68 Localización General Tubería Aducción.....	119
Ilustración 8-69 Puente 12 – Vista general No.1 .....	120
Ilustración 8-70 Puente 12 – Vista general No.2 .....	120
Ilustración 8-71 Puente 12 – Obras estabilización aguas arriba margen izquierdo.....	121
Ilustración 8-72 Puente 12 – Obras estabilización aguas arriba margen derecho .....	121
Ilustración 8-73 Puente 12 – Obras estabilización aguas abajo margen derecho.....	122
Ilustración 8-74 Puente 12 – Obras estabilización aguas abajo margen izquierdo .....	122
Ilustración 8-75 Planta General.....	124
Ilustración 8-76 Perfil General .....	124
Ilustración 8-77 Tuberías de paso elevado .....	125



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Ilustración 8-78 Ubicación seleccionada zapata aguas arriba .....	126
Ilustración 8-79 Localización zapatas proyectadas .....	126
Ilustración 8-80 Perfil General.....	127
Ilustración 8-81 Elementos geométricos del anclaje aguas arriba de la cercha.....	130
Ilustración 8-82 Dimensiones de los elementos geométricos del anclaje aguas abajo ...	131
Ilustración 8-83 Vista en planta del anclaje aguas abajo de la cercha.....	135
Ilustración 8-84 Vista en planta del anclaje aguas arriba de la cercha .....	135
Ilustración 8-85 Empate aducción .....	138
Ilustración 8-86 Ubicación tubería de distribución proyectada.....	138
Ilustración 8-87 Trazado propuesto tubería distribución .....	139
Ilustración 8-88 Ubicación sobre berma de tubería de distribución .....	139
Ilustración 8-89 Derivación Boquerón .....	140
Ilustración 8-90 Derivación hacia PTAP La Pola (derecha) y hacia PTAP Boquerón (izquierda).....	141
Ilustración 8-91 Ye derivación PTAP La Pola - PTAP Boquerón .....	142
Ilustración 8-92 Perfil derivación Yee hacia PTAP La Pola .....	142
Ilustración 8-93 Perfil derivación Yee hacia PTAP Boquerón .....	143
Ilustración 8-94 Tramo “Combeima” Vista general .....	144
Ilustración 8-95 Obras de adecuación y estabilización de puntos críticos .....	144
Ilustración 8-96 Alineamiento horizontal planta general .....	146
Ilustración 8-97 Alineamiento vertical (perfil) – Ubicación anclajes proyectados .....	146
Ilustración 8-98 Ubicación anclajes proyectados y conexiones aguas arriba y aguas abajo del tramo.....	146
Ilustración 8-99 Punto de empalme.....	147
Ilustración 8-100 Ortofoto de plantas .....	148
Ilustración 8-101 Planta No. 1 .....	149
Ilustración 8-102 Planta No.2.....	150
Ilustración 8-103 Espacio disponible para las estructuras de disipación .....	153
Ilustración 8-104 Predio colindante .....	154
Ilustración 8-105 Esquema general de las estructuras de la Pola .....	155
Ilustración 8-106 Cerramientos propuesto y existentes.....	156
Ilustración 8-107 Vista en planta-Caja de filtro en Y.....	160



IEH GRUCÓN S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Ilustración 8-108 Vista en perfil-Caja de filtro en Y.....	161
Ilustración 8-109 Vista en planta-Caja de macromedidor .....	161
Ilustración 8-110 Vista en perfil-Caja de macromedidor .....	162
Ilustración 8-111 Vista en planta-Caja válvulas de flujo anular.....	162
Ilustración 8-112 Vista en perfil-Caja válvulas de flujo anular.....	163
Ilustración 8-113 Vista panorámica Tanque Ciudad.....	164
Ilustración 8-114 Vista en planta PTAP La Pola y proyección salida Tanque Ciudad.....	164
Ilustración 8-115 Vista en planta ubicación estructura caja válvula de mariposa y ventosa salida Tanque Ciudad .....	165
Ilustración 8-116 Vista de perfil (derecha) y sección transversal (izquierda) de la caja válvula ventosa de 6" .....	166
Ilustración 8-117 Vista general tramo sentido S-N (izquierda) y sentido N-S (derecha) .	167
Ilustración 8-118 Ubicación puntos planos consorcio.....	168
Ilustración 8-119 Ubicación Placa de amarre.....	168
Ilustración 8-120 Plano DWG Paso elevado I y Paso elevado II .....	169
Ilustración 8-121 Planta general ubicación paso 1 (PASO BOX) .....	170
Ilustración 8-122 Planta general trazado paso 1 – Box culvert.....	171
Ilustración 8-123 A la izquierda sobreposición del drenaje en el modelo de dirección de flujo. A la derecha delimitación de la divisoria de aguas.....	172
Ilustración 8-124 Esquema estructura de conexión con caída/ Disipador de energía.....	176
Ilustración 8-125 Detalle sección transversal Box culvert y losa de concreto para la via	177
Ilustración 8-126 Vista general tramo sentido norte .....	178
Ilustración 8-127 Vista general tramo aguas arriba del box culvert .....	178
Ilustración 8-128 Vista general zona de descarga aguas abajo del box culvert.....	179
Ilustración 8-129 Acercamiento puntos aguas arriba (izquierda) y aguas abajo (derecha) .....	179
Ilustración 8-130 Planteamiento de trazado y puntos de conexión.....	180
Ilustración 8-131 Planta general de paso elevado.....	181
Ilustración 8-132 Perfil general de paso elevado.....	182
Ilustración 8-133 Avance de obras construcción tanque sur .....	183
Ilustración 8-134 Construcción y ubicación conexiones de salida hacia red de distribución .....	183
Ilustración 8-135 Zona tramo de llegada a tanque sur - Carrera 29 sur .....	184



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Ilustración 8-136 Planta general alineamiento llegada a tanque sur y cajas especiales .	185
Ilustración 8-137 Perfil longitudinal alineamiento vertical del tramo de llegada a tanque sur .....	185
Ilustración 8-138 Detalle punto de conexión aguas arriba y tubería a retirar .....	186
Ilustración 8-139 Planta general sector de salida tanque sur y conexión con tubería existente – Predios privados numerados.....	187
Ilustración 8-140 Planta general alineamiento horizontal proyectado – Predios a intervenir .....	188
Ilustración 8-141 Planta alineamiento horizontal proyectado – Sección 1. Desde salida de tanque hasta cambio de dirección hacia predio 4.....	189
Ilustración 8-142 Perfil general alineamiento horizontal proyectado – Sección 1 .....	189
Ilustración 8-143 Planta alineamiento horizontal proyectado – Sección 2 desde cambio de dirección hacia predio 4 hasta conexión a tubería existente.....	189
Ilustración 8-144 Planta general alineamiento horizontal proyectado – Sección 2 .....	190
Ilustración 8-145 Punto de conexión aguas arriba con tubería existente de PVC 12” (Red de distribución proveniente de tanque sur).....	191
Ilustración 8-146 Condiciones locativas punto de conexión con distrito 3 .....	192
Ilustración 8-147 Planta general alineamiento horizontal proyectado conexión distrito 3	193
Ilustración 8-148 Red de alcantarillado - Catastro_Alcantarillado.gdb.....	193
Ilustración 8-149 Puntos de interferencia con la red de alcantarillado existente entre carreras 13 y 12 sur .....	194
Ilustración 8-150 Puntos de interferencia con la red de alcantarillado existente entre carreras 12 y 11 sur .....	194
Ilustración 8-151 Punto de interferencia 1 .....	195
Ilustración 8-152 Puntos de interferencia 2 y 3 .....	195
Ilustración 8-153 Punto de interferencia 4.....	196
Ilustración 8-154 Esquema tipo de placa de protección para diferentes diámetros de tubería.....	197
Ilustración 8-155 Perfil detalle macromedidor de 12" .....	198
Ilustración 8-156 Planta - detalle de conexión con Distrito 3 .....	199
Ilustración 8-157 Vista en planta de la caja de mariposa 36" .....	227
Ilustración 8-158 Vista en perfil de la caja de mariposa 36" .....	227
Ilustración 8.159 Tamaño de la válvula ventosas para prevenir que la tubería colapse .	235
Ilustración 8-160 Caudal vs Caída de presión mínima .....	239



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Ilustración 9-1 Elementos principales red de aducción de Ibagué .....	246
Ilustración 9-2 Detalle Bocatoma .....	246
Ilustración 9-3 Detalle desviación PTAP Boquerón .....	247
Ilustración 9-4 Detalle PTAP La Pola .....	247
Ilustración 9-5 Distribución de la red por tubería instalada y no instalada .....	248
Ilustración 9-6 Distribución de la red por material .....	249
Ilustración 9-7 Distribución de la red por diámetro .....	250
Ilustración 9-8 Línea piezométrica Red Aducción Escenario No.1. ....	252
Ilustración 9-9 Línea piezométrica Red Aducción Escenario No.2. ....	254
Ilustración 9-10 Línea piezométrica Red Aducción Escenario No.3. ....	256
Ilustración 9-11 Línea piezométrica Red Aducción Escenario No.4. ....	258
Ilustración 9-12 Línea piezométrica Red Conducción Escenario No.1. ....	261
Ilustración 9-13 Línea piezométrica Red Aducción Escenario No.2. ....	263
Ilustración 9-14 Línea piezométrica Red distribución Escenario No.1. ....	267
Ilustración 9-15 Línea piezométrica Red distribución Escenario No.2. ....	269
Ilustración 9-16 Línea piezométrica Red distribución Escenario 3.....	271





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



## **Listado de Fotografías**

Fotografía 8-1 Ubicación seleccionada para la construcción de las obras de disipación 157



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



## **1 PRESENTACIÓN**

---

Empresa Ibaguereña de acueducto y alcantarillado - IBAL S.A.E.S.P suscribió con IEH GRUCON S.A el Contrato de Consultoría No. 0035 para la realización de los estudios y diseños de la Bocatoma Cocora, juntos con el tratamiento, suministro y abastecimiento de agua potable para las comunas 12 y 13 de la ciudad de Ibagué, adicionalmente realizar la verificación y validación hidráulica de la línea de aducción desde la bocatoma Cocora hasta la PTAP La Pola y la línea de conducción desde el tanque Ciudad a tanque Sur con la línea de distribución a la ciudad de Ibagué. El estudio de consultoría se aborda progresivamente en tres fases cuyo alcance general se presenta a continuación:

- Producto 1: Estudios y diseños hidrológicos, de patología estructural y geotécnica de vulnerabilidad de la bocatoma sobre el río Cocora, para la rehabilitación y/o optimización con el fin de restablecer tanto sus condiciones estructurales como las de diseño y funcionamiento
- Producto 2: Estudios y diseños para el tratamiento, suministro y abastecimiento de agua potable para los acueductos comunitarios de las comunas 12 y 13 de la ciudad de Ibagué
- Producto 3: Verificación y validación hidráulica de la línea de aducción desde la bocatoma Cocora hasta la PTAP La Pola y la línea de conducción desde el tanque ciudad a tanque sur con su línea de distribución al D3

En cada una de las fases se generan subproductos específicos de la consultoría, los cuales integralmente permitirán asegurar el abastecimiento mediante el diseño y verificación de la línea ampliación del sistema de acueducto de la ciudad de Ibagué, asegurando el abastecimiento de la población

A continuación, se presenta un mapa conceptual del estudio con cada uno de los productos y subproductos generados.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN HASTA EL DISTRITO 3**

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 1-1 Estudio de cada producto en cada subproducto**



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN HASTA EL DISTRITO 3**

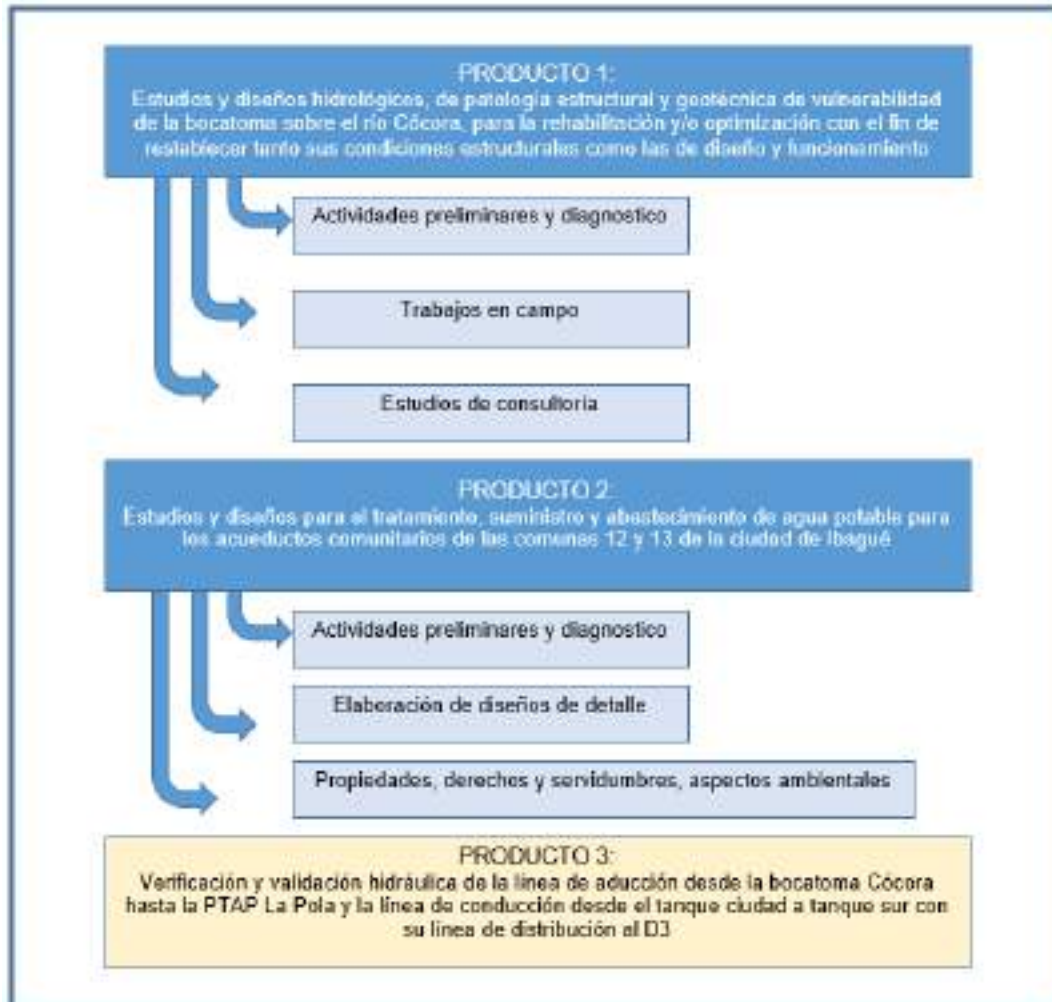
**ED-C389-IT-3.0-V1**



## **2 INTRODUCCIÓN**

A lo largo del presente documento se presenta lo relativo a la verificación y validación hidráulica de la línea de aducción desde la bocatoma Cocora hasta la PTAP La Pola y la línea de conducción desde el Tanque Ciudad a Tanque Sur con su línea de Distribución al D3.

**Ilustración 2-1 Fase y producto asociado a este informe**



Fuente: Consultor

A continuación, se presenta la estructuración del presente informe:

- Capítulo 1: Presentación general del contrato objeto de este informe.
- Capítulo 2: Introducción del informe y contenido.
- Capítulo 3: Alcance general del informe.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- Capítulo 4: Objetivos generales y específicos
- Capítulo 5: Aspectos preliminares, información recolectada, salidas de campo y gestión en la recopilación de información
- Capítulo 6: Validación de elementos del sistema.
- Capítulo 7: Descripción de obras faltantes.
- Capítulo 8: Diseños y optimizaciones
- Capítulo 9: Anexos



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



### **3 ALCANCE**

---

Verificación y validación de la aducción del río Cocora desde el punto de vista hidráulico, geotécnico y estructural de las fases construidas 1 y 2. Además de determinar la necesidad de diseñar nuevas obras adicionales con su respectiva ingeniería de detalle, con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento del sistema una vez entre en operación.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



## **4 OBJETIVOS**

---

### **4.1 OBJETIVOS GENERALES**

Realizar el diseño para los tramos faltantes de aducción, conducción y distribución, además de una validación de los tramos ya construidos.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Validar y modelar las redes existentes de aducción, conducción y distribución con sus respectivos elementos del sistema.
- Diseñar la optimización de los tramos faltantes a construir en la línea de aducción y conducción contemplando las estructuras complementarias como:
  - Diseño de una cámara de llegada en la línea de aducción a la PTAP La Pola
  - Modelación hidráulica de las líneas de aducción desde la bocatoma Cocora hasta PTAP La Pola, línea de conducción desde tanque Ciudad a taque sur y la línea de distribución a distrito 3
  - Diseño y proyección de las válvulas especiales (purgas, ventosas, antirrotura)
  - Verificación de anclajes existentes y diseño de nuevos anclajes
- Generar cantidades y presupuesto a las obras complementarias diseñadas para el funcionamiento óptimo de las redes.
- Estructurar un componente técnico para la licitación de las obras complementarias donde se realicen especificaciones técnicas y pliego de condiciones.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



## **5 ASPECTOS PRELIMINARES**

### **5.1 INFORMACIÓN RECOLECTADA**

A partir de la información suministrada por el IBAL, se obtuvo la información catalogada como récord de obra correspondiente a información de la línea de Aducción, Línea de Conducción y línea de distribución. Esta información recolectada se divide en diferentes áreas especializadas como lo son: Componente ambiental, estructural, forestal, geotécnico, hidráulico, topográfico, predial, presupuestal e interventoría de obra, a cargo de diferentes entidades responsables desde 1996 hasta la fecha. En la Tabla 5-1, se encuentra el resumen de la información recolectada de cada una de las redes que conforman al proyecto en cada una de las categorías.

Adicionalmente se encuentra información relacionada con la segunda calzada Ibagué-Cajamarca y sistema existente Girardot-Cajamarca ubicado en el sector del Barrio Boquerón, correspondiente a informes y planos. A su vez, se tiene información del viaducto colgante ubicado en la abscisa K1+920.

**Tabla 5-1 Información recolectada**

<b>Red</b>	<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
Línea Aducción	Ambiental	Programa de manejo ambiental
	Estructural	Diseño muro estructural y puente peatonal
	Geotécnico	Ensayos laboratorio y campo
		Diseño puente peatonal, túnel, muro gaviones
	Hidráulico	Diseño línea de aducción, registros de hallazgos
	Predial	Informe predial
	Presupuestal	APU, cantidades, cotizaciones y presupuestos
Interventoría de obra	Actas, bitácoras, certificados, informes, inventarios, modificatorios, paz y salvos, permisos, planos, pólizas y registros fotográficos	
Línea Conducción	Hidráulico	Diseño línea de conducción y Tanque Sur
		Proceso constructivo, ensayos de laboratorio, análisis de materiales.
Línea Distribución	Hidráulico	Línea de Interconexión entre Tanque Sur y Distrito 3
		Descripción anclajes presentes en la línea de distribución

Fuente: Suministrado por el IBAL

### **5.2 SALIDAS DE CAMPO**

Con el fin de realizar la respectiva validación y reconocimiento de la información se realizaron recorridos de campo siguiendo la trayectoria de cada una de las redes, identificando elementos como la ubicación y estados de las válvulas o elementos que lo componen, puntos críticos en la red como fugas, o con suelos inestables, localización viaductos, túneles y tramos de tubería sin instalar.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



### 5.2.1 RED DE ADUCCIÓN

Los principales elementos encontrados en la red de aducción se mencionan a continuación, evidenciando mediante registro fotográficos el estado de los mismos, igualmente, se solita información faltante por medio de mesas de trabajo, como:

#### Red Aducción-Fase I

- Prueba hidrostática aprobada 2020

#### Red Aducción-Fase II Etapa I

- Plano planta perfil puente 12
- Análisis de estabilidad de excavaciones puente 12
- Memoria de diseño en borrador túneles antigua vía férrea
- Volumen y ubicación de anclajes en concreto, sin embargo, no fue posible encontrar las dimensiones de los mismos.

#### 5.2.1.1 Válvula principal

Se encuentra ubicada en la abscisa K0+008.7, está compuesta por una válvula mariposa de media abertura, un Bypass de 10" con 3 rejillas y una llave de purga para abrir la tubería principal, en la Ilustración 5-1 se observa la válvula.

**Ilustración 5-1 Válvula Principal red Aducción- Recorrido**



Fuente: Consultoría.

#### 5.2.1.2 Válvulas Purgas y Ventosas

En la Tabla 5-2, se evidencia la localización y estado de cada una de las válvulas localizadas en la salida de campo, mediante ello se logra verificar la información recopilada, igualmente se identifican incongruencias ya que en algunos puntos únicamente se localizaban pozos sin ningún accesorio hidráulico, igualmente no se logró acceder a todas



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



las estructuras debido a las condiciones del terreno, esta verificación se realizó debido a las inconsistencias presentadas en los planos e informes récord suministrados por la empresa contratante.









**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Tabla 5-2 Válvulas en la aducción, identificadas en la salida de campo**








Tubería	Tubería (Pulg)	Elemento	Tamaño (Pulg)	(X)	(Y)	Abscisa	Estado	Registro Fotográfico
CCP	36	Válvula Ventosa	6	859400.26	976055.27	K0+1941	La Válvula se encuentra en un buen estado	
CCP	36	Válvula Purga	10	859558.27	976133.42	K0+370	La válvula se encuentre parcialmente Inundada, adicionalmente cuenta con cámara de desagüe.	
CCP	36	Válvula Ventosa	8	859582.47	976191.98	K0+431	La válvula se encuentre parcialmente Inundada.	
CCP	36	Válvula Ventosa	8	859952.14	976382.546	K0+865	La Válvula se encuentra en un buen estado	
CCP	36	Válvula Ventosa	8	860418.90	976401.401	K1+361	La válvula se encuentre parcialmente Inundada	
CCP	36	Válvula Purga	10	860561.55	976407.569	K1+505.9	La válvula se encuentre parcialmente Inundada, adicionalmente cuenta con cámara de desagüe.	



**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**









Tubería	Tubería (Pulg)	Elemento	Tamaño (Pulg)	(X)	(Y)	Abscisa	Estado	Registro Fotográfico
CCP	36	Válvula Ventosa	8	860697.41	976393.47	K1+649.5	La válvula se encuentre en buen estado	
CCP	36	Válvula Purga	10	861029.48	976339.514	K2+002.9	No se pudo acceder a la tapa de caja debido al terreno, cuenta con cámara de desagüe	
CCP	36	Válvula Ventosa	10	861129.48	976407.717	K2+128.2	La Válvula se encuentra en un buen estado	
CCP	36	Válvula Purga	10	861174.61	976493.322	K2+226.5	La válvula se encuentre Inundada, adicionalmente cuenta con cámara de desagüe.	
CCP	36	Válvula Ventosa	8	861180.69	976521.585	K2+254.7	La Válvula se encuentra en un buen estado	
CCP	36	Válvula Purga	10	861359.68	976693.769	K2+523.5	La válvula se encuentre en buen estado y cuenta con cámara de desagüe.	
CCP	36	Válvula Ventosa	6	861368.44	976707.605	K2+540.0	La Válvula se encuentra en un buen estado	
CCP	36	Válvula Purga	10	861541.45	976939.11	K2+830.0	La válvula se encuentre Inundada, adicionalmente cuenta con cámara de desagüe.	



**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**










Tubería	Tubería (Pulg)	Elemento	Tamaño (Pulg)	(X)	(Y)	Abscisa	Estado	Registro Fotográfico
CCP	36	Válvula Ventosa	8	861604.55	976976.275	K2+913.0	La Válvula se encuentra en un buen estado	
CCP	36	Válvula Purga	10	861998.46	977085.195	K3+346.1	La válvula se encuentre en buen estado y cuenta con cámara de desagüe.	
CCP	36	Válvula Purga	10	862426.79	977314.566	K3+911.9	La Válvula cuenta con cámara de desagüe.	
CCP	36	Válvula Purga	10	862788.27	977514.853	K4+336.2	La Válvula cuenta con cámara de desagüe.	
CCP	36	Válvula Ventosa	8	862882.42	977514.647	K4+432.0	La Válvula se encuentra en un buen estado	
CCP	36	Válvula Ventosa	6	863215.64	977670.827	K4+824.6	No se puedo acceder a la válvula debido a que se encuentra enterrada	
CCP	36	Válvula Purga	10	863538.78	977885.034	K5+239.3	La válvula se encuentra Inundada parcialmente	
CCP	36	Válvula Ventosa	6	863714.07	977912.629	K5+453.5	La Válvula se encuentra en un buen estado	
CCP	36	Válvula Ventosa	6	864193.57	978068.279	K6+001.0	La Válvula se encuentra en un buen estado	



**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**










Tubería	Tubería (Pulg)	Elemento	Tamaño (Pulg)	(X)	(Y)	Abscisa	Estado	Registro Fotográfico
CCP	36	Válvula Purga	10	864639.05	978271.050	K6+527.9	La válvula se encuentra inundada y oxidada, adicionalmente cuenta con cámara de desagüe.	
CCP	36	Válvula Ventosa	6	864653.11	978299.429	K6+559.7	La válvula se encuentra en buen estado	
CCP	36	Válvula Purga	10	865079.66	978478.621	K7+115.0	La válvula se encuentra en buen estado.	
CCP	36	Válvula Purga	10	865523.6	978504.169	K7+629.5	La válvula se encuentra inundada	
CCP	36	Válvula Ventosa	6	865530.20	978644.660	K7+810.6	La válvula se encuentra en buen estado	
CCP	36	Válvula Ventosa	6	865714.45	978846.664	K8+089.1	La válvula se encuentra en buen estado	
CCP	36	Válvula Ventosa	6	866304.63	978941.798	K8+740.7	La válvula se encuentra en buen estado	



**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**







Tubería	Tubería (Pulg)	Elemento	Tamaño (Pulg)	(X)	(Y)	Abscisa	Estado	Registro Fotográfico
CCP	36	Válvula Purga	10	866445.01	979040.480	K8+921.0	La válvula se encuentra parcialmente inundada y cuenta con cámara de desagüe.	
CCP	36	Válvula Ventosa	24	868344.00	979829.700	K12+975.	La válvula se encuentra en buen estado, sin embargo la ventosa se localiza al costado de la tubería.	
GRP	24	Válvula Purga	6	868690.66	979932.671	K0+558.7	La válvula se encuentra en buen estado	
GRP	24	Válvula Ventosa	6	868758.45	980033.960	K0+700.9	La válvula se encuentra en buen estado	
GRP	24	Válvula Ventosa	6	868960.27	980376.334	K1+162.9	La válvula se encuentra en buen estado	
GRP	24	Válvula Purga		870236.85	981612.495	K2+955.6	La válvula se encuentra en buen estado	
GRP	24	Válvula Ventosa	6	870602.52	982098.578	K3+564.6	La válvula se encuentra en buen estado	



**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Tubería	Tubería (Pulg)	Elemento	Tamaño (Pulg)	(X)	(Y)	Abscisa	Estado	Registro Fotográfico
GRP	24	Válvula Purga	6	870549.31	982812.099	K4+340.3	La válvula se encuentra en buen estado	
GRP	24	Válvula Ventosa	6	870468.19	982873.396	K4+444.9	La válvula se encuentra en buen estado	
GRP	24	Válvula Purga	6	869998.99	983466.252	K5+341.0	La válvula se encuentra en buen estado	
GRP	24	Válvula Ventosa	6	870150.69	983766.375	K5+727.0	La válvula se encuentra en buen estado	

Fuente: Consultor.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



### 5.2.1.3 Tubería sin instalar

Igualmente se identificó la tubería que se encuentra sin instalar, el tramo con mayor extensión equivale a 803.84 m, siendo una zona de gran importancia ya que el trazado de la tubería debe garantizar el cuidado con la estructura de cimentación ya existente de la vía principal que se encuentra en construcción.

1. Tramo K8+300 a K8+340- Tubería de 36”.

**Ilustración 5-2 Registro fotográfico, Tramo K8+300 a K8+340**



Fuente: Consultor.

- Puente 17: Tramo K8+990 a K9+880- Tubería de 36”.

**Ilustración 5-3 Registro fotográfico, Tramo K8+990 a K9+880**



Fuente: Consultor.

- Tramo K10+530 a K10+650- Tubería de 36”

**Ilustración 5-4 Registro fotográfico, Tramo K10+530 a K10+650**



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



- Túnel 2: Tramo K11+200 a K11+560 y Túnel 1: Tramo K11+690 a K11+97- Falta de diseño de pavimento

**Ilustración 5-5 Registro fotográfico, Tramo K11+200 a K11+560**



Fuente: Consultor

- Puente 12: Tramo K12+650 a K12+770- Tubería 36”

**Ilustración 5-6 Registro fotográfico, Tramo K12+650 a K12+770**



Fuente: Consultor

- Punto derivación hacia PTAP “Boquerón”: Tramo K0+000 a K0+020- Tubería de 24”

**Ilustración 5-7 Registro fotográfico, Tramo K0+000 a K0+020**



Fuente: Consultor

- Viaducto Combeima: Tramo K4+980 a K5+130- Proyectada para ser en GRP de 24”



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 5-8 Registro fotográfico, Tramo K4+980 a K5+130**



Fuente: Consultor

- Llegada a PTAP “La Pola”: Tramo K6+210 a K6+280- Tubería de 24”

**Ilustración 5-9 Registro fotográfico, Tramo K6+210 a K+280**



Fuente: Consultor

### 5.2.2 RED DE CONDUCCIÓN

En la red de conducción se inicia el recorrido en la PTAP La Pola hasta el tanque sur, identificando la ubicación y el estado de los elementos que componen el sistema como se muestra en la Tabla 5-3. Igualmente, mediante reuniones se solicitó la información faltante teniendo en cuenta la información ya suministrada, obteniendo la siguiente información:

- Planos récord de obra
- Planos cajas purgas y ventosas
- Plano detalle anclajes (ubicación y dimensiones)
- Libreta soldadura puente K0+038
- Planos detalle tanque sur
- Planos detalle viaducto Combeima



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- Recomendaciones de instalación viaducto Combeima
- Prueba hidrostática línea de conducción

#### **5.2.2.1 Válvulas Purgas y ventosas**

Mediante la salida de campo se identifica las válvulas de purga y ventosa existente en la red, igualmente se conoce que a la salida de la PTAP La Pola se planteó una válvula ventosa la cual no fue construida debido al presupuesto de la obra.



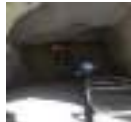






**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Tabla 5-3 Elementos red de conducción Acueducto Ibagué**

ID	Material	Diámetro (")	Elemento	Tamaño	Este (X)	Norte(Y)	Abscisa	Estado	Registro Fotográfico
2	GRP	32	Ventosa	4	870045.49	981917.49	K0+262.9	La válvula se encuentra en buen estado	
3	GRP	32	Ventosa (Enterrada reducción)	4	870152.49	981527.13	K0+815.5	La válvula se encuentra en buen estado	
4	GRP	32	Purga	8	870506.60	981004.28	K1+581.8	La válvula se encuentra en buen estado	
5	GRP	32	Ventosa	4	870604.10	980248.33	K2+418.0	La válvula se encuentra en buen estado	
6	GRP	32	Ventosa	4	870603.89	982082.51	K2+427.9	La válvula se encuentra en buen estado	
7	GRP	32	Purga (No tiene desagüe)	8	870199.13	981576.22	K3+078.7	La válvula se encuentra en buen estado	
8	GRP	32	Ventosa (Enterrada reducción)	4	869464.38	981045.86	K4+295.7	La válvula se encuentra en buen estado	

Fuente: Consultor.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



### 5.2.2.2 Tramos sin construir

Mediante la visita de campo se realiza la verificación de los tramos que faltan por construir de la red de conducción encontrando, en donde se puede identificar que falta el diseño y la construcción de dos pasos elevados.

- Paso elevado #1: Tramo K4+302 a K4+319



- Paso elevado #2: Tramo K4+464 a K4+490





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



- Llegada a tanque sur: Tramo K4+569 a K4+587



### 5.2.3 TANQUE SUR

Igualmente se identifica el tanque Sur, con las respectivas tuberías de llegada y salida, tiene una capacidad máxima de 2000 m<sup>3</sup>, con una placa en concreto de 70 cm, está construido en vidrio fusionado interno y externo, en la Ilustración 5-10, se evidencia cada una de las tuberías que llegan o salen del tanque con los respectivos tamaños.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 5-10 Tanque sur- Salida de campo



Fuente: Consultoría.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 5-11 Tanque Sur – Salida de Campo



Fuente: Consultoría.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



### **5.2.4 RED DE DISTRIBUCIÓN**

En la red de aducción se evidencian 2 tramos sin construir, a la salida del tanque sur y en la conexión con la red existente, en esta red no se evidencian válvulas de purga, ni ventosas, igualmente no se logra encontrar las dimensiones o volúmenes de los anclajes que los conforma únicamente se encuentra la localización de los mismo.

**Ilustración 5-12 Registro fotográfico Tramos sin instalar distribución**



Fuente: Consultoría.

## **5.3 PLAN DE GESTIÓN Y RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Teniendo en cuenta la información suministrada en el capítulo 5.1, se lograr caracterizar la red de acueducto actual, identificando las estructuras especiales que lo conforman.

### **5.3.1 RED DE ADUCCIÓN**

La construcción de la red de aducción del complementario de Ibagué se desarrolló en dos fases, en el presente capítulo se describe cada una de las fases.

#### **5.3.1.1 FASE 1**

El acueducto complementario de la ciudad de Ibagué tiene su inicio en el cañón del Rio Cocora, el caudal concesionado en el punto de captación es de 1009 l/s, con este caudal se quiere suplir el caudal requerido por Boquerón y generar un caudal adicional a la PTAP La Pola teniendo en consideración los problemas de turbiedad excesiva del Rio Combeima.

La primera Fase, se encuentra construida en su totalidad, por ello se realizaron pruebas de estanqueidad las cuales se presentan en la Tabla 5-4 ejecutada en 12 tramos con una relación de 0.8 entre la presión de diseño y la presión de prueba, esta fase cuenta con una extensión total de 4.7 kilómetros, la compone en su total tubería de CCP con un diámetro



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



de 36", presenta estructuras como pasos elevados o sistemas de estabilización de terreno, con el fin de lograr el trazado establecido y garantizar una correcta instalación,



**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Tabla 5-4 Resultado Prueba Presión Tubería**

Tramo	Abscisa inicial	Abscisa final	Longitud (m)	Material	Díámetro (")	Presión diseño (PSI)	Presión Prueba (PSI)	P Max (PSI)	Resultado	Observaciones
1	K0+130	K0+242	112	CCP	36	100	80	108.7	La presión se mantiene constante durante el tiempo en el que se desarrolla la prueba	Presión estática máxima corresponde 76.52 m
2	K0+248	K0+344	96	CCP	36	100	80	108.7	La presión se mantiene constante durante el tiempo en el que se desarrolla la prueba	
3	K0+344	K0+470	126	CCP	36	100	80	108.7	Satisfactoria	
4	K0+470	K0+930	460	CCP	36	100	80	108.7	Satisfactoria	
5	K1+040	K1+222	182	CCP	36	100	80	108.7	Satisfactorio (el tramo fue reparado por el consorcio y se identifica como tramo #1 de reparación)	Presión estática máxima corresponde 106.426 m
6	K1+222	K1+523	301	CCP	36	100	80	108.7	Satisfactorio (el tramo fue reparado por el consorcio y se identifica como tramo #2 de reparación)	
7	K1+523	K1+902	379	CCP	36	150	119	151.2	Satisfactorio (el tramo fue reparado por el consorcio y se identifica como tramo #3 de reparación)	Presión estática máxima corresponde 106.426 m
8	K1+902	K2+590	688	CCP	36	150	119	151.2	Satisfactorio (el tramo fue reparado por el consorcio y se identifica como tramo #4 y 5 de reparación)	
9	K2+590	K3+023	433	CCP	36	200	159	218.8	Satisfactorio (el tramo fue reparado por el consorcio y	



**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Tramo	Abscisa inicial	Abscisa final	Longitud (m)	Material	Diámetro (")	Presión diseño (PSI)	Presión Prueba (PSI)	P Max (PSI)	Resultado	Observaciones
									se identifica como tramo #6 de reparación)	
10	K3+023	K3+312	289	CCP	36	200	159	218.8	Satisfactorio (el tramo fue reparado por el consorcio y se identifica como tramo #7 de reparación)	Presión estática máxima corresponde 154.07 m
11	K3+312	K3+500	188	CCP	36	300	239	283.8	Satisfactorio (el tramo fue reparado por el consorcio y se identifica como tramo #8A de reparación)	
12	K3+500	K4+700	1200	CCP	36	300	239	283.8	Satisfactorio, un tramo de 300m Construido por el consorcio entre el K4+400 hasta el K4+700 se unieron estos dos tramos, se le denominó #8B	Presión estática máxima corresponde 199.826 m

Fuente: Adaptado del informe de pruebas de estanqueidad



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Con base a la información suministrada se obtiene estructuras relevantes en el desarrollo de la línea de aducción tal y como se presentan en la Tabla 5-5.

**Tabla 5-5 Estructuras especiales Fase I**

Abscisa	Estructura	Estado
K0+000 – K0+090	MARCOS H	Terminado
K0+090 – K0+125	PASO ELEVADO 1 (Puente Bocatoma)	Terminado
K0+248 – K0+0338	TÚNEL	Terminado
K0+473 – K0+520	PASO ELEVADO 2 (Viaducto La Hondonada)	Terminado
K0+980	PI 14	Terminado
K1+120	PI 19	Terminado
K1+940 – K2+000	PASO SUBFLUVIAL 1	Terminado
K2+580 - K2+620	PASO ELEVADO 3 (Viaducto Amarillo)	Terminado
K3+320 - K3 + 340	PASO ELEVADO 4 (Viaducto Botache)	Terminado

Fuente: Consultor.

Teniendo en cuenta las bitácoras de obra se evidencia las siguientes actividades constructivas desarrolladas tramo a tramo.

**Tramo entre el K0+000 al K0+340**

- Fabricación, suministro, instalación y construcción de los Marcos H en los primeros 200m de la red, donde su cimentación se implementa mediante caissons rellenos de concreto estructural y concreto ciclópeo.
- Suministro e instalación de un puente peatonal con doble servicio para viaducto de la tubería de CCP de 36 pulgadas, sobre el Río Cocora, se implementa secciones metálicas tipo cajón.
- Construcción de los anclajes en concreto reforzado.
- Instalación de la tubería y accesorios de CCP de 36 pulgadas sobre el marco H y por el puente peatonal con juntas soldadas.
- Para la instalación de la tubería y accesorios se implementa zanjas y entibados metálicos, el atraque se realizó mediante triturados llenos con material de excavación seleccionado y recebo y retiro de sobrantes.
- Instalación de cámaras de acueducto junto con el suministro e instalación de las Ventosas de 6" y un sistema Manhole de 24".
- Suministro e instalación de un túnel metálico (túnel linner) de 52", con aproximadamente 90m de longitud para instalación de tubería sin zanja entre las abscisas K0+250 al K0+340.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Tramo entre el K0+340 al K0+470**

- Instalación tubería de CCP de 36 pulgadas, donde el atraque se realizó con triturado, relleno con material de excavación seleccionado y recebo y retiro de sobrantes.
- Construcción de anclajes en concreto reforzado.
- Construcción de cámaras de acueducto y el suministro e instalación de un sistema de purga de 8" y un sistema de ventosa de 8".

**Tramo entre el K0+470 al K0+520**

- Demolición y construcción de las zapatas sobre los caissons existentes para la cimentación del viaducto en estructura metálica con una longitud de 47 metros teniendo en cuenta su diseño.
- Instalación viaducto en estructura metálica, con tubería de acero de ASTM-A36 de 36 pulgadas, con limpieza SSPC-SP6 y esquema de pintura epóxica interior y exterior, soldada cada 6 metros.

**Tramo entre el K0+520 al K1+040**

- Instalación de tubería y accesorios de CCP de 36 pulgadas, atraque con triturados, llenos con material de excavación seleccionado y recebo.
- Construcción de anclajes.
- Construcción de cámaras de acueducto y el suministro e instalación de un sistema de Manhole de 24 pulgadas y un sistema de Ventosa de 8 pulgadas.

**Tramo entre el K1+040 al K1+905**

- Suministro e instalación de tubería CCP de 36 pulgadas, donde las juntas se soldaron con espigo-campana, con el fin de garantizar su hermeticidad.
- Suministro e instalación de un sistema de Manhole de 24 pulgadas y dos sistemas de ventosa de 8 pulgadas y un sistema de purga de 8 pulgadas.
- Construcción de muro en gavión para protección del talud derecho aguas abajo de la tubería.

**Tramo entre el K1+905 al K2+065**

- Suministro e instalación de tubería y accesorios de CCP de 36 pulgadas, donde el atraque se realizó con triturado, llenos con material de excavación seleccionada y recebo.
- Construcción de anclajes en concreto reforzado.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- Construcción de paso sub-fluvial bajo el Río Cocora, de longitud de 45 metros, con cárcamo en concreto reforzado.
- Construcción de cámaras de acueducto y el suministro e instalación de un sistema de Manhole de 24 pulgadas, dos sistemas de articulaciones con uniones Dresser y un sistema de Purga de 8 pulgadas.

**Tramo entre el K2+065 al K2+574**

- Suministro e instalación de tubería CCP de 36 pulgadas, donde las juntas se soldaron con espigo-campana, con el fin de garantizar su hermeticidad.
- Suministro e instalación de tres sistemas de ventosa uno de 10 pulgadas, uno de 8 pulgadas y otro de 6, y dos sistemas de purga uno de 10 pulgadas y otro de 8 pulgadas.

**Tramo entre el K2+574 al K2+627**

- Suministro e instalación de tubería y accesorios de CCP de 36 pulgadas, donde el atraque se realizó con triturado, llenos con material de excavación seleccionada y recebo.
- Instalación viaducto en estructura metálica con tubería de acero de ASTM-A36 de 36 pulgadas, con limpieza SSPC-SP6 y esquema de pintura epóxica interior y exterior, soldada cada 6 metros.

**Tramo entre el K2+627 al K3+300**

- Suministro e instalación de tubería CCP de 36 pulgadas, donde las juntas se soldaron con espigo-campana, con el fin de garantizar su hermeticidad.
- Suministro e instalación de un sistema de ventosa de 8 pulgadas y un sistema de purga de 8 pulgadas y un sistema de Manhole de 24 pulgadas.

**Tramo entre el K3+300 al K3+500**

- Suministro e instalación de tubería y accesorios de CCP de 36 pulgadas, donde el atraque se realizó con triturado, llenos con material de excavación seleccionada y recebo.
- Construcción de anclajes en concreto reforzado.
- Instalación viaducto en estructura metálica con una extensión de 20 metros según diseños, con tubería de acero de ASTM-A36 de 36 pulgadas, con limpieza SSPC-SP6 y esquema de pintura epóxica interior y exterior, soldada cada 6 metros.
- Suministro e instalación de un sistema de dos Purgas de 8" y un sistema de Manhole de 24 pulgadas.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- Construcción de muro en gavión para protección cimentación aguas abajo de viaducto.

**Tramo entre el K3+500 al K4+390**

- Suministro e instalación de tubería CCP de 36 pulgadas, donde las juntas se soldaron con espigo-campana, con el fin de garantizar su hermeticidad.
- Suministro e instalación de los sistemas de purga de 8 pulgadas y dos sistemas de Manhole de 24 pulgadas.

**Tramo entre el K3+500 al K4+390.**

- Suministro e instalación de tubería y accesorios de CCP de 36 pulgadas, donde el atraque se realizó con triturado, llenos con material de excavación seleccionada y recebo.
- Construcción de los anclajes en concreto reforzado.
- Suministro e instalación de cámara de acueducto y suministro e instalación de un sistema de ventosa de 8 pulgadas y una válvula purga de 8".

**Accesorios**

En la fase II del acueducto complementario de Ibagué se encuentran tanto válvulas ventosas como válvulas de purgas que garantizan el trazado de la red y su correcto funcionamiento y mantenimiento de la misma.

• **Válvulas Ventosas**

En una línea de aducción la presencia de las válvulas ventosas es de gran importancia para evitar deterioros en la misma en el momento de desocuparla debido mantenimiento, las cuales se ubican en puntos altos, en cambios bruscos de pendiente positiva a negativa, en tramos de tubería con pendiente constante baja menor o igual al 3%, en la Tabla 5-6, se evidencia la ubicación de las válvulas ventosas, en donde se evidencia incongruencias en la información recopilada ya que, el abscisa presente en diferentes documentos variaba en algunos casos considerablemente, información recopilada y confirmada mediante las salidas de campo.

**Tabla 5-6 Ubicación Válvulas Ventosas Fase I**

Accesorio	Diámetro	Abscisa (planos)	Abscisa (tabla)	Abscisa (anclajes)
VV-N-01	6"	K0+194.40	K0+175.29	
VV-N-02	8"	K0+431.90	K0+400.00	K0+431.90
VV-N-03	8"	K0+865.20	K0+819.99	K0+865.20
VV-N-04	8"	K1+361.30	K1+353.32	K1+361.30
VV-N-05	8"	K1+649.10	K1+648.66	K1+649.10
VV-N-06	10"	K2+128.25	K2+128.25	K2+128.25



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Accesorio	Diámetro	Abscisa (planos)	Abscisa (tabla)	Abscisa (anclajes)
VV-1-07	8"	K2+254.70	K2+253.93	K2+254.70
VV-N-08	6"	K2+540.00	K2+532.59	
VV-N-09	8"	K2+913.00	K2+912.49	K2+913.00
VV-N-10	8"	K3+693.81	K3+681.32	K3+693.81
VV-N-11	8"	K3+910.00	K3+900.00	
VV-N-12	10"	K4+056.00	K4+037.73	K4+056.00
VV-N-13	8"	K4+432.00	K4+426.19	K4+432.00

Fuente: Consultor

- **Válvulas Purga**

La instalación de este tipo de válvulas en la red de acueducto es importante para el mantenimiento y la verificación del correcto funcionamiento, ya que si en algún momento se requiere revisar algún tramo de la tubería no es necesario desocuparla en su totalidad, es ubicada en los puntos bajos de la red con el fin de permitir el lavado y la descarga de las misma. En la Tabla 5-7 se observa la ubicación de las válvulas purgas presentes en la Fase I del acueducto de Ibagué, encontrando las mismas incongruencias en la ubicación de las purgas, igualmente se rectificó mediante la salida de campo.

**Tabla 5-7 Válvulas Purgas Fase I**

Accesorio	Diámetro	Abscisa (planos)	Abscisa (tabla)	Abscisa (anclajes)
VP-N-01	8	K0+370.51	K0+338.30	
VP-N-02	8	K1+505.90	K1+505.13	K1+505.90
VP-N-03	8	K2+002.90	K2+000.00	K2+002.90
VP-N-04	10	K2+226.50	K2+209.99	K2+226.50
VP-N-05	8	K2+523.50	K2+520.60	K2+523.50
VP-N-06	8	K2+830.00	K2+827.31	K2+830.00
VP-N-07	8	K3+346.10	K3+343.06	K3+346.10
VP-N-08	8	K3+772.00	K3+765.91	K3+772.00
VP-N-09	8	K4+337.50	K4+320.78	K4+337.50

Fuente: Consultor

- **Anclajes**

Una vez ensamblada la tubería es importante diseñar estructuras para apoyar accesorio como codos, derivaciones y en general a todo elemento que está sometido a acciones que puedan originar desviaciones de la tubería, para impedir estos desplazamientos se implementan anclajes con el fin de compensar la fuerza de empuje provocada por la presión interior de la tubería. En la fase I del acueducto de Ibagué es posible encontrar anclajes en las válvulas purgas y ventosas, y en algunos accesorios, los cual se presenta a continuación



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Tabla 5-8 Ubicación anclajes válvulas Fase I**

Abscisa	Tubería	Elemento	L (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen Concreto (m <sup>3</sup> )
k0+371	CCP 36"	Válvula Purga	1.18	4.452	5.25
k0+432	CCP 36"	Válvula Ventosa	2	1.8	3.60
k0+865	CCP 36"	Válvula Ventosa	2	1.8	3.60
k1+361	CCP 36"	Válvula Ventosa	2	1.8	3.60
k1+506	CCP 36"	Válvula Purga	1.2	4.621	5.55
k1+650	CCP 36"	Válvula Ventosa	2	1.8	3.60
k2+003	CCP 36"	Válvula Purga	1.16	4.938	5.73
k2+128	CCP 36"	Válvula Ventosa	2	1.8	3.60
k2+227	CCP 36"	Válvula Purga	1.2	4.574	5.49
k2+255	CCP 36"	Válvula Ventosa	2	1.8	3.60
k2+524	CCP 36"	Válvula Purga	1.18	5.479	6.47
k2+540	CCP 36"	Válvula Ventosa	2	1.8	3.60
k2+830	CCP 36"	Válvula Purga	1.18	11.76	13.87
k2+913	CCP 36"	Válvula Ventosa	2	1.8	3.60
K3+346	CCP 36"	Válvula Purga	1.18	11.76	13.88
K3+912	CCP 36"	Válvula Purga	1.18	11.76	13.88
K4+336	CCP 36"	Válvula Purga	1.18	11.46	13.52
K4+432	CCP 36"	Válvula Ventosa	2	1.8	3.60

Fuente: Consultor

En la Tabla 5-9, se encuentra se encuentra los accesorios de la Fase I que cuentan con un sistema de anclajes

**Tabla 5-9 Dimensión de los anclajes de los codos Fase I.**

Abscisa	Elemento	Deflexión Principal	Volumen Total Concreto (m <sup>3</sup> )
k0+090	Codo Horizontal	89°49'40"	0.36
k0+130	Codo Horizontal	11°43'31"	0.36
k0+175	Codo Horizontal	27°18'42"	0.36
k0+206	Codo Vertical Superior	10°11'12"	1.59
k0+213	Codo Vertical Inferior	13°17'54"	1.24
k0+371	Codo Horizontal	42°46'23"	0.36
k0+432	Codo Vertical Superior	2°54'53"	0.45
k0+460	Codo Horizontal	38°31'38"	0.36
k0+540	Codo Vertical Superior	3°44'28"	0.45
k0+626	Codo Horizontal	26°14'53"	0.36
k0+672	Codo Horizontal	13°49'53"	0.36
k0+697	Codo Vertical Superior	3°26'15"	1.27
k0+712	Codo Horizontal	2°56'45"	0.36



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



<b>Abscisa</b>	<b>Elemento</b>	<b>Deflexión Principal</b>	<b>Volumen Total Concreto (m<sup>3</sup>)</b>
k0+808	Codo Horizontal	14°11'45"	0.36
k0+875	Codo Horizontal	22°54'21"	0.36
k0+904	Codo Horizontal	59°27'37"	0.36
k0+933	Codo Horizontal	23°46'47"	0.36
k0+945	Codo Vertical Superior	4°38'16"	3.04
k0+980	Codo Vertical Superior	7°11'38"	1.24
k0+987	Codo Horizontal	24°50'6"	0.36
k1+013	Codo Horizontal	26°47'3"	0.36
k1+033	Codo Horizontal	9°48'17"	0.36
k1+225	Codo Horizontal	13°22'59"	0.36
k1+906	Codo Vertical Superior	3°8'12"	1.24
k1+909	Codo Horizontal	5°56'19"	0.36
k2+029	Codo Vertical Inferior	6°3'43"	1.24
k2+042	Codo Vertical Superior	3°4'28"	1.24
k2+046	Codo Horizontal	47°50'45"	0.36
k2+059	Codo Vertical Superior	13°16'15"	1.24
k2+065	Codo Vertical Superior	7°26'52"	1.24
k2+451	Codo Horizontal	35°33'44"	0.36
K3+302	Codo Vertical Inferior	5°7'11"	1.24
K3+310	Codo Horizontal	77°29'2"	0.95
K3+343	Codo Vertical Inferior	10°48'18"	1.24
K3+352	Codo Horizontal	27°41'56"	0.36
K3+375	Codo Horizontal	24°0'21"	0.36
K3+388	Codo Horizontal	35°1'27"	0.44
K3+422	Codo Horizontal	19°35'49"	0.36
K3+447	Codo Horizontal	25°8'14"	0.36
K3+487	Codo Horizontal	5°16'25"	0.36
K4+420	Codo Vertical Superior	4°37'36"	12.69
K4+426	Codo Horizontal	17°2'25"	0.36
K4+464	Codo Horizontal	9°42'21"	0.36
K4+493	Codo Horizontal	12°23'25"	0.36
K4+525	Codo Vertical Inferior	8°38'49"	1.24
K4+555	Codo Horizontal	24°10'20"	0.44
K4+580	Codo Horizontal	25°7'1"	0.44
K4+637	Codo Horizontal	17°24'1"	0.36



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



### 5.3.1.2 FASE 2

Con base a la información suministrada se obtiene caracterizar la tubería que compone la fase II de la red de acueducto complementario de Ibagué, en donde se resaltan las siguientes estructuras presentes en la red.

**Tabla 5-10 Estructuras especiales Fase II**

Abscisa	Estructura	Estado
K4+740	PI-85	Terminado
K5+080 – K5+110	VIADUCTO 5	Terminado
K6+940 – K6+969.5	VIADUCTO 6 (Puente Río Cocora)	Terminado
K7+540 – K7+585	VIADUCTO 7	Pendiente
K7+600 – K7+620	VIADUCTO 8	Pendiente
K8+340 – K8+387	VIADUCTO 9	Pendiente
K8+520	PASO SUBFLUVIAL 2	Pendiente
K17+960 – K18+070	VIADUCTO 10	Pendiente

Fuente: Consultor.

Teniendo en cuenta las bitácoras de obra se evidencia las siguientes actividades constructivas desarrolladas tramo a tramo.

#### **Tramo entre el K4+700 al K8+342**

- Suministro e instalación de tubería y accesorios de CCP de 36 pulgadas.
- Instalación viaducto 1 con una longitud aproximada de 16m, ubicado en la abscisa K5+080.
- Instalación del puente Río Cocora con una longitud de 30.5 m ubicada en la abscisa K6+940.
- Construcción del Viaducto 7 con una longitud de 45 m aproximadamente el cual parte de la abscisa K7+540.
- El tramo entre las abscisas K8+302 a la K8+342 se plantea la instalación de tubería de CCP con un diámetro de 36", sin embargo, no se encuentra construida.

#### **Tramo entre el K8+342 al K10+652**

- Suministro e instalación de tubería y accesorios de CCP de 36 pulgadas.
- Construcción del Viaducto 9 con una longitud de 47 m aproximadamente el cual parte de la abscisa K8+340.
- A partir de la abscisa K8+993 a la abscisa K9+044 se plantea la instalación de tubería de CCP con un diámetro de 36", sin embargo, no se encuentra construida.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- A partir de la abscisa K9+044 a la abscisa K9+797 se plantea la instalación de tubería de GRP con un diámetro de 36", sin embargo, no se encuentra construida.
- Suministro e instalación de tubería y accesorios de tubería de GRP con diámetro de 36" entre las abscisas K9+797 a la K9+828.
- Suministro e instalación de tubería y accesorios de tubería de CCP con diámetro de 36" entre las abscisas K9+828 a la K10+534.
- A partir de la abscisa K10+534 a la abscisa K10+652 se plantea la instalación de tubería de CCP con un diámetro de 36", sin embargo, no se encuentra construida.

**Tramo entre el K10+652 al K12+642**

- Suministro e instalación de tubería y accesorios de tubería de CCP con diámetro de 36" entre las abscisas K10+652 a la K12+635.
- A partir de la abscisa K12+635 a la abscisa K12+642 se plantea la instalación de tubería de GRP con un diámetro de 36", sin embargo, no se encuentra construida.

**Tramo entre el K12+642 al K12+988**

- A partir de la abscisa K12+642 a la abscisa K12+747 se plantea la instalación de tubería de CCP con un diámetro de 36", actualmente no se ha construido.
- A partir de la abscisa K12+747 a la abscisa K12+763 se plantea la instalación de tubería de GRP con un diámetro de 36", sin embargo, no se encuentra construida.
- Suministro e instalación de tubería y accesorios de tubería de GRP con diámetro de 36" entre las abscisas K12+763 a la K12+988.
- En la abscisa K12+980 se instala una Yee, con el fin de realizar la conexión de la red matriz con la planta Boquerón del acueducto de Ibagué.

**Tramo entre el K12+988 al K19+274**

- A partir de la abscisa K12+988 a la abscisa K13+005 se plantea la instalación de tubería de GRP con un diámetro de 24", sin embargo, no se encuentra construida.
- Entre las abscisas K13+005 a la K17+968 se encuentra instalada tubería de GRP con un diámetro de 24".
- A partir de la abscisa K17+968 a la abscisa K18+115 se plantea la instalación de tubería de GRP con un diámetro de 24", sin embargo, no se encuentra construida.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- Entre las abscisas K18+115 a la K19+274 se encuentra instalada tubería de GRP con un diámetro de 24”.

## Accesorios

En la fase II del acueducto complementario de Ibagué se encuentran tanto válvulas ventosas como válvulas de purgas que garantizan el trazado de la red y su correcto funcionamiento y mantenimiento de la misma.

- **Válvulas Ventosas**

En una línea de aducción la presencia de las válvulas ventosas es de gran importancia para evitar daños en la tubería, las cuales se ubican en puntos altos, en cambios bruscos de pendiente positiva a negativa, en tramos de tubería con pendiente constante baja menor o igual al 3%, en la Tabla 5-11 , se evidencia la ubicación de las válvulas ventosas.

**Tabla 5-11 Válvulas Ventosa Fase II**

Purga	Este (X)	Norte (Y)	Abscisa	Cota	Diámetro (Pulg)
VP-N-10	863538.78	977885.03	K5+259.33	1220.8	10
VP-N-11	864639.06	978271.05	K6+547.71	1174.1	10
VP-N-12	865079.67	978478.62	K7+130.72	1151.2	10
VP-N-13	865523.6	978504.17	K7+649.48	1141.7	10
VP-N-14	866108.19	978883.39	K8+527.15	1205.7	10
VP-N-15	866445.02	979040.48	K8+941.07	1191.0	10
VP-N-16	866529.47	979257.64	K9+199.98	1214.7	10
VP-N-17	868690.66	979932.67	K13+537.07	1364.8	8
VP-N-18	870239.86	981612.5	K15+933.91	1216.7	8
VP-N-19	870549.32	982812.02	K17+318.64	1195.6	8
VP-N-20	869998.99	983466.25	K18+319.27	1228.7	8

Fuente: Consultor

- **Válvulas: Purga**

La instalación de este tipo de válvulas en la red de acueducto es importante para el mantenimiento y la verificación del correcto funcionamiento, ya que si en algún momento se requiere revisar algún tramo de la tubería no es necesario desocuparla en su totalidad, es ubicada en los puntos bajos de la red con el fin de permitir el lavado y la descarga de las misma. En la Tabla 5-12 se observa la ubicación de las válvulas purgas presentes en la Fase II del acueducto de Ibagué.

**Tabla 5-12 Válvulas Purga Fase II**

Purga	Este (X)	Norte (Y)	Abscisa	Cota	Diámetro (Pulg)
VP-N-10	863538.7824	977885.0343	K5+259.33	1220.8	10
VP-N-11	864639.0577	978271.0505	K6+547.71	1174.1	10
VP-N-12	865079.6691	978478.6212	K7+130.72	1151.2	10



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Purga	Este (X)	Norte (Y)	Abscisa	Cota	Diámetro (Pulg)
VP-N-13	865523.6	978504.1697	K7+649.48	1141.7	10
VP-N-14	866108.1895	978883.3865	K8+527.15	1205.7	10
VP-N-15	866445.0177	979040.4804	K8+941.07	1191.0	10
VP-N-16	866529.4697	979257.6372	K9+199.98	1214.7	10
VP-N-17	868690.664	979932.6715	K13+537.07	1364.8	8
VP-N-18	870239.8646	981612.5024	K15+933.91	1216.7	8
VP-N-19	870549.3195	982812.0192	K17+318.64	1195.6	8
VP-N-20	869998.9926	983466.2521	K18+319.27	1228.7	8

Fuente: Consultor

- **Anclajes**

Una vez ensamblada la tubería es importante diseñar estructuras para apoyar accesorio como codos, derivaciones y en general a todo elemento que está sometido a acciones que puedan originar desviaciones de la tubería, para impedir estos desplazamientos se implementan anclajes con el fin de compensar la fuerza de empuje provocada por la presión interior de la tubería. De acuerdo a la información suministrada de la fase II del acueducto complementario se encuentra la ubicación de los anclajes y volumen que lo conforma sin embargo no fue posible encontrar las dimensiones.

### 5.3.1.3 RED DE CONDUCCIÓN

Una vez la oferta hídrica llega y es tratada en la planta de tratamiento la Pola, se procede con el planteamiento y construcción de la línea de conducción, lo cual se denomina Sistema Sur, cuenta con una longitud de aproximadamente 4.55 kilómetros con un diámetro de 32" hasta el reservorio denominado tanque Sur el cual cuenta con una capacidad 2000 m<sup>3</sup> construido en vidrio termo fusionado y se ubica en el barrio La Florida, a partir de este tanque se extienden un sistema de interconexión con los distritos hidráulicos aferentes al proyecto.

Con base a la información suministrada se obtiene estructuras relevantes en el desarrollo de la línea de aducción tal y como se presentan en la Tabla 5-13.

**Tabla 5-13 Estructuras Especiales Sistema Sur**

Abscisa	Estructura	Estado
K0+856	Viaducto Combeima	Construido
K4+284	Paso elevado 11	Pendiente
K4+445	Paso elevado 12	Pendiente

Fuente: Consultor

### Tramo entre el K0+000 al K4+587

- En la Abscisa K0+000 se encuentra la salida del tanque La Pola, donde se da inicio Línea de conducción al Tanque Sur.





IEH GRUCÓN S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- Suministro e instalación de tubería y accesorios de tubería de GRP con diámetro de 32" entre las abscisas K0+000 a la K1+695.
- Construcción viaducto Sobre el rio Combeima, con una longitud no mayor a 100 metros, viaducto que se comparte para la red aducción del acueducto complementario de Ibagué.
- Suministro e instalación de tubería y accesorios de tubería de GRP con diámetro de 32" entre las abscisas K1+965 a la K4+587.

### Accesorios

En la conducción del acueducto complementario de Ibagué se encuentran tanto válvulas ventosas como válvulas de purgas que garantizan el trazado de la red y su correcto funcionamiento y mantenimiento de la misma.

- **Válvulas Ventosas**

En una red de conducción la presencia de las válvulas ventosas es importante con el fin de evitar daños en la tuberías, las cuales se ubican en puntos altos, en cambios bruscos de pendiente positiva a negativa, en tramos de tubería con pendiente constante baja menor o igual al 3%, en la Tabla 5-14, se evidencia la ubicación de las válvulas ventosas.

**Tabla 5-14 Válvulas ventosas**

ID	Abscisa inicial	Abscisa	Este (X)	Norte (Y)	Cota	Diámetro (pulg.)
V1	K0+262.73	K0+262.73	870048.059	983759.1643	1273.63	4
V2	K0+815.55	K0+815.55	870160.095	983375.7102	1219.75	4
V3	K2+418.02	K2+418.02	870606.056	982091.556	1233.39	4
V4	K2+427.98	K2+427.98	870601.361	982082.8022	1232.87	4
V5	K4+295.75	K4+295.75	869462.69	980737.8385	1276.87	4

Fuente: Consultor

- **Válvulas Purga**

La instalación de este tipo de válvulas en la red de acueducto es importante para el mantenimiento y la verificación del correcto funcionamiento, ya que si en algún momento se requiere revisar algún tramo de la tubería no es necesario desocuparla en su totalidad, es ubicada en los puntos bajos de la red con el fin de permitir el lavado y la descarga de la misma. En la Tabla 5-15, se observa la ubicación de las válvulas purgas presentes en la red de conducción.

**Tabla 5-15 Válvulas purga**

Purga	Este (X)	Norte (Y)	Abscisa	cota	Pulgadas
VP-N-01	870513.8451	982843.8417	K1+581.84	1194.6	8
VP-N-02	870203.8001	981571.1819	K3+077.40	1217.0	8



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- **Anclajes**

Una vez ensamblada la tubería es importante diseñar estructuras para apoyar accesorio como codos, derivaciones y en general a todo elemento que está sometido a acciones que puedan originar desviaciones de la tubería, para impedir estos desplazamientos se implementan anclajes con el fin de compensar la fuerza de empuje provocada por la presión interior de la tubería. De acuerdo a la información suministrada de la red de conducción del acueducto complementario es posible encontrar la ubicación y volumen de concreto implementado en cada deflexión lo cual se encuentra en el ANEXO (inventario elementos)

### **5.3.2 RED DE DISTRIBUCIÓN**

La red de distribución al distrito 3 inicia su recorrido a partir del tanque sur, con una tubería en PVC de 14" y termina en una tubería en PVC de 12", la compone una longitud total de 1.938 Km en donde se logra conectar con la red actualmente existente en el sistema de acueducto del municipio.

#### **Tramo entre el K0+000 al K0+260**

- En la Abscisa K0+000 se encuentra la salida del tanque Sur, donde se da inicio Línea de distribución para alimentar al distrito 3 de la ciudad de Ibagué.
- Actualmente el tramo conformado entre la abscisa K0+000 a la K0+260 no se encuentra instalado igualmente se plantea en la abscisa K0+010 el macro medidor
- Suministro e instalación de tubería en PVC de 14" en las abscisas K0+260 a la K0+707.69.
- Suministro e instalación en la abscisa K0+707.69 se encuentra una un accesorio reductor para pasar de 14" a 12 "en tubería PVC.
- Suministro e instalación de tubería de PVC de 12" en las abscisas K0+710 a la K1+680.
- Instalación de muro de contención enterrado a 2.1m entre las abscisas K1+628 a la K1+650.

Actualmente esta tubería no cuenta con información de las dimensiones de los anclajes únicamente fue posible encontrar la localización, igualmente no cuenta con válvulas ni purga ni de ventosas.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



## 6 VALIDACIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA

Con la información recopilada, se realiza una validación de la misma obteniendo las características más relevantes de cada una de las líneas que conforman al acueducto complementario de Ibagué.

La validación de los elementos del sistema se realiza para las válvulas purgas, ventosas y anclajes los cuales ya se encuentran construidos, verificación que se realiza con el fin de identificar actividades adicionales que pueden ser empleadas en la red existente para asegurar el funcionamiento.

### Válvulas Ventosas

Para realizar la validación de las válvulas ventosas se realiza el diseño de la misma información que se compara con las dimensiones de implementadas en obra, el procedimiento para el diseño de la ventosa se presenta a continuación:

- Se identifica las válvulas ventosas presentes en la red teniendo en cuenta la abscisa, cota, material de la tubería, y diámetro de la tubería.
- Se encuentra la relación entre la variación de la velocidad de entrada y salida, y el coeficiente de descarga, para diseño se emplea una caída de presión del 50%, para el caso de validación ya se conoce el diámetro de la válvula encontrando así la relación entre el diámetro de válvula y la tubería obteniendo la caída de presión empleada de acuerdo a la construcción, estos datos se obtienen mediante el monograma.
- Mediante el resultado anterior se obtiene la dimensión de la válvula, en donde se conoce que el caudal de salida, es decir el de la tubería debe ser el mismo que caudal de aire que sale por la ventosa, encontrando así la velocidad de expulsión de aire.

$$Q_{Tuberia} = Q_{Expulsion\ de\ aire}$$

$$Q_{Tuberia} = VA$$

$$Q_{Tuberia} = \frac{\pi d_{ventosa}^2}{4}$$

### Válvulas Purga

Para realizar la validación de las válvulas ventosas se realiza la identificación del tramo a desaguar según la topografía y válvulas de ventosa existentes. Posteriormente se realiza la verificación del caudal de salida y velocidad de purga. Con este caudal calculado se realiza la verificación adicional del accionamiento de las ventosas en la zona de influencia.

### Anclajes

Teniendo en consideración la cantidad de anclajes existentes en el sistema y la falta de información en relación a las dimensiones de los mismos, se realiza una verificación por



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



volumen de concreto ejecutado en relación a las necesidades del sistema en condición estática. Se puede remitir al Capítulo 0 Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

ANCLAJES en el cual se presenta a detalle el análisis de estos elementos del sistema.

## 6.1 RED DE ADUCCIÓN

Actualmente la red de aducción, se encuentra construida en su mayoría, para el planteamiento de las obras faltantes es necesario caracterizar y validar las estructuras que conforman el estado actual de cada una de las redes.

- **Fase I**

**Tabla 6-1 Coordenadas válvulas de ventosas**

ID	Abscisa	Este (X)	Norte (Y)
V1	K0+194.40	859400.2685	976055.2664
V2	K0+431.90	859582.472	976191.9864
V3	K0+865.22	859952.1425	976382.5465
V4	K1+361.32	860418.9043	976401.401
V5	K1+649.51	860697.4192	976393.4719
V6	K2+128.27	861129.4878	976407.7173
V7	K2+254.70	861180.694	976521.5855
V8	K2+540.47	861368.4408	976707.6058
V9	K2+913.01	861604.5548	976976.2759
V10	K4+432.13	862882.4234	977514.647

- **Fase II**

**Tabla 6-2 Coordenadas válvulas de ventosas**

ID	Abscisa	Este (X)	Norte (Y)
V11	K4+843.23	863215.9999	977668.0011
V12	K5+473.49	863711.9249	977912.8999
V13	K6+021.41	864193.571	978068.2795
V14	K6+580.39	864653.111	978299.4297
V15	K7+831.16	865530.2003	978644.6607
V16	K8+109.62	865714.4541	978846.6645
V17	K8+760.50	866304.6303	978941.7983
V18	K9+540.43	866548.7988	979501.261



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



ID	Abscisa	Este (X)	Norte (Y)
V19	K9+800.91	866502.1875	979717.5749
V20	K12+995.33	868344.0072	979829.7009

- **Prolongación Planta de Tratamiento La Pola**

**Tabla 6-3 Coordenadas válvulas de ventosas**

ID	Abscisa	Este (X)	Norte (Y)
V21	K13+005.17	868371.0302	979849.5406
V22	K13+679.52	868758.4556	980033.9608
V23	K14+141.15	868960.2714	980376.3647
V24	K16+543.83	870602.5273	982098.5784
V25	K17+423.58	870468.1988	982873.3963
V26	K18+705.68	870150.6962	983766.375

- **Aducción General**

**Tabla 6-4 Abscisa válvulas de purga**

ID	Abscisa
VP-N-01	370.23
VP-N-02	1505.98
VP-N-03	2003.33
VP-N-04	2226.14
VP-N-05	2523.52
VP-N-06	2830.01
VP-N-07	3346.14
VP-N-08	3911.92
VP-N-09	4336.23
VP-N-10	5259.33
VP-N-11	6547.71
VP-N-12	7130.72
VP-N-13	7649.48
VP-N-14	8527.15
VP-N-15	8941.07
VP-N-16	9199.98
VP-N-17	13537.07



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



VP-N-18	15933.91
VP-N-19	17318.64
VP-N-20	18319.27

Se puede remitir a la memoria de cálculo en las cuales se realiza la validación hidráulica de las válvulas existentes, en total para la tubería de Aducción se localizaron 26 válvulas de ventosa y 20 válvulas de purga.

## 6.2 RED DE CONDUCCIÓN

La red de conducción da inicio en la planta de tratamiento de agua potable La Pola K0+000 con una elevación de 1309.8 msnm, hasta el tanque Sur K4+587, con una elevación de 1283.34 msnm.

**Tabla 6-5 Abscisa válvulas de ventosa**

ID	Abscisa
V1	262.73
V2	815.55
V3	2418.02
V4	2427.98
V5	4295.75

**Tabla 6-6 Abscisa válvulas de purga**

ID	Abscisa
VP-N-01	1581.84
VP-N-02	3077.4

Se puede remitir a las memorias de cálculo en las cual se realiza la validación hidráulica de las válvulas existentes, en total para la tubería de Conducción se localizaron 5 válvulas de ventosa y 2 válvulas de purga.

## 6.3 RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución se desarrolla a partir del Tanque Sur (K0+000) con una elevación de 1285.2 msnm, encontrando el punto de conexión a la red existente en la abscisa K1+938.

En el caso del sistema de distribución existente no se evidencio la construcción de ninguna válvula de purga o ventosa.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



## ***7 DESCRIPCIÓN DE OBRAS FALTANTES***

Para garantizar la entrada en operación de la nueva aducción del río Cocora y además de un funcionamiento completo de toda la red de abastecimiento de agua potable para la PTAP Boquerón proyectada y como segunda fuente de almacenamiento para la PTAP La Pola, se requiere de una verificación y validación, para este caso en particular el presente capítulo identifica los tramos faltantes por construirse en las 3 etapas: aducción, conducción y distribución.

### **7.1 ADUCCIÓN**

La red de aducción actual que se presenta del río Cocora se construyó en dos fases, faltando los siguientes tramos por construir:

#### **7.1.1 FASE 1**

Esta fase que está entre las abscisas K0+000 hasta abscisa K4+700, no presenta tramos sin construir.

#### **7.1.2 FASE 2**

Fase que esta entre abscisas K4+700 a la abscisa K19+300, como vamos a ver ahora los tramos sin intervenir:

- Viaducto 4: Tramo K8+310 a K8+365
- Puente 17: Tramo K9+007 a K9+794
- Obras de arte vía: Tramo K9+800 a K10+210
- Túnel falso: Tramo K10-530 a K10+650
- Pavimento túneles: Tramo K11+210 a K11+962
- Puente 12: Tramo K12+750 a K12+646
- Derivación Boquerón: Tramo K12+960 a K12+971
- Paso Combeima: Tramo K17+952 a K18+090
- Llegada a la Pola: Tramo K19+181 a K19+300

### **7.2 CONDUCCIÓN**

Inicia en la planta de tratamiento de agua potable La Pola con abscisa K0+000 hasta el tanque Sur con abscisa K4+587, a continuación, se presentan los siguientes tramos sin intervenir:

- Salida del tanque Ciudad: Tramo K0+000 a K0+004
- Paso No.1: Tramo K4+302 a K4+320
- Paso No.2: Tramo K4+465 a K4+490



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- Llegada a tanque sur: Tramo K4+566 a K4+614

### **7.3 DISTRIBUCIÓN**

La red de distribución se desarrolla a partir del Tanque Sur con abscisa K0+000 encontrando el punto de conexión a la red existente en la abscisa K1+938, a continuación, se presentan los siguientes tramos sin intervenir:

- Salida del tanque sur: Tramo K0+000 a K0+277
- Punto de empalme con distrito 3: Tramo K1+700 a K1+965





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



## 8 DISEÑOS Y OPTIMIZACIONES

El estudio y diseño de las redes faltantes para el acueducto de Ibagué son claves en el ámbito de la ingeniería hidráulica para que funcione en su totalidad el trazado, es por esto que a continuación se detallaran los tramos faltantes y su diseño definitivo en cada una de las etapas en donde optimizaran los trazados.

Ilustración 8-1 Tramos faltantes – Aducción



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-2 Tramos faltantes – Conducción



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-3 Tramos faltantes – Distribución



Fuente: Consultor

## 8.1 ADUCCIÓN

### 8.1.1 OBRAS PROTECCIÓN MARCOS H: TRAMO K0+060 a K0+080

#### 8.1.1.1 Visita de campo y recopilación de información

La tubería de aducción es alimentada por bocatoma localizada en el río Cocora, seguido el agua recibe un pretratamiento por medio de dos (2) desarenadores. Inmediatamente después de la salida de la tubería del sistema de desarenación esta es soportada en unos marcos H de 3m de altura, como se muestra en la Ilustración 8-5





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-4 Estado actual



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-5 Marcos H soporte de tubería**



Fuente: Consultor

En la salida de campo se detallan los marcos H identificando erosiones en las cimentaciones de los mismos (K0+060 al K0+080), esto está sucediendo por la intrusión que el río está presentando justo antes del puente peatonal de la bocatoma como se puede identificar en la siguiente fotografía.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-6 Erosión de marcos H



Fuente: Consultor





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-7 Concreto a la vista en cimentación del marco H**



Fuente: Consultor





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-8 Erosión de marcos H, Intrusión del río**



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-9 Vista general desde aguas abajo hacia aguas arriba**



Fuente: Consultor

#### 8.1.1.2 Propuesta

De acuerdo a las condiciones encontradas en campo, se harán dos actividades que frenaran la intrusión, estas son:

- Ubicar hexápodos a lo largo de los marcos H en el punto de erosión.
- Demoler y retirar la piedra de gran tamaño que se muestra en la imagen anterior para que el flujo continúe su rumbo natural y no genere turbulencias y desvió del flujo.

Los hexápodos son estructuras en concreto que tienen seis brazos, respectivamente. Estos brazos tienen el objetivo de reducir las fuerzas erosivas de las ondas que se aproximan a las orillas y poseen gran permeabilidad. Su aplicación inicial fue en la protección de costas



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



para resistir las altas fuerzas erosivas generadas por el oleaje y en menor grado se han usado para protección de laderas de ríos. Se ha establecido experimentalmente que los brazos de los hexápodos, con tamaño aproximadamente igual al de la roca, proveen mayor resistencia al flujo de un cauce que una escollera de roca suelta.

El proyecto consiste en la instalación de hexápodos, de acuerdo con los lineamientos, formas y dimensiones y en los sitios indicados en los planos del proyecto.

Para su construcción se usan formaletas, se transportan y se colocan, para lo cual se dejan ganchos de acero. Una pata va enterrada en el suelo. Pueden pesar desde algunos kilos hasta 30 toneladas, dependiendo del tamaño usado, estos espolones están conformados en concreto CLASE D de 3000 psi (210 kg/cm<sup>2</sup>).

**Ilustración 8-10 Construcción en campo de los hexápodos**



Fuente: <http://www.sococil.com/producto/estabilizacion-de-taludes-y-proteccion-de-causes/>

Se han escogido como estructura de control debido a que los espacios o vacíos entre hexápodos adyacentes permiten el paso del agua con la velocidad reducida y simultáneamente el cuerpo de concreto rechaza la mayor parte del empuje también con reducción de velocidad, lo cual finalmente aquieta el cauce por la parte posterior del espolón y genera la deposición deseada del material de arrastre.

A continuación se presentan los detalles y perfiles que orientan mejor la ubicación de estos hexápodos





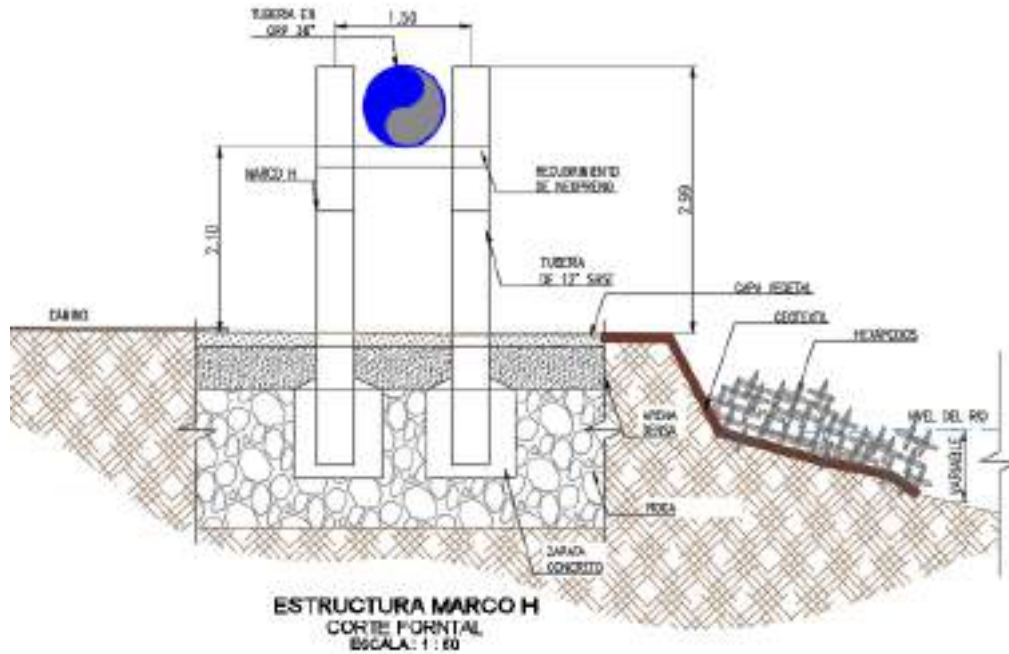
IEH GRUCÓN S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-11 Estructura marco H corte frontal



Fuente: Consultor

De acuerdo a lo dicho, se proyectan construir para la adecuación de esta zona 40 y de hexápodos ubicados en las intrusiones de los ríos como hileras que restrinjan el paso del agua además de demoler la roca con concreto expansivo, producto demoledor no explosivo y ecológico que le permitirá, al mezclarlo con un porcentaje adecuado de agua, demoler todo tipo de rocas y hormigones, sea cual sea su dureza, debido a la enorme fuerza ejercida por el cemento demoledor que alcanza las 9000 toneladas por metro cuadrado. Ahorrará además de dinero tiempo, esfuerzo, riesgo, gases y temblores. Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

### 8.1.2 VIADUCTO 4: Tramo K8+310 a K8+365

#### 8.1.2.1 Visita de campo y recopilación de información

El día 01 de junio de 2021 se realizó una visita de campo en conjunto con el IBAL con el objetivo de poder hacer un reconocimiento en campo de las obras en ejecución y posibles alternativas de paso para las tuberías de acueducto necesarias proyectar.

Dentro de las obras requeridas se tiene el tramo faltante de aducción de 55 m en total desde el punto de empate aguas arribas hasta el punto aguas abajo (ubicado en el punto de conexión con el viaducto).



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Mediante la visita de campo realizada fue posible identificar las diferentes labores y estructuras que han realizado sobre este punto de interés, con el fin de realizar el empalme del trazado. A continuación, se presenta el registro fotográfico de la zona:

**Ilustración 8-12 Viaducto 4 - Punto de conexión aguas abajo, al fondo punto de conexión  
aguas arriba**



Fuente: Consultoría.

**Ilustración 8-13 Viaducto 4 - Montaje e instalación estructura metálica de viaducto 4**



Fuente: Consultoría.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-14 Viaducto 4 - Sector de empalme de tramo aguas arriba con viaducto 4, punto de alta pendiente**



Fuente: Consultoría.

Posteriormente, los días 12 y 13 de julio se realizó una nueva visita de campo en conjunto con el IBAL con el objetivo de poder hacer un reconocimiento en campo de las obras en ejecución y evaluar las alternativas de paso para las tuberías de acueducto proyectadas.

Mediante la visita de campo realizada fue posible identificar el montaje de la estructura del viaducto 4 realizado sobre el punto de interés, con el fin de definir el empalme del trazado. A continuación, se presenta el registro fotográfico de la zona:





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-15 Panorámica punto de conexión llegada**



Fuente: Consultoría.

**Ilustración 8-16 Panorámica punto de conexión punto de conexión salida**



Fuente: Consultoría.

**Ilustración 8-17 Viaducto 4 - Instalación de estructura tipo cercha y tubería de CCP 36"**



Fuente: Consultoría





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-18 Viaducto 4 - Instalación de estructura tipo cercha y tubería de CCP 36"**



Fuente: Consultoría

### 8.1.2.2 Descripción

Tramo de tubería enterrada que atraviesa el predio “El Tesoro”, superficie correspondiente a zona verde, terreno de moderadamente empinado, y que conecta aguas abajo con el viaducto 4. Se encuentra localizado aguas arriba en la abscisa K8+310.61 y conecta aguas abajo en K8+365.51 (inicio viaducto).

- **PLANTEAMIENTO DEL TRAZADO**

Considerando la alta presión en este punto ( $\approx 25$  bares), se realiza el cambio de alineamiento respecto al inicial con el fin de evitar bordear la elevación y el consecuente diseño y construcción de elementos estructurales debido a los cambios bruscos de dirección. En cambio, se plantea la prolongación horizontal de las líneas de llegada y conexión de la tubería y la construcción de dos anclajes verticales para la conexión entre el punto de mayor elevación y el punto de conexión con el tramo de tubería ya instalado que se proyecta desde el viaducto, como se puede ver en la ilustración:



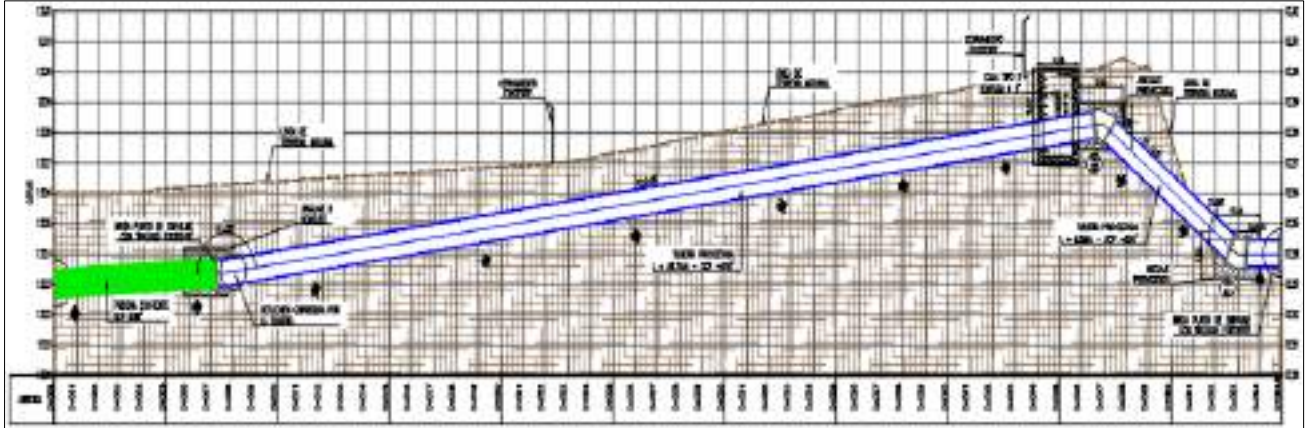
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



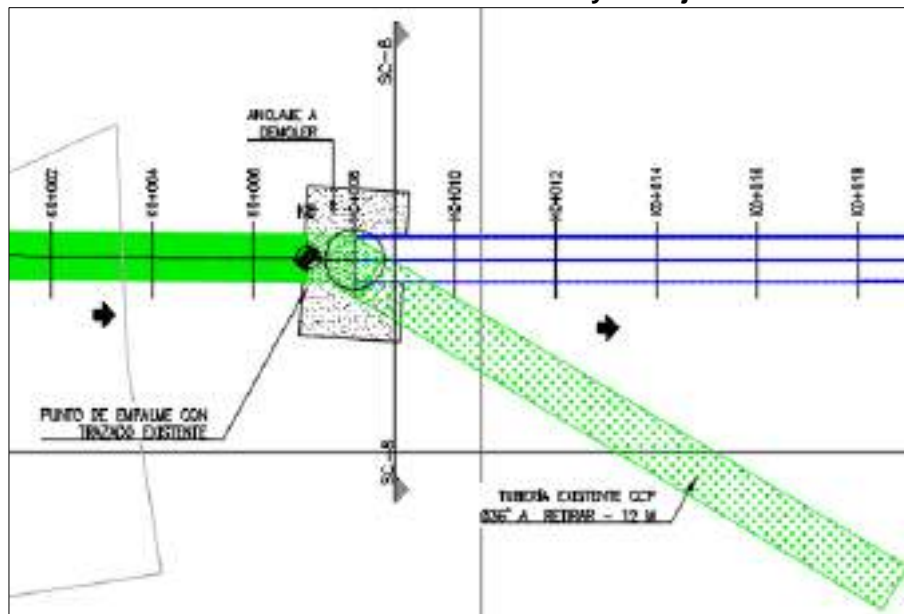
Ilustración 8-19 Alineamiento vertical – planta general



Fuente: Consultor

Por lo anterior, se requiere de la demolición tanto de anclaje inmediatamente anterior (aguas arriba) al tramo faltante, como de la tubería instalada aguas abajo del anclaje en cuestión, y así continuar la construcción desde el anclaje con el alineamiento horizontal sin necesidad de accesorio en este punto como se puede identificar en la siguiente Ilustración.

Ilustración 8-20 Detalle tubería a retirar y anclaje a demoler



Fuente: Consultoría.

La deflexión horizontal resultante de la intersección de la proyección horizontal de las líneas de entrada y salida ( $\Delta = 4^\circ$ ), puede ser distribuida equitativamente en las uniones de la tubería que conforman el tramo sin necesidad de accesorio y/o estructura adicional, así mismo, las deflexiones verticales de las conexiones de las líneas de entrada y salida.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-21 Alineamiento horizontal – planta general



Fuente: Consultoría.

Además, se ubica una caja para una válvula de ventosa de 6" en el punto antes del anclaje vertical superior, es decir, antes del cambio de pendiente aguas abajo del anclaje. Teniendo en cuenta el inventario de tubería GRP disponible por parte del IBAL, se proyecta construir este tramo faltante en GRP, haciendo empalme por medio de bridas en el punto inicial y final para permitir el cambio de material de forma adecuada. Aun cuando las presiones de servicio no superan los 25bares, se proyecta emplear tubería PN32 teniendo en consideración los metros lineales ya disponibles de esta tubería.

- Longitud del tramo: 54.9 m.
- Presión estática: 230.68 mca – PN 25
- Tubería y accesorios: GRP 36" – PN32
- Codos verticales: K8+350 - 45.03°; K8+356 - 35.05°
- Anclajes: K8+350 - 45.03°; K8+356 35.05° (en cada uno de los codos verticales).



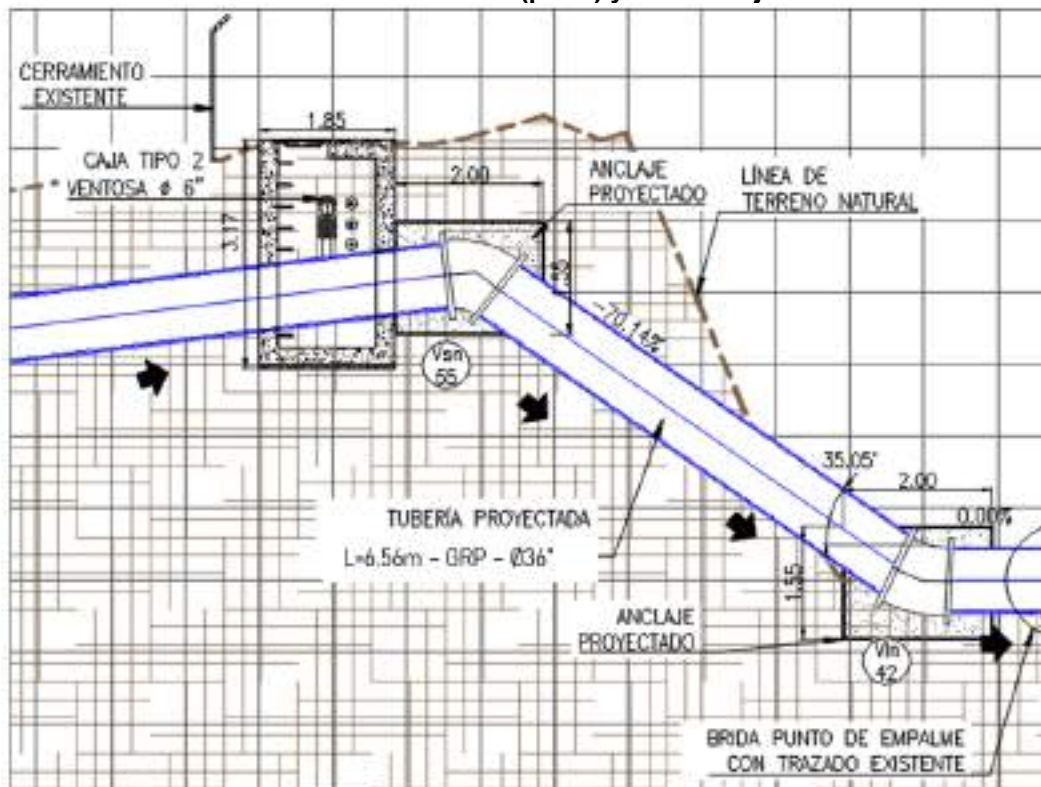
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-22 Alineamiento vertical (perfil) y detalle caja válvula de ventosa



Fuente: Consultoría.

Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

### Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

### 8.1.3 PUENTE 17: Tramo K9+007 a K9+794

#### 8.1.3.1 Visita de campo y recopilación de información

El día 05 de agosto del presente año se realizó una visita de campo en conjunto con el IBAL y la APP Gica con el objetivo de poder hacer un reconocimiento de campo de las obras en ejecución y posibles alternativas de paso para las tuberías de acueducto necesarias proyectar.

Dentro de las obras requeridas se tiene el tramo faltante de aducción de 816 m en total desde el punto de empate aguas arribas del puente 17 y aguas abajo del mismo, mostrada a continuación.





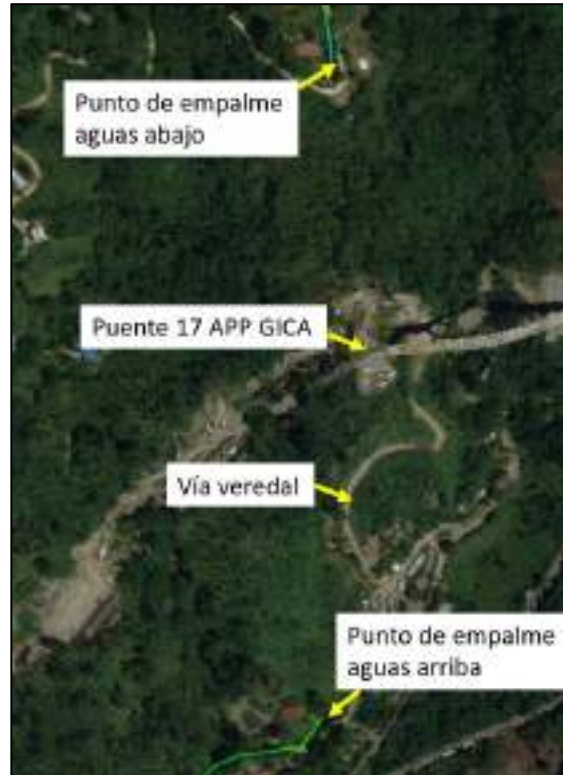
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-23 Localización General Tubería Aducción**



Fuente: Consultor

Mediante la visita de campo realizada fue posible identificar las diferentes labores de estabilización y estructuras de cimentación que han realizado sobre este punto de interés, destinadas para la construcción de la doble calzada de la APP GICA (Puente 17) y lo cual serán determinantes para la ejecución del trazado. A continuación, se presenta el registro fotográfico de la zona, para una mejor ubicación espacial de las fotografías tomadas, se presenta la localización de estas:



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-24 Ubicación de las fotografías tomadas



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-25 Puentes 17 – Vista general No.1**



Fuente: Consultor

**Ilustración 8-26 Puentes 17 – Vista general No.2**



Fuente: Consultor





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-27 Puesto 17 – Obras de cimentación doble calzada APP GICA**



Fuente: Consultor

**Ilustración 8-28 Puesto 17 – vía terciaría a intervenir**



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-29 Puentes 17 – Obras de movimiento de tierras cerca de cimentación de puente**



Fuente: Consultor

**Ilustración 8-30 Comienzo tramo alta pendiente predio Don Plinio**



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-31 Puesto 17– Obras estabilización cerca a la cimentación de puente 17**



Fuente: Consultor

### 8.1.3.2 Descripción

Una vez realizada la visita de campo e identificación de puntos críticos para la solución de diseño, se procedió a la solicitud de información a la APP en relación a estudios de geotécnica y topografía actualizada de la zona. De esto, fue posible obtener los resultados de los sondeos, los cuales se compararon con los sondeos propios realizados en 5 diferentes puntos de este tramo. De esta forma, se realizó el análisis geotécnico para garantizar la correcta cimentación de la tubería y parámetros del suelo para los anclajes en cada uno de los puntos críticos.

Es importante mencionar que, dentro de los puntos críticos identificados en todo el trayecto, se pudo evidenciar principalmente la dificultad de no realizar ninguna excavación cercana a la estabilización de talud y a la cimentación de las dos calzadas de puente 17.

Adicionalmente se analizó el levantamiento topográfico de la zona dada por la APP la cual fue complementada con el levantamiento topográfico realizado por la consultoría en el mes de agosto. Sin embargo, la topografía otorgada por la APP no correspondía a la actualizada de acuerdo con los movimientos de tierra realizados en campo, por tanto, fue tomada como base la información del levantamiento ejecutado por la Consultoría.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Una vez realizadas las labores de visita de campo y topografía de la zona, fue posible establecer que teniendo en consideración el espacio disponible de la vía veredal, la estabilización de taludes y las limitaciones para realizar excavaciones cerca a la cimentación del puente 17, se plantea la construcción de un cárcamo superficial sobre la actual rasante de la vía veredal en el tramo cercano a la cimentación del puente 17. De igual forma, a lo largo del trazado se adoptaron materiales como CCP, GRP y acero al carbón; y se tienen tramos en donde la tubería se encuentra enterrada sobre zona verde, enterrada sobre vía terciaria, superficial embebida en un cárcamo de concreto y enterrada en alta pendiente (28° de inclinación) con muros en concreto de soporte ubicados de forma transversal a la tubería. El planteamiento realizado se puede ver a detalle en los planos hidráulicos presentados en el Anexo 3.1. Memorias de cálculo

Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos.

Adicionalmente, si bien en el abscisado general de todo el tramo de aducción, el punto de conexión inicial para el tramo faltante de puente 17 es en el K9+007.97, se reinició el abscisado a partir de este punto para tener un mejor entendimiento de cada uno de los componentes de este tramo. Así, mientras que en el abscisado general el punto de conexión aguas arriba es el K9+007.97, en el abscisado local dicho punto corresponde al K0+000.

Es importante mencionar que este trazado es una actualización del anterior diseño de la red de aducción, esto teniendo en cuenta las nuevas obras de construcción de la doble calzada de la APP GICA. Esto se le atribuye a la construcción de la cimentación de la segunda calzada de la vía Ibagué – Cajamarca, la cual se encuentra muy cerca a la vía veredal, por donde se tenía previsto el anterior trazado de esta tubería enterrada en la vía.

### **8.1.3.3 Planteamiento general**

Considerando estas premisas, la consultoría presenta el planteamiento de tubería enterrada sobre zona verde desde el punto de conexión aguas arriba hasta la abscisa K0+170, luego enterrada sobre vía veredal desde la abscisa K0+170 hasta la K0+417, para posteriormente seguir con la estructura de cárcamo superficial hasta la K0+498 y finalmente termina con la zona de alta pendiente hasta el punto de conexión aguas abajo en la abscisa K0+786.

Para una mejor comprensión en el detalle de la ubicación de cada uno de estos tramos, se presenta la planta general del trazado y en la Ilustración 8-33 y se presenta el perfil de todo el trazado propuesto para la zona de puente 17:

Se puede remitir al ANEXO 1– COMPONENTE TOPOGRÁFICO en el cual se presentan los planos generales de la alternativa propuesta para el trazado expuesto.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-32 Planta General



Fuente: Consultor

Ilustración 8-33 Perfil General



Fuente: Consultor

Es importante mencionar que para el trazado de la tubería se tuvo en cuenta realizar la menor cantidad de deflexiones horizontales y verticales, esto ya que existen puntos de la tubería en donde se cuenta con presiones estáticas de hasta 26 Bar. Estas altas presiones y el considerable diámetro de la tubería generan que ante una deflexión en la tubería se presenten empujes de gran magnitud que necesiten la construcción de anclajes de grandes volúmenes. Cabe mencionar que para el cálculo de los anclajes y diseño de la tubería estas presiones estáticas deberán ser mayoradas por un factor de 1.25, debido a las pruebas de estanqueidad que se realizan para la puesta en marcha del sistema.

Por otro lado, desde el punto de conexión aguas arriba hasta la abscisa K0+138 la tubería a instalar será en GRP 36" PN32, posteriormente desde la abscisa K0+138,5 hasta K0+410



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



se proyecta tubería CCP 36" PN40 y en dicho punto de conexión se pasará a una tubería en GRP 36" PN32. Es importante aclarar que no se planteó la construcción de todo el trayecto en GRP teniendo en cuenta los puntos explicados a continuación:

- En primer lugar, es importante indicar que las presiones de diseño de la tubería en el tramo en cuestión varían de 309,64 mca en el nodo H1-Nuevo (K9+140) a 258,72 mca en el nodo H11-Nuevo (K9+412). Para estas presiones no existe en el mercado colombiano tubería de GRP biaxial, ya que dicha tubería se fabrica para máximo PN 21. Lo anterior implica de la tubería GRP que está disponible en el IBAL, aunque soporta presiones internas hasta de PN 32 (320 mca), que en principio es suficiente para soportar las presiones internas de diseño, no está diseñada para transmitir fuerzas axiales y de cortante.
- Se dividió en dos subtramos de análisis independientes el tramo proyectado en CCP, el primero entre el K9+140 al K9+230 y el segundo del K9+230 al K9+412.

**Ilustración 8-34 Subdivisión de tramos CCP**



Fuente: Consultor

- Los empujes acumulados en el **subtramo No. 1** suman 485,24 ton, por lo que el tamaño de los anclajes que se requieren es bastante importante, con la problemática de que los anclajes que deben resistir los empujes en las curvas con su parte externa hacia la caída del talud, no cuentan con suficiente resistencia pasiva del terreno que ayude a soportar los empujes y se deben implementar tendones de anclaje hacia el macizo montañoso para resistirlos.
- En el caso óptimo que se equilibren todos los empujes y la fuerza resultante horizontal del **subtramo No.1** es de solamente 11,41 Ton, en comparación con las



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



485,24 Ton que representa el empuje total actuando cada uno de los anclajes independientemente. Sin embargo, para que este comportamiento se refleje efectivamente en el terreno, las uniones entre los codos y los tubos y de los tubos entre sí deben ser monolíticas y esto solamente se logra soldando todas las uniones o con un tipo de unión acerrojada propia de las tuberías de HD.

- Los empujes acumulados en el **subtramo No. 2** suman 697,50 ton, por lo que el tamaño de los anclajes que se requieren es bastante importante, con la problemática de que los anclajes que deben resistir los empujes en las curvas con su parte externa hacia la caída del talud, no cuentan con suficiente resistencia pasiva del terreno que ayude a soportar los empujes y se deben implementar tendones de anclaje hacia el macizo montañoso para resistirlos.
- En el caso óptimo que se equilibren todos los empujes y la fuerza resultante horizontal del **subtramo No.2** es de solamente 16,44 Ton, en comparación con las 697,50 Ton que representa el empuje total actuando cada uno de los anclajes independientemente.

Teniendo en cuenta los puntos técnicos expuestos previamente, se selecciona como material óptimo para el tramo crítico de puente 17, tubería en CCP PN 32 con uniones soldadas con el objetivo de garantizar el funcionamiento homogéneo de los dos subtramos.

Cabe aclarar que se respetó como mínimo una profundidad de al menos 1 a la cota clave de la tubería, incluso en las zonas verdes, esto de acuerdo con lo estipulado por las recomendaciones de diseño de la resolución 0330 del 2017. De igual forma, a lo largo de todo el trazado se tienen diferentes materiales de la tubería, con un mismo diámetro de 36”.

**Tabla 8-1 Ubicación de materiales por abscisado**

<b>Abscisa inicio</b>	<b>Abscisa fin</b>	<b>Material</b>
K0+000	K0+138.5	GRP
K0+138.5	K0+410	CCP
K0+410	K0+498	GRP
K0+498	K0+530	Acero
K0+530	K0+786.36	GRP





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-35 Trazado con discriminación de materiales



Fuente: Consultor

A continuación, se presenta una explicación detallada de cada uno de los tramos de la tubería a lo largo del trazado de la tubería.

- **K0+000 – K0+138.5**

En los primeros metros del abscisado se cuenta con una conexión aguas arriba del tramo faltante en tubería GRP de 36", la cual será enterrada bajo una superficie de zona verde en su totalidad. Se adicionan dos bridas de cambio de material con el objetivo de hacer el acople de los diferentes materiales, al empatar con tubería CCP ya instalada y al realizar el cambio de material en la tubería proyectada al final de este tramo.

- **K0+138.5 – K0+410**

Se proyecta el cambio de material a tubería CCP de 36", la cual será enterrada bajo una superficie de zona verde hasta la abscisa K0+170 y bajo vía veredal hasta la abscisa K0+410, con una profundidad mínima de 1 metro a cota clave. Es importante mencionar que el relleno en la parte superior de la tubería que se ubica bajo la vía veredal, consistirá únicamente del material Recebo B200, esto pues permite una adecuada distribución de cargas provenientes de la vía en afirmado protegiendo la tubería.

En este tramo y como fue expuesto previamente, la tubería deberá trabajar como un elemento monolítico la cual permita la trasmisión de esfuerzos a lo largo de la tubería.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- **K0+410 – K0+417**

En todo este trayecto del abscisado se cuenta con una tubería en GRP 36" PN32, la cual estará enterrada bajo la vía veredal. Cabe mencionar que el relleno superior de la tubería en las zonas de vías veredales será completamente de recebo B 200, con el fin de permitir una adecuada disipación de las cargas y no afecte la integridad de la tubería.

- **K0+417 – K0+498**

Como se mencionó anteriormente, uno de los puntos críticos para el trazado de la tubería es cercano a la cimentación de la doble calzada de la APP GICA, específicamente, en las pilas de puente 17. En dicho tramo además de contar con la cimentación de puente 17, se cuenta con una estabilización de talud con torones que impide la posibilidad de realizar excavaciones para el trazado de la tubería, como se presenta en la Ilustración 8-36

**Ilustración 8-36 Estabilización de talud cerca a la cimentación de puente 17**



Fuente: Consultor

Debido a esto, la tubería debe ir superficial, pero esta contará con un cárcamo en concreto que proteja la tubería de GRP 36" y a la vez sirva como nueva rasante de la vía terciaria. Esto se realiza de esta forma para no deshabilitar la vía existente, pues el ancho de esta es de 3.5 metros, los cuales no son suficientes para ubicar la tubería superficialmente y permitir el paso vehicular. Así, el cárcamo superficial evita la intervención del suelo cercano a la estabilización del talud y la cimentación del puente 17, permite el acceso vehicular y brinda protección a la tubería del paso vehicular. De esta forma, el cárcamo comenzará a subir a



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

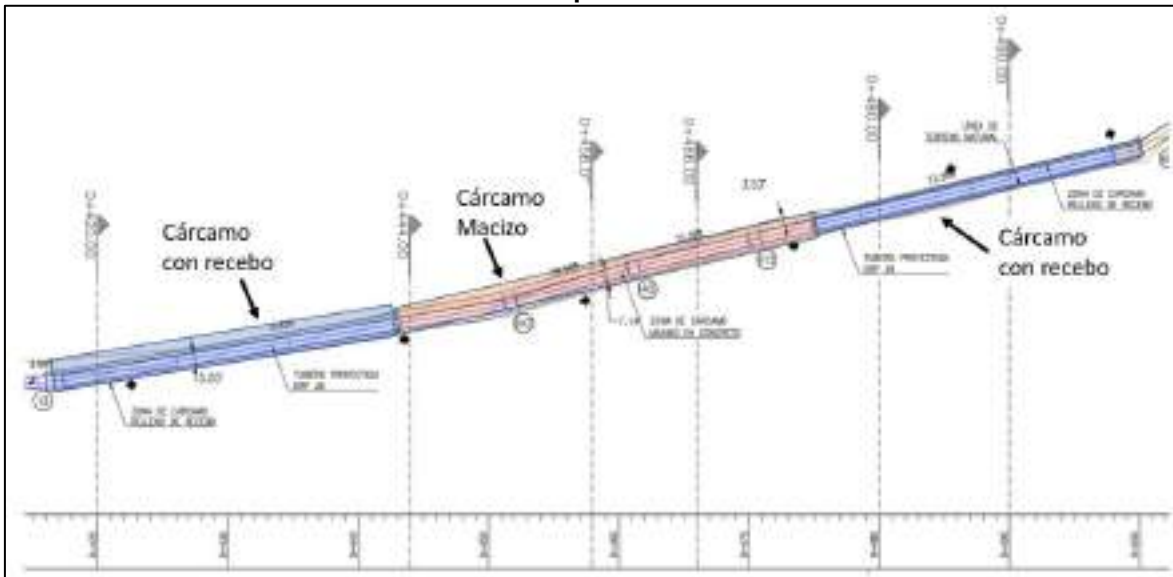
PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



la superficie junto con la tubería a partir del punto donde la profundidad a la cota clave sea inferior a 1 metro, es decir en la abscisa K0+417. Una vista en perfil del cárcamo se presenta a continuación:

**Ilustración 8-28-37 Vista en perfil del cárcamo en concreto**



Fuente: Consultor

De acuerdo con el anterior perfil, se identifican 2 tipos de cárcamos: Cárcamo con recebo y cárcamo macizo. Esta diferencia se debe principalmente porque dentro de la ubicación del cárcamo se cuenta con 3 deflexiones horizontales de la tubería, cada una con un ángulo de  $22.5^\circ$ . Estas deflexiones corresponden a los codos HV2, HV3 y H13, los cuales requieren anclajes horizontales que permitan resistir los empujes resultantes en dichas deflexiones. Estas deflexiones se presentan en planta en la Ilustración 8-28-38:



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



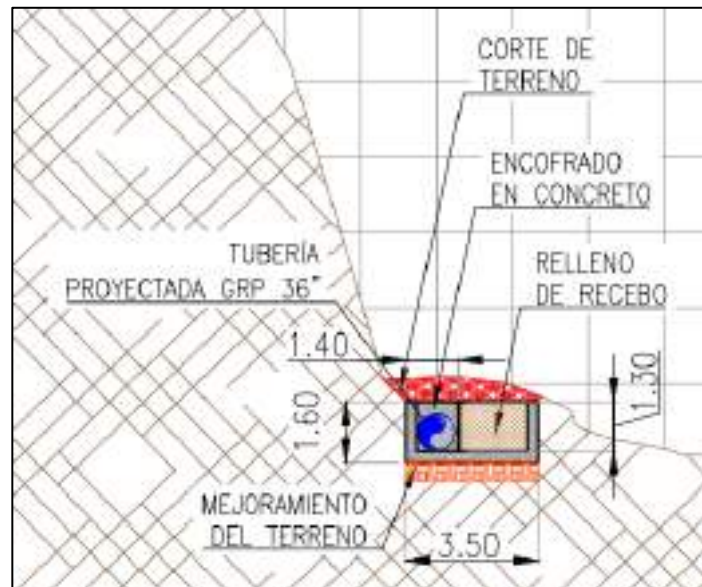
Ilustración 8-28-38 Vista en planta de cárcamo



Fuente: Consultor

Teniendo en cuenta lo anterior, en la zona donde se presentan las deflexiones de la tubería, se propone la construcción de un cárcamo macizo en concreto que permita funcionar como anclaje superficial. Estos anclajes resistirán los empujes resultantes de la tubería a través de la fricción y cohesión superficial del suelo con el cárcamo. De este modo, las secciones transversales de cada tipo de cárcamo presente en este tramo se exponen a continuación:

Ilustración 8-28-39 Cárcamo con recebo comenzando a subir a superficie



Fuente: Consultor





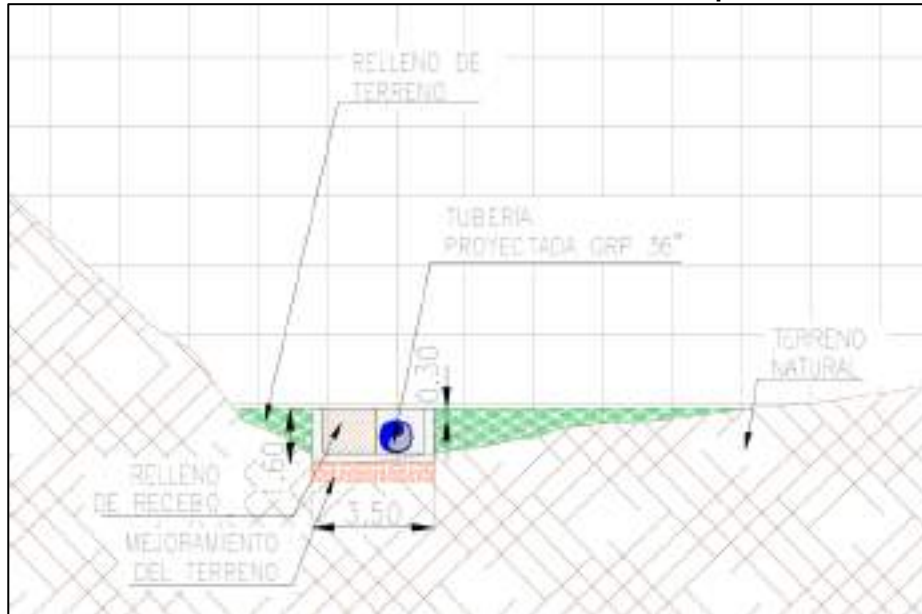
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-28-40 Cárcamo con recebo en superficie



Fuente: Consultor

Ilustración 8-41 Cárcamo macizo superficial



Fuente: Consultor

Estas secciones transversales del cárcamo varían a lo largo del trazado de la tubería, teniendo como resumen la siguiente tabla con las secciones transversales:





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Tabla 8-31 Tipo de cárcamo según abscisado

Cárcamo	Abscisa Inicial	Abscisa Final
Con recebo	K0+417	K0+443.42
Macizo	K0+443.42	K0+472.88
Con recebo	K0+472.88	K0+498

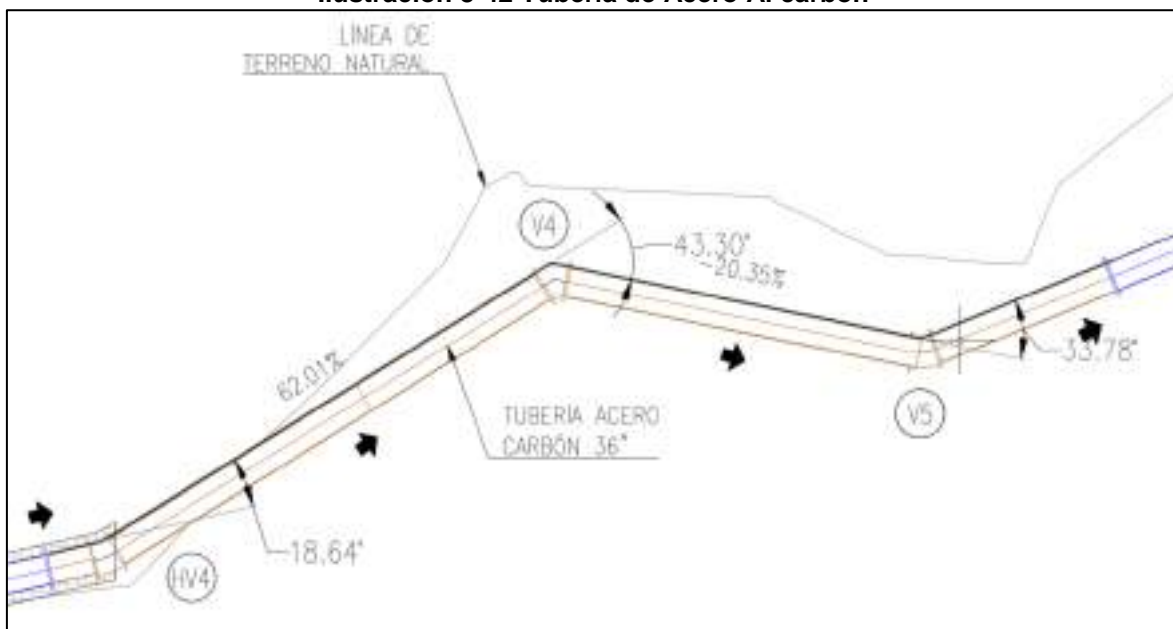
Fuente: Consultor

Por último, es importante mencionar que el ancho del cárcamo será variable y dependerá principalmente del tipo de cárcamo a construir y del ancho disponible de la vía. En este caso, los cárcamos en recebo serán de máximo 3.5 metros de ancho, mientras que el cárcamo de recebo ocupará la totalidad del ancho de la vía veredal disponible, es decir, podrán alcanzar anchos máximos de 6.7 metros. De igual forma, es importante mencionar que alrededor del cárcamo se deben realizar los rellenos respectivos con material excavado de sitio, con el fin de nivelar la vía con el cárcamo proyectado.

- **K0+498 – K0+530**

En la abscisa K0+498 se realizará un cambio de material por acero al carbón PN 32, esto principalmente por las condiciones de alta pendiente, con un valor máximo de 66%. Dicha tubería tendrá 3 deflexiones verticales y llegará hasta la abscisa K0+530.

Ilustración 8-42 Tubería de Acero Al carbón



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



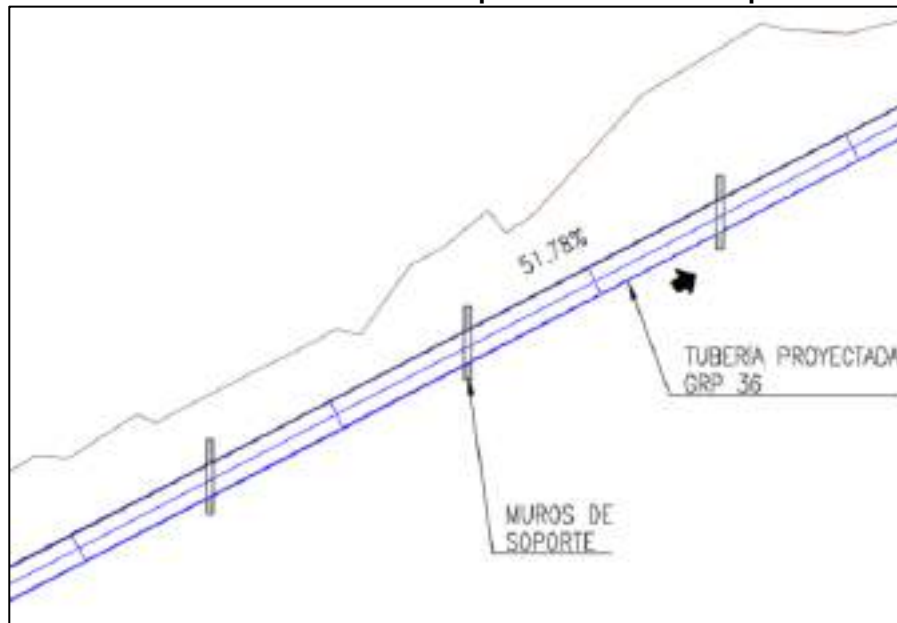
Cabe mencionar que debajo de la tubería de acero se ubica parte de la vía veredal, es decir, a partir del codo V4. Por último, en la abscisa K0+530 se cambia nuevamente el material de la tubería por GRP 36”.

- **K0+530 – K0+786.36**

Este tramo se caracteriza por ser de alta pendiente para la tubería, pues se tienen sectores que alcanzan el 56% de inclinación. Adicionalmente, la tubería que se tendrá será de GRP 36” y el trazado destinado para este tramo consistió en realizar la menor cantidad de deflexiones tanto horizontales como verticales. Esto con el fin de reducir la cantidad de anclajes necesarios en esta zona de difícil acceso para la construcción de bloques de concreto.

Por otro lado, al ser un tramo de alta pendiente, es necesario la construcción de muros de concreto (muros de contraflujo) de soporte cada 6 metros (en la mitad de la longitud de la tubería de GRP), con el fin de prevenir el deslizamiento del material de cimentación de la tubería y consecuentemente el deslizamiento de la tubería. El detalle de los muros de concreto se presenta a continuación:

**Ilustración 8-43 Ubicación en perfil de muros de soporte**



Fuente: Consultor



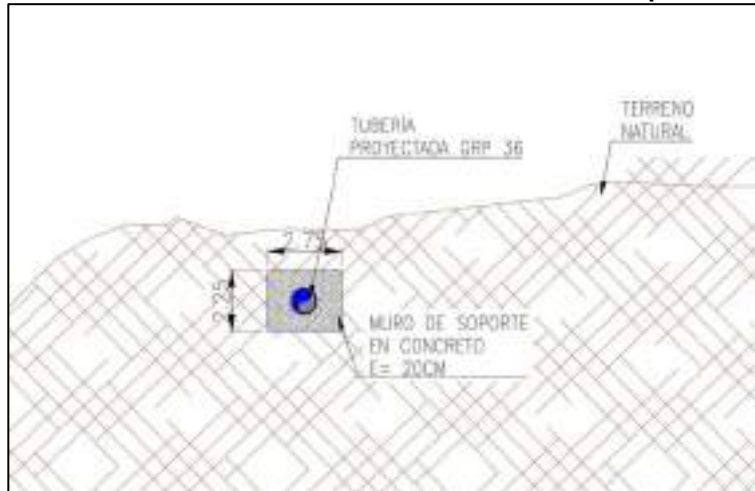
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1

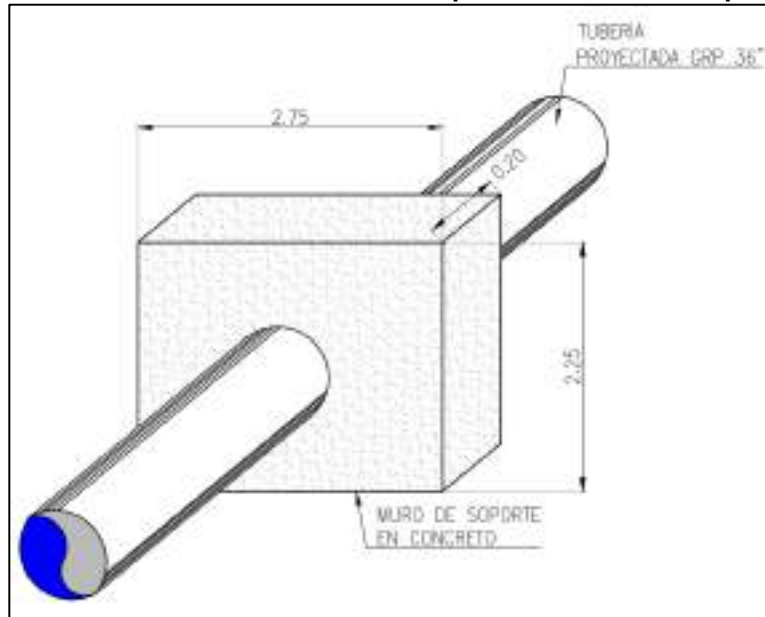


Ilustración 8-44 Corte transversal muros de soporte



Fuente: Consultor

Ilustración 8-45 Isometría del muro de soporte en zona de alta pendiente



Fuente: Consultor

Por último, con el fin de presentar el detalle de las deflexiones de todo el tramo de puente 17, se exponen una tabla resumen con los accesorios presentes a lo largo de todo el trazado de la tubería de aducción 36" se presenta en la siguiente Tabla 8-2:



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Tabla 8-2 Resumen de codos del trazado total de puente 17**

Accesorios	Abscisado	Cota Clave	Presión	Profundidad	Cota rasante	Deflexión Horizontal	Deflexión Vertical	Material
-	m	msnm	mca	m	msnm	grados	grados	-
HV1	0	1195.43	258.74	1.61	1197.04	29.67	3.06	CCP
V1	54.15	1205.56	248.61	1.95	1207.51		11.68	CCP
H1	144.96	1206.85	247.32	3.96	1210.81	44.67		CCP
V2	159	1207.05	247.12	1.55	1208.6		9.7	CCP
H2	167.33	1208.6	245.57	2.02	1210.62	45		CCP
H3	176.91	1210.37	243.8	1.45	1211.82	30		CCP
H4	214.4	1217.33	236.84	1.91	1219.24	30		CCP
H5	248.94	1223.83	230.34	1.64	1225.47	30		CCP
H6	280.96	1228.8	225.37	1.17	1229.97	22.5		CCP
H7	312.59	1232.01	222.16	1.61	1233.62	22.5		CCP
H8	345.28	1239.81	214.36	2.5	1242.31	45		CCP
H9	353.19	1241.17	213	2.67	1243.84	30		CCP
H10	361.79	1242.54	211.63	3.25	1245.79	48.1		CCP
H11	403.32	1247.59	206.58	2.17	1249.76	46.77		CCP
V3	417	1248.69	205.48	1.11	1249.8		5.55	GRP
HV2	451.44	1254.49	199.68	-1.26	1253.23	22.5	7.14	GRP
HV3	460.87	1257.32	196.85	-1.43	1255.89	22.5	3.53	GRP
H12	470.04	1259.55	194.62	-0.85	1258.7	22.5		GRP
HV4	499.59	1266.37	187.8	-1.44	1264.93	11.25	18.64	Acero
V4	513.12	1274.76	179.41	2.29	1277.05		43.3	Acero
V5	524.28	1272.49	181.68	2.47	1274.96		33.78	Acero
H13	542.76	1280.07	174.1	2.08	1282.15	45		GRP
H14	575.7	1293.56	160.61	1.39	1294.95	30		GRP
V6	584	1296.96	157.21	1.28	1298.24		5.1	GRP
V7	630	1320.78	133.39	1.69	1322.47		6.12	GRP
V8	665	1334.39	119.78	1.09	1335.48		8	GRP
V9	701.28	1354.72	99.45	1.16	1355.88		15	GRP
H15	711.3	1357.26	96.91	1.96	1359.22	30		GRP
H16	763.72	1370.59	83.58	3.91	1374.5	56.82		GRP
V10	774.16	1373.24	80.93	1.26	1374.5		14.26	GRP
H17	786.36	1373.24	80.93	1.25	1374.49	39.38		GRP

Fuente: Consultor

Teniendo en cuenta la anterior tabla resumen de las deflexiones de la tubería, se tienen codos no solo horizontales y verticales, sino también tridimensionales. Estos codos son



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



aquellos que tienen deflexiones tanto horizontal como vertical y son especiales para el cálculo de los anclajes, pues el diseño debe tener en cuenta las reacciones tanto en vertical como en horizontal.

#### 8.1.3.4 Empujes resultantes y diseño del cárcamo

Es importante mencionar que los empujes calculados a continuación son los correspondientes a los ubicados en el cárcamo macizo. Los demás empujes que se encuentran ubicados fuera del cárcamo serán explicados en la memoria de cálculo de anclajes generales en el anexo 4.1. Esto debido a que los anclajes críticos de diseño son los ubicados dentro del cárcamo macizo pues es necesario tener en cuenta las consideraciones de retiros y no excavación cerca a la cimentación de puente 17.

- **CALCULO EMPUJES**

En primer lugar, para el cálculo de los anclajes se tuvo en cuenta los empujes resultantes en los componentes X, Y y Z de cada uno, en donde los empujes ubicados en el eje Z corresponden a aquellos perpendiculares al terreno, es decir, en sentido contrario al peso de los anclajes. El detalle del cálculo de los empujes actuantes se encuentra registrado en la memoria de cálculo hidráulico para anclajes en el anexo 4.1. Además, las presiones de funcionamiento para el cálculo de los empujes resultantes ya se encuentran mayorados por un factor de seguridad de 1.25, ya que es a esta presión a la que se realizan las pruebas hidrostáticas. El resultado de cada uno de estos empujes se presenta a continuación para los anclajes ubicados en el cárcamo macizo:

**Tabla 8-3 Resumen de los empujes actuantes sobre los anclajes**

<b>ANCLAJE</b>	<b>EMPUJE VERTICAL "Z" (Ton)</b>	<b>EMPUJE ANCLAJE "X" (Ton)</b>	<b>EMPUJE ANCLAJE "Y" (Ton)</b>	<b>EMPUJE TOTAL ANCLAJE "XY" (Ton)</b>
HV2	-18.56	60.13	5.35	60.37
HV3	7.60	54.89	21.75	59.04
H12	1.75	41.02	41.99	58.70

Fuente: Consultor

Es importante mencionar los factores de seguridad utilizados, pues para el caso del diseño de los anclajes se tuvo un valor de 1.6 para mayorar los empujes actuantes, obteniendo como resultado los siguientes empujes mayorados:





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Tabla 8-4 Resumen de los empujes actuantes mayorados sobre los anclajes**

EMPUJES ACTUANTES MAYORADOS		
Anclaje	Empuje Mayorado "XY" (Ton)	Empuje Mayorado "Z" (Ton)
HV2	96.59	-29.69
HV3	94.47	12.15
H12	93.92	2.80

Fuente: Consultor

- **EMPUJES RESISTENTES**

Es importante mencionar que debido a que la tubería se encuentra superficialmente y no es posible realizar algún tipo de excavación, los empujes resistentes solo serán calculados a partir de la fuerza de fricción y cohesión del suelo en dicho punto. Adicionalmente, es importante mencionar que es necesario realizar un mejoramiento del suelo para la zona del cárcamo, con 50 cm de compactación del mismo suelo del sitio

- **Cálculo de pesos de anclajes**

Ahora bien, una vez teniendo en cuenta los empujes actuantes de diseño se proceden a calcular las fuerzas resistentes. Estas fuerzas están directamente relacionadas con el peso total del anclaje y con los parámetros del suelo:

**Tabla 8-5 Parámetros geotécnicos en el cárcamo**

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS	
Ángulo de fricción (grados)	24
Coefficiente Fricción	0,45
Cohesión (kPa)	0,8

Fuente: Consultor

Conociendo los parámetros del suelo, es posible conocer el peso requerido por la estructura de anclaje, como se presenta en la ecuación:

$$\text{Peso necesario} = \frac{\text{Empuje Actuante Mayorado}}{\text{Coeficiente de fricción}}$$



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Tabla 8-6 Peso requerido para suplir el empuje resistente

EMPUJES ACTUANTES MAYORADOS			
Anclaje	Empuje Mayorado "XY" (Ton)	Empuje Mayorado "Z" (Ton)	Peso necesario (Ton)
HV2	96,59	-29,69	216,95
HV3	94,47	12,15	212,17
H12	93,92	2,80	210,95

Fuente: Consultor

Una vez conocido el peso que debe tener el anclaje, se define la sección transversal típica que tendrá el cárcamo en toda la sección del anclaje, como se expone en la siguiente ilustración:

Ilustración 8-46 Sección transversal típica de cárcamo macizo o anclaje



Fuente: Consultor

De acuerdo con la anterior sección transversal típica, los anclajes superficiales tendrán dicha geometría con la excepción de que el ancho de 3.5 m será variable y dependerá del ancho de la vía, abarcando la totalidad de la vía en aquellos lugares donde sea posible, alcanzado anchos de hasta 6.7 m, como se presenta en la siguiente vista en planta:



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-47 Planta del cárcamo macizo o anclaje



Fuente: Consultor

Ahora bien, con estas dimensiones definidas, se calculó el peso de toda la estructura y la verificación del cumplimiento de los empujes resistentes:

$$\text{Empuje resistente fricción} = \text{Peso anclaje} * \text{Coeficiente fricción}$$

Tabla 8-7 Dimensionamiento del cárcamo macizo o anclaje superficial

DIMENSIONAMIENTO DEL CÁRCAMO MACIZO O ANCLAJE							
Nombre Codo	Peso Necesario	Longitud	Altura Cárcamo	Área Cárcamo	Volumen Concreto Cárcamo	Volumen Concreto sin Tubería	Peso Total
	Ton						m
HV2	216,95	12,77	1,85	49,6	91,76	82,90	207,97
HV3	212,17	9,23	1,85	49,5	91,58	85,17	203,33
H12	210,95	7,47	1,85	48,89	90,45	85,26	202,31
<b>Total</b>		29,47		147,99	273,7815	253,33	613,60

Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Tabla 8-8 Verificación de cumplimiento de empujes en “X”, “Y” y “Z”**

VERIFICACIÓN CUMPLIMIENTO DE EMPUJES								
Nombre Codo	Peso Total	Fuerza de fricción	Fuerza de Cohesión	Empuje Resistente "XY"	Empuje Actuante Mayorado "XY"	¿Cumple Empuje "XY"?	Empuje Actuante Mayorado "Z"	¿Cumple Empuje "Z"?
	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	-	Ton	-
HV2	207,97	92,59	4,04	96,64	96,59	Si	-29,69	Si
HV3	203,33	90,53	4,04	94,56	94,47	Si	12,15	Si
H12	202,31	90,07	3,99	94,06	93,92	Si	2,80	Si

Fuente: Consultor

De acuerdo con los resultados anteriormente expuestos en la anterior tabla, se identifica que los empujes actuantes en las direcciones “X”, “Y” y “Z” son superiores y cumplen las solicitudes de los empujes actuantes mayorados.

El cálculo de los anclajes que no hacen parte de la estructura de cárcamo serán calculados de forma independiente en el capítulo 0 Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

#### Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

#### ANCLAJES.

#### 8.1.4 OBRAS DE ARTE

##### 8.1.4.1 Visita de campo y recopilación de información

Aguas abajo del tramo Puente 17, se presentan problemas de infiltración en la vía veredal donde ya está instalada la tubería, generando así un posible riesgo de estabilidad para la estructura. Los días 13 al 24 de septiembre de 2021 se realizó un levantamiento topográfico y reconocimiento del estado del tramo de la aducción comprendido en el K9+840 al K10+175 observando una vía en recebo, la cual tiene cinco (5) drenajes que cruzan la vía, donde actualmente se tienen solo cuatro (4) alcantarillas existentes.

Mediante la visita de campo realizada fue posible identificar las diferentes labores y estructuras de interés, con el fin de garantizar la integralidad de la aducción. A continuación, se presenta el registro fotográfico de la zona:



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-48 Reconocimiento de campo de las obras de arte – sector a intervenir**



Fuente: Consultoría.

**Ilustración 8-49 Reconocimiento de campo de las obras de arte – Talud, perdidas de bancada y escaleras existentes**



Fuente: Consultoría.

#### 8.1.4.2 Descripción

La tubería de aducción se encuentra enterrada en una vía intermedia (terciaria), la cual tiene unas condiciones topográficas de alta pendiente en sus márgenes. Con el objetivo de poder controlar las aguas de escorrentía se plantea el uso de la infraestructura existente con optimización de la misma y obras nuevas:

- Alcantarilla 1, existente se encuentran localizada en la abscisa K9+840.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- Alcantarilla 2, existente se encuentran localizada en el K9+900.
- Alcantarilla 3, que es proyectada y se ubicará en el K10+005.
- Alcantarilla 4, existente se encuentran localizada en el K10+075.
- Alcantarilla 5, existente se encuentran localizada en la abscisa K10+175.

En los drenajes mencionados previamente que cruzan la vía, se observa una pérdida de la bancada de la vía provocada por fenómenos de socavación. Por otra parte, las cuatro (4) alcantarillas existentes presentan colmatación y las cuales se propone rehabilitar. En la salida de tres (3) alcantarillas no se cuenta con una estructura de disipación de energía existentes y la alcantarilla 5 cuenta con una estructura de disipación insuficiente, ya que no se prolonga por todo el cauce donde se tiene un alta pendiente.

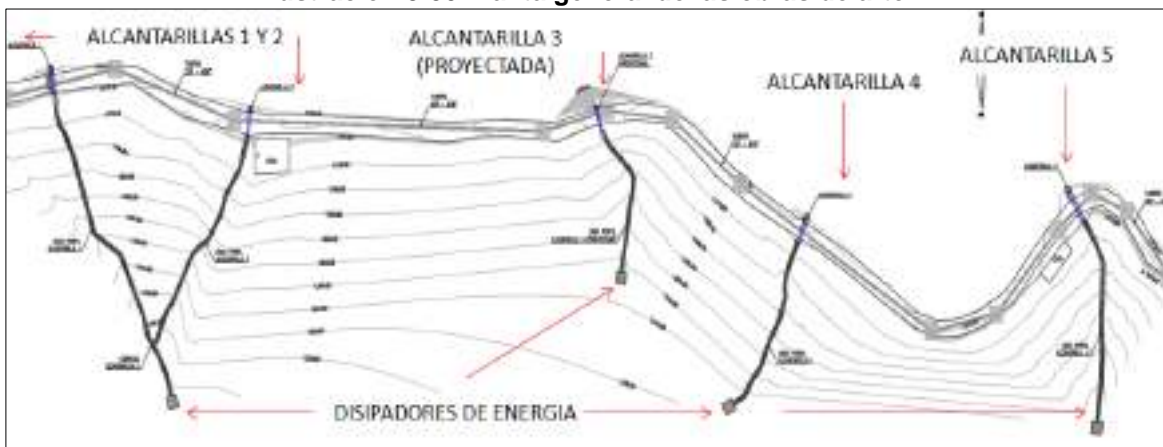
La falta de estas estructuras conlleva a la socavación, que a futuro afectara la estabilidad de la zona y a su vez la integridad de las condiciones de la tubería de aducción. Por otra parte, en el K10+005 se tiene un drenaje sobre la banca de la vía y no se cuenta con una alcantarilla.

#### 8.1.4.3 Planteamiento

Con el objetivo de garantizar la integridad de la tubería de aducción se plantea la rehabilitación de las estructuras de las alcantarillas existentes, permitiendo así un funcionamiento óptimo de las alcantarillas, de igual forma se proyecta una alcantarilla en un punto donde se tiene drenaje sobre la vía, esta obra permitirá una mejor disposición del agua sin que afecte la estabilidad del terreno, por último, se proyectan obras de estructuras de disipación de energía en las 5 alcantarillas para garantizar el correcto transporte y descarga del agua de escorrentía.

Las estructuras de disipación de energía estarán dispuestas conforme a la topografía como se observa en la Ilustración 8-52.

**Ilustración 8-50 Planta general de las obras de arte.**



Fuente: Consultoría.



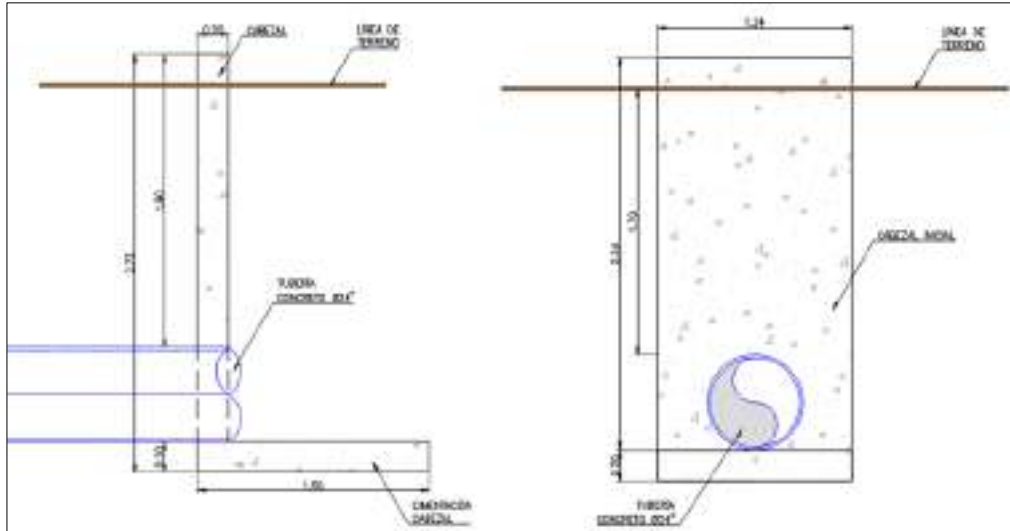
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

### PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1

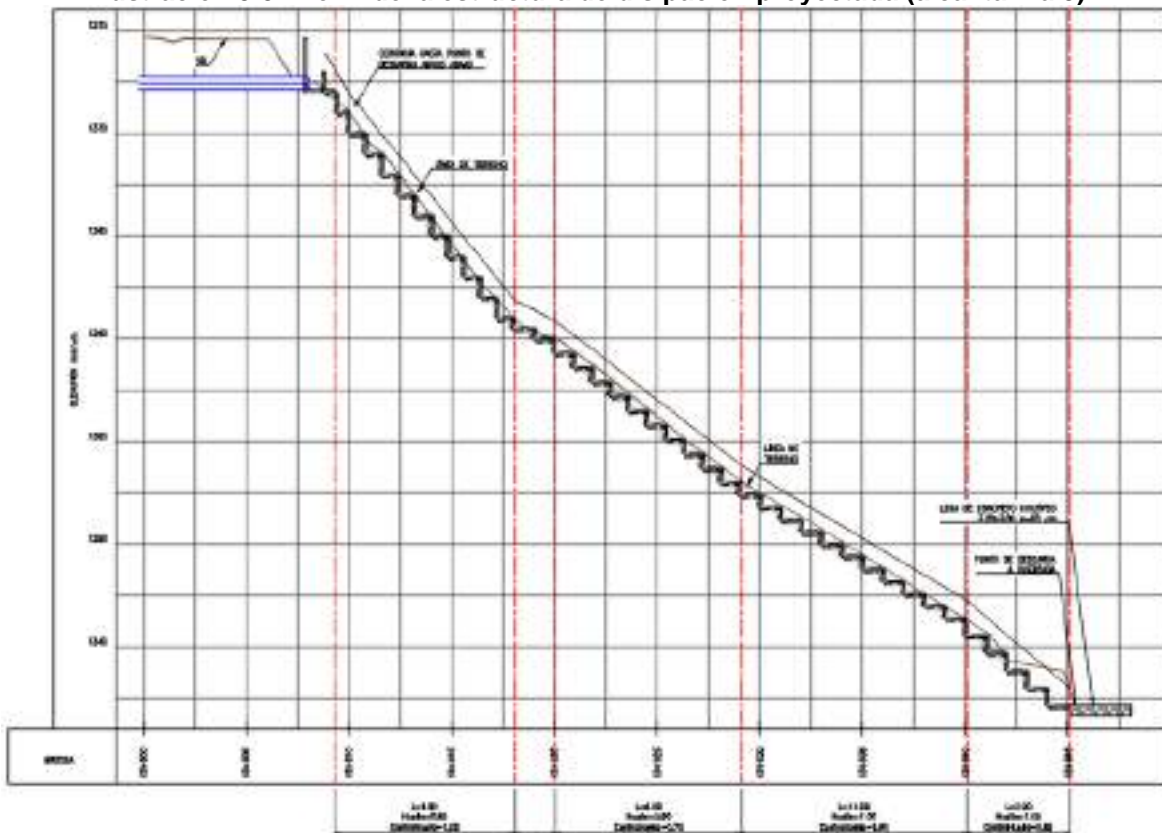


**Ilustración 8-51 Perfil general y sección transversal cabezal de salida a escalera**



Fuente: Consultoría.

**Ilustración 8-52 Perfil de la estructura de disipación proyectada (alcantarilla 3)**



Fuente: Consultoría.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Para mantener la topografía del terreno se planteó variar las dimensiones de la huella y la contrahuella con el fin de garantizar una continuidad con la pendiente del terreno, donde las huellas varían en longitudes de 0.60m a 1.30m y las contrahuellas entre 0.30 a 1.00m, la distribución de las compensaciones de los escalones es en función de mantener la pendiente del terreno y disipar la energía del flujo, evitando así socavación y el deterioro de las secciones del cauce.

**Ilustración 8-53 Perfil general losa de concreto / dissipador de energía**



Fuente: Consultoría.

Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de cálculo

Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

### 8.1.5 TÚNEL FALSO: Tramo K10-530 a K10+650

#### 8.1.5.1 Visita de campo y recopilación de información

Los días 12 y 13 de julio de 2021 se realizó una visita de campo en conjunto con el IBAL con el objetivo de poder hacer un reconocimiento en campo de las obras en ejecución y posibles alternativas de paso para las tuberías de acueducto necesarias proyectar.

Dentro de las obras requeridas se tiene el tramo faltante de aducción de 119 m en total desde el punto de empare aguas arribas K10+530, hasta el punto aguas abajo K10+649.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Mediante la visita de campo realizada fue posible identificar las diferentes labores y estructuras que han realizado sobre este punto de interés, con el fin de realizar el empalme del trazado. A continuación, se presenta el registro fotográfico de la zona:

**Ilustraciones 8-54 Tramo Túnel falso – Características y estado del sector a intervenir**



Fuente: Consultoría.

### 8.1.5.2 Descripción

Tramo de tubería enterrada que se ubicará debajo de una vía intermedia (terciaria), principalmente sobre el margen de izquierdo de la vía (sentido de flujo del agua) debido a la inestabilidad y pérdida de bancada de la vía sobre el margen derecho provocada por fenómenos de escorrentía y remoción en masa. En este sector se inician las obras de túneles planteadas en el sector y cuya intervención es descrita a detalle más adelante.

- Longitud del tramo: 118.99 m.
- Presión estática: 57.4 mca – PN 25
- Tubería y accesorios: red de GRP 36", en la caja de la válvula se empleará Hierro Dúctil HD en los diámetros requeridos.
- Codos horizontales: K10+530 35.54°; K10+555.6 45.21°; K10+620.8 33.21°; K10+629 50.08°; K10+649 22.77°
- Anclajes: K10+530 35.54°; K10+555.6 45.21°; K10+620.8 33.21°; K10+629 50.08°; K10+649 22.77° (en cada uno de los codos horizontales).

### 8.1.5.3 Planteamiento del trazado

Se ajusta el alineamiento inicialmente planteado considerando la inestabilidad de los márgenes de la vía. Se plantea el retiro de tubería ya instalada aguas abajo del anclaje inmediatamente anterior al inicio del tramo en cuestión (1.7 m de tubería a retirar), y se reubican los anclajes proyectados para la continuidad del tramo. Las deflexiones verticales





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

### PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



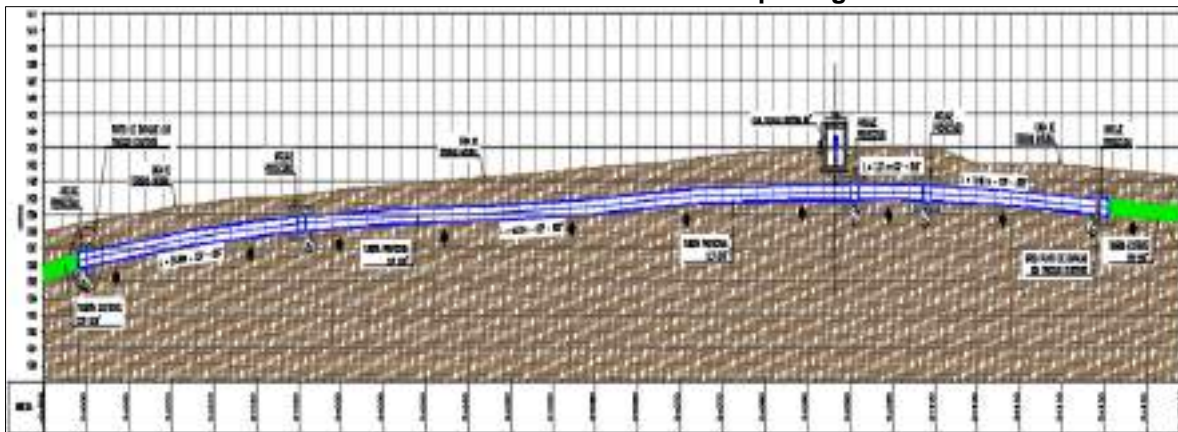
de las conexiones de las líneas de entrada y salida se distribuyen en las uniones de la tubería sin necesidad de accesorios y/o estructuras adicionales. La tubería instalada aguas arriba y aguas abajo del tramo a construir corresponde a CCP 36", por tanto será necesario proyectar bridas para realizar el correcto cambio de material en estos puntos de empalme.

**Ilustración 8-55 Alineamiento horizontal – planta general**



Fuente: Consultoría.

**Ilustración 8-56 Alineamiento vertical – perfil general**



Fuente: Consultoría





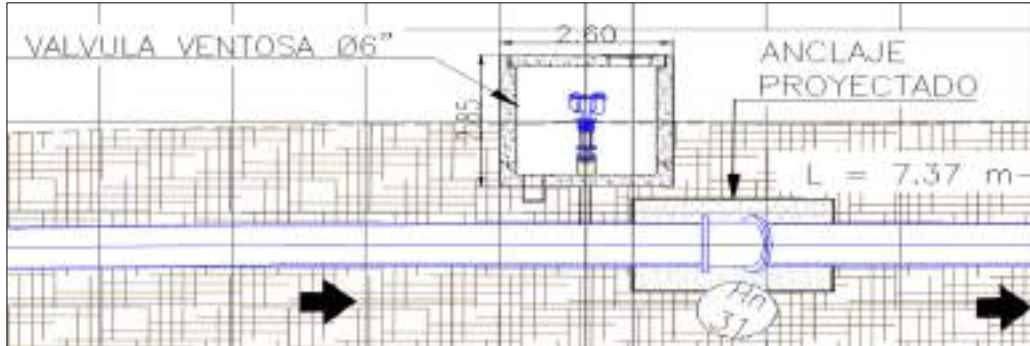
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1

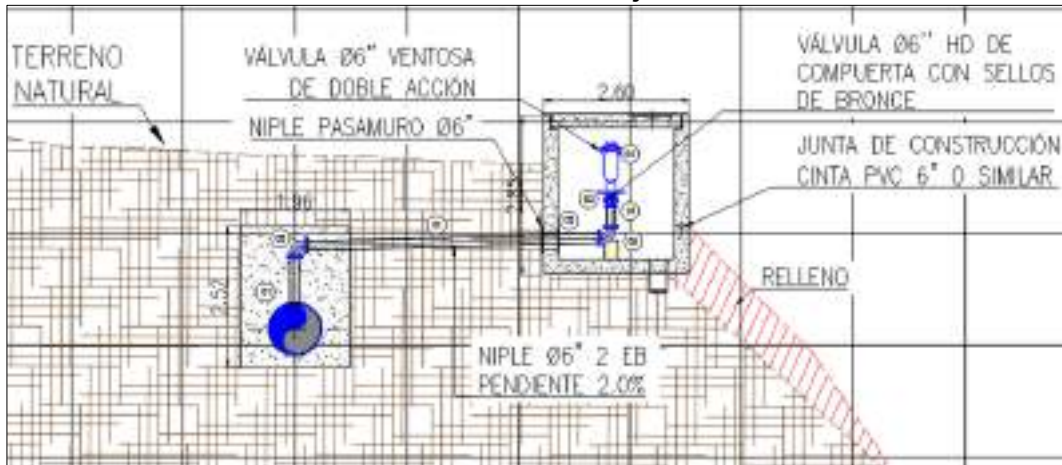


**Ilustración 8-57 Alineamiento vertical – Detalle ubicación perfil caja ventosa de 6”**



Fuente: Consultoría

**Ilustración 8-58 Sección transversal caja válvula de ventosa 6”**



Fuente: Consultoría.

El planteamiento realizado se puede ver a detalle en los planos hidráulicos presentados en el Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos.

### 8.1.6 PAVIMENTO TÚNELES

#### 8.1.6.1 Visita de campo y recopilación de información

Dentro de las obras contempladas que no corresponden a tramos faltantes por construir se encuentra la losa faltante de los túneles existentes localizados en vía terciaria por la cual se localiza la tubería de aducción. Los días 13 al 16 de septiembre del 2021 se realizó el levantamiento topográfico con el objetivo de realizar el reconocimiento del estado actual de las estructuras de los túneles y la vía entre dichos túneles.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Por medio del levantamiento topográfico se identificaron el estado actual de los túneles y de la estructura del pavimento presente en los túneles y la vía intermedia, así mismo se observa que las cunetas en los túneles se encuentran colmatadas. Esto nos permite determinar las labores a realizar para su rehabilitación.

**Ilustración 8-59 Planta general ubicación túneles y vía proyectada**



Fuente: Consultoría.

### 8.1.6.2 Descripción

Las estructuras mencionadas anteriormente se encuentran localizadas sobre el alineamiento de la aducción.

- Túnel 1 abscisa K11+692 – K11+962
- Túnel 2 abscisa K11+211 – K11+572
- Vía abscisa K11+962 - K11+211

Ambos túneles cuentan con una sección en herradura como se observa en la Ilustración 8-605.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-60 Túnel – Sección en herradura**



Fuente: Consultor

En los costados de la parte inferior se ubican las cuentas, la placa huella presenta fallas de hundimiento, de igual manera las cunetas se encuentran colmatadas, y su sección se encuentra deteriorada como se percibe en la Ilustración 8-616.

**Ilustración 8-61 Túnel – Estructura del pavimento**



Fuente: Consultor

### 8.1.6.3 Planteamiento

Del análisis de las estructuras en este tramo se observa que se encuentran deterioradas, con el fin de mejorar la calidad de estas se realizará una adecuación a la parte inferior de



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

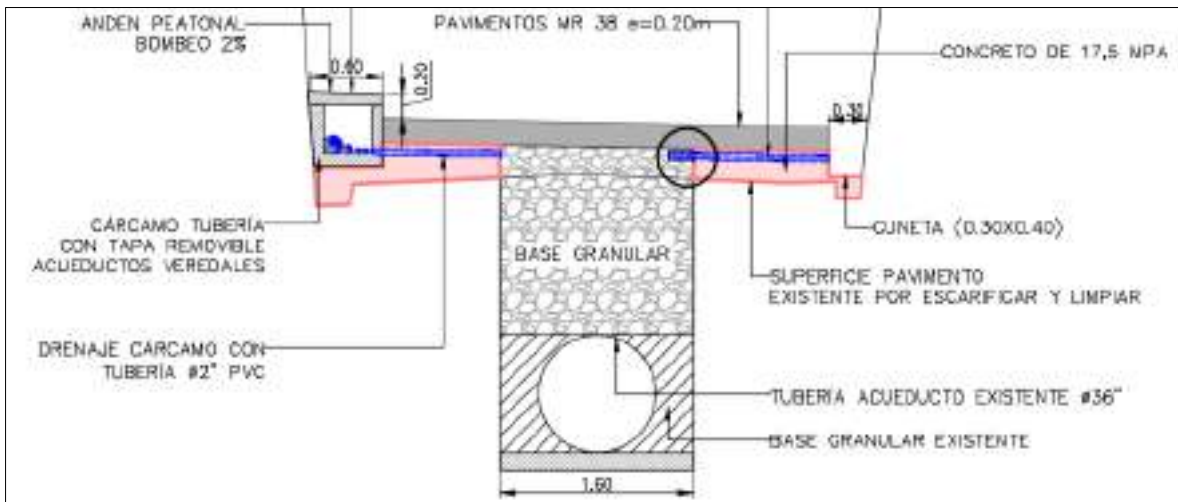
**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



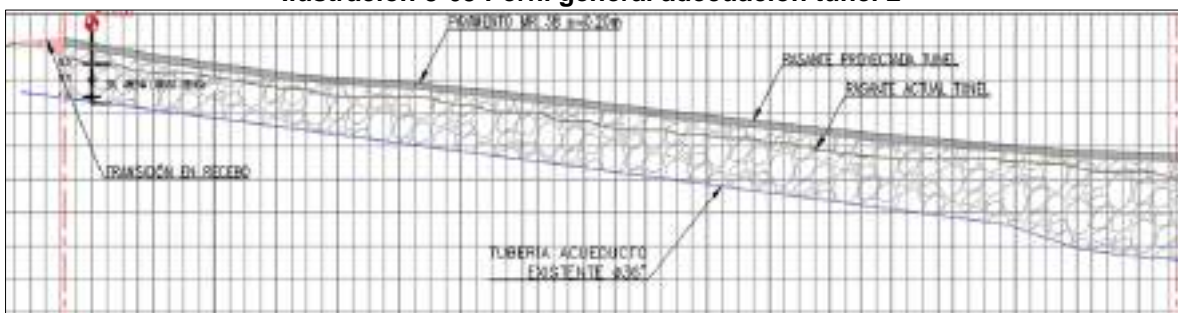
los túneles como se muestra en la Ilustración 8-627. Donde se obtendrá el mejoramiento del fondo, mediante un pavimento con concreto de MR 38 y con un bombeo en dirección a una cuneta, la que a su vez drenará a una caja localizada al final del túnel, que posteriormente dispondrá el agua a la quebrada. Es importante mencionar que actualmente las tuberías de los acueductos comunitarios de esta zona atraviesan los túneles, por ello fue necesario considerar un cárcamo con tapa removible lo cual permitirá su inspección en caso de requerir hacer reparaciones en las tuberías, este cárcamo servirá a la vez de andén peatonal con el objetivo de garantizar la seguridad de las personas que transitan a diario por estas estructuras.

**Ilustración 8-62 Túnel – Sección transversal adecuada**



Fuente: Consultor

**Ilustración 8-63 Perfil general adecuación túnel 2**



Fuente: Consultor





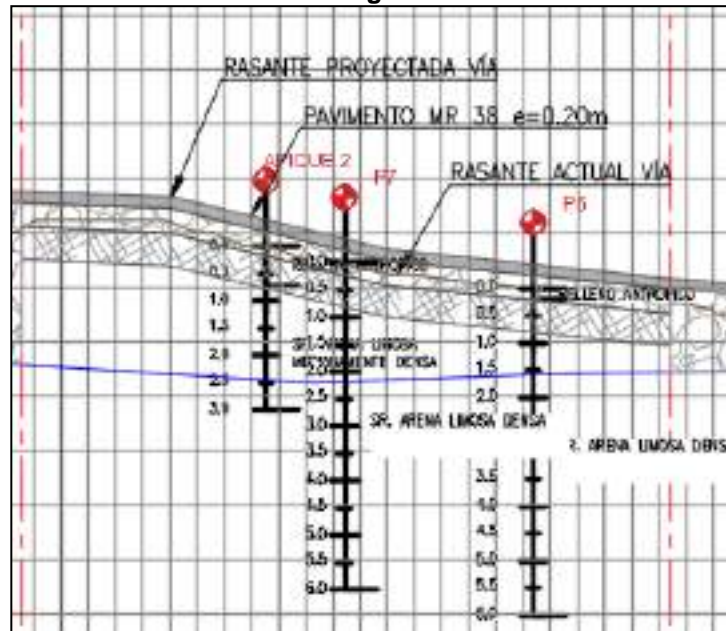
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1

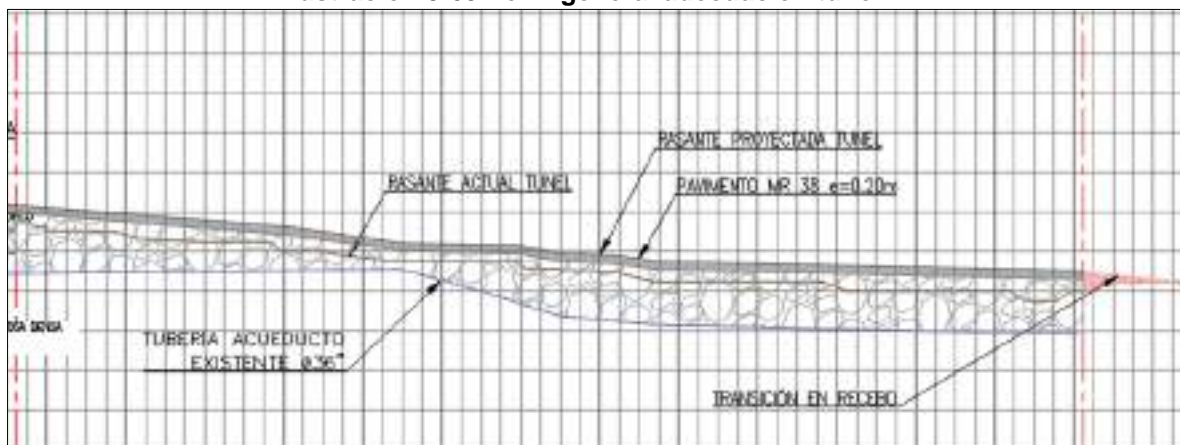


Ilustración 8-64 Perfil general adecuación vía



Fuente: Consultor

Ilustración 8-65 Perfil general adecuación túnel 1



Fuente: Consultor

Garantizando una continuidad en el trayecto se establece una sección de vía entre los dos túneles con las características que se muestran en la Ilustración 8-66. Planteando un bombeo de 2% y así drenar por escorrentía a los costados de la berma de la vía.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-66 Pavimento – Sección vía



SECCIÓN TÍPICA VÍA

Fuente: Consultor

El manejo de las aguas de infiltración y de escorrentía se realiza por medio de las cunetas proyectadas y el punto de descarga para cada túnel se identifica a continuación. El planteamiento realizado se puede ver a detalle en los planos hidráulicos presentados en el Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos.

Ilustración 8-67 Pavimento – Sección vía



Fuente: Consultor

8.1.7 PUENTE 12: Tramo K12+750 a K12+646

8.1.7.1 Visita de campo y recopilación de información

El día 05 de agosto del presente año se realizó una visita de campo en conjunto con el IBAL y la APP Gica con el objetivo de poder hacer un reconocimiento de campo de las obras en ejecución y posibles alternativas de paso para las tuberías de acueducto, necesarias proyectar.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Dentro de las obras requeridas se tiene el tramo faltante de aducción de 104 m en total desde el punto de empalme aguas arriba del puente 12 y aguas abajo del mismo, mostrada a continuación.

**Ilustración 8-68 Localización General Tubería Aducción**



Fuente: Consultor

Mediante la visita de campo realizada, fue posible identificar las diferentes labores de estabilización que han realizado sobre este punto de interés y lo cual será determinante para la ejecución de las obras del paso proyectado. A continuación, se presenta el registro fotográfico de la zona.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-69 Puente 12 – Vista general No.1**



Fuente: Consultor

**Ilustración 8-70 Puente 12 – Vista general No.2**



Fuente: Consultor





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-71 Puente 12 – Obras estabilización aguas arriba margen izquierdo**



Fuente: Consultor

**Ilustración 8-72 Puente 12 – Obras estabilización aguas arriba margen derecho**



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-73 Puentes 12 – Obras estabilización aguas abajo margen derecho**



Fuente: Consultor

**Ilustración 8-74 Puentes 12 – Obras estabilización aguas abajo margen izquierdo**



Fuente: Consultor





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Una vez realizada la visita de campo e identificación de puntos críticos para la solución de diseño se procedió a la solicitud de información a la APP en relación a estudios de geotécnica y topografía actualizada de la zona. De esto, fue posible obtener los resultados de los sondeos con lo cual se procedió a realizar el análisis geotécnico para garantizar la correcta cimentación del pasos y anclajes necesarios.

Adicionalmente fueron remitidos los planos estructurales de la zona de interés, con lo cual se estableció la localización detallada del puente y fue tomado como punto de referencia para la localización de la estructura de cercha al lado del mismo.

Por último, en relación a la información topográfica actualizada no fue posible acceder a la misma, por lo tanto, se estableció la necesidad de realizar labores de campo adicionales con el objetivo de obtener información detallada y proceder al diseño detallado del paso en específico. En el siguiente capítulo se presentan las labores de campo desarrolladas en relación a este componente.

#### **8.1.7.2 Planteamiento paso elevado**

Una vez realizadas las labores de visita de campo y topografía de la zona, fue posible establecer que teniendo en consideración el espacio disponible entre las obras de la vía, casas existentes y obras de estabilización, el planteamiento de una alternativa de paso sin zanja para este caso no resulta óptimo y sería necesario intervenir y reubicar domicilios, adicional a tener que intervenir la franja de la Variante Ibagué – Armenia con el objetivo de poder conectar al punto de empate del tramo ya existente que atraviesa esta misma vía, ya que no sería posible realizar el cruce sin zanja en el mismo punto del Puente 12 donde se localiza la tubería existente.

#### **8.1.7.3 Planteamiento general**

Considerando estas premisas, la consultoría presenta el planteamiento de un paso elevado por medio de una cercha de acero de 44m de largo aproximadamente, contigua al puente vehicular y con cimentación profunda, ilustrada a continuación.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1

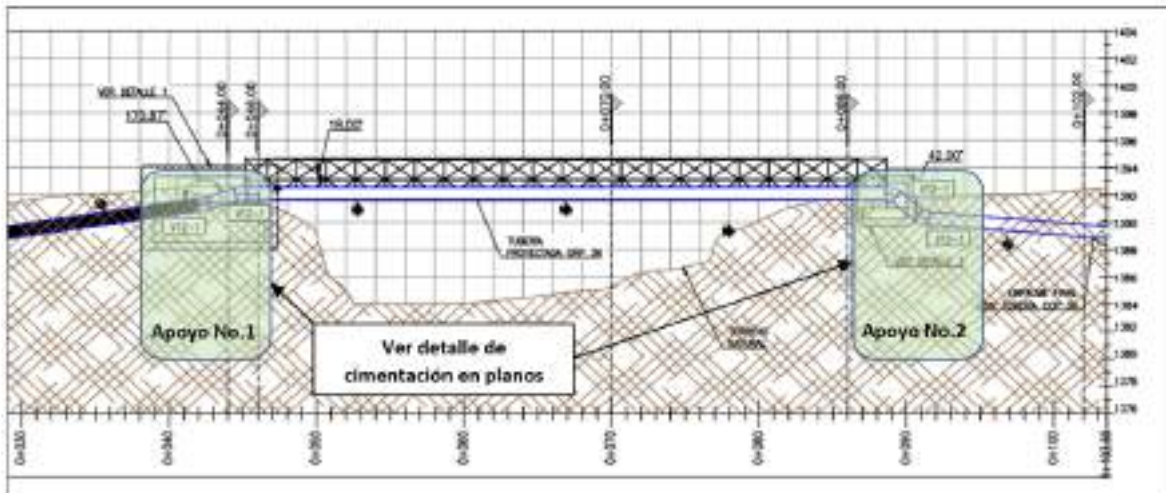


Ilustración 8-75 Planta General



Fuente: Consultor

Ilustración 8-76 Perfil General



Fuente: Consultor

El tipo de cimentación profunda fue establecida con base en los requerimientos de la APP y con el objetivo de garantizar la estabilidad de las obras de forma independiente, por esto y considerando las obras de estabilización existentes, a la hora de la ejecución de la cimentación del paso elevado se deberá tener un procedimiento constructivo detallado y verificado para así no afectar los torones presentes en el talud. Se puede remitir a las especificaciones técnicas (ANEXO 5-COMPONENTE FINANCIERO) de estos componentes con el objetivo de cumplir los lineamientos establecidos para el proceso constructivo.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Teniendo en cuenta la interferencia de los anclajes al momento de ejecutar la excavación para la cimentación, se propone la construcción de caisson de 1.0 m de diámetro; para el apoyo 1 se estima una longitud de caisson de 15.0 m y contarán con base o pata ensanchada a 1.40m y la campana tendrá una altura de 1.80 m, se proyecta que hacia ese costado el caisson se apoye en el material correspondiente al saprolito de Granodiorita. Para el apoyo 2 se propone una longitud de caisson de 11.0 m sin ensanchamiento en la base, cuyo material de apoyo es el depósito fluvio torrencial del abanico de Ibagué.

Se puede remitir al ANEXO 1– COMPONENTE TOPOGRÁFICO en el cual se presentan los planos generales de la alternativa propuesta para el paso. Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de cálculo

### Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

Adicional a la tubería de aducción de 36” en GRP se proyecta emplear la misma estructura para atravesar la vía nacional con la tubería de distribución de 12” en GRP proyectada, que alimentara parte del área de la comuna 12 desde la Planta de Tratamiento Boquerón

**Ilustración 8-77 Tuberías de paso elevado**



Fuente: Consultor

Como se evidencia en el registro fotográfico presentado previamente, se cuentan con varias obras de estabilización de taludes que, limitan el espacio disponible para la cimentación requerida del paso elevado, por esto fue identificado en primera instancia el espacio disponible para la cimentación y posterior se establece el lineamiento de la tubería con base en esta ubicación. A continuación, se presenta la fotografía y localización general planteada.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-78 Ubicación seleccionada zapata aguas arriba**



Fuente: Consultor

**Ilustración 8-79 Localización zapatas proyectadas**



Fuente: Consultor

Aguas arribas se limita el espacio por el puente vehicular y el canal en concreto construido, por esto se ve la necesidad de emplear un codo con cambio de dirección horizontal y vertical (tridimensional) identificado como HV12-1, seguido de un codo vertical de 18° identificado como V12-1 para la tubería de Aducción mostrados a continuación.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-80 Perfil General



Fuente: Consultor

En esta zona se cuenta con una presión estática de 62 mca lo cual se traduce en un empuje de 70 Ton para una tubería de 36" en el eje XY, por tanto, se establece la necesidad de diseñar un anclaje especial que sea capaz de soportar los empujes horizontales y verticales del codo tridimensional, además del codo vertical. Considerando el espacio reducido y corta distancia entre estos dos codos (HV12-1 y V12-1), se proyecta diseñar un sistema conjunto de zapata y anclajes capaz de soportar los empujes resultantes por este cambio de dirección.

#### 8.1.7.4 Empujes resultantes, diseño zapata y anclaje

##### ▪ CALCULO EMPUJES

En primer lugar, para el cálculo de los anclajes se tuvo en cuenta los empujes resultantes en los componentes X, Y y Z de cada uno, en donde los empujes ubicados en el eje Z corresponden a aquellos perpendiculares al terreno, es decir, en sentido contrario al peso de los anclajes. El detalle del cálculo de los empujes actuantes se encuentra registrado en la memoria de cálculo hidráulico para anclajes en el anexo 4.1.

El resultado de cada uno de estos empujes se presenta a continuación para los anclajes ubicados al inicio y final del paso elevado:

Tabla 8-9 Resumen de los empujes actuantes sobre los anclajes

Empujes resultantes anclajes		
Tipo de empujes	Aguas arriba Cercha	Aguas abajo Cercha
Empuje Resultante X (Ton)	49,63	12,31
Empuje Resultante Y (Ton)	50,16	0,00
Empuje Resultante Z (Ton)	7,25	32,34
Empuje Resultante X, Y (Ton)	70,56	12,31





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Empujes resultantes anclajes		
Tipo de empujes	Aguas arriba Cercha	Aguas abajo Cercha
Angulo Empuje x, y (°)	45,30	0,00

Fuente: Consultor

Es importante mencionar los factores de seguridad utilizados, pues para el caso del diseño de los anclajes se tuvo un valor de 1.6 para mayorar los empujes actuantes, obteniendo como resultado los siguientes empujes mayorados:

**Tabla 8-10 Resumen de los empujes actuantes mayorados sobre los anclajes**

Empujes mayorados FS: 1,6		
Tipo de empujes	Aguas arriba Cercha	Aguas abajo Cercha
Empuje Resultante X (Ton)	79,41	19,69
Empuje Resultante Y (Ton)	80,25	0,00
Empuje Resultante Z (Ton)	11,60	51,74
Empuje Resultante X, Y (Ton)	112,90	19,69
Angulo Empuje x, y	45,30	0,00

Fuente: Consultor

## EMPUJES RESISTENTES

- **Cálculo de pesos de anclajes aguas arriba y aguas abajo de la cercha**

Ahora bien, una vez teniendo en cuenta los empujes actuantes de diseño se proceden a calcular las fuerzas resistentes. Estas fuerzas están directamente relacionadas con el peso total, por lo que se realiza la discriminación de pesos presentes en cada anclaje:

- **Peso paso elevado:** Dentro del paso elevado se encuentran la tubería proyectada en GRP de 36" de aducción y la tubería en GRP de 12" de distribución desde la PTAP Boquerón.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



$$\text{Peso tubería} = \text{longitud} * (\text{peso unitario agua}_{\text{tubería } 36''} + \text{peso unitario}_{\text{tubería } 12''})$$

$$\text{Peso unitario agua}_{\text{tubería } 36''} = \text{Área} * \text{Densidad agua} = 0.636 \text{ m}^2 * 1 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso unitario agua}_{\text{tubería } 36''} = 0.636 \text{ ton/m}$$

$$\text{Peso unitario}_{\text{tubería } 36''} = 0.066 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$\text{Peso tubería GRP } 36'' = 43.5 \text{ m} * (0.636 \text{ ton/m} + 0.066 \text{ ton/m}) = 30.52 \text{ ton}$$

$$\text{Peso unitario agua}_{\text{tubería } 12''} = \text{Área} * \text{Densidad agua} = 0.071 \text{ m}^2 * 1 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso unitario agua}_{\text{tubería } 12''} = 0.071 \text{ ton/m}$$

$$\text{Peso unitario}_{\text{tubería } 12''} = 0.010 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$\text{Peso tubería GRP } 12'' = 43.5 \text{ m} * (0.071 \text{ ton/m} + 0.010 \text{ ton/m}) = 3.53 \text{ ton}$$

$$\text{Peso cerca acero de } 43.5 \text{ m} = 30.00 \text{ ton}$$

$$\text{Peso total Paso elevado} = 64.05 \text{ Ton}$$

- **Peso Anclaje aguas arriba paso elevado:** En la siguiente ilustración se presenta las dimensiones del anclaje:



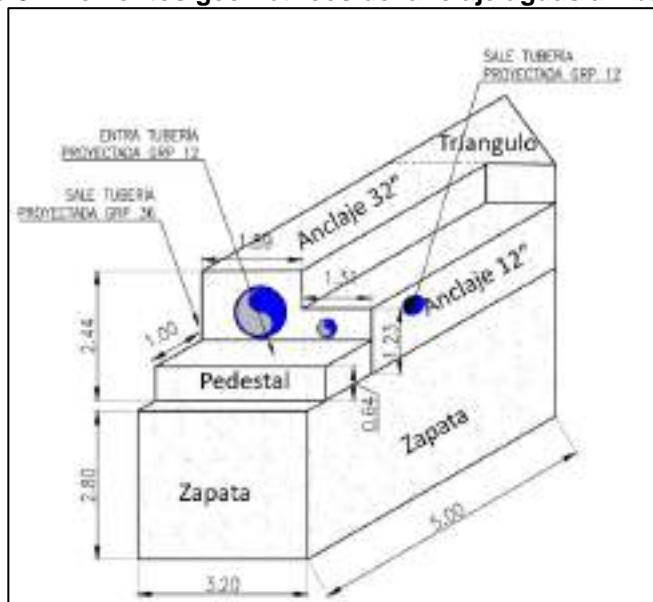
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-81 Elementos geométricos del anclaje aguas arriba de la cercha**



Fuente: Consultor

Teniendo en cuenta la geometría del anclaje, se dividió en figuras geométricas con el fin de calcular los pesos individuales y luego sumarlos cada uno para conocer el peso total del anclaje. Adicionalmente, se utilizó la densidad del concreto reforzado como 2.4 ton/m<sup>3</sup> y los cálculos en detalle se presentan a continuación:

**Tabla 8-11 Peso calculado de concreto del anclaje aguas abajo de la cercha**

Concretos anclaje agua arriba cercha				
Elemento	Base	Largo (m)	Altura (m)	Peso (ton)
Zapata	3,2	5	2,8	107,52
Pedestal	3,2	1	0,64	4,92
Anclaje Abajo Clave 36"	1,89	1,15	1,64	6,80
Anclaje Arriba Clave 36"	1,89	1,15	0,3	1,56
Anclaje tubería 12"	1,31	1,15	1,23	4,23
Anclaje superior zapata 1	1,31	2,45	1,23	9,47
Anclaje superior zapata 2	1,75	2,45	1,95	20,07
Triangulo	3,2	2,6	4,75	47,42
Peso concreto				201,99

Fuente: Consultor

- **Peso Anclaje aguas abajo paso elevado:** En la siguiente figura se presentan las dimensiones del anclaje:



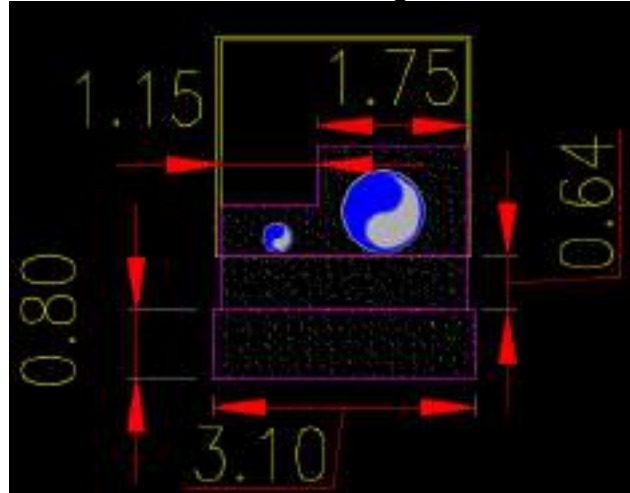
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-82 Dimensiones de los elementos geométricos del anclaje aguas abajo**



Fuente: Consultor

Teniendo en cuenta la geometría del anclaje, se dividió en figuras geométricas con el fin de calcular los pesos individuales y luego sumarlos cada uno para conocer el peso total del anclaje. Adicionalmente, se utilizó la densidad del concreto reforzado como 2.4 ton/m<sup>3</sup> y los cálculos en detalle se presentan a continuación:

**Tabla 8-12 Peso calculado de concreto del anclaje aguas abajo de la cercha**

Concretos anclaje agua abajo cercha				
Elemento	Base	Largo (m)	Altura (m)	Peso (ton)
Zapata	3,1	3,1	0,8	18,45
Pedestal	2,9	1	0,64	4,45
Anclaje Abajo Clave 36"	1,75	1,4	1,64	7,51
Anclaje Arriba Clave 36"	1,75	1,4	0,3	1,76
Anclaje Tubería 12"	1,15	1,4	1,23	4,48
Peso concreto				36,66

Fuente: Consultor

- **Peso de codo tubería aguas arriba cercha:** Cada codo de la tubería de GRP posee una longitud de desarrollo propia del ángulo de deflexión, por ejemplo, para el codo de 90° y una tubería de 36", se necesitan 3 m de longitud de desarrollo. Esta longitud debe estar recubierta por concreto (anclaje) en un 100%. Teniendo en cuenta lo anterior, se encontraron los pesos de la tubería llena de agua que se encuentra embebida dentro del concreto:

$$Peso\ codo_x^\circ = Longitud * (peso\ unitario\ agua + peso\ unitario\ tubería)$$

Se realiza el cálculo para la tubería de 36":



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



$$Peso\ codo_{90^\circ} = 3m * \left( 0.636 \frac{ton}{m} + 0.066 \frac{ton}{m} \right) = 2.1\ ton$$

$$Peso\ codo_{18^\circ} = 1m * \left( 0.636 \frac{ton}{m} + 0.066 \frac{ton}{m} \right) = 0.70\ ton$$

$$Peso\ tubería = 2.5m * \left( 0.636 \frac{ton}{m} + 0.066 \frac{ton}{m} \right) = 1.755\ ton$$

Se realiza el mismo procedimiento para la tubería de 12":

$$Peso\ tubería = 1.5m * \left( 0.070 \frac{ton}{m} + 0.010 \frac{ton}{m} \right) = 0.122\ ton$$

$$Peso\ Tota\ tuberías = (2.1 + 0.70 + 1.755 + 0.122)Ton = 4.68\ ton$$

- **Peso codo tubería aguas abajo cercha:** Para el codo de 45° de una tubería de GRP de 36" se requiere una longitud de desarrollo total de 1.6 m. Con esta longitud y con el área de la tubería se calculó el peso de agua y tubería presente en este codo:

Se realiza el cálculo para la tubería de 36":

$$Peso\ codo_{45^\circ} = 1.6m * \left( 0.636 \frac{ton}{m} + 0.066 \frac{ton}{m} \right) = 1.12\ ton$$

Se realiza el mismo procedimiento para la tubería de 12":

$$Peso\ tubería = 1m * \left( 0.070 \frac{ton}{m} + 0.010 \frac{ton}{m} \right) = 0.08\ ton$$

Teniendo en cuenta todos los pesos anteriormente calculados, se presenta un resumen del peso total que debe resistir el suelo:

$$Peso_{Total} = Peso_{concreto} + Peso_{cercha} + Peso_{codos}$$

$$Peso\ total_{aguas\ arriba\ cercha} = 201.99\ ton + \frac{64.05}{2}\ ton + 4.68\ ton = 238.70\ Ton$$

$$Peso\ total_{aguas\ abajo\ cercha} = 36.66\ ton + \frac{64.05}{2}\ ton + 1.12\ ton = 69.811\ Ton$$

- Evaluó de cargas por fricción

Ahora bien, conociendo los pesos de los anclajes y sus dimensiones, se calculan los empujes resistentes, los cuales están relacionados con las características del suelo. Los parámetros del suelo presentes en la zona se presentan en detalle en el capítulo de geotecnia. A continuación, se expone un resumen de los mismos:

**Tabla 8-13 Parámetros del suelo de puente 12**

Parámetros del suelo	
Ka	0,41





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Parámetros del suelo	
Kp	2,46
Kp-Ka	2,05
Cohesión (kPa)	2,4
coef. Fricción	0,36
Gama seco (ton/m3)	1,62

Con estos parámetros, se procedió a calcular el empuje resistente por fricción y cohesión, para cada uno de los anclajes así:

$$\text{Empuje resistente}_{\text{Fricción}} = \text{Coeficiente Fricción} * \text{Peso anclaje}$$

$$\text{Empuje resistente}_{\text{Cohesión}} = \text{Cohesión} * (\text{área de contacto})$$

**Tabla 8-14 Revisión de empujes resistentes por fricción del anclaje aguas arriba de la cercha**

Revisión de cumplimiento de empujes por fricción						
	Empuje Actuante (ton)	Empuje Actuante mayorado (Ton)	Fuerza de Fricción (ton)	Fuerza de cohesión (ton)	Fuerza resistente Total (ton)	¿Cumple?
Empuje Resultante X, Y	70,56	112,90	85,93	4,93	90,86	No cumple

Fuente: Consultor

**Tabla 8-15 Revisión de empujes resistentes por fricción del anclaje aguas abajo de la cercha**

Revisión de cumplimiento de empujes por fricción				
	Empuje Actuante (ton)	Empuje Actuante mayorado (Ton)	Fuerza de Fricción (ton)	¿Cumple?
Empuje Resultante X, Y (Ton)	12,31	19,69	25,132	Si cumple

Fuente: Consultor

Teniendo en cuenta el anterior evalúo de cargas, se identifica que para el anclaje ubicado aguas arriba de la cercha, no se tiene un cumplimiento de los empujes actuantes por medio de los empujes de fricción y cohesión con el factor de seguridad aplicado para esta condición de estudio (F.S=1,6). Sin embargo, el anclaje ubicado aguas abajo de la cercha si cumple con los empujes actuantes por medio de la fuerza de fricción, por lo tanto, no será necesario profundizar el anclaje o calcular los empujes pasivos y activos del suelo en esta zona.

- Evalúo de cargas por empuje activo y pasivo del suelo

En primer lugar, el anclaje al cual es necesario realizarle el análisis de empujes activos y pasivos generados por el suelo, corresponde a las ubicadas aguas arriba de la cercha. Esto debido a que los empujes resistentes por fricción y por cohesión no son suficientes para las



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



cargas solicitadas como se presentó previamente. Sin embargo, es importante mencionar que para el evalúo de empujes pasivos y activos del suelo, es necesario aumentar el empuje actuante por un factor de seguridad de 3. Esto ya que, al utilizar las propiedades mecánicas del suelo, se tiene una mayor incertidumbre en sus parámetros encontrados en laboratorio. Así, los nuevos empujes con el factor de seguridad se presentan a continuación:

**Tabla 8-16 Empujes mayorados con FS= 3**

<b>Empujes resultantes mayorados accesorios</b>	
<b>Tipo de empujes</b>	<b>Aguas arriba Cercha</b>
Empuje Resultante X (Ton)	148.90
Empuje Resultante Y (Ton)	150.47
Empuje Resultante Z (Ton)	21.75
Empuje Resultante X, Y (Ton)	211.69
Angulo Empuje x, y	45.30

Fuente: Consultor

Teniendo en cuenta el ángulo resultante del empuje generado en esta zona por los accesorios y la insuficiencia del suelo en relación a fricción y cohesión para soportar el mismo, se establecido la necesidad de proyectar una zona triangular en el anclaje, la cual se localiza perpendicular a la dirección del empuje actuante.

Para el cálculo de los empujes pasivos del muro, se ubicaron las superficies del anclaje donde se generará estas fuerzas.



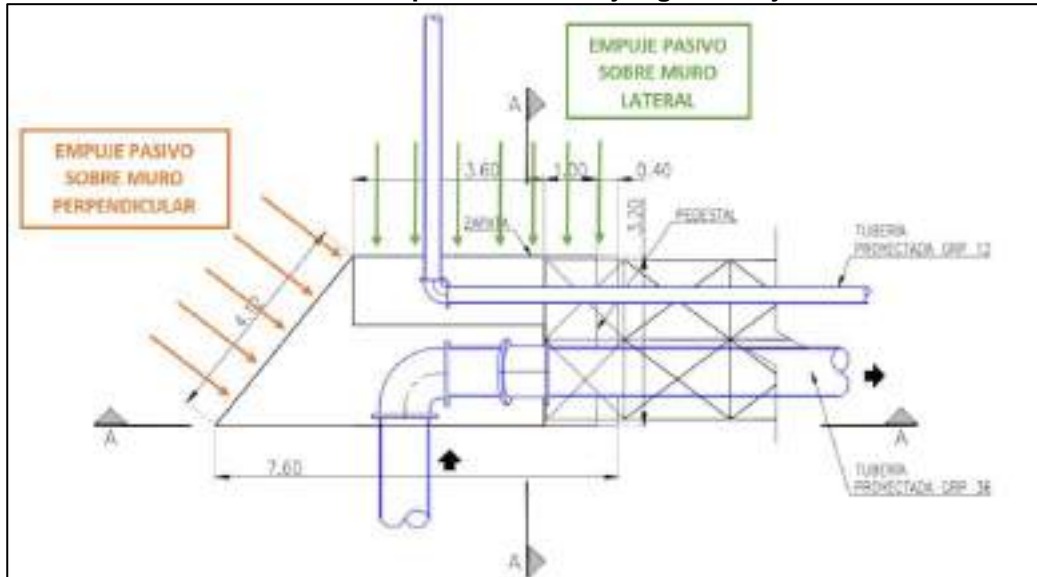
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1

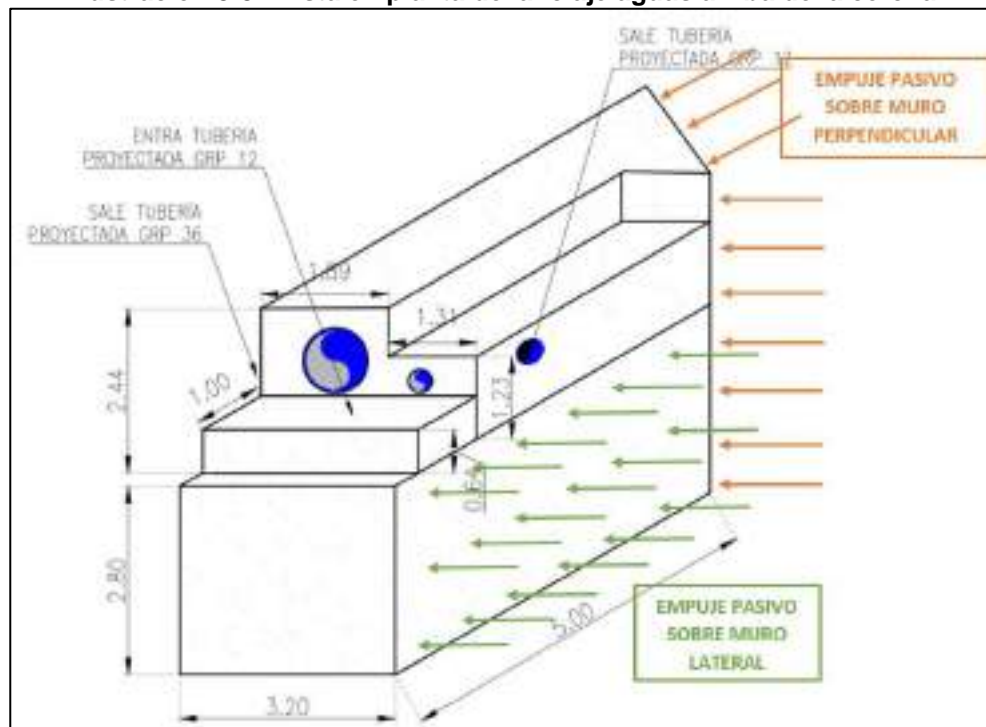


Ilustración 8-83 Vista en planta del anclaje aguas abajo de la cercha



Fuente: Consultor

Ilustración 8-84 Vista en planta del anclaje aguas arriba de la cercha



Fuente: Consultor



IEH GRUCÓN S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Sin embargo, cabe mencionar que el empuje pasivo sobre el muro lateral al no estar perpendicular a la fuerza actuante ejercida sobre el codo de 90°, se verá disminuido por el ángulo de diferencia entre estos dos empujes (actuante y pasivo) ya que se calcula el empuje proyectado en esta dirección.

Ahora bien, las ecuaciones para calcular los empujes pasivos y activos se presentan a continuación

$$Empuje_{activo} = (Gama\ seco_{suelo} * h * Ka) * \frac{h}{2} * L$$

$$Empuje_{pasivo} = (Gama\ seco_{suelo} * h * Kp) * \frac{h}{2} * L$$

Debido a que el área de contacto es igual para el empuje activo como para el pasivo, se restan estos dos coeficientes y se encuentra el empuje pasivo resultante del anclaje:

**Tabla 8-17 Cálculo de empujes pasivos ejercidos por el suelo**

Cálculo de fuerza pasiva y activa					
Elemento	Largo (m)	Altura (m)	Presión (m)	Empuje Suelo unitario (Ton/m)	Empuje Suelo (ton)
Muro perpendicular a Empuje suelo	4.12	3.75	12.45	23.35	96.21
Muro lateral a Empuje suelo	2.26	3	9.96	14.94	33.77
Empuje Total					129.98

Fuente: Consultor

Ahora bien, una vez conocido el empuje pasivo del anclaje, se procede a realizar la verificación de cargas:

**Tabla 8-18 Cumplimiento de empujes XY por fricción, cohesión y empujes pasivos**

Revisión de cumplimiento de empujes de suelo						
	Empuje Actuante (ton)	Empuje Actuante mayorado (Ton)	Fuerza de Fricción (ton)	Fuerzas activas y pasivas (ton)	Fuerza resistente Total (ton)	¿Cumple?
Empuje Resultante X, Y (Ton)	70.56	211.69	84.25	129.98	214.23	Si cumple

Fuente: Consultor

De este modo, el empuje actuante aguas arriba de la cercha es inferior al empuje total resistente, correspondiente a la sumatoria de empujes pasivos, por fricción y por cohesión.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- **Resumen de empujes**

A continuación se presenta un resumen del cumplimiento de los diferentes empujes presentes en X, Y y Z, para los dos anclajes del paso elevado.

**Tabla 8-19 Verificación de cumplimiento de empujes en XY**

Verificación Empujes actuantes y resistentes en XY				
Anclaje	Empuje Actuante XY (ton)	Empuje Actuante XY mayorado(ton)	Empuje resistente (ton)	¿Cumple?
Aguas arriba de la cerca	70.56	211.688	220.84	Si cumple
Aguas abajo de la cerca	12.31	19.691	27.48	Si cumple

Fuente: Consultor

**Tabla 8-20 Verificación de cumplimientos de empujes en Z**

Verificación Empujes actuantes y resistentes en Z				
Anclaje	Empuje Actuante Z (ton)	Empuje Actuante Z mayorado(ton)	Empuje resistente (ton)	¿Cumple?
Aguas arriba de la cerca	7.25	11.602	238.70	Si cumple
Aguas abajo de la cerca	32.34	51.743	69.81	Si cumple

Fuente: Consultor

De los cálculos realizados se obtiene un diseño de anclaje y zapata conjunta en un solo elemento. Obteniendo una estructura de 202 Ton (84 m<sup>3</sup> de concreto) aproximadamente para el soporte aguas arriba y una estructura de 37 Ton (15 m<sup>3</sup> de concreto) aproximadamente para el soporte aguas abajo. Se puede remitir al ANEXO 1– COMPONENTE TOPOGRÁFICO en el cual se presentan los planos generales de la alternativa propuesta para el paso.

#### 8.1.7.5 Trazado propuesto tuberías

La tubería de aducción se empata a los tramos ya existentes aguas arriba y aguas abajo de la cerca, por lo tanto, no será necesario intervenir en la franja de la Variante Ibagué – Armenia para la aducción. Por otra parte, la tubería de distribución de 12” en GRP que viene desde PTAP Boquerón es en su totalidad proyectada y por lo tanto será necesario proyectar obras a lo largo de la franja vial.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-85 Empate aducción**



Fuente: Consultor

**Ilustración 8-86 Ubicación tubería de distribución proyectada**



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-87 Trazado propuesto tubería distribución**



Fuente: Consultor

Como es posible identificar en las ilustraciones presentadas, la tubería de distribución se proyecta trazar sobre el talud en la parte donde no se cuenta con estructuras de estabilización, con el objetivo de no comprometer las obras existentes en el proceso de excavación de zanja de la misma. Una vez se alcanza el nivel de la nueva vía, se traza el alineamiento entre el espacio disponible entre la berma y el canal de concreto como se puede evidenciar en la siguiente fotografía. Se puede remitir al ANEXO 1– COMPONENTE TOPOGRÁFICO en el cual se presentan los planos generales de la alternativa propuesta para el paso.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-88 Ubicación sobre berma de tubería de distribución**



Fuente: Consultor

Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4—COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

**8.1.8 DERIVACIÓN BOQUERÓN: Tramo 12+960**

**8.1.8.1 Descripción**

Este tramo corresponde al punto de derivación de la aducción que viene desde la Bocatoma en Ø36” y se deriva hacia la PTAP Boquerón en Ø14” y hacia la PTAP La Pola en Ø24”. Se encuentra ubicado en la intersección de la carrera 38 sur con la calle 21, sector residencial sobre una vía pavimentada y en buen estado. El trazado existente de la aducción viene por la calle 38 sur y se deriva (mediante un Ye existente) por la calle 21 hacia el sur con rumbo a la PTAP Boquerón, y hacia el norte con destino a la PTAP La Pola.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-89 Derivación Boquerón**



Fuente: Google Maps. Street view. Julio 2019





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-90 Derivación hacia PTAP La Pola (derecha) y hacia PTAP Boquerón (izquierda)**



Fuente: Consultor

#### 8.1.8.2 Planteamiento del trazado

Considerando los puntos de conexión y derivación de la tubería instalada se tiene proyectada la continuación del trazado de la red de aducción hacia PTAP La Pola aguas abajo de Yee en HD ya existente, de esta forma se complementan los 19 m de tubería faltantes aproximadamente, se incluye una válvula mariposa y piezómetro en este tramo con el objetivo de poder realizar la modificación del funcionamiento del sistema y permitir el paso o cierre del paso de agua cruda hacia la Planta existente. Por otra parte, hacia PTAP Boquerón se realiza la conexión a la tubería de CCP 36" ya instaladas aguas abajo del codo, proyectando en este ramal de igual forma una válvula mariposa de 14" de diámetro que permanecerá cerrada hasta la construcción de las obras completas de la planta proyectada.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



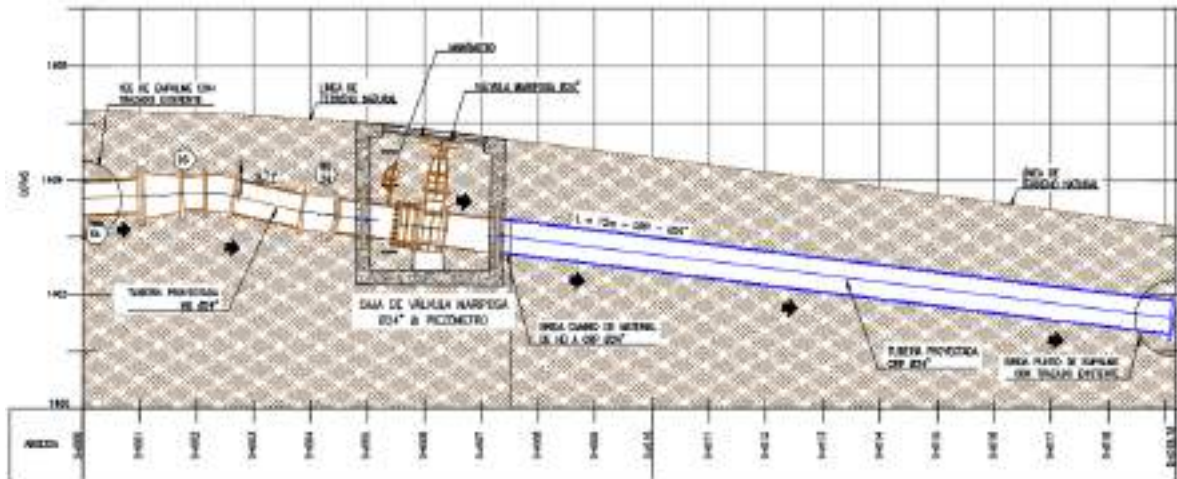
**Ilustración 8-91 Ye derivación PTAP La Pola - PTAP Boquerón**



Fuente: Consultor

Como se mencionó, hacia la PTAP La Pola se realizará conexión a la Yee existente de 36". Teniendo en cuenta la derivación de caudal hacia los dos puntos mencionados, se tiene por ende una reducción de diámetro en la tubería proyectada, por lo que se contempla para este sector una reducción de 36" a 24" en HD para posteriormente conectarse a una caja de válvula mariposa y piezómetro (que permitirá el control de flujo y monitoreo de presión) antes de conectarse a la tubería de 24" en GRP existente con destino a la PTAP La Pola.

**Ilustración 8-92 Perfil derivación Yee hacia PTAP La Pola**



Fuente: Consultor

La derivación hacia la PTAP Boquerón cuenta con una tubería de CCP 36" instalada hasta unos 8.0m aguas abajo de la Ye, punto en el que se ha contemplado la construcción a una caja de válvula de mariposa para el control y cierre de flujo y posterior conexión al tramo de llegada a la PTAP Boquerón.



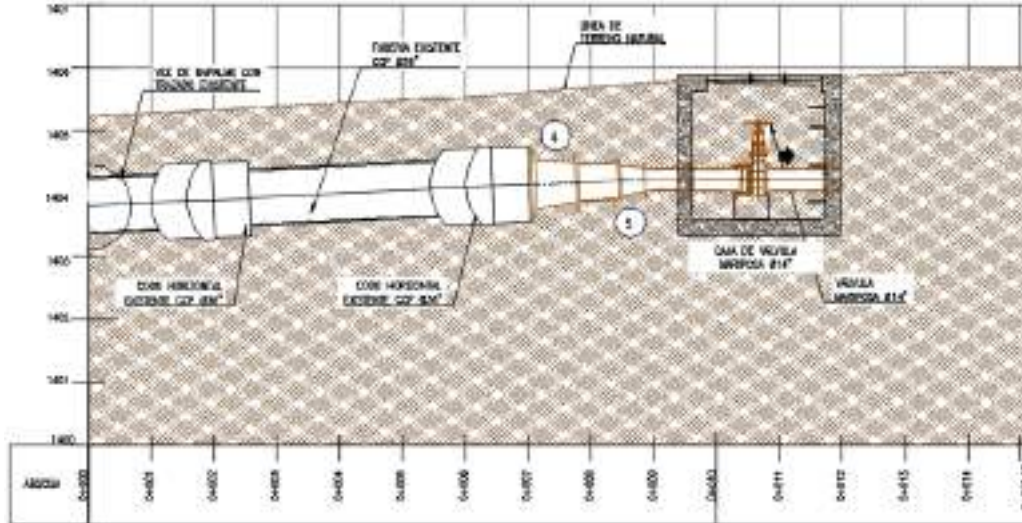
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-93 Perfil derivación Yee hacia PTAP Boquerón



Fuente: Consultor

Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de cálculo

### Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4—COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

#### 8.1.9 PASO COMBEIMA: Tramo K17+952 a K18+090

##### 8.1.9.1 Visita de campo y recopilación de información

El viaducto del Combeima ya se encuentra construido y corresponde a una cercha metálica de 104.10 m de luz y como se puede identificar en el registro fotográfico la tubería de Conducción de 32" ya fue instalada, sin embargo es necesario proyectar la instalación de la tubería de Aducción de 24". Dentro de las obras requeridas se tiene el tramo faltante de aducción de 146 m en total desde el punto de empate aguas arriba K17+952, hasta el punto aguas abajo K18+090.

##### 8.1.9.2 Descripción

Tramo que corresponde, principalmente, a la sección del viaducto Combeima en la cual convergen (en sentidos opuestos) las líneas de aducción y conducción. El viaducto se eleva sobre el río Combeima y un valle/planicie que discurre en paralelo al río.

Mediante la visita de campo realizada fue posible identificar las diferentes labores y estructuras que han realizado sobre este punto de interés, con el fin de realizar el empalme del trazado. A continuación, se presenta el registro fotográfico de la zona:



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-94 Tramo “Combeima” Vista general**



Fuente: Consultor

**Ilustración 8-95 Obras de adecuación y estabilización de puntos críticos**



Fuente: Consultor

### 8.1.9.3 Planteamiento del trazado

Se ajusta el alineamiento inicialmente planteado considerando la alta presión en este punto, se contempla la distribución de los empujes causados por la presión mediante la ubicación de anclajes y cuatro codos consecutivos con deflexiones bajas ( $\Delta < 30^\circ$ ). De los anclajes proyectados, se tiene uno compuesto para un codo 3D y uno vertical consecutivos, ubicado a la salida de la curva que entra al viaducto (en el sentido del flujo). No hay deflexiones



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



horizontales o verticales en las conexiones de las líneas de entrada y salida, se empatan con las mismas líneas de pendiente de las tuberías instaladas.

- Presión estática: 237 mca – PN 25
- Tubería y accesorios: GRP 24"
- Codos horizontales: K17+944.7 16.31°; K17+952.6 27.97°;
- Codo 3D: K17+957.1 32.01°H - 45.35°V
- Codos verticales: K17+958.6 43.84°;
- Anclajes: K17+944.7 16.31°; K17+952.6 27.97°; K17+957.1 32.01°H-45.35°V; K17+958.6 43.84°.





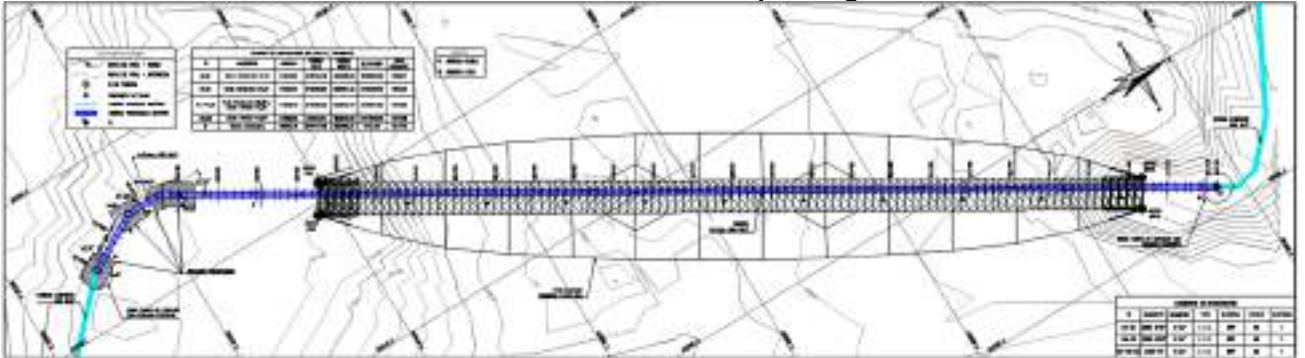
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1

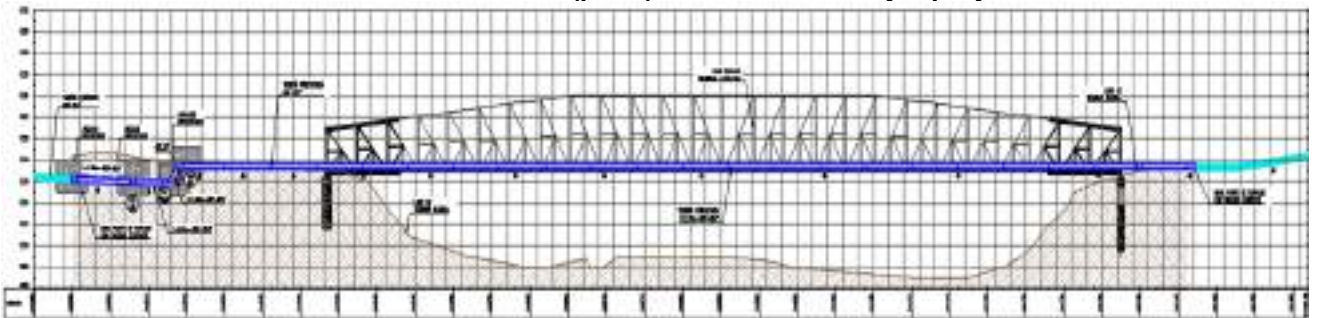


Ilustración 8-96 Alineamiento horizontal planta general



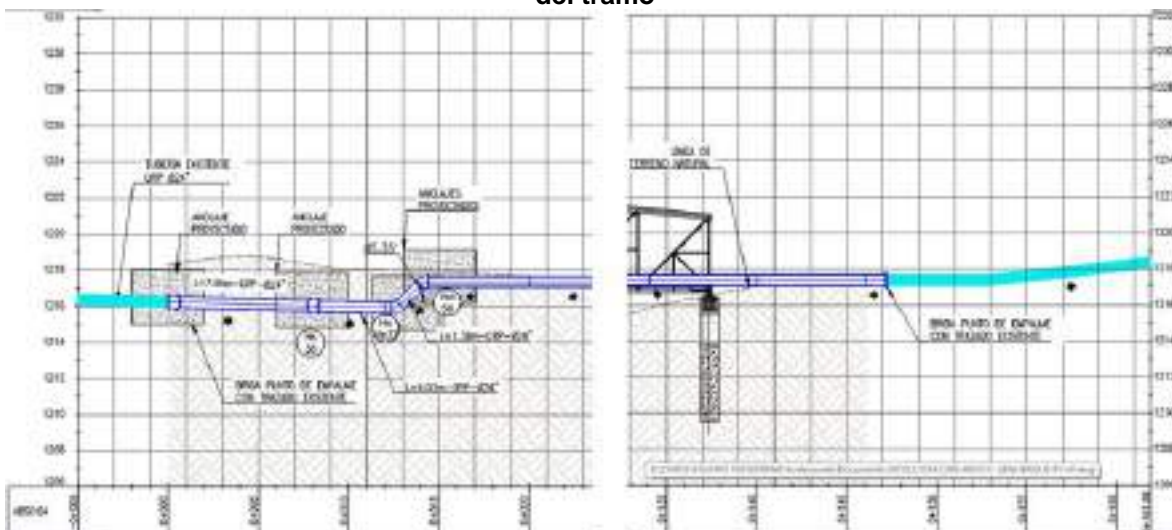
Fuente: Consultoría.

Ilustración 8-97 Alineamiento vertical (perfil) – Ubicación anclajes proyectados



Fuente: Consultoría.

Ilustración 8-98 Ubicación anclajes proyectados y conexiones aguas arriba y aguas abajo del tramo



Fuente: Consultoría.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



El cálculo de los anclajes a detalle son presentados de forma independiente en el capítulo 0 Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

ANCLAJES. Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

### **8.1.10 LLEGADA LA POLA: K19+181**

#### **8.1.10.1 Descripción general**

Llegando a la PTAP La Pola, se tiene un tramo sin construir que empataría el trazado de la aducción que viene del río Cocora, en las coordenadas: N: 984178.58 y E: 869927.09.

Este tramo faltante se empata sobre la vía pavimentada, con un diámetro de 24” y material GRP, detallada tal y como se muestra en la siguiente imagen:



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-99 Punto de empalme**



Fuente: Consultor

### 8.1.10.2 Propuesta

Se proyecta la instalación de tubería en GRP de 24" con una brida o punto de empalme entre la tubería existente y el nuevo trazado con una distancia de 81.59m hasta la caja de válvula de ventosa proyectada dentro del lote de la PTAP La Pola.

Esta tubería empata con las estructuras de disipación proyectadas en el numeral 8.1.11

### 8.1.11 ESTRUCTURAS DE DISIPACIÓN LLEGADA LA POLA

#### 8.1.11.1 Descripción general

La planta de tratamiento de agua potable "La Pola", está dividido en dos trenes de tratamiento:

La planta No. 1 tiene estructuras como: Cárcamo, caseta, zona de coagulación, cámara de quiebre al que llega la aducción del río Combeima, floculadores, filtros, canaleta parshall y la tubería de conducción a la planta No.2 que sale de la cámara de quiebre existente en tubería de 32". La planta No.2 contiene las mismas estructuras de la No. 1.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-100 Ortofoto de plantas**



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-101 Planta No. 1**



Fuente: Consultor





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-102 Planta No.2



Fuente: Consultor

### 8.1.11.2 Levantamiento topográfico

Para el levantamiento en la planta de tratamiento de agua potable se utilizaron dos placas existentes denominadas IBAL-066-GPS-001 ubicada dentro de la planta de tratamiento No.2 y un punto P-415 ubicado sobre el tanque Belén a 100 metros de la planta de tratamiento.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Fotografía 8-1 Ubicación placas de amarre**



Fuente: Consultor

**Fotografía 8-2 Placa IBAL-066-GPS-001 y P-415**



Fuente: Consultor

Dentro del contrato N°092 de 2019 – “Consultoría para la Elaboración y/o Actualización del Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario y Pluvial en el Área Urbana de la Ciudad de



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



IBAGUÉ” se realizó trabajo de posicionamiento y nivelación de placas que se utilizaron como puntos de control para trabajos con tecnología LIDAR, donde se calcularon las coordenadas de estas placas por medio del sistema magnas sirgas origen Bogotá o central por medio de posicionamiento GNSS apoyados de placas de la red pasiva y activa del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, y para el cálculo de la cota se realizó una nivelación geométrica partiendo del placa IGAC 33A-TL-1.

**Fotografía 8-3 Posicionamiento Placa IBAL -066-GPS-001 y P-415**



Fuente: Consultor

### 8.1.11.3 Propuesta

Una vez realizadas las labores de visita de campo, el levantamiento de la topografía de la zona y teniendo en consideración el espacio disponible entre las obras existentes. Fue posible establecer el planteamiento de una alternativa donde se ubiquen las estructuras necesarias para la regulación de presión con la que viene la aducción de la Bocatoma del río Cocora, detallada a continuación.

La planta #1, está ubicado en un lote con borde superior y lateral izquierdo de zona verde, tal y como se detalla en la Ilustración 8-103





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-103 Espacio disponible para las estructuras de disipación**



Fuente: Consultor

Así mismo este, colinda con un predio en la parte superior de propiedad del IBAL, tal y como se detalla en la siguiente ilustración.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-104 Predio colindante



Fuente: Consultor

Estos dos predios son los que se proponen usar para la construcción de las estructuras necesarias para reducir las presiones que llegan de la aducción del río Cocora. Estas son las estructuras y su función:

- Caja con válvula de ventosa: para mantenimiento y expulsión de aire por zona alta.
- Caja con Filtro tipo Y: para captación de residuos
- Caja con macromedidor electromagnético: medidor de caudal
- Caja con válvulas de flujo anular: elemento que regula y controla la presión y caudal
- Tanque dissipador de energía: estructura captadora y dissipadora del flujo total

A continuación se presenta un esquema con los elementos mencionados:



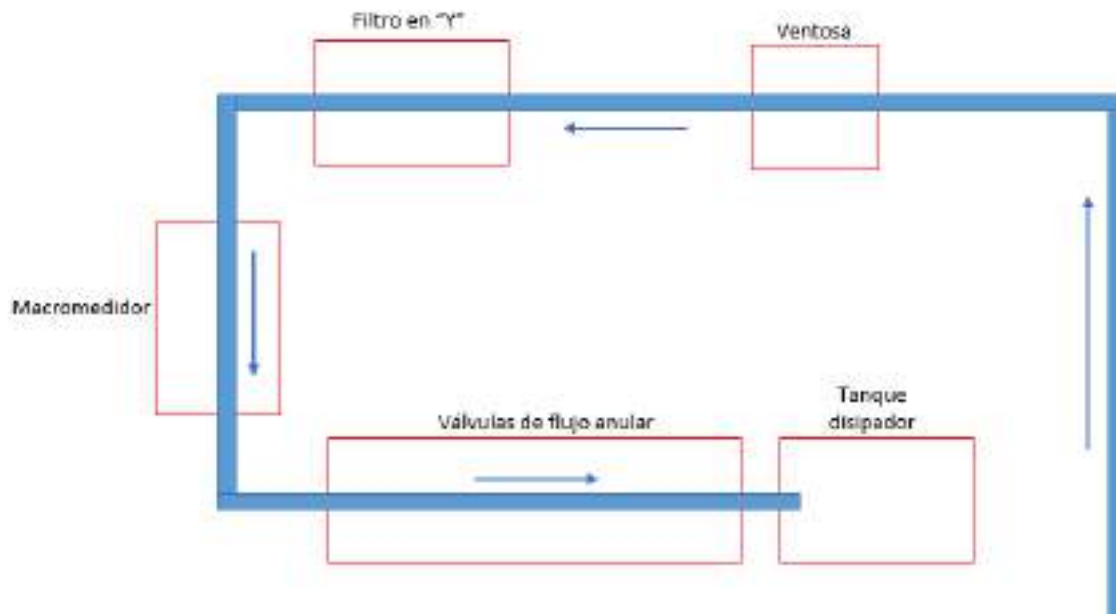
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-105 Esquema general de las estructuras de la Pola



Fuente: Consultor

Así mismo se deja un espacio en la mitad, pues el cliente a futuro proyecta la creación de una microcentral para aprovechar la energía con la que se llega a este punto.

Siendo esta propuesta planteada como la mejor opción por el espacio y la cantidad de elementos necesarios para mejorar el funcionamiento de llegada a la planta, se deben usar los dos lotes mencionados anteriormente teniendo que mover el cerramiento actual, tal y como se detalla en la siguiente ilustración.





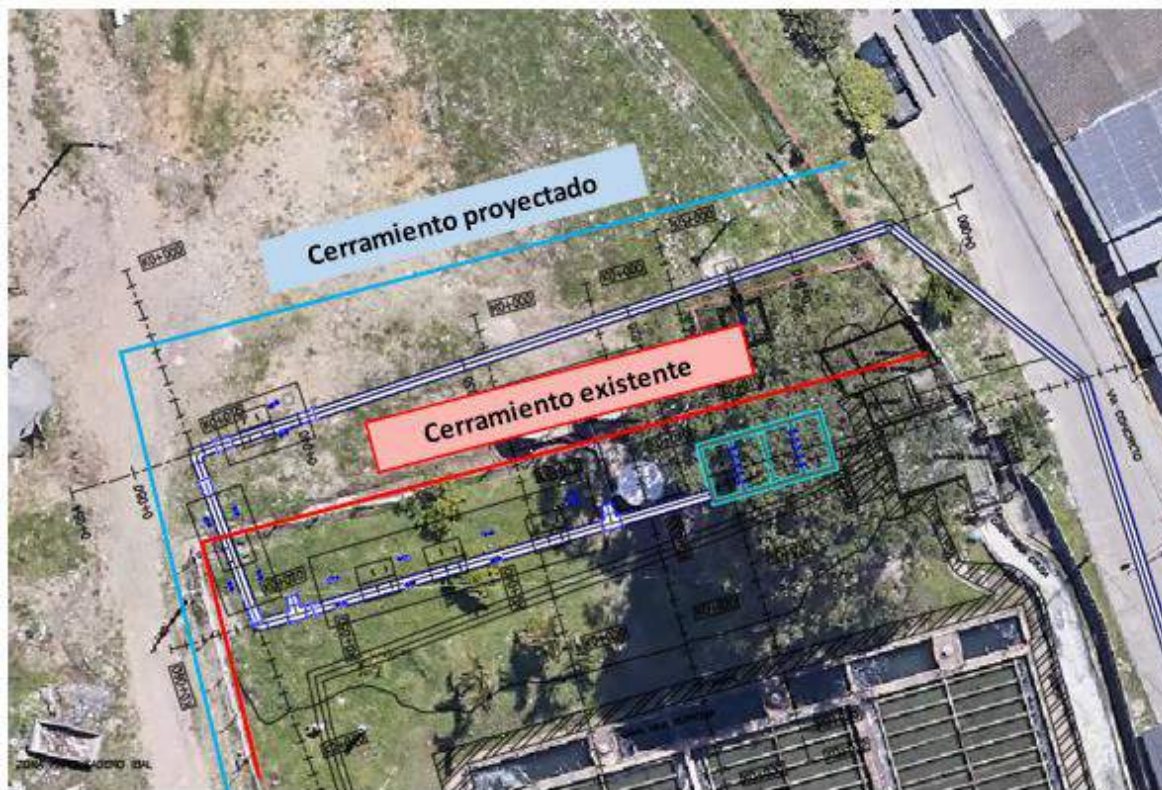
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-106 Cerramientos propuesto y existentes**



Fuente: Consultor

Como se evidencia en el registro fotográfico presentado previamente, se cuentan con varias obras existentes que, limitan el espacio disponible para las estructuras, por esto fue identificado en primera instancia el espacio disponible para la implantación y posterior se establece el lineamiento de la tubería, ubicación de las cajas y demás accesorios que se necesitan con base en esta ubicación. A continuación, se presenta la fotografía y localización general planteada.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Fotografía 8-1 Ubicación seleccionada para la construcción de las obras de disipación**



Fuente: Consultor

Se puede remitir al ANEXO 1– COMPONENTE TOPOGRÁFICO en el cual se presentan los planos detallados de la alternativa propuesta para la cámara de llegada de la línea de aducción de la bocatoma Cocora a la PTAP La Pola.

#### **8.1.11.4 Presiones estáticas**

En esta zona se cuenta con una presión estática de:

- Caja de filtro: **165.54 mca**
- Caja macromedidor: **165.54 mca**
- Caja válvulas anulares: **165.54 mca**

Mayoradas con un factor de seguridad de 1.25, pasando en una tubería de 24" por tanto, las cajas donde se contemplan ubicar el filtro, macromedidor y las válvulas anulares se diseñan como anclajes que sea capaz de soportar los empujes horizontales y verticales que se ejercen en esta zona.

#### **8.1.11.5 Empujes resultantes, diseño de anclajes**

##### **▪ CALCULO EMPUJES**

En primer lugar, el cálculo de los anclajes se tuvo en cuenta los empujes resultantes en los componentes X, Y y Z de cada uno, en donde los empujes ubicados en el eje Z corresponden a aquellos perpendiculares al terreno, es decir, en sentido contrario al peso de los anclajes. El detalle del cálculo de los empujes actuantes se encuentra registrado en la memoria de cálculo hidráulico para anclajes en el anexo 4.1. El resultado de cada uno de estos empujes se presenta a continuación.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Tabla 8-21 Resumen de los empujes actuantes sobre los anclajes

FUERZAS RESULTANTE						
EMPUJE RESULTANTE						
Nombre estructura	Empuje Resultante X (Ton)	Empuje Resultante Y (Ton)	Empuje Resultante Z (Ton)	Empuje Resultante X, Y (Ton)	Cuadrante	Angulo Empuje X, Y (°)
Filtro	-16.08	43.96	0	46.8	II	110.09
Macro medidor	-16,11	43,94	0	46,8	II	110,136
Válvula anular	44,97	12,98	0	46,8	I	16,096

Fuente: Consultor

### 8.1.11.6 Empujes resistentes

- Cálculo de pesos y variables relevantes

Ahora bien, una vez teniendo en cuenta los empujes actuantes de diseño se proceden a calcular las fuerzas resistentes. Estas fuerzas están directamente relacionadas con el peso total, por lo que se realiza la discriminación de pesos presentes en cada anclaje:

- **Caja filtro:** Dentro de la caja se encuentra filtro en Y, tubería proyectada en HD de 24" de aducción
- **Caja macromedidor:** Dentro de la caja se encuentra tubería proyectada en HD de 24" de aducción.
- **Caja válvulas macromedidor:** Dentro de la caja se encuentra tubería proyectada en HD de 24" de aducción

Con esto se analiza el peso de tubería llena y el peso propio de cada caja con las siguientes formulas:

$$W \text{ tubo lleno (Ton)} = \left( \frac{\text{longitud}}{2} * \text{area tuberia} * \text{peso unitario agua} \right) + (\text{longitud} * \text{peso unitario}_{\text{tubería}})$$

$$W \text{ caja (Ton)} = (\text{Volumen caja}) * (\text{densidad concreto})$$

$$\text{Flotación (Ton)} = (\text{longitud} * \text{Ancho}_{\text{ext}}) * H \text{ de caja con agua} * \text{densidad agua}$$

Donde:

$$\text{Vol. caja (m}^3\text{)} = (\text{Ancho}_{\text{ext}} * \text{Ha}_{\text{ext}}) - (\text{Ancho}_{\text{int}} * \text{Ha}_{\text{int}}) + (2 * r * (\text{Ancho}_{\text{int}} * \text{Ha}_{\text{int}}) - \text{Atapa} - \text{Area tub} * 2 * r)$$

Estas asociadas a una longitud variable que se define de acuerdo a las fuerzas actuantes y fuerzas resistentes

$$F_a = F_r$$

Donde:



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3  
ED-C389-IT-3.0-V1



$$F_a = \text{Empuje Resultante } Z \text{ (Ton)} * F.S \text{ Vertical} + \text{Flotación (Ton)}$$

$$F_r = \text{Peso tubo lleno (Ton)} * \text{Peso caja (Ton)}$$

- Evaluó de cargas por fricción y cohesión

Ahora bien, conociendo los pesos, se calculan los empujes resistentes, los cuales están relacionados con las características del suelo. Los parámetros del suelo presentes en la zona se presentan en detalle en el capítulo de geotecnia. A continuación, se expone un resumen de los mismos:

Tabla 8-22 Parámetros PTAP La Pola

CARACTERÍSTICAS SUELO					
$\phi'$ suelo/concreto (°)	$c'$ suelo/concreto (Ton/m <sup>2</sup> )	NF (m)	$\rho$ seco (Ton/m <sup>3</sup> )	$\rho$ saturado (Ton/m <sup>3</sup> )	$\rho$ Sumergido (Ton/m <sup>3</sup> )
23,20	0,24	6,00	1,36	1,85	0,85

Fuente: Consultor

Con estos parámetros, se procedió a calcular el empuje resistente por fricción y cohesión, para cada uno de los anclajes así:

**Empuje resistente**<sub>Fricción</sub>

$$= W_{\text{caja}} + W_{\text{tubo lleno}} - \text{flotación} - \text{empuje resultante } Z * \tan \phi' \frac{\text{suelo}}{\text{concreto}}$$

$$\text{Empuje resistente}_{\text{Cohesión}} = \text{longitud} * \text{Ancho}_{\text{ext}} * c' \frac{\text{suelo}}{\text{concreto}}$$

- Evaluó de cargas por empuje activo y pasivo del suelo

Se realizará el análisis de empujes activos y pasivos generados por el suelo. Es importante mencionar que para el evaluó de empujes pasivos y activos del suelo, es necesario aumentar el empuje actuante por un factor de seguridad de 3. Esto ya que, al utilizar las propiedades mecánicas del suelo, se tiene una mayor incertidumbre en sus parámetros encontrados en laboratorio.

Para este caso en particular se generan de nuevo las fuerzas actuantes y fuerzas resistentes teniendo en cuenta empujes pasivos y empujes activos de acuerdo a esta ecuación:

$$F_a = \text{empuje resultante } XY * F.S + \text{empuje activo}$$

$$F_r = F_{\text{friccion}} + F_{\text{cohesion}} + \text{empuje pasivo}$$

Dónde:





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



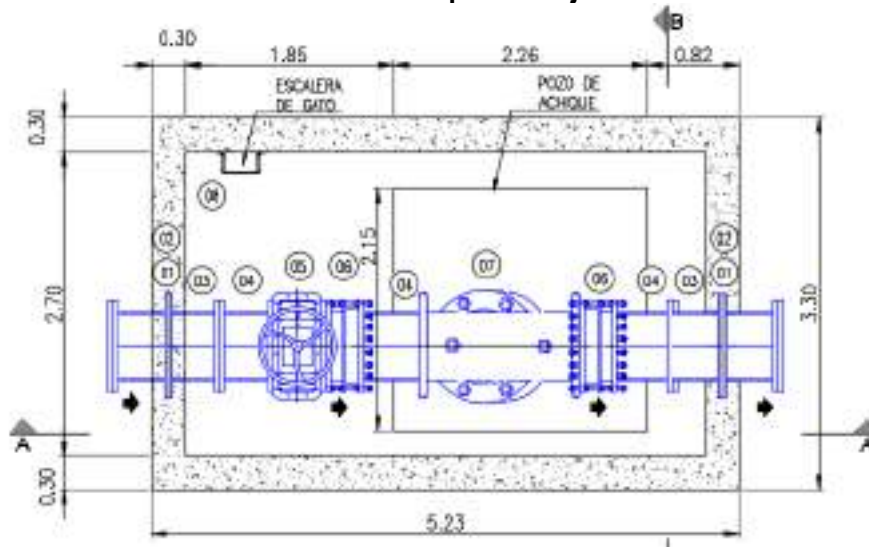
$E_p = \text{triangulo saturado} + \text{cuadrado sumergido} + \text{triangulo sumergido}$

$$E_a = \frac{K_a}{K_p} * E_p$$

De acuerdo a todas las ecuaciones mencionadas anteriormente, se determinan el volumen de concreto que se necesita para cada caja, contemplando las medidas mínimas para que los elementos estén bien ubicados y su operación sea la correcta.

A continuación se presentan los detalles de las diferentes cajas mencionadas anteriormente, sin embargo los datos puntuales de cada una de las cajas se tienen en el anexo 4.1 y 4.2

Ilustración 8-107 Vista en planta-Caja de filtro en Y



Fuente: Consultor





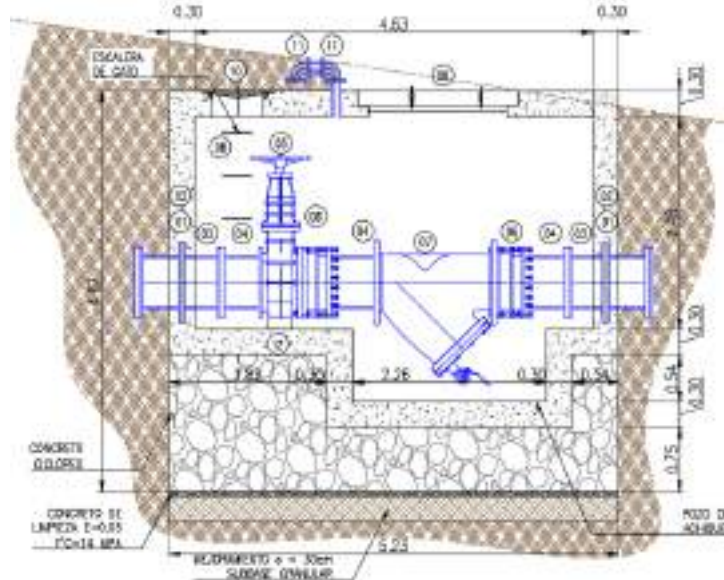
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1

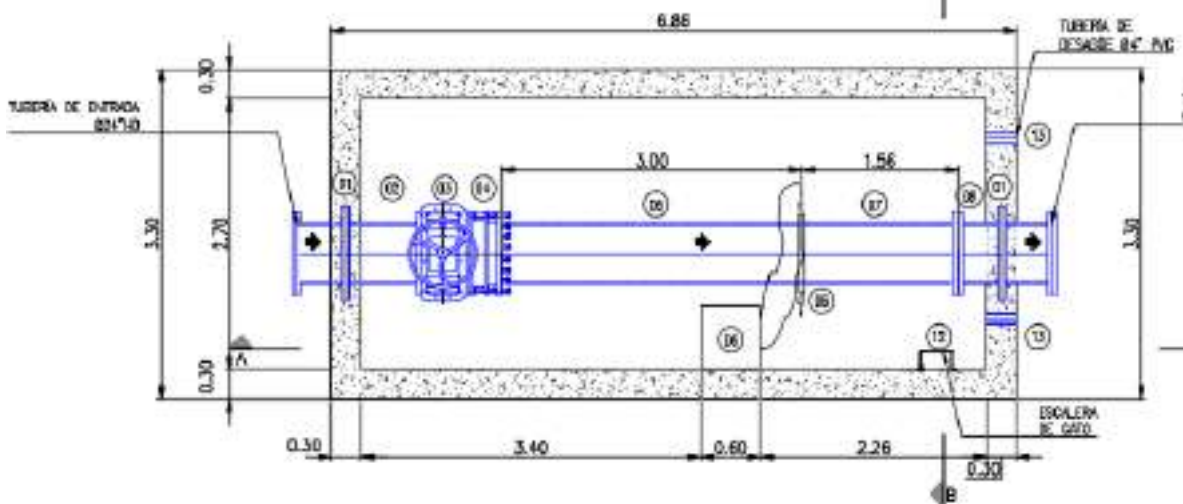


Ilustración 8-108 Vista en perfil-Caja de filtro en Y



Fuente: Consultor

Ilustración 8-109 Vista en planta-Caja de macromedidor



Fuente: Consultor



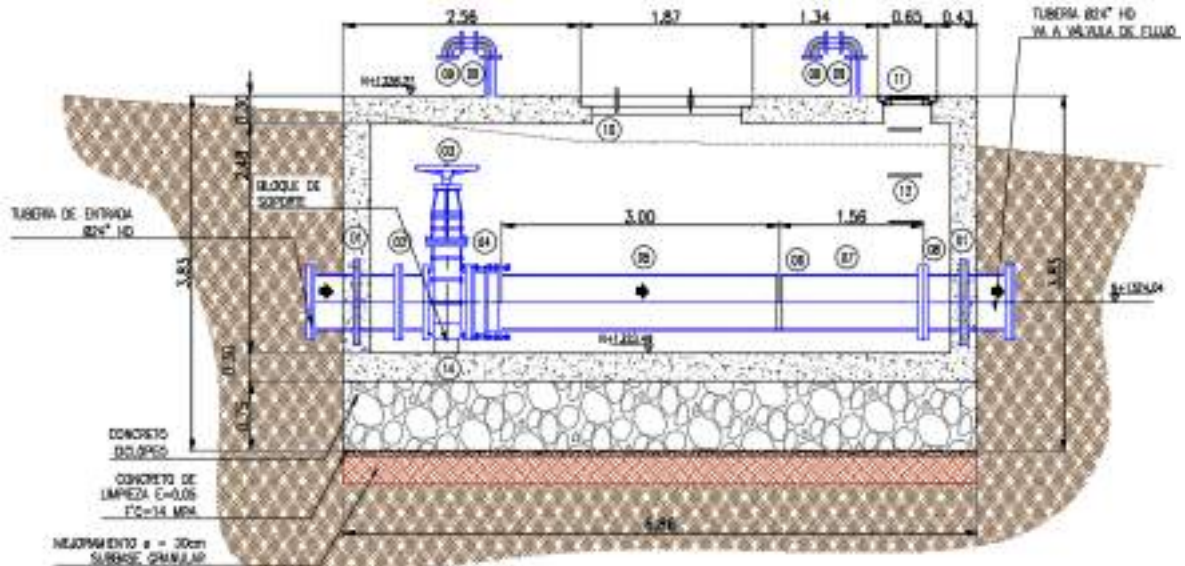
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1

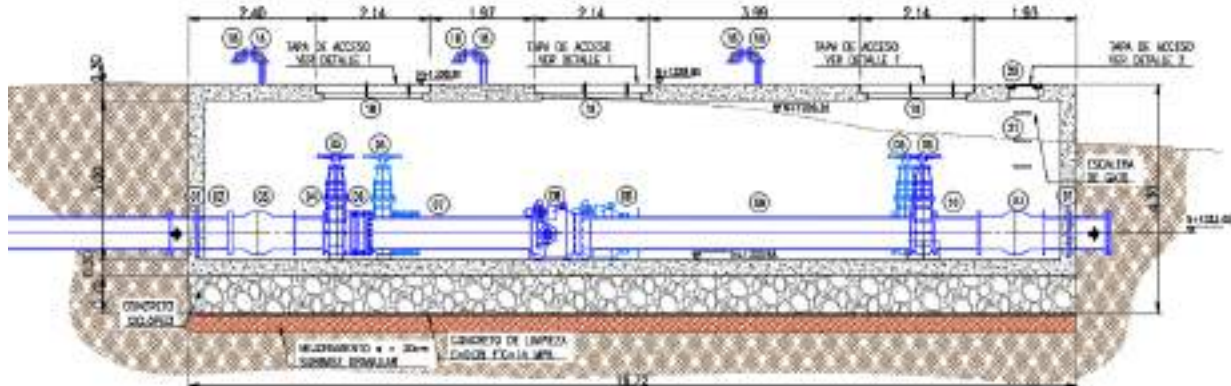


Ilustración 8-110 Vista en perfil-Caja de macromedidor



Fuente: Consultor

Ilustración 8-111 Vista en planta-Caja válvulas de flujo anular



Fuente: Consultor



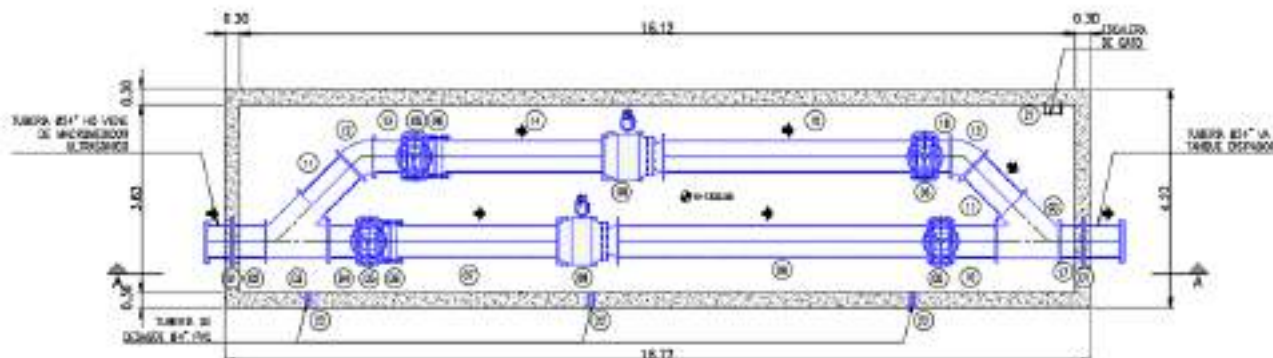
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-112 Vista en perfil-Caja válvulas de flujo anular



Fuente: Consultor

Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de cálculo

### Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

## 8.2 CONDUCCIÓN

### 8.2.1 SALIDA TANQUE CIUDAD

#### 8.2.1.1 Descripción

Corresponde al punto de salida del tanque ciudad que indica el inicio de la red de conducción de agua tratada hacia el tanque sur. El punto de conexión se encuentra por el costado sur del tanque enterrado bajo de una superficie de zona verde. El tanque y el sector de conexión se encuentran ubicados en un sector residencial de fácil acceso e intervención. La planta de tratamiento PTAP LA POLA se encuentra ubicada unos metros al norte del tanque.

A continuación se presentan las imágenes del planteo y panorámica del punto de conexión sobre el tanque y esquema del punto de conexión y salida.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-113 Vista panorámica Tanque Ciudad**



Fuente. Street view Google maps.2019

**Ilustración 8-114 Vista en planta PTAP La Pola y proyección salida Tanque Ciudad**



Fuente: Consultoría.

### 8.2.1.2 Planteamiento de la estructura de salida

Consiste en una estructura tipo caja para la ubicación de una válvula de mariposa de 32” para el control de flujo y de una válvula de ventosa para la aireación de la tubería de salida junto con la instalación de accesorios en forma de “cuello de ganso” que permite el ingreso



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



y expulsión de aire de la ventosa y su correcta activación. La ubicación obedece a la necesidad de garantizar el régimen de flujo y evitar sobre-presiones que puedan afectar tanto a la tubería como a la estructura de anclaje construida aguas abajo de la caja.

- Longitud del tramo: 5 m.
- Presión estática: 3 mca – PN 10
- Tubería y accesorios: Hierro dúctil HD 24"
- Válvulas y accesorios: Válvula mariposa, Unión auto portante HD 12", válvula de compuerta de 4", válvula ventosa de 4".

En el ANEXO – PLANOS se encuentran los detalles de la estructura, los que a continuación se presentan a modo esquemático:

**Ilustración 8-115 Vista en planta ubicación estructura caja válvula de mariposa y ventosa salida Tanque Ciudad**



Fuente: Consultoría





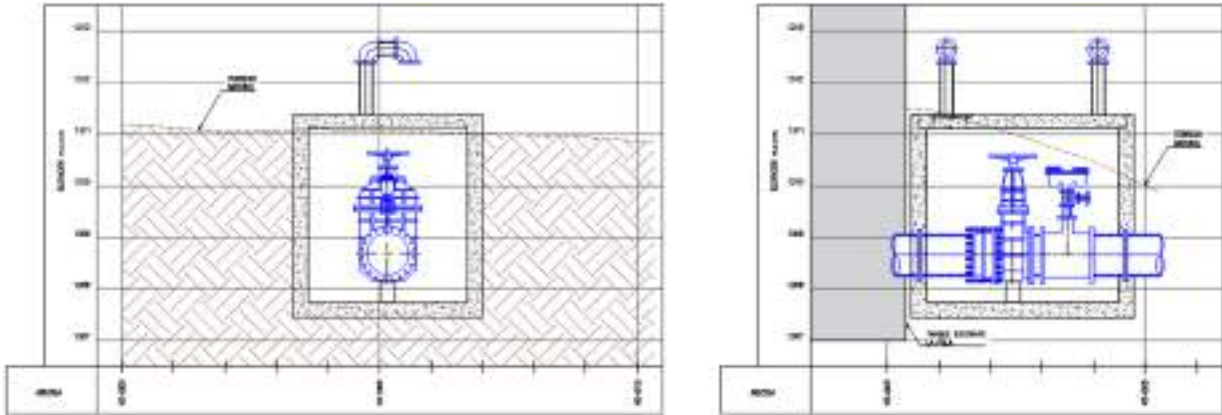
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-116 Vista de perfil (derecha) y sección transversal (izquierda) de la caja válvula ventosa de 6"**



Fuente: Consultoría.

Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

### Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

## 8.2.2 PASO 1 BOX

### 8.2.2.1 Visita de campo y recopilación de información

Los días 12 y 13 de julio de 2021 se realizó una visita de campo en conjunto con el IBAL con el objetivo de poder hacer un reconocimiento en campo de las áreas a intervenir y las posibles alternativas de paso para la tubería de conducción necesaria de proyectar.

Mediante la visita de campo realizada fue posible identificar las condiciones espaciales y locativas de este punto de interés, con el fin de realizar el empalme del trazado. Se pudo evidenciar que las condiciones del terreno y los elementos de conducción del drenaje que cruza este punto (a través de tuberías de cemento) para el paso del agua bajo la vía, no son las óptimas debido a la clara pérdida de sección transversal de la vía en el punto de cruce del drenaje, debida a la colmatación de las tuberías y el rebose del agua sobre la vía en eventos de lluvia intensos, según señalan comentarios de los habitantes del sector.

De lo anterior surge la necesidad de realizar un levantamiento topográfico detallado para el planteamiento del trazado a proyectar y la ubicación de las estructuras requeridas para la optimización del sistema de drenaje, la protección de la tubería y para garantizar la estabilidad de la vía. A continuación, se presenta el registro fotográfico de la zona:



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-117 Vista general tramo sentido S-N (izquierda) y sentido N-S (derecha)**



**Fuente: Consultoría.**

### 8.2.2.2 Levantamiento topográfico

- Placas de amarres

Para el levantamiento se utilizó como referencia la placa del IGAC encontrada en campo denominada 73001015, de la cual por medio de RTK se le asignó coordenadas a dos puntos (D1-D2), los cuales se materializaron cerca al lugar donde se debía realizar el levantamiento.

El levantamiento de los pasos elevados del sector de llegada a tanque sur se realizó mediante radiación simple de detalles, la ubicación se muestra a continuación, cuya información de cota y coordenadas es tomada de la base del IGAC.



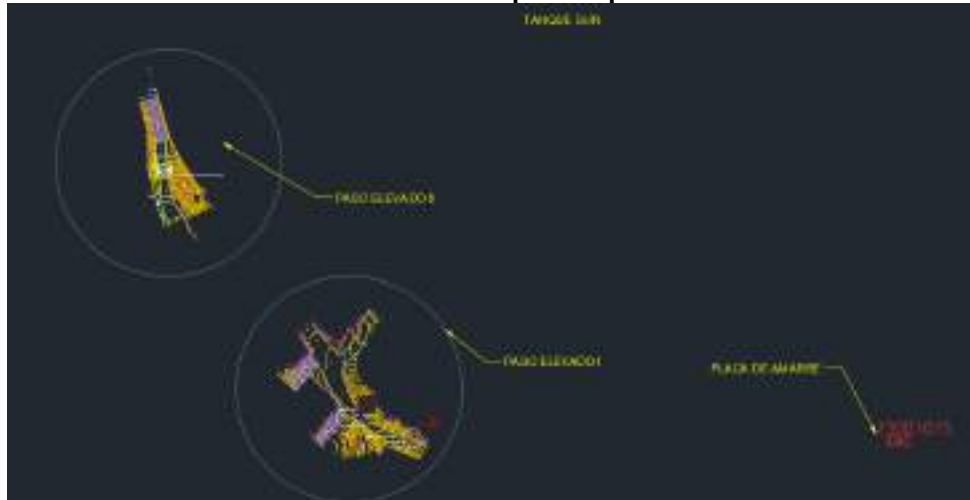
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-118 Ubicación puntos planos consorcio**



Fuente: Consultoría.

**Ilustración 8-119 Ubicación Placa de amarre**



Fuente: Consultoría.

- **Procesamiento de resultados**

Paso seguido a las actividades de campo y garantizando que la captura de datos se realizó en óptimas condiciones, se procede a realizar el postproceso de los datos, utilizando los siguientes programas: Topcon Tools (Postproceso), Magna Sirgas Pro (Coordenadas)

Dicho procesamiento de los resultados permitió hacer un análisis detallado de las imprecisiones y su magnitud para, finalmente, realizar los ajustes necesarios que garantizaran la fiabilidad de este levantamiento.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

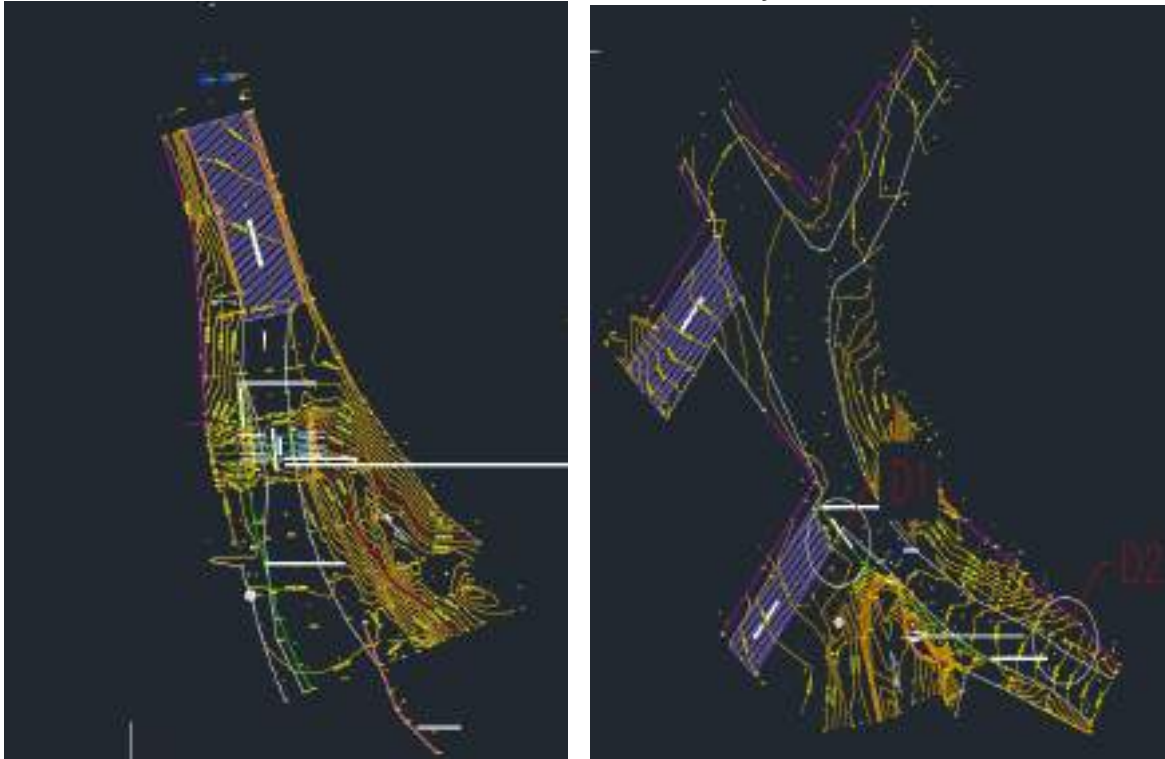
ED-C389-IT-3.0-V1



- Plano DWG.

Como resultado de esta actividad se generó un archivo en formato DWG con la información recolectada en campo como se muestra en las siguientes ilustraciones:

**Ilustración 8-120 Plano DWG Paso elevado I y Paso elevado II**



Fuente: Consultoría.

Con base en esta rectificación se realiza el trazado de la tubería proyectada y de las estructuras requeridas para el paso de la tubería de conducción.

### 8.2.2.3 Descripción

Este tramo pertenece a la red de conducción, se ubica al margen derecho (sentido de flujo norte-sur) de una vía local no pavimentada ubicada dentro del casco urbano; la carrera 29 sur. Se conectará aguas arriba con la tubería de GRP 32" existente, y aguas abajo con la tubería instalada al margen derecho de la misma vía (sentido norte-sur). El tramo se ubica en una vía local no pavimentada compuesta de material afirmado en cuyo punto cruza un drenaje de aguas de escorrentía a través de tuberías de cemento de 20" aproximadamente, las cuales, debido a la falta de mantenimiento, se encuentran enterradas, además, de acuerdo a comentarios de los residentes del sector, estas tuberías se colmatan fácilmente permitiendo que el agua pase por encima de la vía lo que ha conllevado a una pérdida en el ancho de la sección transversal.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



#### 8.2.2.4 Planteamiento del trazado

En un principio se había contemplado en este tramo un paso elevado teniendo en cuenta la existencia del drenaje que cruza bajo la vía, sin embargo, una vez adelantadas las visitas de campo e identificar el estado de la vía y el drenaje, se descarta la alternativa de paso elevado debido a la incertidumbre que genera la estabilidad del tramo por el efecto de la deficiente conducción de las aguas de escorrentía a través de la vía, por lo anterior, se considera necesario la estabilización del drenaje y del tramo de la vía para garantizar la estabilidad y protección de la tubería de conducción y del tramo de vía en cuestión. De esta forma se garantiza la protección de la tubería y se solucionan los problemas de inundaciones que se presentan en épocas de lluvia y que afectan la población de la zona.

**Ilustración 8-121 Planta general ubicación paso 1 (PASO BOX)**



Fuente: Consultoría

Así las cosas, se proyecta el diseño de un Box culvert para la optimización de las condiciones del paso del drenaje superficial. Adicionalmente se propone el cambio del alineamiento horizontal propuesto (paso elevado) por una conducción a través de la vía, esto implica deflectar el trazado de la tubería (en el punto de conexión aguas arriba) e ingresarla al tercio derecho de la vía (en el sentido de flujo) para su desarrollo dentro de esta hasta el punto de conexión aguas abajo en donde se vuelve a deflectar fuera de la vía para conectarse al trazado existente. De lo anterior surge el planteamiento de una estructura compuesta que permita tanto la conducción de la escorrentía superficial del drenaje como la estabilización de la vía en el tramo requerido.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Así pues, se plantea la construcción de un box culvert para la conducción del drenaje bajo la vía y la tubería de acueducto, y un cárcamo para protección de la tubería de conducción en el tramo. Los cabezales de entrada y descarga dimensionados para el Box culvert a su vez funcionarían como estructura de contención del relleno de la tubería de conducción y del relleno de material para estabilización de la vía. La descarga de las tuberías del box se proyecta hasta un punto aguas abajo tal que la descarga de la tubería se haga por encima de la cota del terreno natural (siguiendo el cauce natural del drenaje).

**Ilustración 8-122 Planta general trazado paso 1 – Box culvert**



Fuente: Consultoría.

#### 8.2.2.5 Dimensionamiento del box culvert

Para el dimensionamiento del box culvert se adelantó, en primera instancia, el análisis de caudal del drenaje objeto de estudio, con base en esto se realizó el cálculo de la altura de lámina de agua para el pozo de la alcantarilla y los diámetros de alcantarilla requeridos para la descarga.

- **Delimitación de la cuenca del drenaje y cuantificación de las áreas y tipos de coberturas**

Para la definición de la divisoria de aguas del drenaje y la sectorización de áreas por tipo de cobertura dentro de la cuenca se utilizó como información base: el modelo de elevaciones generado a partir del levantamiento LIDAR de la ciudad de Ibagué y la información geográfica de drenajes (Sistemas\_drenajes\_Combeima.shp). La información fue procesada por medio del software ArcGis. A partir de esto se generó un modelo de dirección de flujo y con base en este se delimita la divisoria de aguas para la microcuenca. En los anexos se presenta el archivo generados con la delimitación de la cuenca y las áreas de cobertura. A continuación se ilustra la delimitación del drenaje y la cuantificación de las áreas identificadas:



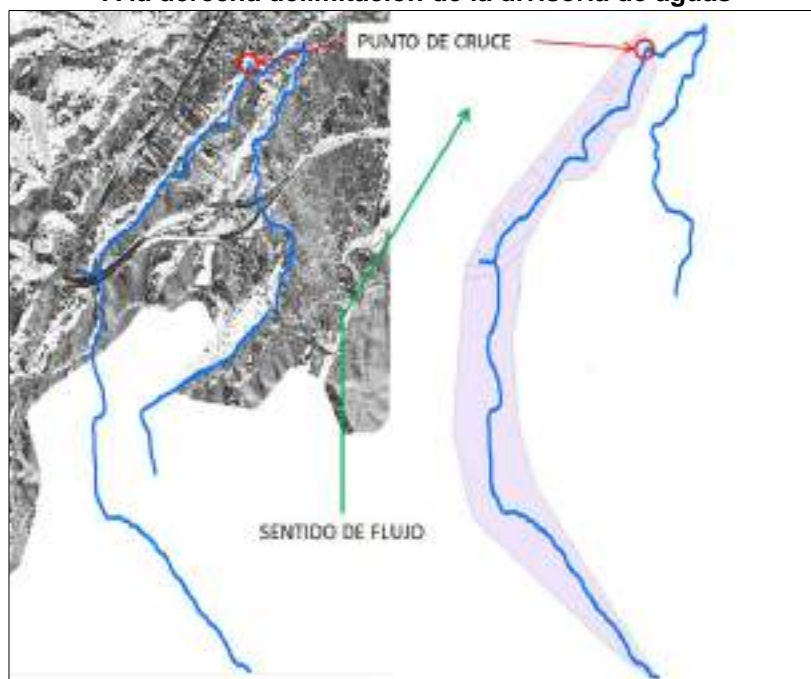
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-123 A la izquierda sobreposición del drenaje en el modelo de dirección de flujo.  
A la derecha delimitación de la divisoria de aguas**



Fuente: Consultoría.

Una vez delimitada la microcuenca e identificadas las distintas coberturas y sus áreas se tiene, principalmente, la presencia de tres tipos de superficie: vegetación, zonas residenciales y áreas pavimentadas.

**Tabla 8-23 Cuantificación de tipo superficie y área de la cuenca**

Tipo superficie	Área	%
Residencial	34079.2128	11.25
Vegetación	262251.82	86.5
Pavimentado	6841	2.25
<b>TOTAL</b>	<b>303172.0328</b>	<b>100</b>

Fuente: Consultoría.

Con base en los tipos de superficies identificados, se definen los coeficientes de escorrentía o impermeabilidad para el cálculo del caudal. Para esto se toman de referencia los coeficientes dados por el RAS Título D.

**Tabla 8-24 Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad**

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0.75-0.95
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0.70-0.95



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Tipo de superficie	C
Vías adoquinadas	0.70-0.85
Zonas comerciales o industriales	0.60-0.95
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.75
Residencial, multifamiliar, con bloques contiguas y zonas duras entre estos	0.60-0.75
Residencial, unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0.40-0.60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0.45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0.3
Laderas sin vegetación	0.6
Laderas con vegetación	0.3
Parques recreacionales	0.20-0.35

Fuente: Adaptado de RAS Titulo D - Tabla D.4.5.

Así las cosas, se asignan los coeficientes a cada tipo de superficie y se hace una ponderación para obtener un valor único:

**Tabla 8-25 Ponderación del Coeficiente de escorrentía según áreas y tipos de superficie**

Superficie	C	Área (m <sup>2</sup> )	C pond
Residencial	0.75	34079.21	0.084
Vegetación	0.35	262251.82	0.303
Pavimentado	0.95	6841.00	0.021
		<b>303172.03</b>	<b>0.426</b>

Fuente: Consultoría.

### 8.2.2.6 Cálculo de caudal

Con base en lo anterior, y dada el área de la microcuenca objeto de estudio, se realiza el cálculo del caudal mediante el método racional. Se procede entonces con el cálculo del tiempo de concentración hidráulica y, con base en la IDF generada a partir de la estación climatológica BATALLÓN ROOKE, se define el caudal de diseño. En los ANEXOS se adjuntan las MEMORIAS DE CALCULO correspondientes a la curva IDF de la estación, evaluación del tiempo de concentración y caudal para el periodo de diseño.

Evaluación del tiempo de concentración por las metodologías: RAS, formula de California y por la fórmula de Temez:

**Tabla 8-26 Resultados evaluación tiempos de concentración**

Formula	Tc (min)
RAS	46.29
CALIFORNIA	52.09
TEMEZ	47.54

Fuente: Consultoría.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Se observa la consistencia entre los resultados obtenidos y se adopta para los cálculos correspondientes el valor obtenido por la metodología del RAS.

Los resultados de la intensidad para diferentes periodos de retorno se presentan a continuación:

**Tabla 8-27 Resultados Intensidad de la lluvia en mm/h**

Duración (min)	Intensidad de la lluvia (mm/h)					
	Tiempo de Retorno (Año)					
	3	5	10	20	50	100
10	90.00	98.36	108.86	118.94	131.98	141.76
20	78.14	86.45	96.88	106.88	119.83	129.54
30	68.26	75.97	85.65	94.94	106.97	115.98
60	46.79	52.27	59.14	65.74	74.28	80.68
90	35.36	39.51	44.71	49.71	56.17	61.01
120	28.48	32.27	37.04	41.62	47.54	51.98
150	24.77	28.68	33.58	38.29	44.38	48.94
180	21.89	25.31	29.61	33.74	39.08	43.08
240	17.84	20.26	23.31	26.23	30.01	32.85
360	14.59	16.59	19.11	21.53	24.66	27.00

Fuente: Consultoría.

De acuerdo a lo señalado en la resolución 330 de 2017, y considerando el área de la microcuenca se adopta un periodo de retorno de 10 años para el caudal de diseño de la estructura:

**Tabla 8-28 Periodos de retorno**

Características del área de drenaje	Periodo de retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores a 2 hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores a 2 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas mayores a 10 hectáreas	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas	50
Canales abiertos en zonas planas y drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100

Fuente: Adaptado de Res. 330 de 2017 -Tabla 16. Periodos de retorno

Con base en esto, y tomando la fórmula del método racional se obtiene el caudal:





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



$$Q=(C*I*A)/360$$

$$Q= 0.426 * 71.6mm *34.4Ha = 2.56m^3/s$$

▪ **Calculo de reboses (altura de la lámina de agua) y diámetros de pozo y tubería**

Como se señaló en el planteamiento, se dispondrá de una estructura para la conducción de la escorrentía superficial, para esto se empleará un elemento tipo Box que funcionará como una estructura de conexión/disipación de energía entre la llegada o ingreso del caudal del drenaje y el punto de descarga.

Se procede con el cálculo de pérdidas de energía en estructuras de conexión. Existen pérdidas por los cambios de dirección y por los cambios en velocidad:

$$Hc = Kc \cdot v^2/2g$$

$$Hv = Kv \cdot |v^2/2g - vj^2/2g|$$

$$Z1 + Y1 + v1^2/2g = Z2 + Y2 + v2^2/2g + Hc + Hv$$

Perdidas por cambios de dirección:

Tabla 8-29 Valores del coeficiente Kc

Régimen de flujo	Radio de curvatura/diámetro	Kc
Subcrítico	1.0-1.5	0.4
	1.5-3.0	0.2
	>3.0	0.05
Supercrítico	6.0-8.0	0.4
	80.-10.0	2
	>10.0	0.05

Fuente: Adaptado de RAS Titulo D - Tabla D.2.3.

Perdidas por cambios de velocidad:

Para flujo acelerando:  $Kv = 0,25$

Para flujo desacelerando:  $Kv = 0,50$

Para la determinación de la cota batea del tubo de salida:

- Se resuelve la ecuación de Bernoulli entre cada tubería que entra y la tubería de salida.
- Se determina el nivel de la batea del tubo de salida  $Zs$  y se escoge el más bajo.
- Se chequea que la cota de batea del tubo de salida es igual o más baja que la cota de batea más baja de los tubos que entran.



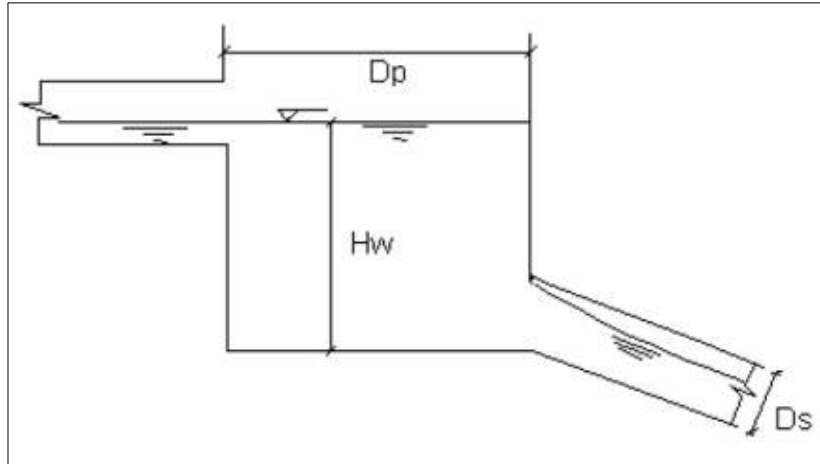
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-124 Esquema estructura de conexión con caída/ Disipador de energía**



Fuente: Consultoría.

El factor de disipación de energía (K) definido por la relación del diámetro del pozo y el diámetro de la tubería ( $D_p/D_s$ ).

**Tabla 8-30 Coeficiente K**

$D_p/D_s$	K
Mayor de 2	1.2
Entre 1.6 y 2	1.3
Entre 1.3 y 1.6	1.4
Menor de 1.3	1.5

Fuente: Adaptado de RAS Título D - Tabla D.A.3 Coeficiente K

Considerando el funcionamiento de la estructura como vertedero se evalúa la condición no sumergida y se estima la caída en la estructura de disipación ( $H_w$ )

Entrada no sumergida, se presenta cuando:

$$\frac{Q}{D_s^2 (g D_s)^{0.5}} \leq 0.62 \text{ (RAS D.A.1.2)}$$

La caída en la estructura de unión, indicada como  $H_w$ , se estima con la siguiente ecuación:

$$H_w = K D_s \left( \frac{H_c}{D_s} + \frac{H_e}{D_s} \right) \text{ (RAS D.A.1.3)}$$

Realizados los cálculos, se evalúan los resultados de los diámetros ( $D_p$ ,  $D_s$ ) para los cuales se cumple la condición de entrada no sumergida, y el valor correspondiente de lámina de agua ( $H_w$ ) para el dimensionamiento de la caída. En el ANEXO – MEMORIAS DE CÁLCULO se presentan los cálculos correspondientes para el diámetro del pozo ( $D_p$ ), diámetro de la tubería ( $D_s$ ) y altura de la lámina de agua ( $H_w$ ).



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

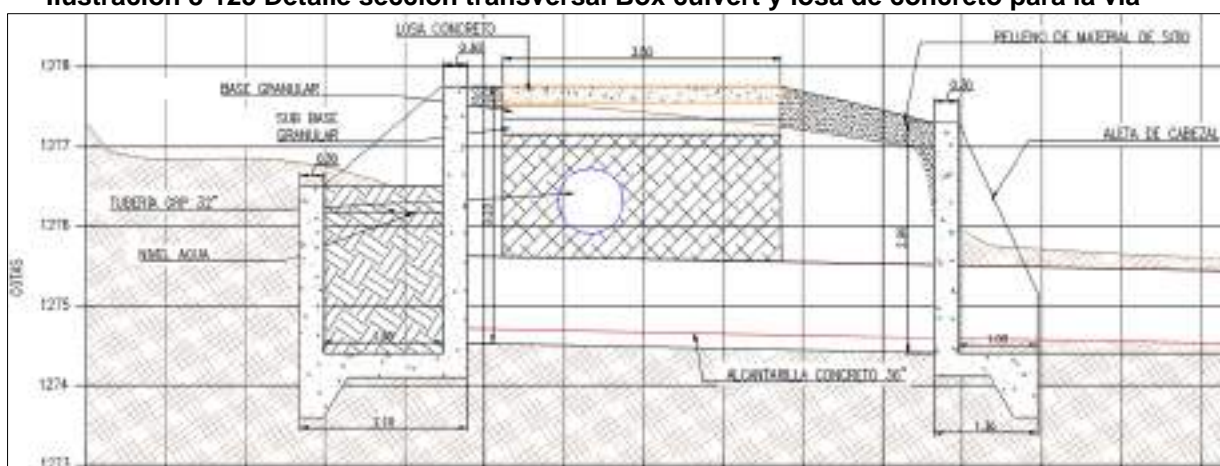
**ED-C389-IT-3.0-V1**



Para el caudal de  $2.56\text{m}^3/\text{s}$  se tiene una primera alternativa con diámetro de pozo de 2m y tubería de concreto de diámetro 48"; así el Hw es de 1.99m. Sin embargo, para tratar de disminuir la profundidad de las cotas y excavaciones, se consideran dos tuberías y se divide el caudal en dos, en estos términos se tiene un caudal de  $1.28\text{m}^3/\text{s}$  para cada tubo, diámetro de pozo de 2m y tuberías de concreto de diámetro 36" cada una; así, el Hw es de 1.64m. Se adopta entonces la segunda alternativa. Una vez definidos los diámetros de pozo y tuberías y la altura de la lámina de agua se diseñan la estructura del pozo de la alcantarilla y de los cabezales de entrada y salida que además contendrán el relleno de la vía.

Por último, se tiene el diseño de una losa de concreto reforzado de 20cm de espesor que quedará expuesta en la superficie como parte integral de la vía y servirá de protección para tubería de conducción.

**Ilustración 8-125 Detalle sección transversal Box culvert y losa de concreto para la vía**



Fuente: Consultoría

Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

### Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4—COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

## 8.2.3 PASO ELEVADO 2 (CERCHA)

### 8.2.3.1 Visita de campo y recopilación de información

Los días 12 y 13 de julio de 2021 se realizó una visita de campo con el objetivo de poder hacer un reconocimiento en campo de las áreas a intervenir y las posibles alternativas para el paso de la tubería de conducción necesaria de proyectar.

Mediante la visita de campo realizada fue posible identificar las condiciones espaciales y locativas de este punto de interés, con el fin de realizar el empalme del trazado. A continuación, se presenta el registro fotográfico de la zona:



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-126 Vista general tramo sentido norte**



Fuente: Consultoría.

**Ilustración 8-127 Vista general tramo aguas arriba del box culvert**



Fuente: Consultoría.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-128 Vista general zona de descarga aguas abajo del box culvert**



Fuente: Consultoría.

**Ilustración 8-129 Acercamiento puntos aguas arriba (izquierda) y aguas abajo (derecha)**



Fuente: Consultoría.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



### 8.2.3.2 Levantamiento topográfico

Descrito en el numeral correspondiente del tramo anterior, Capítulo 8.2.2.2.

### 8.2.3.3 Descripción

El tramo en cuestión corresponde a un tramo faltante de la red de conducción construida en tubería de GRP 32". Se conectará agua arriba con la tubería instalada en un punto sobre una vía local no pavimentada (carrera 29 sur), y aguas abajo se conecta con la tubería instalada al margen derecho de la misma vía (sentido norte-sur). El tramo se ubica en una vía local no pavimentada con material afirmado en cuyo punto cruza un drenaje de aguas de escorrentía a través de un box culvert. El punto de conexión aguas arriba se ubica en una intersección vial, mientras que la conexión aguas abajo se ubica sobre una zona verde a la salida del paso elevado proyectado.

### 8.2.3.4 Planteamiento del trazado

Dentro de las obras requeridas para este tramo se contempla la proyección de un paso elevado paralelo a la vía local existente que permita instalar la tubería sin intervenir la vía y/o afectar el cauce y la estructura hidráulica tipo box culvert que cruza la vía.

**Ilustración 8-130 Planteamiento de trazado y puntos de conexión**



Fuente: Consultoría.

Lo anterior, implica la instalación de una estructura metálica tipo cercha que funcione como paso elevado. Así mismo, se contempla la instalación de dos válvulas: una válvula de purga



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



en el punto más bajo del tramo y una válvula de ventosa ubicada sobre la cercha que permita la evacuación de aire de la tubería evitando sobrepresiones causados por los cambios de dirección planteados en la cercha para conectar la tubería al tramo existente. Para la válvula de purga se requiere la construcción de una caja tipo anclaje pues es necesario se resistan los empujes causados por la presión de agua y los cambios de dirección horizontales y verticales en este punto.

Adicionalmente, se contempla la construcción de dos anclajes verticales ubicados a la entrada y salida de la cercha para resistir los empujes causados por las fuerzas resultantes de los ángulos de deflexión a la entrada y salida de la estructura. No hay deflexiones horizontales o verticales en las conexiones de las líneas de entrada y salida, pues el trazado planteado se empata con las mismas líneas de pendiente de las tuberías instaladas aguas arriba y aguas abajo.

**Ilustración 8-131 Planta general de paso elevado**



Fuente: Consultoría.



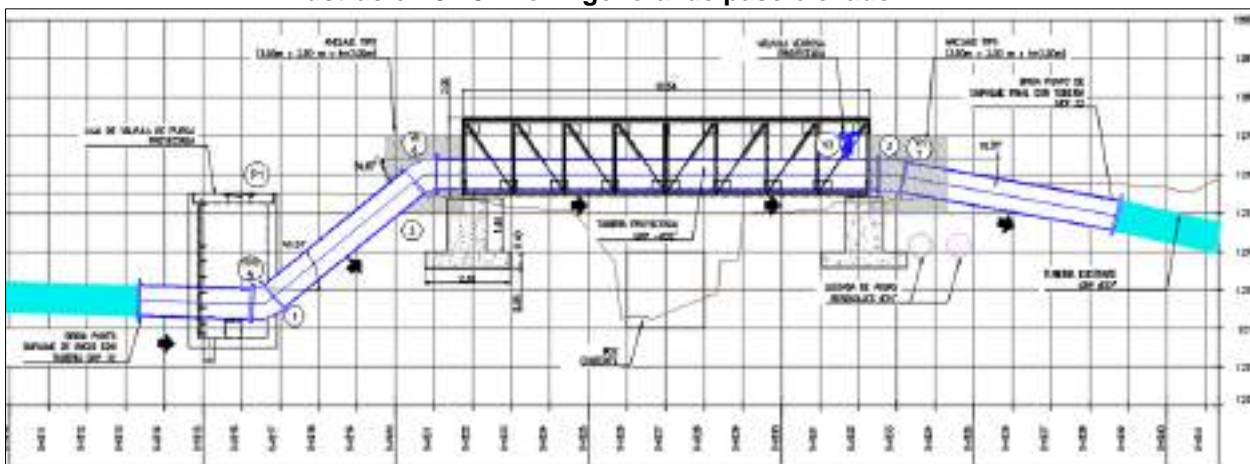
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-132 Perfil general de paso elevado



Fuente: Consultoría.

Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

### Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4—COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

## 8.2.4 LLEGADA A TANQUE SUR

### 8.2.4.1 Visita de campo y recopilación de información

Los días 12 y 13 de julio de 2021 se realizó una visita de campo en conjunto con el IBAL con el objetivo de hacer un reconocimiento en campo de las áreas a intervenir y las posibles alternativas para la tubería de conducción y estructuras especiales necesarias de proyectar para la conexión con el tanque sur.

Mediante la visita de campo realizada fue posible identificar las diferentes labores y estructuras que han realizado sobre este punto de interés, principalmente las labores de construcción del tanque de almacenamiento, con el fin de realizar el empalme del trazado existente con éste. A continuación, se presenta el registro fotográfico derivado de la visita:





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-133 Avance de obras construcción tanque sur**



Fuente: Consultoría.

**Ilustración 8-134 Construcción y ubicación conexiones de salida hacia red de distribución**



Fuente: Consultoría



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



### 8.2.4.2 Descripción

Este tramo se conecta aguas arriba con la tubería existente sobre un punto intermedio de una vía local (carrera 29 sur) y se desarrolla, en un principio sobre la vía local y, posteriormente, ingresa al predio en el cual se encuentra ubicado el tanque sur, al cual se conecta. En general se tiene una superficie afirmado sin pavimentar y de baja pendiente tanto en la vía como dentro del predio.

**Ilustración 8-135 Zona tramo de llegada a tanque sur - Carrera 29 sur**



Fuente: Consultoría.

- **PLANTEAMIENTO DEL TRAZADO**

Este tramo conecta al tanque sur con el tramo de tubería existente en GRP 32". El tramo proyectado comprende, inicialmente, una longitud de 20m de tubería de GRP32" sobre la vía local (tal como viene planteada) hasta la conexión con el punto de derivación del flujo, por un lado hacia el tanque sur y por otro hacia La Fiscalía. La derivación se realizará mediante una Tee con diámetros de salida de 14" y 20" (tanque sur y La Fiscalía respectivamente) que distribuirán el caudal hacia estos dos puntos.





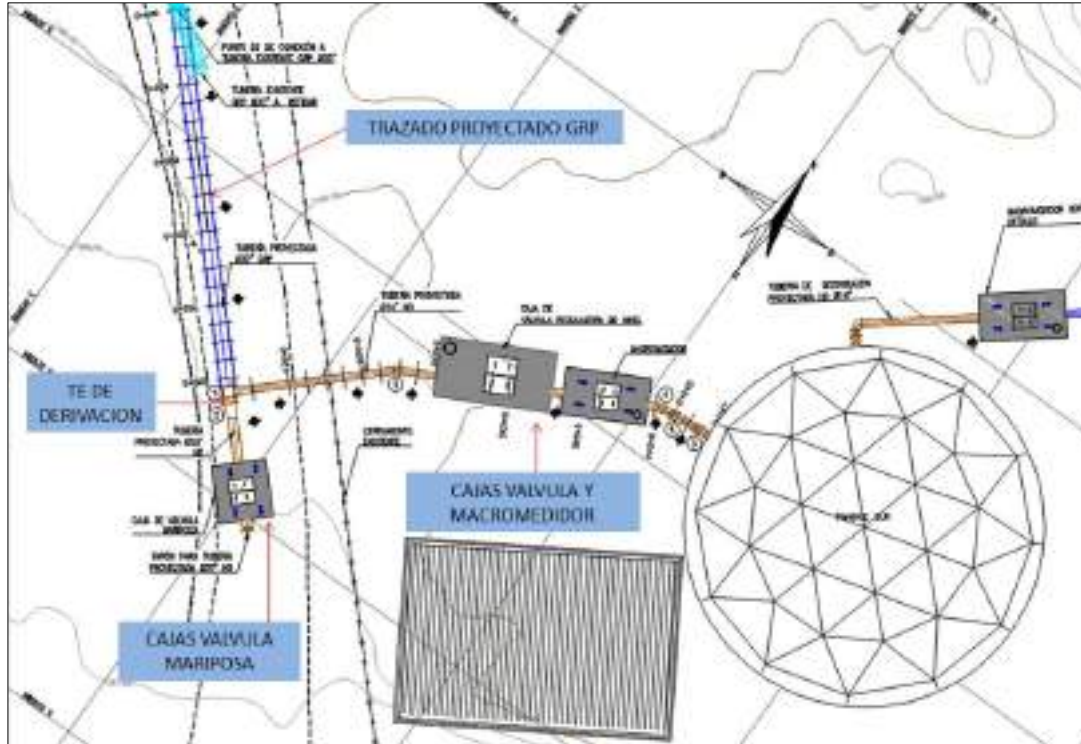
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

### PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1

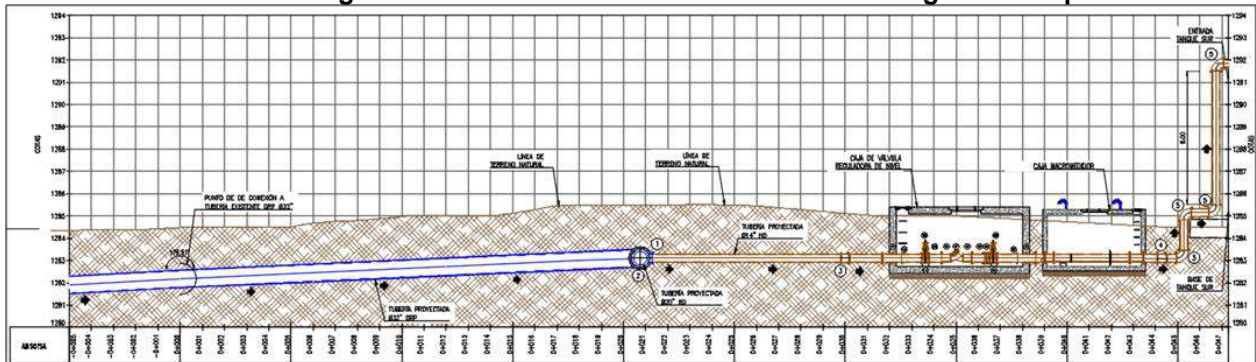


**Ilustración 8-136 Planta general alineamiento llegada a tanque sur y cajas especiales**



Fuente: Consultoría.

**Ilustración 8-137 Perfil longitudinal alineamiento vertical del tramo de llegada a tanque sur**



Fuente: Consultoría.

La derivación hacia La Fiscalía concluirá unos metros aguas abajo de la Tee mediante la ubicación de una caja estructural para una válvula de mariposa de 20" para el control de flujo o el cierre del mismo. La derivación hacia el tanque sur se realizara mediante tubería de hierro dúctil (HD) de 14" y se contempla además la construcción de dos cajas en instalaciones del predio del tanque: primero, una caja especial (resistente a los empujes) en la que se instalarán una válvula reguladora de nivel (VRN) de 14", un sistema de control de flujo a través de dos válvulas de mariposa de 14" (antes y después de la VRN14") y un



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



sistema de bypass para el mantenimiento e intervención de los equipos; y una segunda caja para un macro medidor electromagnético de 14”.

Teniendo en cuenta que el punto de conexión proyectado aguas arriba con la tubería existente se encuentra unos metros atrás del punto final de la tubería existente, como se observa en la ilustración, es necesario retirar alrededor de 3.5m de tubería instalada. Lo anterior se hizo con el objetivo de direccionar el trazado sobre el margen izquierdo de la vía (en el sentido de flujo) y evitar interferencias con la red de alcantarillado existente.

**Ilustración 8-138 Detalle punto de conexión aguas arriba y tubería a retirar**



Fuente: Consultoría.

La conexión con el tanque sur se proyecta, de acuerdo a los planos de construcción, sobre el eje N2 ubicado a 6.63m de altura sobre la base de la placa del tanque, como se pudo observar en la



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



ilustración y en los planos constructivos del tanque (ACAD AS BUILT - T02\_TK SUR) que muestran la vista externa del tanque. Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

### Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

## DISTRIBUCIÓN

### 8.2.5 SALIDA TANQUE SUR

#### 8.2.5.1 Visita de campo y recopilación de información

Los días 12 y 13 de julio de 2021 se realizó una visita de campo en conjunto con el IBAL con el objetivo de poder hacer un reconocimiento en campo de las áreas a intervenir y las posibles alternativas de paso para la tubería de distribución necesaria de proyectar.

Mediante la visita de campo realizada fue posible identificar las diferentes labores y estructuras que han realizado sobre este punto de interés, principalmente el tanque de almacenamiento y distribución, con el fin de evaluar las alternativas de empalme del tanque con la red de distribución hacia distrito 3 existente.

#### 8.2.5.2 Descripción

Este tramo da inicio a la red de distribución desde tanque sur hacia el distrito 3 y se proyecta desde la conexión en la salida del tanque sur hasta la conexión aguas abajo con la tubería existente, a unos 260m en un punto ubicado sobre una vía local no pavimentada (carrera 23 sur, por la que se extiende la tubería de la red de distribución existente de PVC14” hasta el empalme con el tramo faltante de conexión a distrito 3, descrito en el siguiente numeral). Los predios aledaños por los que se analizaron las alternativas de alineamiento son de propiedad privada (ver lustración):



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-139 Planta general sector de salida tanque sur y conexión con tubería existente  
– Predios privados numerados**



Fuente: Consultoría

La conexión de salida se ubica en el costado norte del tanque y el trazado debe extenderse a través de los predios aledaños al tanque. Hacia el costado norte del predio se tiene la presencia de varios árboles y una cañuela natural, en el predio 2 se tiene una pequeña elevación, pero en general tanto en este como en los predios 3 y 4 se presenta un terreno con una pendiente baja negativa (en el sentido del flujo), a excepción de un cambio de altura entre los predios 3 y 4 debido a la existencia de un tipo de relleno o terraplén sobre gran parte de los predios 2 y 3. En el predio 4 se tiene una zona verde (potrero).

#### 8.2.5.3 Planteamiento del trazado

Para la proyección del trazado se observaron las zonas de mayor dificultad o con mayor necesidad de intervención, esto resultó en evitar la intervención del sector norte (predio 1) debido a la presencia de varios árboles y una cañuela natural, por este motivo se descarta el trazado previamente planteado.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-140 Planta general alineamiento horizontal proyectado – Predios a intervenir**



Fuente: Consultoría

Así las cosas el trazado proyectado se extiende por los predios del costado oriental (predios 2 y 3) cuya superficie corresponde a un aglomerado afirmado estable, por el que circulan peatones y vehículos (estos últimos en menor medida), considerando esto y la posibilidad de intervenciones futuras del terreno por parte de los propietarios de los predios, se proyecta un trazado ajustado al margen de la cañuela, evitando así la afectación de los árboles y las posibles áreas de intervención futura.

Posteriormente el trazado cambia de dirección en sentido norte hacia el predio 4, mediante dos deflexiones de 90° y 45° respectivamente las cuales permiten ajustar el alineamiento a la línea de conexión proyectada sobre la carrera 23 sur, en donde se gira nuevamente 90° para conectar con la tubería existente.

A continuación se presentan los esquemas de planta y perfil del tramo proyectado, por efectos de la escala se divide el tramo en dos secciones:



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**

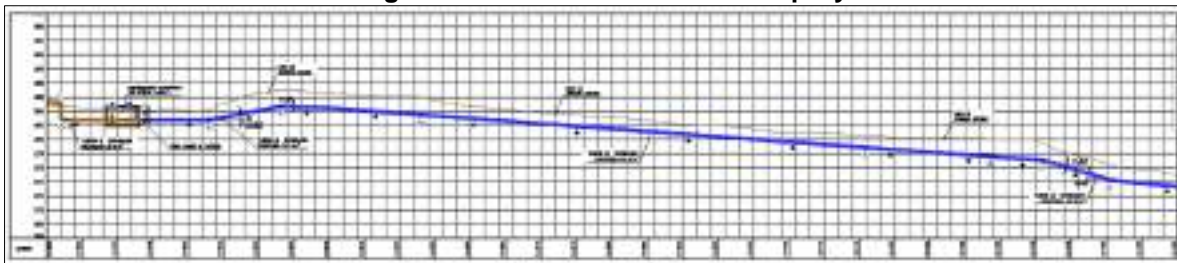


**Ilustración 8-141 Planta alineamiento horizontal proyectado – Sección 1. Desde salida de tanque hasta cambio de dirección hacia predio 4**



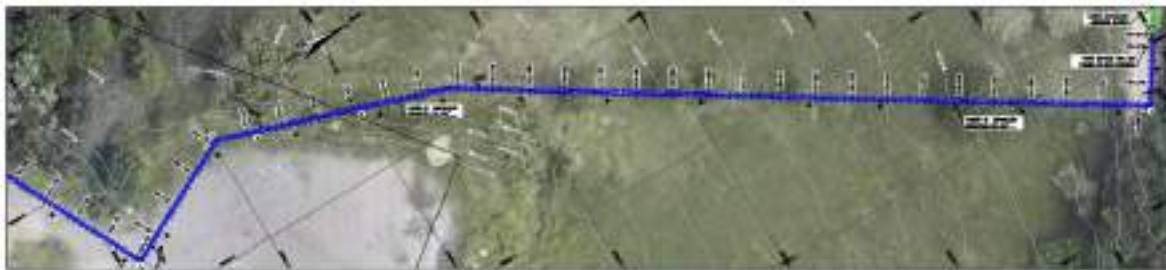
Fuente: Consultoría

**Ilustración 8-142 Perfil general alineamiento horizontal proyectado – Sección 1**



Fuente: Consultoría

**Ilustración 8-143 Planta alineamiento horizontal proyectado – Sección 2 desde cambio de dirección hacia predio 4 hasta conexión a tubería existente**



Fuente: Consultoría



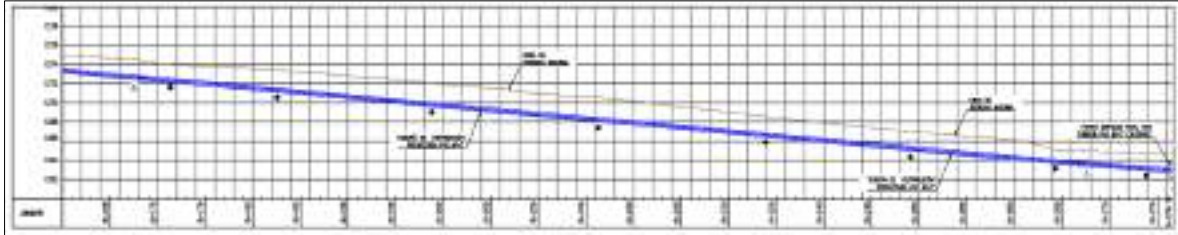
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Ilustración 8-144 Planta general alineamiento horizontal proyectado – Sección 2**



Fuente: Consultoría

Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

## **8.2.6 CONEXIÓN DISTRITO 3**

### **8.2.6.1 Visita de campo y recopilación de información**

Los días 12 y 13 de julio de 2021 se realizó una visita de campo en conjunto con el IBAL con el objetivo de poder hacer un reconocimiento en campo de las áreas a intervenir y las posibles alternativas de paso para la tubería de conducción necesaria de proyectar.

Mediante la visita de campo realizada fue posible identificar las diferentes labores y estructuras que han realizado sobre este tramo, principalmente las condiciones en el punto de empalme con el distrito 3, con el fin de realizar la proyección del tramo de conexión con la red de distribución existente.

Las imágenes del punto de conexión del trazado proyectado con la red de distribución de distrito 3, resultado de la visita se presentan a continuación.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-145 Punto de conexión aguas arriba con tubería existente de PVC 12" (Red de distribución proveniente de tanque sur)**



Fuente. Imagen adaptada de Street view Google Maps, 2019.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-146 Condiciones locativas punto de conexión con distrito 3



Fuente. Imagen adaptada de Street view Google Maps, 2013.

### 8.2.6.2 Descripción

Este tramo se encuentra ubicado en su totalidad sobre la calle 21, entre la carrera 13 sur y carrera 11, vía local pavimentada, en buenas condiciones generales, salvo el cruce con la carrera 12 sur, que presenta una pérdida casi total del pavimento asfáltico. La vía a intervenir es de dos carriles en doble sentido, ubicada en un sector residencial con presencia de establecimientos comerciales locales.

### 8.2.6.3 Planteamiento del trazado

El trazado se plantea desde el punto de conexión aguas arriba con la tubería de PVC 12" existente hasta la conexión con la red de distribución existente consistente en tubería de hierro galvanizado de 8" (distrito 3) ubicada sobre la carrera 11 sur. En el desarrollo de los primeros 100 m del tramo (desde la carrera 11 hasta la carrera 12 sur) se proyecta el trazado sobre el margen izquierdo de la vía (sentido de flujo) teniendo en cuenta la interferencia con las redes de alcantarillado y pozos ubicados sobre el eje central y margen derecha de la vía (según la información consignada en la Geodatabase suministrada - Catastro\_Alcantarillado.gdb - y en los planos AS BUILT del contratista).

En el cruce con la carrera 12 sur se realiza cambio de dirección (11. 25°) llevando el alineamiento hacia el margen derecho de la vía, evitando así la interferencia con los pozos de inspección existentes y la red de alcantarillado existente sobre el margen izquierdo desde este punto (según información de Geodatabase y planos AS BUILT).



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-147 Planta general alineamiento horizontal proyectado conexión distrito 3**



Fuente: Consultoría

Teniendo en cuenta las redes existentes que pueden generar posibles interferencias. Se ha revisado, principalmente, de la información base suministrada (Catastro\_Alcantarillado.gdb) referente a las redes de alcantarillado presentes en el sector, la ubicación de pozos y/o tuberías de interferencia con el trazado propuesto, en la imagen se observa la información de las redes de alcantarillado suministrada:

**Ilustración 8-148 Red de alcantarillado - Catastro\_Alcantarillado.gdb**



Fuente: Consultoría

Se identificaron 4 puntos de interferencia del trazado proyectado con la red de alcantarillado los cuales se señalan en las ilustraciones siguientes:





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 8-149 Puntos de interferencia con la red de alcantarillado existente entre carreras  
13 y 12 sur**



Fuente: Consultoría

**Ilustración 8-150 Puntos de interferencia con la red de alcantarillado existente entre carreras  
12 y 11 sur**



Fuente: Consultoría

Resultado de la revisión de las cotas rasante y las profundidades de la tubería de alcantarillado, se define el alineamiento vertical del tramo contemplando una distancia mínima de 25cm (por encima o por debajo) de la cota clave o batea en los puntos de interferencia con la tubería de alcantarillado.

Así las cosas, se tienen las siguientes posiciones del alineamiento vertical proyectado respecto a cada uno de los puntos de interferencia identificados:



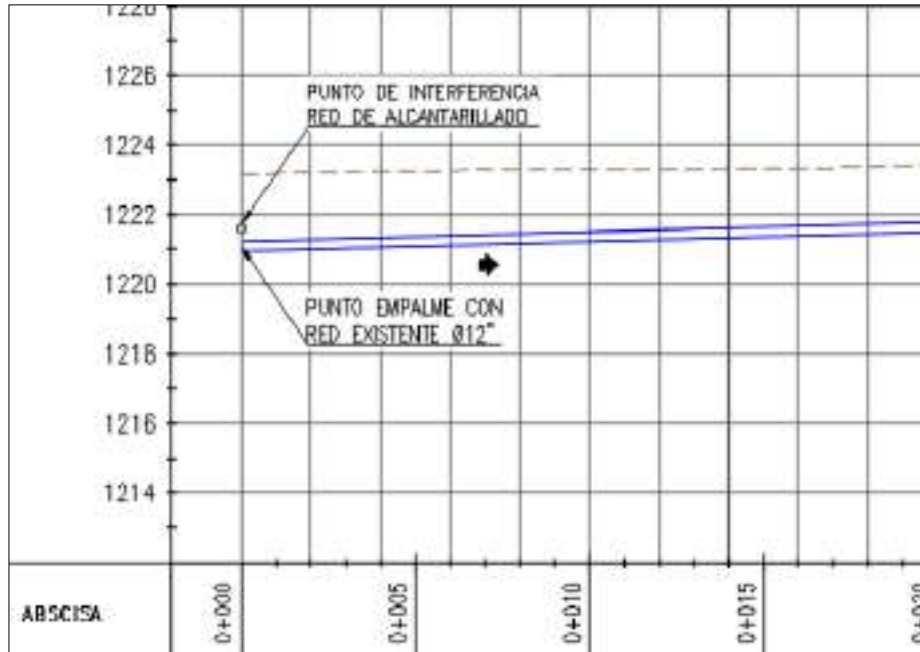
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1

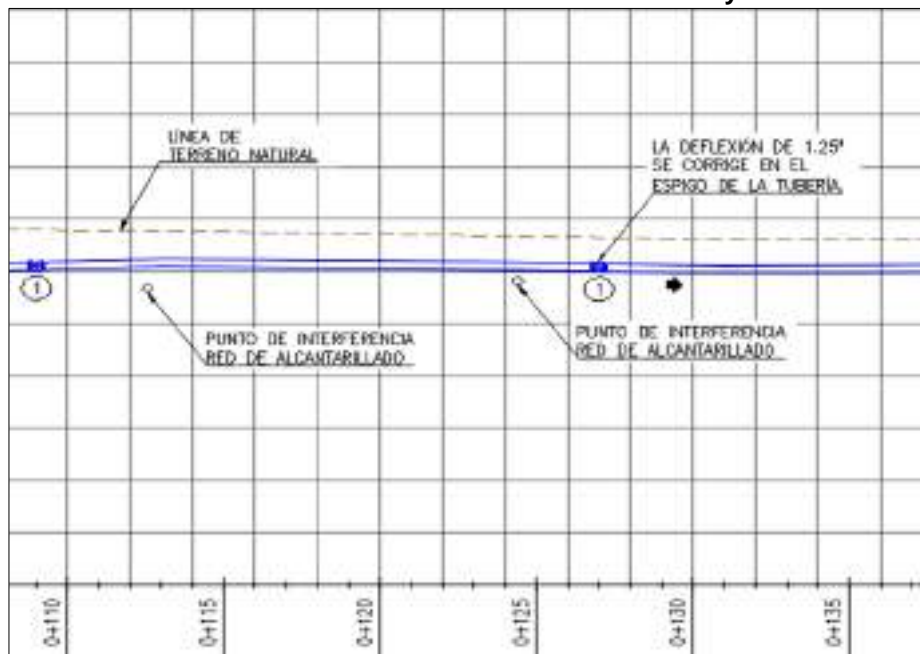


Ilustración 8-151 Punto de interferencia 1



Fuente: Consultoría

Ilustración 8-152 Puntos de interferencia 2 y 3



Fuente: Consultoría





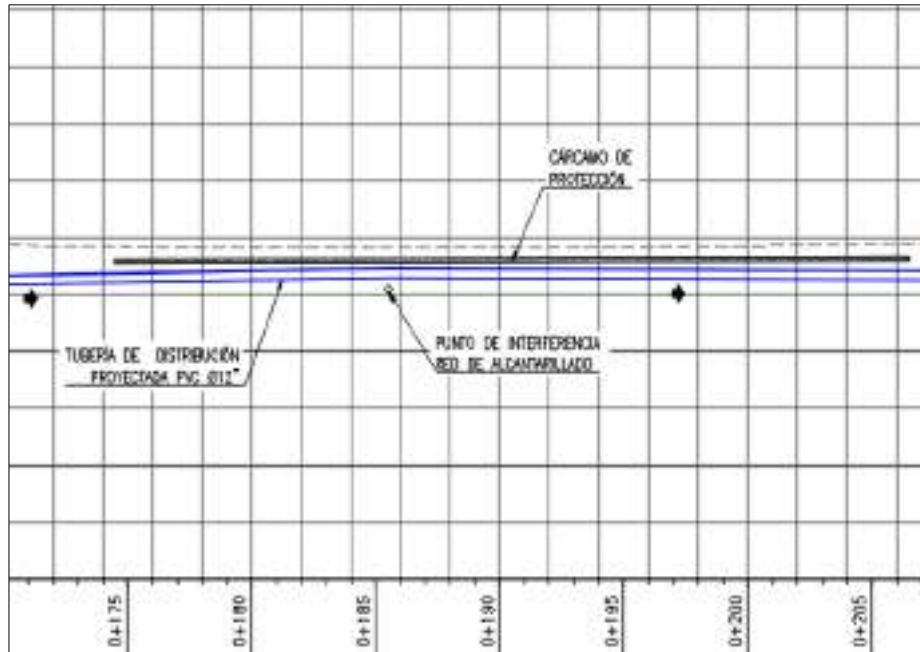
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-153 Punto de interferencia 4



Fuente: Consultoría

Respecto a esta última interferencia, al contemplar la distancia mínima considerada de la cota clave de la tubería de alcantarillado respecto a la cota batea de la tubería de distribución en la proyección del alineamiento vertical (min. 25cm), vemos que la cota clave de la tubería de distribución queda a una distancia menor de 1.0m a la cota del terreno en una extensión aproximada de 32 m, por esta razón, se hace necesario proteger la tubería en esta longitud de tal manera que los esfuerzos provocados por las cargas derivadas del tránsito de la vía no lleguen a afectarle. Por lo anterior, se plantea la construcción de un cárcamo de protección tipo placa para la protección de la tubería.

Así las cosas, se adopta la especificación técnica NS-090-1 AC (Protección de tuberías de acueducto y alcantarillado) de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá (EAAB) mediante la cual se definen las dimensiones y refuerzos requeridos para la protección de la tubería en función de su diámetro. En la siguiente ilustración se observa el esquema típico de placa de protección para diferentes diámetros de tubería:



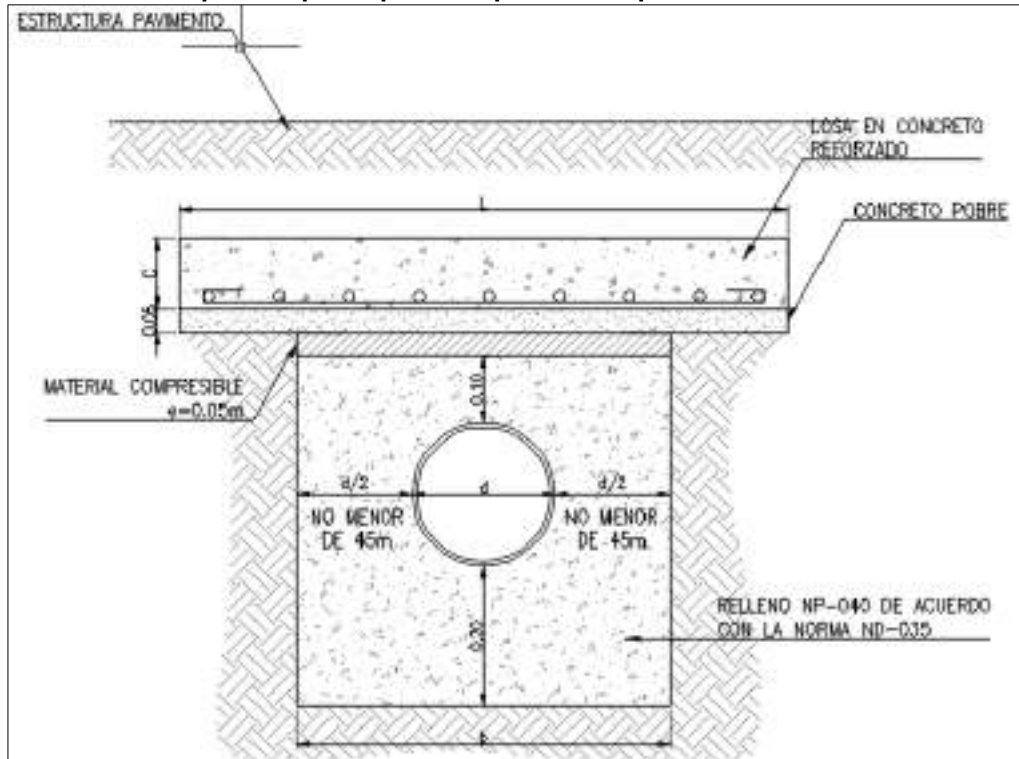
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-154 Esquema tipo de placa de protección para diferentes diámetros de tubería



Fuente: EAAB, NS-090-1 AC. 2019

Tabla 8-31. Dimensiones por cada tipo de diámetro de tubería y cantidad de hierros aproximada

DIMENSIONES POR CADA TIPO DE DIAMETRO DE TUBERÍA				
DIÁMETRO EXTERIOR (d)		b	L	c
(")	(mm)	(m)	(m)	(m)
8	250	0,50	1,10	0,12
10	300	0,60	1,10	0,12
12	350	0,70	1,10	0,12
16	500	1,00	1,50	0,12
18	550	1,10	1,50	0,12
20	600	1,20	1,60	0,12
24	750	1,50	1,90	0,12
27	850	1,70	2,10	0,12
30	950	1,90	2,30	0,12
32	1050	2,10	2,50	0,12
36	1150	2,30	2,70	0,12

CANTIDAD DE HIERROS Aprox.											
Diámetro (")											
TIPO	8	10	12	16	18	20	24	27	30	32	36
R1	4ø3/8"	4ø3/8"	4ø3/8"	4ø3/8"	4ø3/8"	4ø3/8"	4ø3/8"	4ø3/8"	4ø3/8"	4ø3/8"	4ø3/8"
R2	4ø3/8"	4ø3/8"	5ø3/8"	5ø3/8"	5ø3/8"	5ø3/8"	6ø3/8"	7ø3/8"	7ø3/8"	8ø3/8"	9ø3/8"

Fuente: EAAB, NS-090-1 AC. 2019



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

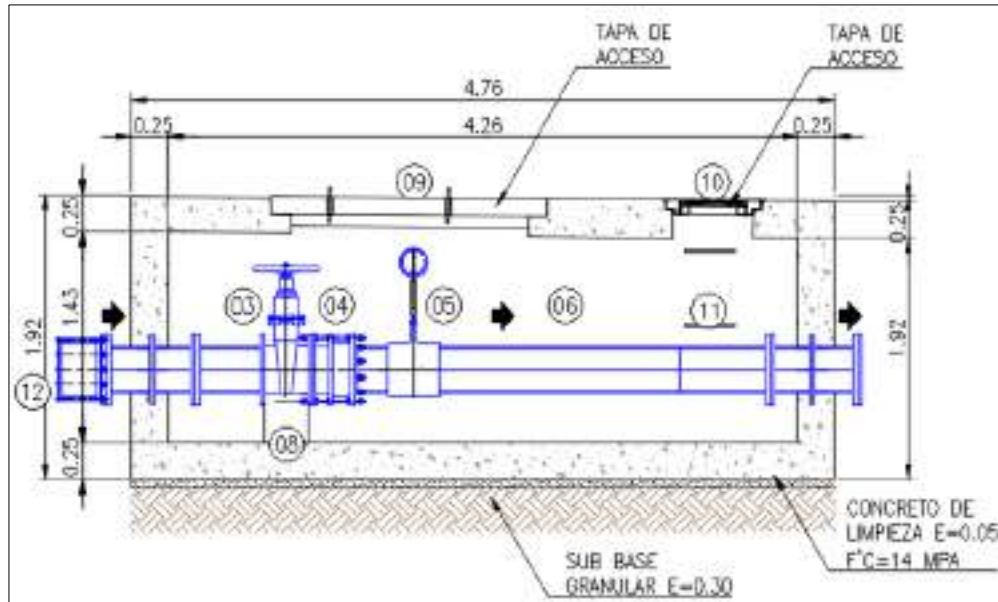
PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Antes de la conexión se ha dispuesto una estructura especial tipo caja para la ubicación de una válvula mariposa de 12" para control de caudal, un manómetro digital y un macro medidor electromagnético de 12", además, está caja fue diseñada para resistir los empujes de presión causados por el cierre de la válvula por lo que se dispone del diseño estructural y un accesorio tipo niple anillo de anclaje.

Ilustración 8-155 Perfil detalle macromedidor de 12"



Fuente: Consultoría

Así pues, por último se tiene el esquema de conexión con la red de distribución secundaria del distrito 3, la que se realizará mediante la ubicación de una Te en HD de 12x8 para la conexión del tramo de salida de la caja con la red de acueducto existente. La tubería de conexión será en hierro dúctil HD (tal como sale de la caja) y se ubicará una unión entre la salida de la caja y la Tee de conexión para la corrección de una deflexión de 6° del alineamiento horizontal con el empate de la Tee.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 8-156 Planta - detalle de conexión con Distrito 3



Fuente: Consultoría

Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

### Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4—COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

## 8.3 ANCLAJES

La presión interna ejercida por el fluido en los accesorios genera empujes sobre el mismo debido al cambio de dirección de flujo que puede llegar a desempatar la tubería, para evitar el desprendimiento del accesorio se debe construir un anclaje en concreto armado en cada accesorio que contrarreste el empuje ejercido por el fluido. Por ende, se plantea una metodología para dimensionar el volumen de los anclajes para el acueducto de Ibagué el cual cuenta con presión de magnitud considerable.

### 8.3.1 METODOLOGÍA

El dimensionamiento de los anclajes se realiza mediante el análisis de la presión estática que actúa en la tubería, para el estudio es importante caracterizar la red con base a la información suministrada en de los planos, la cual es procesada para encontrar cada uno de los parámetros necesario para el análisis.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- Cota rasante
- Cota clave
- Diámetro tubería
- Coordenada X y Coordenada Y
- Abscisa
- ID del elemento a analizar

### **Presión Estática**

Terminología que hace referencia a la presión que el mismo fluido, sin que se genere velocidad o movimiento sobre el mismo, para el cálculo es importante identificar la cota de salida de la tubería, es decir la cota del punto de inicio de la red a estudiar, y la cota del accesorio analizado

$$Presion\ estatica\ (m) = Cota\ Maxima\ (m) - Cota\ accesorio\ (m)$$

### **Fuerza estática**

Una vez se idéntica la presión estática es importante evaluar la fuerza que esta presión está causando sobre el accesorio para ello se multiplica la presión por el área de la tubería, igualmente se emplea un factor de seguridad de 1.25.

$$Fuerza\ estatica\ (Ton) = Presion\ estatica\ (m) * Area\ Tuberia\ (m^2)$$

### **Descomposición de Fuerzas**

Con el fin de determinar la dirección y la fuerza resultante actuante en cada accesorio se debe descomponer las fuerzas que actúan en un accesorio:

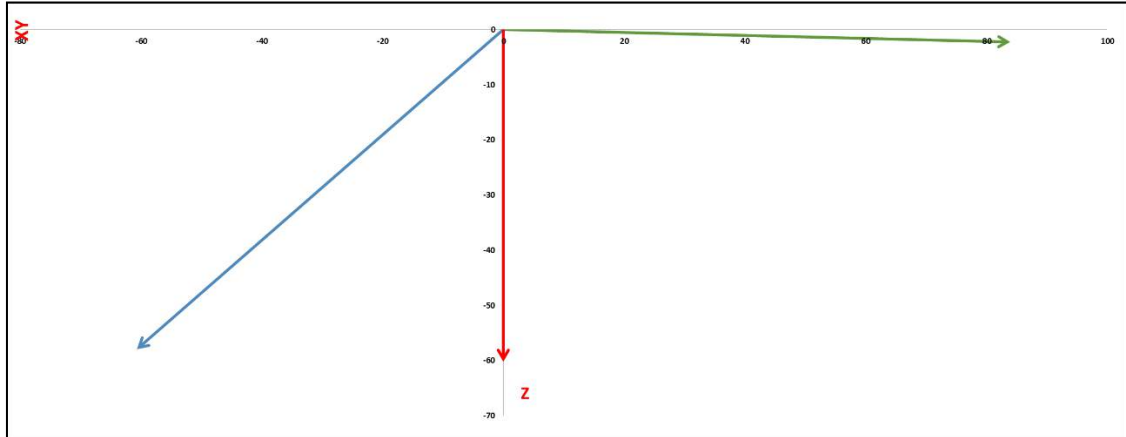
- Se conoce la fuerza estática que actúa sobre el accesorio el cual representa la fuerza que entra al accesorio la que sale del mismo.
- Se descompone la fuerza inicial y final que actúa sobre el codo teniendo en cuenta el ángulo de entra y sale respecto.
- Se analiza primero en plano Z vs XY con el fin de encontrar la resultante en el eje X y la magnitud de la fuerza que actúa sobre el plano XY.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN Y CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



$$Fz_{Inicial} = \text{Fuerza estatica (Ton)} * \text{sen}(\theta_{Inicial})$$

$$Fz_{Final} = \text{Fuerza estatica (Ton)} * \text{sen}(\theta_{Final})$$

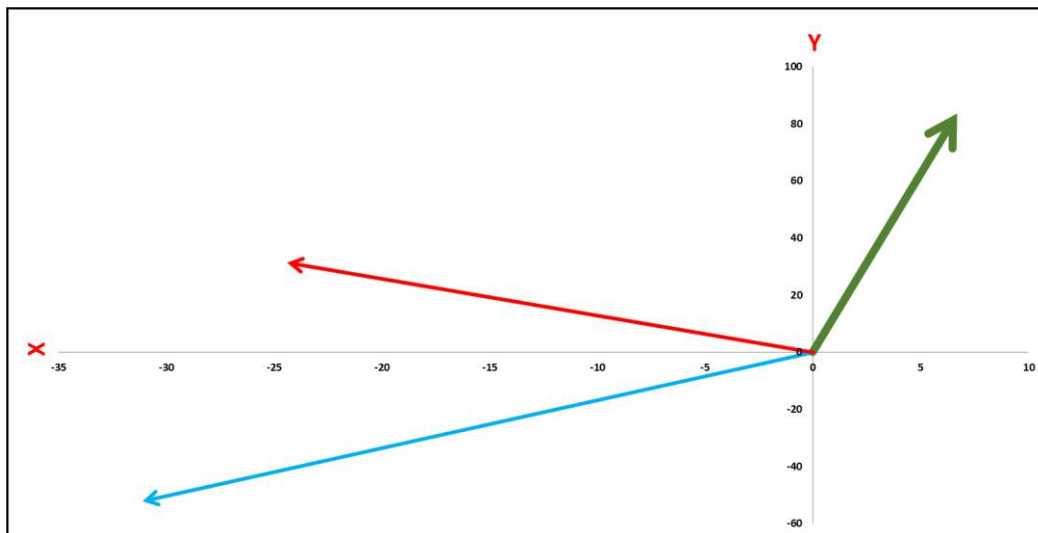
$$Fz = Fz_{Inicial} + Fz_{Final}$$

$$FXY_{Inicial} = \text{Fuerza estatica (Ton)} * \text{cos}(\theta_{Inicial})$$

$$FXY_{Final} = \text{Fuerza estatica (Ton)} * \text{con}(\theta_{Final})$$

$$FXY = FXY_{Inicial} + FXY_{Final}$$

- Teniendo en cuenta la magnitud sobre e plano XY y la dirección de las fuerzas en planta se encuentre la resultante sobre este plano.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



○ **Magnitud:**

$$FY_{Inicial} = FXY (Ton) * \text{sen} (\theta_{Inicial})$$

$$FY_{Final} = FXY (Ton) * \text{sen} (\theta_{Final})$$

$$FY = FY_{Inicial} + FY_{Final}$$

$$FX_{Inicial} = FXY (Ton) * \text{cos} (\theta_{Inicial})$$

$$FX_{Final} = FXY (Ton) * \text{con}(\theta_{Final})$$

$$FX = FX_{Inicial} + FX_{Final}$$

$$F_{horizontal} = \sqrt{FY^2 + FX^2}$$

○ **Dirección:**

$$\text{Angulo} = \tan^{-1} \frac{Fy}{Fx}$$

Si FY es menor que 0, entonces

$$\text{Angulo horizontal} = 360 + \text{angulo}$$

Si FX es menor que 0, entonces

$$\text{Angulo horizontal} = 180 + \text{angulo}$$

Si FX y FY mayor que 0, entonces

$$\text{Angulo horizontal} = \text{angulo}$$

- Una vez se encuentra la magnitud y dirección de la fuerza horizontal y vertical se empieza dimensionar el anclaje para ello es importante tener las características geotécnicas tales como: nivel freático, peso suelo seco, peso suelo saturado, fricción suelo concreto, capacidad portante coeficiente presión pasiva y activa.
- Es importante analizar si el accesorio necesita un anclaje para ellos se realiza una sumatoria de las fuerzas que actúan sobre el mismo, es decir, el peso de la tubería, flotación, peso del suelo, empuje en Z multiplicado por un factor de seguridad del 1.2, y para las fuerzas horizontales verificar la fuerza de cohesión, fricción y empuje horizontal con un factor de seguridad de 2.

$$flotacion = H_{agua} * D_{ext} * L_{codo} * \gamma_{agua}$$

El peso del suelo seco se utiliza cuando el nivel freático no lo alcanza a cubrir, y el peso sumergido se emplea cuando el suelo que se analiza se encuentra por debajo del nivel freático.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



$$W_{suelo} = H_{suelo} * D_{ext} * L_{codo} * \gamma_{suelo}$$

$$W_{tubll} = \left( \pi * \frac{D_{int}^2}{4} \right) * L_{codo} * \gamma_{agua} + L_{codo} * W_{tub}$$

$$friccion = \left( \sum FY + Ez \right) * Friccion\ suelo\ concreto$$

$$Cohesion = D_{ext} * L_{codo} * cohesion$$

Si al realizar sumatoria de fuerzas las fuerzas actuantes son inferiores al empuje horizontal y/o vertical del accesorio multiplicado por un factor de seguridad de 2 y de 1.2 respectivamente significa que no se necesita anclaje.

- Para empezar a dimensionar los anclajes es importante establecer anclajes tipos los cuales se representa a continuación:

**Tabla 8-32 Anclajes Tipo**

Tipo de Anclaje	Esquema
Anclaje horizontal	
Anclaje vertical inferior	



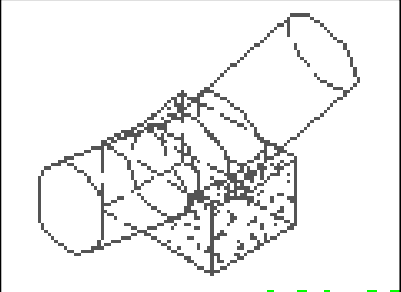
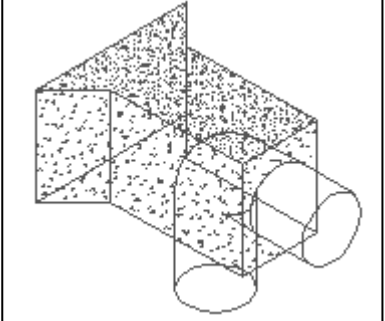
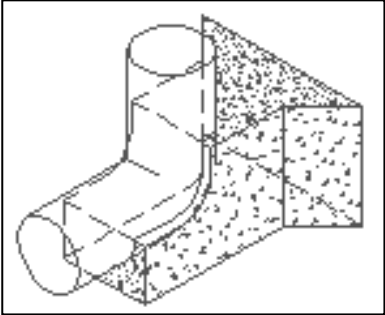


IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Tipo de Anclaje	Esquema
Anclaje vertical superior	
Anclaje mixto superior	
Anclaje mixto inferior	

Fuente: Consultoría

- Con base en los esquemas anteriores se encuentra y al verificar que el accesorio necesita anclaje se encuentra el volumen empleando las fórmulas anteriormente expuesta, pero teniendo en cuenta el área de la base del anclaje como incógnita con el fin de determinar el área de la base necesaria y así encontrar el volumen del mismo.
- El volumen anteriormente encontrado actúa únicamente a fricción sin embargo si el volumen es de magnitud considerable se evalúa el empuje activo y pasivo que actúan sobre el cuerpo libre, para ellos es necesario tener claro el perfil estratigráfico de suelo en el punto de análisis.

### 8.3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Teniendo en cuenta la metodología anteriormente descrita se evalúan los accesorios para cada uno de las redes a analizar.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- **Aducción**

La red de aducción tiene un total de 577 accesorios los cuales se clasifican en 3 tipos de anclajes, los que no necesitan anclajes, los que ya tiene anclajes, pero el volumen no es suficiente y los que no tienen anclajes, pero los necesitan catalogándolos como nuevos. El volumen total de los anclajes a emplear en la red es de 4.795 m<sup>3</sup>.

### **Sin anclajes**

En la red de aducción se encuentra un total de 22 accesorios que no necesitan anclajes donde los empujes de los mismo oscilan entre 33 Ton a 2 Ton a nivel vertical y 7.2 Ton a 0.03 Ton en sentido horizontal.

**Tabla 8-33 Accesorios sin anclaje- Red de Aducción**

<b>NODO</b>	<b>ABSCISA</b>	<b>EMPUJE VERTICAL (Ton)</b>	<b>EMPUJE HORIZONTAL (Ton)</b>	<b>DIRECCIÓN EMPUJE (°)</b>	<b>"θ" HORIZONTAL (°)</b>	<b>VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)</b>
PIV-001	0,73	0,00	0,00	35,97	20,92	NA
PIV-008	821,89	-0,82	0,07	223,20	24,41	NA
PIV-010	961,63	1,90	0,25	18,61	24,27	NA
PIV-012	1.158,41	-0,01	0,10	273,68	24,44	NA
PIH-026	1.446,16	-2,43	5,46	97,77	24,49	NA
PIH-027	1.525,48	-6,19	5,85	280,17	24,45	NA
PIV-016	1.709,13	-27,24	7,07	174,79	23,16	NA
PIV-018	1.801,51	-4,05	1,31	231,57	24,33	NA
PIV-026	2.192,65	-5,26	0,97	325,68	24,47	NA
PIV-029	2.419,75	-5,61	0,94	125,90	24,48	NA
PIV-030	2.819,65	-3,69	0,11	201,91	24,49	NA
PIV-036	3.492,40	-11,56	0,51	220,38	24,46	NA
PIV-038	4.281,96	-11,41	7,20	97,03	24,47	NA
PIV-041	4.714,76	-10,78	0,88	80,03	24,43	NA
V2-Nuevo	9.162,15	-32,48	3,22	36,69	25,34	NA
V3-Nuevo	9.420,12	-13,78	6,55	158,26	25,34	NA
V6-Nuevo	9.587,05	-9,92	4,59	83,57	23,17	NA
Vi38	17.890,54	-5,54	0,35	134,23	41,72	NA
Vi48	18.461,99	0,24	0,03	247,92	41,49	NA
Vi56	19.063,94	-1,09	0,03	118,07	41,80	NA
H158	19.088,27	0,00	0,84	16,27	54,32	NA
H159	19.124,03	0,65	0,16	204,96	62,69	NA

Fuente: Consultoría



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



### Anclaje nuevo

En la red de aducción se encuentra un total de 123 accesorios que necesitan anclajes nuevos donde los empujes de los mismo oscilan entre 131 Ton a 0 Ton a nivel vertical y 170 Ton a 0 Ton en sentido horizontal.

**Tabla 8-34 Accesorios con anclaje nuevos- Red de Aducción**

NODO	ABSCISA	EMPUJE VERTICAL (Ton)	EMPUJE HORIZONTAL L (Ton)	DIRECCIÓN EMPUJE (°)	"θ" HORIZONTAL L (°)	VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)
PIV-002	K00+002,23	-0,84	0,35	215,99	20,92	0,33
PIH-002	K00+022,65	0,00	0,96	103,55	24,51	2,11
PIH-003	K00+039,19	0,00	0,31	74,23	24,51	0,39
PIH-018	K01+077,80	0,37	6,77	252,53	24,45	2,11
PIH-019	K01+109,58	0,01	10,16	266,10	24,44	2,11
PIH-020	K01+158,91	1,58	10,56	85,75	24,39	2,10
PIH-022	K01+254,73	2,60	9,71	279,47	24,45	2,41
PIH-023	K01+304,16	0,05	7,00	100,49	24,41	2,10
PIH-024	K01+341,84	0,00	12,37	89,66	24,41	2,98
PIH-025	K01+390,85	-2,39	16,43	270,76	24,44	3,24
PIH-028	K01+575,66	-0,17	31,34	83,27	24,38	10,70
PIV-014	K01+613,63	3,77	0,80	84,40	24,44	0,83
PIH-029	K01+649,62	3,13	16,47	255,03	24,50	12,49
PIV-015	K01+675,04	21,57	5,57	351,42	23,16	3,93
PIH-30	K01+723,45	-2,11	48,92	62,82	24,50	14,85
PIV-017	K01+755,79	8,84	2,40	24,57	24,39	1,73
PIH-31	K01+769,19	0,39	38,17	235,56	24,26	14,97
PIH-032	K01+837,37	-1,03	23,44	262,32	24,43	17,56
PIH-035	K02+079,08	6,42	14,04	143,13	24,45	4,85
PIH-036	K02+160,18	6,64	29,47	328,35	24,47	13,42
PIH-037	K02+228,65	-11,56	16,42	349,28	24,38	2,10
PIV-027	K02+254,08	11,17	0,83	289,79	24,38	4,13
PIH-038	K02+267,67	0,44	35,70	158,91	24,50	16,30
PIV-028	K02+300,09	5,46	1,14	129,02	24,45	1,08
PIH-039	K02+329,98	5,89	52,29	122,41	24,28	26,42
PIH-040	K02+379,81	-7,95	37,63	294,57	24,29	13,48
PIH-041	K02+406,15	-0,34	22,66	121,65	24,44	7,43
PIH-043	K02+674,81	0,79	13,65	144,04	24,49	2,98
PIH-044	K02+858,57	-3,62	12,21	136,01	24,50	3,58
PIH-045	K02+872,51	-0,02	41,10	120,22	24,50	16,18



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



<b>NODO</b>	<b>ABSCISA</b>	<b>EMPUJE VERTICAL (Ton)</b>	<b>EMPUJE HORIZONTAL L (Ton)</b>	<b>DIRECCIÓN EMPUJE (°)</b>	<b>"θ" HORIZONTAL L (°)</b>	<b>VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)</b>
PIH-046	K02+886,33	0,01	27,76	99,53	24,50	6,68
PIV-032	K02+899,68	9,49	0,96	79,80	24,47	1,90
PIH-047	K02+911,67	-2,62	16,24	86,28	24,47	3,83
PIH-048	K03+005,93	-3,94	45,87	274,18	24,50	12,50
PIH-049	K03+051,24	0,07	14,57	291,86	24,51	2,11
PIV-033	K03+098,93	12,46	2,47	96,02	24,41	4,13
PIH-050	K03+237,57	2,88	32,20	303,66	24,26	16,04
PIH-051	K03+264,65	0,15	76,25	111,89	45,00	39,07
PIH-052	K03+288,45	3,27	81,11	72,24	45,00	71,49
PIH-060	K03+492,89	11,69	19,40	321,60	24,46	6,35
PIH-061	K03+546,96	-6,10	46,71	333,81	24,45	21,95
PIH-062	K03+644,15	-0,03	150,25	131,38	54,00	123,39
PIH-063	K03+690,83	-0,01	20,59	282,69	24,48	5,50
PIH-064	K03+740,37	-0,01	21,17	102,62	24,48	5,67
PIH-065	K03+759,94	-4,42	33,80	91,72	24,49	11,33
PIH-066	K03+781,40	-0,16	24,68	79,74	24,51	7,39
PIH-067	K03+824,62	-1,01	12,09	257,15	24,51	2,14
PIH-068	K03+866,58	4,68	53,26	270,44	24,50	24,65
PIH-069	K03+909,54	-9,87	21,26	285,20	24,49	5,00
PIH-070	K03+938,86	-0,34	27,88	295,09	24,49	9,91
PIH-071	K03+977,93	-1,81	28,32	114,79	24,49	13,42
PIH-072	K04+008,75	-0,02	29,73	295,28	24,48	9,51
PIH-073	K04+029,21	13,72	30,55	307,60	24,48	8,06
PIH-074	K04+119,47	2,67	18,46	129,61	24,46	2,32
PIH-075	K04+179,49	13,70	15,95	117,59	24,32	5,41
PIH-076	K04+242,52	-12,43	20,48	299,73	24,30	5,74
PIH-077	K04+268,47	-0,36	90,64	111,07	45,00	56,52
PIH-078	K04+335,96	-5,87	32,29	85,76	24,50	8,24
PIH-079	K04+371,15	-0,67	32,18	265,91	24,50	12,43
Vi9	K06+417,66	7,23	0,13	359,62	24,50	1,29
H73	K06+935,96	-8,46	33,24	267,44	24,41	14,00
H73A	K06+956,99	-16,05	27,92	275,19	24,48	17,50
CH76A	K07+126,50	-5,78	16,82	285,40	24,50	3,44
CH82	K07+242,12	22,78	23,90	63,37	24,47	5,94
CH83	K07+309,96	-12,79	22,59	60,18	24,48	2,82
CH85D	K07+553,43	11,57	7,28	111,74	24,34	7,33





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



<b>NODO</b>	<b>ABSCISA</b>	<b>EMPUJE VERTICAL (Ton)</b>	<b>EMPUJE HORIZONTAL L (Ton)</b>	<b>DIRECCIÓN EMPUJE (°)</b>	<b>"θ" HORIZONTAL L (°)</b>	<b>VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)</b>
Vs10	K07+560,27	22,95	80,22	288,80	53,00	80,98
H86	K07+610,22	-131,91	170,14	331,98	70,00	111,15
H86A	K07+611,34	131,67	78,18	321,34	70,00	115,42
H87-Vs14	K07+667,07	102,19	100,84	13,03	54,00	49,03
Vsn55	K08+345,11	125,20	31,33	3,87	22,19	29,44
Vln42	K08+351,19	-109,69	33,08	174,00	22,28	8,26
HV1-Nuevo	K09+003,15	-16,27	102,33	339,34	54,00	43,22
V1-Nuevo	K09+057,30	32,96	3,29	262,60	25,34	5,77
H1-Nuevo	K09+148,11	0,00	146,78	150,55	25,55	27,39
H2-Nuevo	K09+170,48	0,00	144,33	330,75	45,00	67,19
H3-Nuevo	K09+180,05	0,01	96,80	8,23	45,00	51,89
H4-Nuevo	K09+217,54	-0,47	94,11	188,17	45,00	38,14
H5-Nuevo	K09+252,08	5,72	91,79	158,81	45,00	43,68
H6-Nuevo	K09+284,10	-0,18	67,85	131,95	45,00	37,45
H7-Nuevo	K09+315,72	-4,96	66,17	108,76	25,19	34,89
H8-Nuevo	K09+348,42	2,29	126,84	300,70	45,00	42,09
H9-Nuevo	K09+356,32	1,98	83,79	338,08	25,21	25,59
H10-Nuevo	K09+364,91	6,07	133,71	16,86	39,36	32,81
H11-Nuevo	K09+406,44	6,53	127,36	198,20	45,00	53,12
HV2-Nuevo	K09+454,53	-18,89	52,91	6,99	54,00	74,67
HV3-Nuevo	K09+463,94	9,02	60,18	21,75	54,00	96,96
H12-Nuevo	K09+473,46	0,12	55,56	46,47	54,00	86,29
HV4-Nuevo	K09+502,65	-44,69	32,41	97,54	22,35	25,83
V4-Nuevo	K09+516,18	103,62	18,56	338,56	22,42	15,59
V5-Nuevo	K09+527,34	-83,57	7,89	159,11	23,35	0,44
H13-Nuevo	K09+545,82	0,00	96,27	226,04	23,65	32,19
H14-Nuevo	K09+578,75	0,01	60,05	188,55	23,65	30,71
V7-Nuevo	K09+633,05	10,14	4,58	263,56	23,26	1,85
V8-Nuevo	K09+668,05	-11,80	5,57	83,56	23,06	1,75
V9-Nuevo	K09+704,34	18,83	7,51	263,96	23,53	4,82
H15-Nuevo	K09+714,35	0,00	37,91	8,57	24,77	18,52
H16-Nuevo	K09+766,77	0,00	60,19	175,15	38,53	11,45
V10-Nuevo	K09+777,21	15,57	1,95	238,39	25,16	3,87
H17-Nuevo	K09+789,40	0,71	42,55	346,47	25,56	23,26
Hn25	K10+525,20	2,52	27,20	205,30	24,35	9,35
Hn28	K10+550,60	2,34	33,23	29,33	24,46	15,91



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



NODO	ABSCISA	EMPUJE VERTICAL (Ton)	EMPUJE HORIZONTAL L (Ton)	DIRECCIÓN EMPUJE (°)	"θ" HORIZONTAL L (°)	VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)
Hn31	K10+615,78	1,58	24,25	215,22	24,50	5,14
Hn30	K10+623,99	1,29	35,99	173,49	24,50	9,18
H180	K12+634,06	-2,45	24,85	109,59	25,37	8,78
H102-Nuevo	K12+666,63	-0,63	26,85	292,67	25,28	32,98
HV103-Nuevo	K12+681,45	-13,40	4,13	38,00	65,79	5,82
V104-Nuevo	K12+683,48	20,59	64,30	86,30	24,32	107,92
V105-Nuevo	K12+728,70	32,00	12,24	308,66	22,30	31,83
H107-Nuevo	K12+744,70	-8,03	25,18	24,45	24,43	3,12
H190	K12+779,70	-8,68	39,53	216,74	27,44	42,47
Vi60A	K12+790,00	9,39	7,02	231,56	27,46	7,26
H119	K17+685,27	0,13	33,15	255,18	41,76	4,28
H120A	K17+799,54	-0,75	18,38	47,29	41,81	2,60
H121	K17+831,96	-0,24	11,83	229,43	41,81	1,65
Vs39	K17+920,08	10,10	0,35	315,41	54,23	1,80
Hn37	K17+939,52	-0,37	23,06	217,44	54,35	8,03
Hn38	K17+947,58	0,42	48,35	192,40	54,35	22,18
Hn-VIn32	K17+952,96	-59,58	39,37	127,55	46,78	12,71
H151	K18+620,15	-20,78	10,86	348,14	39,20	1,91
H156	K19+008,95	0,00	38,20	8,55	41,81	18,55
H157	K19+070,43	0,00	13,13	203,42	41,78	4,04
HV201-Nuevo	K19+236,15	-7,07	28,42	35,56	41,48	11,83

Fuente: Consultoría

### Anclaje optimizado.

En la red de aducción se encuentra un total de 184 accesorios que necesitan optimizar los anclajes existentes donde los empujes de los mismo oscilan entre 84 Ton a 0 Ton a nivel vertical y 210 Ton a 1.92 Ton en sentido horizontal.

**Tabla 8-35 Accesorios con anclaje a optimizar- Red de Aducción**

NODO	ABSCISA	EMPUJE VERTICAL (Ton)	EMPUJE HORIZONTAL (Ton)	DIRECCIÓN EMPUJE (°)	"θ" HORIZONTAL (°)	VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)
PIH-003A	K00+091,62	0,00	2,04	292,26	66,71	6,36
PIH-012	K00+876,67	0,54	8,35	312,93	24,44	3,09
PIH-013	K00+905,83	-1,70	22,88	114,60	38,05	3,03
PIH-014	K00+932,34	0,00	8,25	274,87	24,51	1,75



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



NODO	ABSCISA	EMPUJE VERTICAL (Ton)	EMPUJE HORIZONTAL (Ton)	DIRECCIÓN EMPUJE (°)	"θ" HORIZONTAL (°)	VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)
PIH-015	K00+988,59	1,83	11,88	95,36	24,42	1,74
PIH-016	K01+014,88	0,16	13,85	70,18	24,34	1,74
PIH-017	K01+035,03	-1,69	5,42	240,12	24,40	1,74
PIH-021	K01+226,07	-3,78	10,81	264,15	24,42	1,74
PIH-33	K01+906,51	-2,80	7,75	273,69	24,47	2,67
PIH-034	K02+046,95	-0,01	61,87	301,77	37,38	23,67
PIV-024	K02+064,16	13,84	3,32	272,03	23,95	3,71
PIH-042	K02+449,49	2,86	51,18	310,87	24,50	16,51
PIH-053	K03+308,87	-10,94	152,87	268,80	66,56	117,91
PIH-054	K03+350,99	16,34	57,56	319,73	24,29	37,90
PIH-055	K03+374,43	16,43	49,93	143,01	24,44	20,33
PIH-056	K03+386,61	0,00	72,68	113,89	24,41	29,93
PIH-057	K03+420,83	1,77	41,90	286,40	24,39	13,28
PIH-058	K03+446,16	6,25	54,28	309,37	24,30	24,69
PIH-059	K03+486,42	-8,50	11,96	143,42	24,32	1,73
PIH-080	K04+423,34	0,00	46,47	83,42	24,48	24,09
PIH-081	K04+461,43	2,02	26,71	259,98	24,47	13,37
PIH-082	K04+490,40	-0,01	34,39	78,41	24,46	20,13
PIH-083	K04+552,36	0,56	66,37	264,23	24,41	26,82
PIH-084	K04+576,22	20,52	68,50	288,55	24,45	45,65
PIH-085	K04+633,96	-12,63	48,32	310,13	24,49	8,95
H5A	K04+917,40	1,99	22,74	315,83	24,43	0,02
H7	K04+973,13	1,26	64,82	121,40	24,36	17,94
H9	K05+019,85	-0,08	87,99	314,41	45,00	29,44
H10	K05+043,82	0,55	65,75	138,54	45,00	19,09
H11	K05+052,20	-0,99	66,96	115,62	45,00	28,06
H12	K05+057,20	-7,58	50,73	96,00	24,39	19,82
H14	K05+096,78	1,44	118,06	287,03	24,32	36,70
H15	K05+133,08	0,08	134,36	330,16	45,00	42,83
H16	K05+145,99	-0,01	49,49	164,84	24,30	13,95
H17	K05+155,93	-0,05	37,23	150,60	24,30	11,09
H18	K05+173,82	0,08	66,96	133,61	24,30	34,15
H18A	K05+193,35	-4,26	34,39	307,39	24,34	1,35
H19	K05+211,63	-0,54	36,55	128,03	24,37	10,47
H20	K05+219,27	0,00	64,54	111,94	24,38	21,67
H21	K05+229,56	-4,31	42,77	95,54	24,40	6,12



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



NODO	ABSCISA	EMPUJE VERTICAL (Ton)	EMPUJE HORIZONTAL (Ton)	DIRECCIÓN EMPUJE (°)	"θ" HORIZONTAL (°)	VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)
H23	K05+281,65	-4,93	61,53	76,82	24,50	3,40
H25	K05+380,29	10,94	37,24	260,20	24,50	2,49
H26	K05+389,23	2,15	125,28	285,90	45,00	42,10
H27	K05+398,07	-18,78	78,05	318,12	24,48	18,41
H30	K05+457,67	2,71	61,85	135,00	24,49	14,70
H31	K05+464,91	0,73	45,56	118,07	24,49	9,93
H31A	K05+495,06	12,16	44,33	299,10	24,42	8,77
H31B	K05+515,83	-1,04	24,31	121,34	24,36	0,69
H32	K05+534,51	-0,11	36,81	111,61	24,37	10,93
H33	K05+546,11	-3,86	79,75	93,83	24,40	31,57
H35	K05+581,80	-1,90	75,69	279,14	45,00	25,08
H36	K05+603,18	1,03	44,82	297,58	24,46	12,23
H37	K05+626,55	3,81	32,55	118,90	24,44	3,68
H37A	K05+668,49	-0,84	24,64	297,99	24,43	0,25
H39	K05+710,16	-0,44	52,48	303,47	24,47	14,69
H40	K05+729,88	-0,01	41,56	125,13	24,47	9,26
H41A	K05+776,82	0,20	51,37	301,15	24,46	9,83
H42	K05+854,69	18,10	30,87	314,01	24,47	1,88
H44	K05+882,94	-1,25	57,17	129,32	24,44	20,87
H45	K05+892,03	0,10	44,69	114,70	24,45	10,09
H46	K05+900,48	0,54	101,99	93,73	24,44	33,25
H47	K05+915,27	-15,49	66,12	68,85	24,44	5,32
H49	K06+093,17	5,19	84,74	265,55	24,42	34,14
H50	K06+104,60	1,26	51,89	285,30	24,38	15,85
H50A	K06+141,31	-12,98	34,06	295,96	24,43	0,01
H50B	K06+171,01	-5,75	35,29	117,62	24,50	5,14
H51	K06+234,14	16,22	60,36	314,10	24,46	14,64
H52	K06+281,50	13,59	31,50	134,45	24,31	5,44
H52A	K06+314,23	-4,89	25,85	131,12	24,25	1,46
H53	K06+359,49	-4,17	40,01	115,85	24,42	5,43
VS5	K06+396,27	76,22	16,61	22,72	23,55	13,59
H55	K06+405,33	-84,44	72,95	116,22	23,56	13,13
H56	K06+461,42	1,04	77,42	283,41	24,49	19,61
H57	K06+496,11	-1,92	115,12	308,49	45,00	38,38
H58	K06+525,11	-5,85	39,18	328,46	24,50	12,99
H63	K06+589,09	47,62	39,54	335,72	24,34	16,48





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



NODO	ABSCISA	EMPUJE VERTICAL (Ton)	EMPUJE HORIZONTAL (Ton)	DIRECCIÓN EMPUJE (°)	"θ" HORIZONTAL (°)	VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)
H64	K06+615,56	-5,52	55,84	351,07	24,47	22,27
H65	K06+663,09	-2,69	53,25	171,84	24,49	26,37
H66	K06+684,28	7,86	79,50	154,28	45,00	36,73
H68	K06+769,45	-7,28	52,06	129,86	24,49	15,13
H69	K06+780,83	-0,90	78,46	112,99	24,51	30,14
H70	K06+793,79	0,73	44,51	97,31	24,51	16,08
H71	K06+837,30	2,73	43,22	86,12	24,50	8,09
H72	K06+904,63	18,09	15,32	267,15	24,43	2,58
H73B	K06+995,13	36,35	119,32	296,13	54,00	145,54
H73C	K07+003,10	1,29	155,71	109,93	54,00	115,40
H74	K07+025,36	-4,68	49,61	84,91	24,22	10,25
H75	K07+047,20	-22,17	57,06	262,75	24,37	4,86
H76	K07+108,20	-4,93	49,99	277,54	24,49	6,54
H78	K07+190,58	-21,05	186,82	310,80	54,00	82,52
H79	K07+209,88	-2,41	148,41	135,23	54,00	55,35
H80	K07+217,18	-3,07	108,78	103,86	45,00	25,79
H81	K07+224,48	18,31	97,05	79,77	45,00	17,33
H84	K07+328,79	14,13	36,51	241,48	24,47	4,69
H84A	K07+354,09	18,69	65,97	254,47	24,34	27,66
H85A	K07+485,28	3,52	36,82	80,61	24,50	4,20
H85C	K07+545,88	-43,68	109,57	270,37	54,00	3,00
Vi19	K07+644,03	-5,26	77,21	7,40	53,00	17,70
H88	K07+731,79	47,18	200,12	197,21	54,00	54,08
H89	K07+773,70	-9,23	153,51	145,54	54,00	38,42
H90	K07+913,89	6,74	105,54	320,28	23,95	10,45
Vi23	K07+942,04	4,91	75,53	145,98	24,09	4,75
H91	K07+993,34	19,86	57,41	320,49	24,30	14,88
H92	K08+041,56	1,98	50,77	143,93	24,46	5,95
H95	K08+133,99	-2,38	104,20	132,51	24,50	11,95
H96	K08+156,96	1,37	95,49	101,48	24,50	30,75
H97	K08+187,82	2,67	38,91	272,58	24,51	2,04
H101	K08+500,41	10,88	81,76	286,11	23,29	25,65
H101A	K08+525,62	-53,81	210,68	82,44	45,00	41,02
H101B	K08+543,37	4,60	142,62	252,81	54,00	29,36
H103	K08+597,52	18,76	60,00	79,87	24,45	4,37
H103A	K08+618,52	26,91	63,73	261,54	24,37	22,29



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



NODO	ABSCISA	EMPUJE VERTICAL (Ton)	EMPUJE HORIZONTAL (Ton)	DIRECCIÓN EMPUJE (°)	"θ" HORIZONTAL (°)	VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)
H103B	K08+629,12	9,48	195,08	301,20	45,00	35,52
H104	K08+649,09	-6,61	156,22	128,32	45,00	27,24
H108	K08+818,97	-55,88	145,70	312,00	45,00	5,12
H109	K08+841,03	4,26	85,77	146,86	24,32	6,95
H112	K08+880,18	-8,15	78,69	124,56	24,34	6,81
Vs19	K08+906,31	-16,46	56,40	106,00	24,45	11,59
H113	K08+969,42	-16,50	157,40	301,35	45,00	10,12
H329	K09+854,64	0,39	34,30	176,20	24,51	7,08
H332	K10+002,86	1,44	23,74	184,39	24,51	0,94
H333	K10+022,35	-0,75	35,63	157,83	24,51	5,36
H335	K10+114,69	-1,89	49,26	350,57	24,50	5,53
H336	K10+134,36	2,13	39,54	30,81	24,50	7,19
H338	K10+174,40	0,21	66,28	189,15	38,12	17,97
H339	K10+185,44	-0,83	31,72	143,78	24,51	1,80
H340	K10+205,31	0,03	44,67	329,93	24,50	11,10
H342	K10+240,23	-0,54	36,56	30,83	24,51	0,12
H345	K10+278,86	-0,06	50,62	182,83	38,11	8,95
H350	K10+391,88	1,98	42,59	189,16	24,50	4,50
H169	K12+355,62	-0,88	21,10	246,24	24,49	0,04
Vsn64	K12+957,29	1,95	14,20	272,08	41,76	0,61
H10	K13+279,89	-2,18	30,28	113,95	41,64	8,87
H13	K13+359,51	0,09	14,17	44,28	54,36	0,19
H14	K13+497,39	-0,23	11,56	220,34	41,82	1,45
H15	K13+531,77	-0,18	27,45	257,23	41,82	15,48
H16	K13+539,09	-0,83	15,89	298,15	41,82	4,35
H19	K13+611,23	2,44	22,36	147,31	41,71	7,67
H20	K13+632,48	-0,22	13,67	318,89	41,62	1,13
Vi9A	K13+794,98	-3,12	53,39	14,56	41,49	12,74
H33	K13+844,67	0,00	49,06	211,92	41,74	19,05
H34	K13+848,91	-0,51	28,04	150,91	41,76	2,50
H35	K13+909,10	0,31	7,92	315,11	41,77	0,27
Vs18	K15+144,47	14,93	2,61	39,78	40,96	1,42
Vs19	K15+170,79	8,73	1,92	129,37	41,74	0,23
H77	K16+584,25	0,01	14,17	340,02	54,22	3,32
H79	K16+604,47	0,01	24,09	358,37	41,71	11,40
H80	K16+621,57	0,00	19,44	14,25	41,71	4,97



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



NODO	ABSCISA	EMPUJE VERTICAL (Ton)	EMPUJE HORIZONTAL (Ton)	DIRECCIÓN EMPUJE (°)	"θ" HORIZONTAL (°)	VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)
H82	K16+655,58	0,22	18,92	194,47	41,70	5,29
H83	K16+677,09	5,45	12,00	180,53	41,54	2,68
H84	K16+691,87	-13,22	16,29	176,33	54,08	0,26
H87	K16+710,21	6,33	17,16	161,11	41,78	6,46
H92	K16+879,37	-8,35	28,08	352,08	41,72	2,50
H100	K17+224,83	2,95	21,55	42,47	62,72	3,61
H101	K17+243,92	0,44	72,54	205,40	41,81	28,97
H106	K17+299,62	-4,53	82,57	19,87	41,81	43,59
H108	K17+337,03	-3,85	44,29	61,73	41,77	12,76
H109	K17+363,03	0,00	50,12	239,48	54,26	5,65
H113	K17+498,47	4,23	45,25	212,32	41,79	2,38
H115	K17+569,88	0,00	34,18	19,55	62,73	5,19
H116	K17+594,94	1,66	38,43	198,09	41,82	6,35
H117	K17+618,55	0,21	80,20	32,94	41,82	47,51
H118	K17+655,73	-5,95	38,29	73,69	41,79	3,13
H120	K17+734,96	3,06	21,24	237,10	41,79	3,59
Vsn59	K17+954,47	57,31	22,93	239,17	46,79	25,30
H134	K18+088,21	-0,01	62,72	351,64	41,82	61,42
H135	K18+091,31	-9,02	47,35	31,38	41,70	19,45
H136	K18+098,18	5,67	21,24	53,90	41,68	13,35
Vs45	K18+149,17	11,70	2,97	47,30	41,54	1,36
H137	K18+219,87	-1,96	18,30	242,33	41,80	6,90
H138	K18+267,10	5,07	21,61	228,84	41,72	11,40
H138A	K18+323,86	-6,17	66,53	194,53	62,53	33,08
H140	K18+346,96	7,93	72,66	141,76	40,79	64,68
H140B	K18+363,85	-0,94	17,31	298,69	41,22	3,73
H141	K18+376,55	-0,32	19,50	312,60	53,51	4,23
H143	K18+399,04	1,74	49,73	345,50	53,99	27,36
H144	K18+407,07	2,16	49,66	25,25	54,14	26,26
H145	K18+437,85	-2,71	47,97	205,65	41,63	27,86
H146	K18+442,76	-1,00	47,58	167,06	41,52	28,00
H150	K18+610,29	3,69	21,97	137,34	41,19	9,06
H152	K18+697,95	4,15	73,43	354,85	41,68	39,02
H155	K18+986,69	1,59	43,93	192,16	41,79	15,22
H202-Nuevo	K19+250,34	0,00	43,31	79,92	41,15	19,33
H204-Nuevo	K19+292,57	0,00	66,25	154,10	41,82	43,83



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- **Conducción**

La red de conducción tiene un total de 105 accesorios los cuales se clasifican en 3 tipos de anclajes, los que no necesitan anclajes, los que ya tiene anclajes, pero el volumen no es suficiente y los que no tienen anclajes, pero los necesitan catalogándolos como nuevos. El volumen total de los anclajes a emplear en la red es de 361 m<sup>3</sup>.

### Sin anclajes

En la red de conducción se encuentra un total de 1 accesorios que no necesitan anclaje donde el empuje vertical es 0.43 Ton y 3.73 Ton en sentido horizontal.

**Tabla 8-36 Accesorios sin anclaje - Red de Conducción**

NODO	ABSCISA	EMPUJE VERTICAL (Ton)	EMPUJE HORIZONTAL (Ton)	DIRECCIÓN EMPUJE (°)	"θ" HORIZONTAL (°)	VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)
Hn8	K04+546,21	0,43	3,73	49,44	12,27	0

Fuente: Consultoría

### Anclaje nuevo

En la red de conducción se encuentra un total de 14 accesorios que necesitan anclajes nuevos donde los empujes de los mismo oscilan entre 14 Ton a 0.15 Ton a nivel vertical y 346 Ton a 0.04 Ton en sentido horizontal.

**Tabla 8-37 Accesorios con anclaje nuevo- Red de Conducción**

NODO	ABSCISA	EMPUJE VERTICAL (Ton)	EMPUJE HORIZONTAL (Ton)	DIRECCIÓN EMPUJE (°)	"θ" HORIZONTAL (°)	VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)
Vs-8	K00+968,03	10,97	1,06	233,22	0,11	6,64
Hn1	K04+282,12	-6,52	17,55	205,23	49,81	2,68
Hn2	K04+284,89	-0,15	16,32	30,57	45,03	2,38
Hn3	K04+298,02	-0,17	15,84	346,12	43,85	2,31
HVn4	K04+300,14	14,63	5,86	216,48	6,53	4,03
HVn5	K04+448,60	-14,26	18,59	223,69	54,62	3,00
Vn6	K04+452,77	12,55	4,42	147,94	0,09	7,66
Vn7	K04+464,91	3,77	0,35	325,16	0,04	2,18
Hn9	K04+566,97	0,76	23,89	267,88	89,96	6,17
Hn10	K04+576,21	-0,49	4,62	124,96	15,69	0,77

Fuente: Consultoría





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



### Anclaje optimizado.

En la red de conducción se encuentra un total de 23 accesorios que necesitan optimizar los anclajes existentes donde los empujes de los mismo oscilan entre 5 Ton a 0 Ton a nivel vertical y 44 Ton a 1.25 Ton en sentido horizontal.

**Tabla 8-38 Accesorios con anclaje a optimizar- Red de Conducción**

NODO	ABSCISA	EMPUJE VERTICAL (Ton)	EMPUJE HORIZONTAL (Ton)	DIRECCIÓN EMPUJE (°)	"θ" HORIZONTAL (°)	VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)
H-4	K00+116,33	-2,08	16,25	158,49	53,33	0,91
H-18	K00+453,50	0,68	14,52	22,80	24,50	0,91
H-30	K00+716,92	0,95	14,10	241,17	15,92	4,00
H-34	K00+839,50	0,00	30,91	24,86	31,19	19,57
H-35	K00+842,28	0,00	39,34	349,26	40,02	33,69
H-36	K00+977,98	-0,03	38,13	168,68	38,65	20,93
H-40	K01+288,76	-1,76	32,48	72,19	27,79	0,40
H-43	K01+364,66	2,28	28,93	16,92	24,87	13,00
H-44	K01+381,71	0,17	8,32	188,00	7,09	2,61
H-45	K01+420,48	0,28	16,16	198,42	13,74	5,17
H-46	K01+435,36	1,69	25,78	216,36	21,97	8,58
H-47	K01+568,66	4,77	43,39	245,54	35,71	2,38
H-50	K01+653,08	-1,56	16,87	173,97	13,56	1,37
H-55	K01+879,78	0,32	14,17	16,28	12,08	2,29
H-56	K02+039,66	2,16	14,65	3,71	13,49	2,48
H-57	K02+059,69	-2,46	19,77	347,29	18,29	2,48
H-64	K02+349,17	-0,24	11,10	346,00	12,56	0,31
H-65	K02+359,21	3,01	20,90	328,27	24,00	2,80
Vi-8B	K04+280,87	6,05	1,25	312,37	2,14	0,91
H-70	K04+321,22	0,65	5,12	211,66	14,41	0,18

Fuente: Consultoría

- **Distribución**

La red de distribución tiene un total de 28 accesorios los cuales se clasifican en 3 tipos de anclajes, los que no necesitan anclajes, los que ya tiene anclajes, pero el volumen no es suficiente y los que no tienen anclajes, pero los necesitan catalogándolos como nuevos. El volumen total de los anclajes a emplear en la red es de 10 m<sup>3</sup>.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



### Sin anclajes

En la red de distribución se encuentra un total de 6 accesorios que no necesitan anclajes donde los empujes de los mismo oscilan entre 0.23 Ton a 0 Ton a nivel vertical y 0.28 Ton a 0 Ton en sentido horizontal.

**Tabla 8-39 Accesorios sin anclaje - Red de Distribución**

NODO	ABSCISA	EMPUJE VERTICAL (Ton)	EMPUJE HORIZONTAL (Ton)	DIRECCIÓN EMPUJE (°)	"θ" HORIZONTAL (°)	VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)
Vn001	K00+002,22	0,00	0,00	38,08	51,92	0,00
Vn002	K00+002,22	-0,28	0,28	218,11	51,89	0,00
Vn003	K00+022,99	-0,05	0,00	38,20	0,00	0,00
Vn004	K00+033,00	0,02	0,00	218,34	0,00	0,00
Hn002	K00+053,07	0,00	0,04	122,18	11,25	0,00
Vn006	K00+150,99	-0,23	0,04	252,00	0,00	0,00

Fuente: Consultoría

### Anclaje nuevo

En la red de distribución se encuentra un total de 9 accesorios que necesitan anclajes nuevos donde los empujes de los mismo oscilan entre 2.19 Ton a 0 Ton a nivel vertical y 3.43 Ton a 0 Ton en sentido horizontal.

**8.3.2.1 Tabla 8-40 Accesorios con anclaje nuevo- Red de Distribución**

NODO	ABSCISA	EMPUJE VERTICAL (Ton)	EMPUJE HORIZONTAL (Ton)	DIRECCIÓN EMPUJE (°)	"θ" HORIZONTAL (°)	VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)
Hn001	K00+001,24	0,00	0,00	173,10	90,03	0,02
Hn003	K00+115,75	0,00	1,01	341,86	90,00	0,49
Hn004	K00+135,56	0,00	0,67	184,37	44,99	0,02
Vn005	K00+141,03	0,19	0,03	72,13	0,01	0,02
Hn007	K00+168,65	0,00	0,35	154,83	14,08	0,33
Hn008	K00+266,70	-0,16	3,43	12,26	89,17	8,08
VI-1	K00+706,19	-2,19	0,66	276,20	0,78	0,02

Fuente: Consultoría

### Anclaje optimizado.

En la red de distribución se encuentra un total de 13 accesorios que necesitan optimizar los anclajes existentes donde los empujes de los mismo oscilan entre 2 Ton a 0 Ton a nivel vertical y 8.09 Ton a 0 Ton en sentido horizontal.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



### 8.3.2.2 Tabla 8-41 Accesorios con anclaje a optimizar- Red de Distribución

NODO	ABSCISA	EMPUJE VERTICAL (Ton)	EMPUJE HORIZONTAL (Ton)	DIRECCIÓN EMPUJE (°)	"θ" HORIZONTAL (°)	VOLUMEN FALTANTE ANCLAJE (m3)
12-H	K00+422,18	0,01	0,62	230,83	12,19	2,00
13-H	K00+440,70	0,00	0,57	219,24	11,04	1,87
14-H	K00+459,66	-0,02	1,21	202,22	23,06	4,01
15-H	K00+547,19	0,02	0,69	184,56	12,15	1,74
VS-1	K00+704,29	1,99	0,66	73,68	3,14	3,44
16-H	K00+739,47	0,12	2,42	160,21	44,37	7,10
17-H	K00+741,34	0,02	0,52	133,30	9,38	1,70
18-H	K01+555,52	0,05	8,09	87,35	82,65	30,93
19-H	K01+562,33	-0,26	4,54	247,58	43,24	12,43
20-H	K01+564,16	-0,17	1,34	82,98	12,48	3,78
21-H	K01+581,45	-0,02	1,87	265,59	17,55	6,43
22-H	K01+604,68	0,10	0,53	276,67	5,01	2,63
23-H	K01+645,95	-0,06	0,95	283,91	8,99	3,99

Fuente: Consultoría

Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

#### Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

## 8.4 CAJAS Y VÁLVULAS

Las redes de acueducto y fluidos están sometidos a diferencias de presión, debido a condiciones topográficas y dinámicas. Por ello, la selección de válvulas hidráulicas es de suma importancia en los aspectos económicos, así como en la operación de plantas de proceso, centrales hidroeléctricas, sistemas de bombeo, redes de distribución de agua potable, etc.

Generalmente los sistemas hidráulicos basados en transmisión, regulación de fuerzas y de movimientos permiten ampliar el campo de aplicación de energía y lograr un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles con la reducción de esfuerzos innecesarios.

Por lo cual es frecuente el uso de válvulas reguladoras de presión, cheques, mariposas de contrapeso, purgas y ventosas generando una autonomía a la red, ofreciendo una protección contra rupturas de tuberías, fallas de servicio, reducción de fugas en accesorios y se garantiza los caudales adecuados según la demanda.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



A continuación detallan las abscisas en las que se encontraran las cajas con válvulas especiales.

**Tabla 8-42 Ubicación de válvulas especiales en las 3 etapas**

VÁLVULA	ABSCISA	COORDENADA X	COORDENADA Y
<b>ADUCCIÓN</b>			
Válvula Ventosas	K4+581,01	863029,12	977485,07
Válvula Mariposa	K6+404,97	864516,30	978208,30
Válvula Ventosas	K7+246,89	865177,79	978511,54
Válvula Cheque	K8+147,04	865735,72	978873,15
Válvula Ventosas	K8+348,10	865941,85	978886,14
Válvula Ventosas	K8+425,96	866012,30	978876,93
Válvula Ventosas	K10+604,90	866433,27	980412,61
Válvula Purga	K12+480,00	867987,14	979859,23
Válvula Cheque	K18+694,64	870139,09	983755,65
Válvula Purga	K18+705,96	870156,57	983775,62
Válvula Ventosas	K19+265,28	869888,81	984241,44
<b>CONDUCCIÓN</b>			
Válvula Mariposa	K0+001,59	870047,04	983950,23
Válvula Ventosas	K0+002,49	870047,61	983949,51
Válvula Purga	K4+466,00	869553,48	980607,17
Válvula Ventosas	K4+484,01	869566,58	980596,27
Válvula Nivel	K4+601,00	869670,39	980552,49
<b>DISTRIBUCIÓN</b>			
Válvula Mariposa	K0+011,38	869684,82	980568,80
Macromedidor	K0+022,99	869693,95	980575,96
Válvula Ventosas	K0+724,28	869660,27	981131,63
Válvula Purga	K1+557,23	870296,41	981657,17
Válvula Ventosas	K1+946,91	870668,67	981746,74
Válvula Mariposa	K1+948,36	870670,06	981747,17
Piezómetro	K1+950,97	870672,55	981747,94

Fuente: Consultoría

## 8.4.1 METODOLOGÍA

### 8.4.1.1 VÁLVULAS DE CHEQUES

Como definición este es un dispositivo generalmente usado para sistemas hidráulicos que permite solo el flujo de líquidos en una sola dirección, es decir, previene el flujo en reversa aislando completamente la zona anterior de donde ahora están los fluidos. Éstas son de las pocas válvulas que ya están automatizadas y que no requieren asistencia manual para que puedan funcionar completamente.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Ahora bien la selección de una válvula de check, de todos los factores que son importantes considerar para elegir el dispositivo más adecuado, los que más destacan son: la compatibilidad con el medio al cual estará expuesta (agua, gas, vapor, etc.); la clasificación de la válvula (ANSI); la medida de la línea; datos importantes del lugar en donde se instalará (flujo, diseño, condiciones generales); si es una instalación horizontal, vertical, inclinada; el fin de la conexiones; el tamaño de sitio donde se colocará, todo eso cobra mayor importancia. Para este caso en particular la metodología aplicada a este accesorio se detalla a continuación:

- Se valida toda la red, analizando donde se deben ubicar de acuerdo a la planta y el perfil seleccionando los puntos clave
- De acuerdo a lo anterior mirar si el trazado ya existe y se tiene levantamiento del sector
- Adecuar una caja en donde el accesorio tenga como mínimo el espacio para manipulación y control del personal
- Validar empujes y presiones en el sector, de tal manera que la caja sea diseñada como caja anclaje y ayude a soportar los empujes generados en el momento crítico.

#### **8.4.1.2 VÁLVULA DE MARIPOSA DE CONTRAPESO**

Este tipo de válvula es una mariposa que funciona como una válvula de retención, con la peculiaridad en su cierre instantáneo.

La excentricidad entre el eje de giro y el plano central del cuerpo es mayor de lo habitual en una mariposa, es similar a la de una retención, con lo que el flujo puede abrir la clapeta con más facilidad.

Uno de los ejes de la válvula lleva un mecanizado especial, en el cual se acopla un reductor motorizado. Este realiza la función de delimitar el grado de apertura de la válvula, incluso si así se precisa mantiene la válvula completamente cerrada.

En el otro eje de la válvula, se acopla un cilindro hidráulico con contrapeso. El contrapeso está compuesto por unas placas atornilladas y sirve para controlar a partir de que flujo se quiere que se abra la clapeta, dependiendo del número de placas que se coloquen en el contrapeso, la clapeta se abrirá con un flujo mayor o menor. Junto con el contrapeso se instala un cilindro hidráulico que actúa de amortiguador. Este cilindro hidráulico amortigua los movimientos que pueda tener la clapeta en función de las variaciones de flujo. Se puede regular la resistencia del amortiguador desde la válvula estranguladora del cilindro hidráulico. Incluso en el caso de que la conducción se quedará sin flujo, evitaría que la clapeta se cerrará de golpe, pudiendo regular la velocidad de cierre de la clapeta desde la válvula estranguladora.

Para este caso en particular la metodología aplicada a este accesorio se detalla a continuación:

- Se valida toda la red, analizando donde se deben ubicar de acuerdo a la planta y el perfil seleccionando los puntos clave, en este caso el punto donde la vulnerabilidad





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



de la población sea la menos arriesgada, garantizando la seguridad para la población por posibles daños en la tubería.

- De acuerdo a lo anterior mirar si el trazado ya existe y se tiene levantamiento del sector.
- Adecuar una caja en donde el accesorio tenga como mínimo el espacio para manipulación y control del personal.
- Validar empujes y presiones en el sector, de tal manera que la caja sea diseñada como caja anclaje y ayude a soportar los empujes generados en el momento crítico.

#### **8.4.1.3 VÁLVULAS DE PURGAS**

Las purgas tienen el objetivo de permitir el lavado de partículas sólidas y el desagüe de la tubería. El diámetro de la purga debe estar entre  $\frac{1}{3}$  y  $\frac{1}{4}$  el diámetro de la tubería con un mínimo de 100 mm para tuberías  $\geq$  a 100 mm. Para tuberías menores el diámetro de la purga será igual al diámetro de la tubería. El caudal de salida de la tubería debe permitir el vaciado de la misma en un tiempo razonable. Las purgas deben instalarse en los puntos más bajos de la tubería y la descarga debe tener protección a la erosión. Para cabezas superiores a 20 m deben proveerse sistemas de disipación de energía

#### **8.4.1.4 VÁLVULAS DE VENTOSAS**

Las ventosas tienen el objetivo de dejar entrar el aire cuando se presenten presiones negativas. El diámetro mínimo de la ventosa es de 25 mm, pero la velocidad de entrada del aire no debe superar la mitad de la velocidad del sonido. El caudal de aire de entrada por la ventosa debe evitar que la caída de presión dentro de la tubería no sobrepase la mitad de la presión atmosférica. Las ventosas se deben instalar en todos los puntos altos de la tubería, en los puntos susceptibles de caídas de presión, cada 300 m (D pequeño) a 1.000 m (D grande) en tuberías planas o de baja pendiente ( $\leq 3\%$ ) y después de las válvulas de corte de la línea.

Las ventosas tienen el objetivo de dejar salir el aire que se acumule en los puntos de cambio de pendiente fuertes en los cuales la pendiente de aguas abajo se aumenta. El diámetro mínimo de la ventosa es de 25 mm. El sitio de cambio de pendiente en general se localiza en el mismo sitio en donde pueden ocurrir presiones negativas, por lo que se acostumbra instalar ventosas de doble acción (permiten la entrada y salida de aire).

#### **8.4.1.5 VÁLVULA REGULADORA DE NIVEL**

Como parte del diseño del tanque de almacenamiento y distribución hacia tanque sur, se consideró necesaria la instalación de una válvula reguladora de nivel para controlar el sistema de operación del tanque. El diseño de este tipo de válvulas se basa en la determinación de las pérdidas de presión debido a la existencia de este accesorio sobre la línea de conducción, así como el cálculo de la probabilidad de que se presente cavitación en la válvula.

Para realizar estos procedimientos se utilizan gráficos de Caudal vs. Pérdida de presión (Ilustración) y de Presión aguas arriba vs. Presión aguas abajo de la válvula (Ilustración). A pesar de que se utilizan las gráficas de SINGER, estas únicamente se adoptan como



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



referencia para el diseño. En el momento de la construcción, el contratista puede utilizar cualquier proveedor, siempre y cuando se cumplan con los requerimientos operativos establecidos en este informe.

#### **8.4.1.6 MACROMEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO**

Los caudalímetros electromagnéticos, también llamados macro medidores magnéticos, son caudalímetros volumétricos que no tienen piezas que se puedan desgastar, por lo que se reduce su necesidad de mantenimiento y sustitución. La exactitud en un amplio rango de caudal es de un excelente  $\pm 0,5$  % del caudal, o incluso mejor.

Poseen un diseño sin obstrucciones que elimina el impedimento del caudal y funcionan con electrodos integrados en los extremos opuestos del tubo de caudal o un sensor que recibe la señal. Los medidores magnéticos tienen un rendimiento extraordinario en muchas aplicaciones municipales y de procesamiento, y son la primera elección para la medición de líquidos conductivos, como el agua o el lodo.

Todos los medidores magnéticos emplean el principio de inducción electromagnética de la Ley de Faraday para medir la velocidad del líquido. Según este principio de funcionamiento, un conductor que se mueve a través de un campo magnético produce una señal eléctrica en el conductor directamente proporcional a la velocidad de movimiento del agua a través del campo. Básicamente, a medida que los fluidos atraviesan el campo magnético, las partículas conductivas que contienen crean cambios de voltaje en el campo magnético. Esta variación se utiliza para medir y calcular la velocidad del caudal de agua a través de la tubería.

Las principales ventajas de utilizar caudalímetros electromagnéticos residen en el poco mantenimiento que requieren y en que se pueden solicitar para tamaños de línea muy grandes.

Para este caso en particular la metodología aplicada a este accesorio se detalla a continuación:

- Se valida toda la red, analizando donde se deben ubicar de acuerdo a la planta y el perfil seleccionando los puntos clave.
- De acuerdo a lo anterior mirar si el trazado ya existe y se tiene levantamiento del sector
- Adecuar una caja en donde el accesorio tenga como mínimo el espacio para manipulación y control del personal
- Validar empujes y presiones en el sector, de tal manera que la caja sea diseñada como caja anclaje y ayude a soportar los empujes generados.

#### **8.4.2 DISEÑO DE LAS VÁLVULAS**

##### **8.4.2.1 VÁLVULAS DE CHEQUES**

Para este caso en particular la red de aducción por tener presiones muy grandes, y tubería de un diámetro considerable, se adecuaron dos válvulas de cheque a lo largo del trazado las cuales tienen las siguientes características:



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3  
ED-C389-IT-3.0-V1



**Tabla 8-43 Datos iniciales de las válvulas de cheque**

Abscisa	Diámetro	Material Tubería principal	Material en caja	Coordenada (X)	Coordenada (Y)	Coordenada (Z)
K8+147.04	36	CCP	HD	865735,719	978873,152	1219.66
K18+694.64	24	GRP	HD	870139,094	983755,651	1290.98

Fuente: Consultor

Cada uno de las cajas mencionadas anteriormente cuenta con su diseño propio detallado a continuación:

**Tabla 8-44 Dimensiones de las cajas**

Abscisa	Ancho interior (m)	Ancho exterior (m)	Ha interior (m)	Ha exterior (m)	L interna (m)	L externa (m)
K8+147.04	3.70	4.40	3.94	4.54	8.05	8.75
K18+694.64	1.90	2.30	2.87	3.49	3.60	4.0

Fuente: Consultor

En esta zona se cuenta con una presión estática de:

- Caja de cheque 36": **230.45 mca**
- Caja de cheque 24": **42.20 mca**

Mayoradas con un factor de seguridad de 1.25, pasando en una tubería de 36" y 24" correspondientemente, por tanto, las cajas donde se contemplan ubicar las válvulas de cheque diseñándolas como anclajes que sea capaz de soportar los empujes horizontales y verticales que se ejercen en esta zona.

- **EMPUJES RESULTANTES, DISEÑO DE ANCLAJES**

- **CALCULO EMPUJES**

En primer lugar, el cálculo de los anclajes se tuvo en cuenta los empujes resultantes en los componentes X, Y y Z de cada uno, en donde los empujes ubicados en el eje Z corresponden a aquellos perpendiculares al terreno, es decir, en sentido contrario al peso de los anclajes. El detalle del cálculo de los empujes actuantes se encuentra registrado en la memoria de cálculo hidráulico para anclajes en el anexo 4.1.

El resultado de cada uno de estos empujes se presenta a continuación para los anclajes ubicados.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Tabla 8-45 Resumen de los empujes actuantes sobre los anclajes

Nombre estructura	EMPUJE RESULTANTE					Cuadrante	Angulo Empuje X, Y (°)
	Empuje Resultante X (Ton)	Empuje Resultante Y (Ton)	Empuje Resultante Z (Ton)	Empuje Resultante X, Y (Ton)			
Cheque 36"	131.37	64.98	3.63	146.56	I	26.32	
Cheque 24"	8.45	7.80	3.18	11.50	I	42.70	

Fuente: Consultor

- **EMPUJES RESISTENTES**

- Cálculo de pesos y variables relevantes

Ahora bien, una vez teniendo en cuenta los empujes actuantes de diseño se proceden a calcular las fuerzas resistentes. Estas fuerzas están directamente relacionadas con el peso total, por lo que se realiza la discriminación de pesos presentes en cada anclaje:

- **Caja válvula de cheque 36"**: Dentro de la caja se encuentra tubería proyectada en HD de 36" de aducción.
- **Caja válvulas de cheque 24"**: Dentro de la caja se encuentra tubería proyectada en HD de 24" de aducción

Con esto se analiza el peso de tubería llena y el peso propio de cada caja con las siguientes formulas:

$$W_{\text{tubo lleno}} (\text{Ton}) = \left( \frac{\text{longitud}}{2} * \text{area tubería} * \text{peso unitario agua} \right) + (\text{longitud} * \text{peso unitario}_{\text{tubería}})$$

$$W_{\text{caja}} (\text{Ton}) = (\text{Volumen caja}) * (\text{densidad concreto})$$

$$\text{Flotación} (\text{Ton}) = (\text{longitud} * \text{Ancho}_{\text{ext}}) * H_{\text{de caja con agua}} * \text{densidad agua}$$

Donde:

$$\begin{aligned} \text{Volumen caja} (m^3) &= (\text{Ancho}_{\text{ext}} * \text{Ha}_{\text{ext}}) - (\text{Ancho}_{\text{int}} * \text{Ha}_{\text{int}}) + (2 * r * (\text{Ancho}_{\text{int}} * \text{Ha}_{\text{int}}) - \text{Atapa} \\ &- \text{Area tubería} * 2 * r) \end{aligned}$$

Estas asociadas a una longitud variable que se define de acuerdo a las fuerzas actuantes y fuerzas resistentes

$$F_a = F_r$$

Donde:



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3  
ED-C389-IT-3.0-V1



$$F_a = \text{Empuje Resultante } Z \text{ (Ton)} * F.S \text{ Vertical} + \text{Flotación (Ton)}$$

$$F_r = \text{Peso tubo lleno (Ton)} * \text{Peso caja (Ton)}$$

- Evaluó de cargas por fricción y cohesión

Ahora bien, conociendo los pesos, se calculan los empujes resistentes, los cuales están relacionados con las características del suelo. Los parámetros del suelo presentes en la zona se presentan en detalle en el capítulo de geotecnia. A continuación, se expone un resumen de los mismos:

Tabla 8-46 Parámetros PTAP La Pola

CARACTERÍSTICAS SUELO					
$\phi'$ suelo/concreto (°)	$c'$ suelo/concreto (Ton/m <sup>2</sup> )	NF (m)	$\rho$ seco (Ton/m <sup>3</sup> )	$\rho$ saturado (Ton/m <sup>3</sup> )	$\rho$ Sumergido (Ton/m <sup>3</sup> )
27.20	0.41	3	1.69	1.90	0.9
22.40	1.79	6	1.48	1.90	0.9

Fuente: Consultor

Con estos parámetros, se procedió a calcular el empuje resistente por fricción y cohesión, para cada uno de los anclajes así:

**Empuje resistente**<sub>Fricción</sub>

$$= W_{caja} + W_{tubo\ lleno} - \text{flotación} - \text{empuje resultante } Z * \tan \phi' \frac{\text{suelo}}{\text{concreto}}$$

$$\text{Empuje resistente}_{\text{Cohesión}} = \text{longitud} * \text{Ancho}_{\text{ext}} * c' \frac{\text{suelo}}{\text{concreto}}$$

- Evaluó de cargas por empuje activo y pasivo del suelo

Se realizará el análisis de empujes activos y pasivos generados por el suelo. Es importante mencionar que para el evaluó de empujes pasivos y activos del suelo, es necesario aumentar el empuje actuante por un factor de seguridad de 3. Esto ya que, al utilizar las propiedades mecánicas del suelo, se tiene una mayor incertidumbre en sus parámetros encontrados en laboratorio.

Para este caso en particular se generan de nuevo las fuerzas actuantes y fuerzas resistentes teniendo en cuenta empujes pasivos y empujes activos de acuerdo a esta ecuación:

$$F_a = \text{empuje resultante } XY * F.S + \text{empuje activo}$$

$$F_r = F_{\text{friccion}} + F_{\text{cohesion}} + \text{empuje pasivo}$$

Dónde:





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



$E_p = \text{triangulo saturado} + \text{cuadrado sumergido} + \text{triangulo sumergido}$

$$E_a = \frac{K_a}{K_p} * E_p$$

De acuerdo a todas las ecuaciones mencionadas anteriormente se determinan el volumen de concreto que se necesita para cada caja, los datos puntuales de cada una de las cajas se tienen en el anexo 4.1

Teniendo en consideración la importancia de la red, caudal transportado, cercanía a la población y seguridad del mismo se han planteado en total dos cheques en la tubería de aducción. Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

#### Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

#### 8.4.2.2 VÁLVULA DE MARIPOSA DE CONTRAPESO

Para este caso en particular la red de aducción por tener presiones muy grandes, y tubería de un diámetro considerable, se adecuo una válvula de mariposa de contrapeso a lo largo del trazado la cual tiene las siguientes características:

**Tabla 8-47 Datos iniciales de las válvulas de cheque**

Abscisa	Diámetro	Material Tubería principal	Material en caja	Coordenada (X)	Coordenada (Y)	Coordenada (Z)
K6+404.27	36	CCP	HD	864519,3599	978209,6402	1177,83

Fuente: Consultor

La caja cuenta con un diseño propio en donde se realiza para esta caja en particular una instalación de un bypass compuesto por una tubería y dos válvulas: una automática para control y una manual para mantenimiento. Con este dispositivo de bypass se pueden equilibrar las presiones aguas arriba y aguas abajo de la válvula. (Ver detalle)



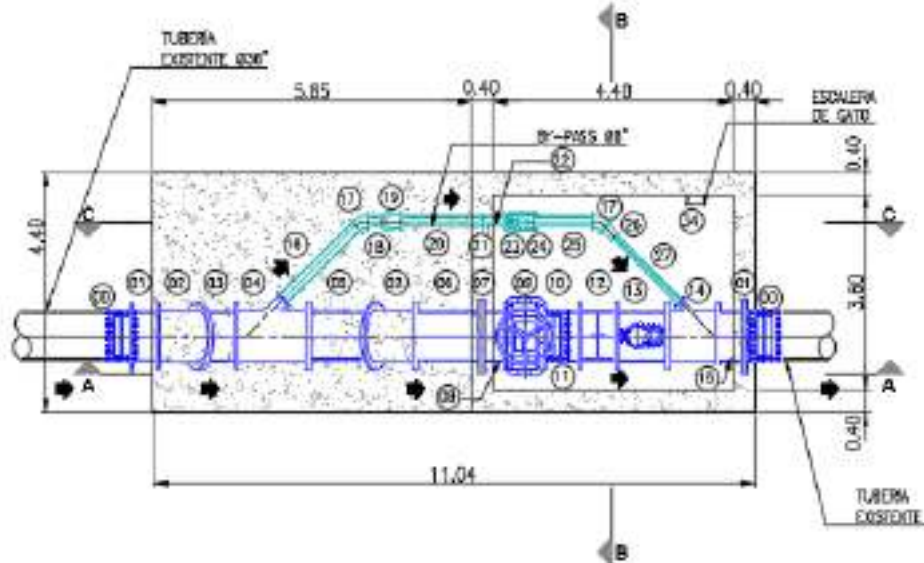
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1

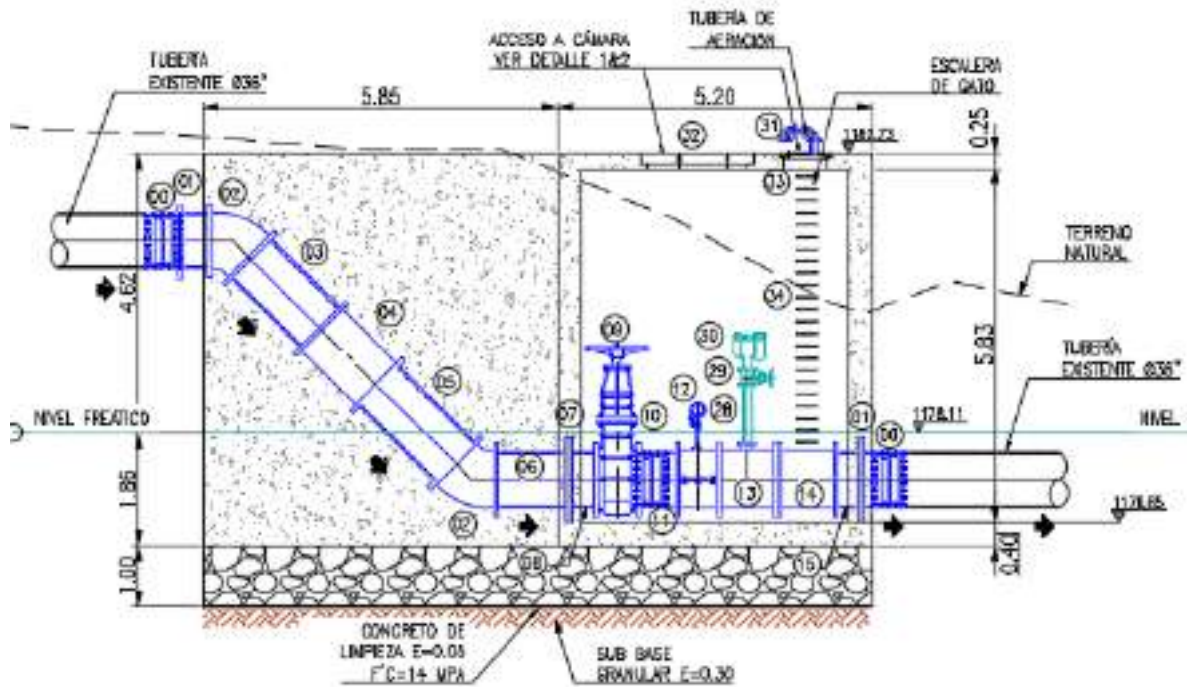


Ilustración 8-157 Vista en planta de la caja de mariposa 36"



Fuente: Consultor

Ilustración 8-158 Vista en perfil de la caja de mariposa 36"



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Las dimensiones de la caja de acuerdo a su ubicación y disponibilidad de espacio se tienen a continuación

**Tabla 8-48 Dimensiones de las cajas**

Abscisa	Ancho interior (m)	Ancho exterior (m)	Ha interior (m)	Ha exterior (m)	L interna (m)	L externa (m)
K6+404.27	3.60	4.40	5.83	7.48	4.40	11.05

Fuente: Consultor

En esta zona se cuenta con una presión estática de:

- Caja de cheque 36": **345.43 mca**

Mayoradas con un factor de seguridad de 1.25, pasando en una tubería de 36" por tanto, las cajas donde se contemplan ubicar la válvula de mariposa será diseñada como anclaje que sea capaz de soportar los empujes horizontales y verticales que se ejercen en esta zona.

- **EMPUJES RESULTANTES, DISEÑO DE ANCLAJES**

- **CALCULO EMPUJES**

En primer lugar, el cálculo de los anclajes se tuvo en cuenta los empujes resultantes en los componentes X, Y y Z de cada uno, en donde los empujes ubicados en el eje Z corresponden a aquellos perpendiculares al terreno, es decir, en sentido contrario al peso de los anclajes. El detalle del cálculo de los empujes actuantes se encuentra registrado en la memoria de cálculo hidráulico para anclajes en el anexo 4.1.

El resultado de cada uno de estos empujes se presenta a continuación para los anclajes ubicados

**Tabla 8-49 Resumen de los empujes actuantes sobre los anclajes**

Nombre estructura	EMPUJE RESULTANTE					Angulo Empuje X, Y (°)
	Empuje Resultante X (Ton)	Empuje Resultante Y (Ton)	Empuje Resultante Z (Ton)	Empuje Resultante X, Y (Ton)	Cuadrante	
Mariposa 36"	216.92	35.16	0.84	219.75	I	9.21

Fuente: Consultor

- **EMPUJES RESISTENTES**

- **Cálculo de pesos y variables relevantes**

Ahora bien, una vez teniendo en cuenta los empujes actuantes de diseño se proceden a calcular las fuerzas resistentes. Estas fuerzas están directamente relacionadas con el peso total, por lo que se realiza la discriminación de pesos presentes en cada anclaje:



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



- **Caja válvula de mariposa 36”**: Dentro de la caja se encuentra tubería proyectada en HD de 36” de aducción.

Con esto se analiza el peso de tubería llena y el peso propio de cada caja con las siguientes formulas:

$$W \text{ tubo lleno (Ton)} = \left( \frac{\text{longitud}}{2} * \text{area tubería} * \text{peso unitario agua} \right) + (\text{longitud} * \text{peso unitario}_{\text{tubería}})$$

$$W \text{ caja (Ton)} = (\text{Volumen caja}) * (\text{densidad concreto})$$

$$\text{Flotación (Ton)} = (\text{longitud} * \text{Ancho}_{\text{ext}}) * H \text{ de caja con agua} * \text{densidad agua}$$

Donde:

$$\begin{aligned} \text{Volumen caja (m}^3\text{)} &= (\text{Ancho}_{\text{ext}} * \text{Ha}_{\text{ext}}) - (\text{Ancho}_{\text{int}} * \text{Ha}_{\text{int}}) + (2 * r * (\text{Ancho}_{\text{int}} * \text{Ha}_{\text{int}}) - \text{Atapa} \\ &- \text{Area tubería} * 2 * r) \end{aligned}$$

Estas asociadas a una longitud variable que se define de acuerdo a las fuerzas actuantes y fuerzas resistentes

$$F_a = F_r$$

Donde:

$$F_a = \text{Empuje Resultante Z (Ton)} * F.S \text{ Vertical} + \text{Flotación (Ton)}$$

$$F_r = \text{Peso tubo lleno (Ton)} * \text{Peso caja (Ton)}$$

- Evaluó de cargas por fricción y cohesión

Ahora bien, conociendo los pesos, se calculan los empujes resistentes, los cuales están relacionados con las características del suelo. Los parámetros del suelo presentes en la zona se presentan en detalle en el capítulo de geotecnia. A continuación, se expone un resumen de los mismos:

Tabla 8-50 Parámetros PTAP La Pola

CARACTERÍSTICAS SUELO					
φ' suelo/concreto (°)	c' suelo/concreto (Ton/m <sup>2</sup> )	NF (m)	ρ seco (Ton/m <sup>3</sup> )	ρ saturado (Ton/m <sup>3</sup> )	ρ Sumergido (Ton/m <sup>3</sup> )
27.20	0	2	1.76	1.95	0.95

Fuente: Consultor

Con estos parámetros, se procedió a calcular el empuje resistente por fricción y cohesión, para cada uno de los anclajes así:



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Empuje resistente**<sub>Fricción</sub>

$$= W_{caja} + W_{tubo\ lleno} - \text{flotación} - \text{empuje resultante } Z * \tan \phi' \frac{\text{suelo}}{\text{concreto}}$$

$$\text{Empuje resistente}_{Cohesión} = \text{longitud} * \text{Ancho}_{ext} * c' \frac{\text{suelo}}{\text{concreto}}$$

- Evaluó de cargas por empuje activo y pasivo del suelo

Se realizará el análisis de empujes activos y pasivos generados por el suelo. Es importante mencionar que para el evaluó de empujes pasivos y activos del suelo, es necesario aumentar el empuje actuante por un factor de seguridad de 3. Esto ya que, al utilizar las propiedades mecánicas del suelo, se tiene una mayor incertidumbre en sus parámetros encontrados en laboratorio.

Para este caso en particular se generan de nuevo las fuerzas actuantes y fuerzas resistentes teniendo en cuenta empujes pasivos y empujes activos de acuerdo a esta ecuación:

$$F_a = \text{empuje resultante } XY * F.S + \text{empuje activo}$$

$$F_r = F_{fricción} + F_{cohesión} + \text{empuje pasivo}$$

Dónde:

$$E_p = \text{triangulo saturado} + \text{cuadrado sumergido} + \text{triangulo sumergido}$$

$$E_a = \frac{K_a}{K_p} * E_p$$

De acuerdo a todas las ecuaciones mencionadas anteriormente se determinan el volumen de concreto que se necesita para cada caja, los datos puntuales de cada una de las cajas se tienen en el anexo 4.1

Teniendo en consideración la importancia de la red, caudal transportado, cercanía a la población y seguridad del mismo se han planteado en total 1 válvula mariposa de contrapeso en la tubería de aducción, de acuerdo a las medidas de caja necesaria es posible evidenciar la importancia de los elementos de seguridad y su influencia en los costos del proyecto. Se puede remitir al Anexo 3.1. Memorias de **cálculo**

#### Anexo 3.2. Planos

ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Planos para la verificación de las obras propuestas de protección.

### 8.4.2.3 VÁLVULAS DE PURGAS

#### METODOLOGÍA





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Teniendo en cuenta la resolución 0330 del 2017, se establece que “Deben instalarse válvulas de purga en los puntos bajos de las redes, con el fin de permitir el lavado y la descarga de las mismas”, o según el RAS-2000 el cual nos indica que deben instalarse cada 350 m; Con ayuda de los perfiles del proyecto se identifican los puntos bajos en donde es necesario ubicar válvulas de desagüe o de limpieza. Cabe resaltar que para la ubicación de las válvulas de purga se tiene en cuenta la existencia de alguna estructura hidráulica para realizar un correcto desagüe.

Para el diseño de las válvulas de purga se tiene en cuenta la ubicación de las válvulas ventosas, tanto las abscisas como las cotas, valores que se utilizan en el cálculo. Para estimar el tamaño de la válvula se emplea  $\frac{1}{4}$  del tamaño de la tubería en la cual se encuentra el elemento hidráulico, para el cálculo del caudal de la válvula a emplear se utiliza la siguiente ecuación.

$$Q (m^3/s) = Cd \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

El coeficiente de descarga para este tipo de válvulas oscila entre 0.75 - 0.85, la consultoría para este proyecto decide emplear 0.75, en el caso de la altura, será la diferencia de cotas entre la válvula de purga que se está analizando y la válvula ventosa anterior a esa válvula.

Adicionalmente, el diseño de las válvulas purga considera el tiempo de vaciado de la tubería el cual debe ser menor a 6 horas según las condiciones del proyecto, para ello se emplea la siguiente ecuación:

$$\frac{D}{d} = 65 \left( T * \frac{Z^{0.5}}{L} \right)^{0.5}$$

Donde:

D: Diámetro de la tubería (m).

d: Diámetro de la purga (m).

Z: Altura promedio entre el punto bajo y los dos puntos altos adyacentes (m).

T: Tiempo de vaciado de la tubería.

L: Distancia horizontal entre los dos puntos altos drenados por la válvula (m).

Para la determinación del tiempo de vaciado de la tubería, se realiza un análisis del tiempo que se demora cada centímetro de diferencia de altura entre la ventosa y la purga, por último, se realiza una sumatoria encontrando el tiempo de vaciado total.

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Teniendo en cuenta la metodología anterior se realiza un diagnóstico y diseño de purgas para cada uno de las redes analizadas.

### **Aducción**

En general la red de aducción actualmente cuenta con 20 válvulas purgas instaladas, teniendo en cuenta los nuevos trazados y la puesta en marcha es necesario instalar 10 válvulas más, garantizando así el correcto funcionamiento de la red.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



## Diagnostico

Se realiza la verificación de las válvulas actualmente instaladas para lo cual se evalúa el escenario más crítico en donde la red es vaciada únicamente por la purga más crítica es decir por la que cuenta con mayor diferencia de altura respecto al punto de salida de la red.

**Tabla 8-51 Diagnostico purgas existentes- Aducción**

ID	Abscisa	Altura (m)	Q (m3/s)	d (pulg.)	d_Obra (pulg.)	V Purga (m/s)	Alcance Horizontal (m)	T vaciado (h)
VP-N-01	K0+370,23	4,61	0,23	8	8	7,13	6,92	0,12
VP-N-02	K1+505,98	74,34	0,93	8	8	28,64	111,51	0,32
VP-N-03	K2+003,33	43,08	0,71	8	8	21,80	64,62	0,12
VP-N-04	K2+226,14	5,48	0,25	8	8	7,78	8,22	0,19
VP-N-05	K2+523,52	15,49	0,42	8	8	13,07	23,24	0,17
VP-N-06	K2+830,01	15,76	0,43	8	8	13,19	23,64	0,35
VP-N-07	K3+346,14	33,55	0,62	8	8	19,24	50,33	0,11
VP-N-08	K3+911,92	30,26	0,59	8	8	18,27	45,39	0,45
VP-N-09	K4+336,23	23,96	0,53	8	8	16,26	35,94	0,66
VP-N-10	K5+259,33	44,25	1,12	10	10	22,10	66,38	0,16
VP-N-11	K6+547,71	51,58	1,21	10	10	23,86	77,37	0,41
VP-N-12	K7+130,72	27,75	0,89	10	10	17,50	41,63	0,33
VP-N-13	K7+649,48	84,63	1,55	10	10	30,56	126,95	0,22
VP-N-14	K8+527,15	23,33	0,81	10	10	16,05	34,99	0,12
VP-N-15	K8+941,07	209,92	2,44	10	10	48,13	314,88	0,19
VP-N-16	K9+199,98	186,28	2,30	10	10	45,34	279,42	0,36
VP-N-17	K13+537,07	37,12	0,66	6	8	20,24	55,68	0,22
VP-N-18	K15+933,91	148,91	1,31	6	8	40,54	223,37	0,07
VP-N-19	K17+318,64	37,09	0,66	6	8	20,23	55,64	0,53
VP-N-20	K18+319,27	91,80	1,03	6	8	31,83	137,70	1,08

Fuente: Consultoría.

## Diseño

Teniendo en cuenta los nuevos trazadas y la topográfica que compone la red se ve la necesidad de instalar más válvulas purgas.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Tabla 8-52 Diseño purgas - Aducción**

ID	Abscisa	Altura (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	d (pulg.)	V Purga (m/s)	Alcance Horizontal (m)	T vaciado (h)
VP-N-1	K7+547,74	314,30	0,57	10	90,07	720,97	0,60
VP-N-2	K8+696,33	248,11	2,65	10	66,69	474,28	0,93
VP-N-3	K9+436,62	204,87	2,41	10	60,60	391,63	1,12
VP-N-4	K9+620,43	152,29	2,08	10	52,25	291,12	1,33
VP-N-5	K9+723,42	105,26	1,73	10	43,44	201,21	1,59
VP-N-6	K9+834,23	81,10	1,52	10	38,13	155,03	1,88
VP-N-7	K11+648,45	64,54	1,35	10	34,01	123,37	2,50
VP-N-8	K12+604,99	74,38	1,45	10	36,51	142,18	2,50
VP-N-9	K17+459,96	251,11	2,67	10	67,09	480,02	1,85
VP-N-10	K18+719,51	157,23	2,11	10	53,09	300,56	2,54

Fuente: Consultoría.

### Conducción

En general la red de conducción actualmente cuenta con 2 válvulas purgas instaladas, teniendo en cuenta los nuevos trazados y la puesta en marcha es necesario instalar 10 válvulas más, garantizando así el correcto funcionamiento de la red.

### Diagnostico

Se realiza la verificación de las válvulas actualmente instaladas para lo cual se evalúa el escenario más crítico en donde la red es vaciada únicamente por la purga más crítica es decir por la que cuenta con mayor diferencia de altura respecto al punto de salida de la red.

**Tabla 8-53 Diagnostico purgas existentes- Conducción**

ID	Abscisa	Altura (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	d (pulg.)	d_Obra (pulg.)	V Purga (m/s)	Alcance Horizontal (m)	T vaciado (h)
VP-N-01	K1+581,84	114,48	1,15	8	8	35,54	171,72	0,23
VP-N-02	K3+077,40	66,37	0,88	8	8	27,06	99,55	0,90

Fuente: Consultoría.

### Distribución

En general la red de distribución actualmente cuenta no con válvulas purgas instaladas, teniendo en cuenta los nuevos trazados y la puesta en marcha es necesario instalar 1 válvulas más, garantizando así el correcto funcionamiento de la red.

### Diseño

Teniendo en cuenta los nuevos trazadas y la topográfica que compone la red se ve la necesidad de instalar más válvulas purgas.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Tabla 8-54 Diseño purgas - Distribución

ID	Abscisa	Altura (m)	Q (m3/s)	d (pulg.)	V Purga (m/s)	Alcance Horizontal (m)
VP-N-1	K1+443,10	35.67	0.16	4	35	94.38

#### 8.4.2.4 VÁLVULAS DE VENTOSAS

##### METODOLOGÍA

De acuerdo con el artículo 66 Válvulas de ventosa de la Resolución 0330 de 2017 (RAS), las líneas de conducción deben contar con válvulas ventosa ubicadas en los sitios altos de la red, en cambios bruscos de pendiente de positiva a negativa, en tramos de tubería con pendiente constante y baja ( $\leq 3\%$ ), cada 300 m y en otras zonas en las que se considere necesario, de acuerdo con un análisis técnico.

Para dimensionar las válvulas es importante conocer el caudal que sale o fluye por el sistema es el mismo que debe manejar la ventosa, de forma práctica se opta por un factor caída de presión del 50% con el fin de empezar a dimensionar y evaluar la ventosa teniendo en cuenta la Ilustración 8.159 en donde se establecen las siguientes indicaciones.

- Para encontrar el caudal que fluye de las ventosas se selecciona la purga crítica en el sistema a la cual se le calcula el caudal de expulsión siendo el mismo que se emplea para el dimensionamiento de la ventosa, para ello se emplea la ecuación de un orificio:

$$Q = C_d A \sqrt{2gH}$$

En donde

$Q_a$  = Caudal ( $m^3/s$ )

$C_d$  = Coeficiente de descarga de la ventosa 0.75

$A_v$  = Área de la purga crítica ( $m^2$ )

$H$  = Diferencial de presión en la ventosa (metros)

- Con el caudal se encuentra la relación  $\sqrt{V/c}$  y con ello se encuentra la relación  $d/D$  presenta en la Ilustración 8.159.
- Ahora bien, se evalúa el diámetro de la ventosa teniendo en cuenta la remoción hidráulica con base a la siguiente expresión

$$X = \sqrt{\sin \theta}$$

$$Y = 3X - 2.1X^2$$

$$V_c = Y \sqrt{gD}$$



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



En donde:

$V_c$  = Velocidad crítica de remoción del aire (m/s)

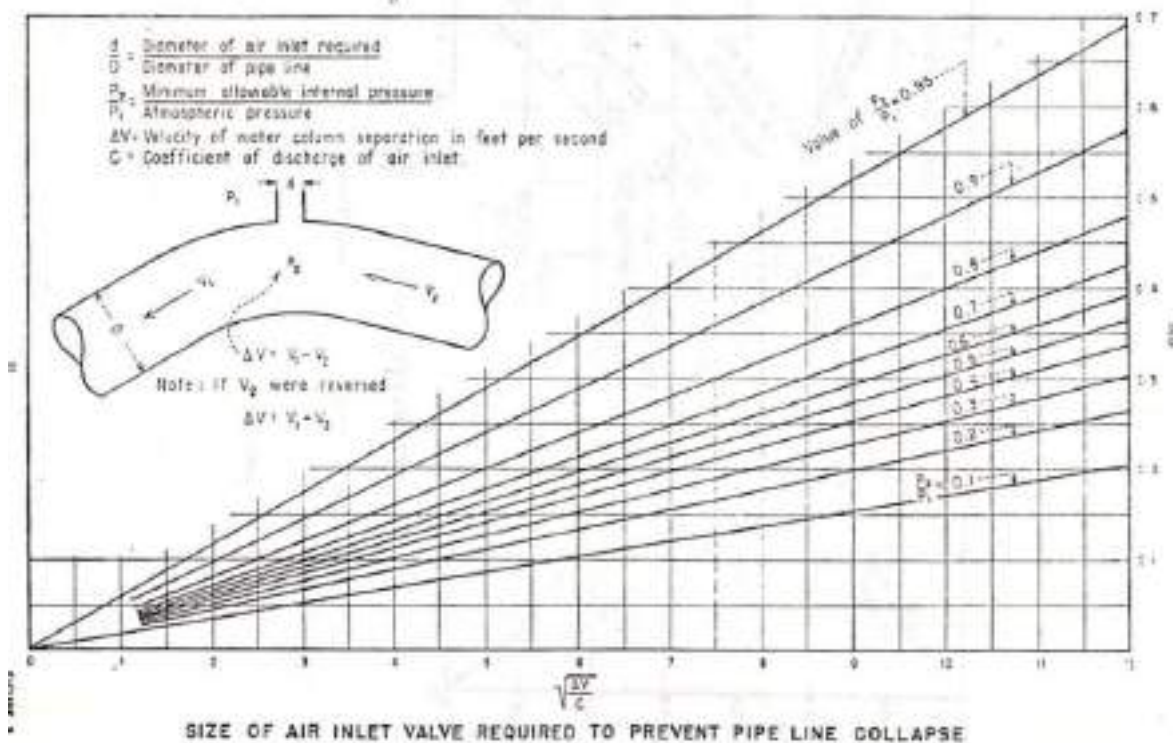
$D$  = diámetro de la tubería en (m).

$\theta$  = Ángulo que forma con la horizontal el tramo descendente aguas abajo del punto alto.

$g$  = Aceleración gravitacional (m/s<sup>2</sup>)

Para que exista remoción hidráulica del aire es necesario que la velocidad mínima de operación en el conducto supere a la velocidad crítica de remoción hidráulica. Si esto no se cumple es necesaria la instalación de ventosas para la remoción mecánica del aire.

**Ilustración 8.159 Tamaño de la válvula ventosas para prevenir que la tubería colapse**



## ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Aducción





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



En general la red de aducción actualmente cuenta con 23 válvulas ventosas instaladas, teniendo en cuenta los nuevos trazados y la puesta en marcha es necesario instalar 10 válvulas más, garantizando así el correcto funcionamiento de la red.

### Diagnostico

Se realiza la verificación de las válvulas actualmente instaladas para lo cual se evalúa el escenario más crítico en donde la red es vaciada únicamente por la purga más crítica es decir por la que cuenta con mayor diferencia de altura respecto al punto de salida de la red.

**Tabla 8-55 Diagnostico ventosas existentes- Aducción**

ID	Abscisa	Purga	Q (m3/s)	d/D	d (pulg.)	d_Obra (pulg.)	Vc (m/s)	Observación	Verificación expulsión aire
V1	K0+194,40	VP-N-13	2,959	0,17	6	6	2,82	No Requiere	OK
V2	K0+431,90	VP-N-13	2,966	0,22	8	8	2,23	No Requiere	OK
V3	K0+865,22	VP-N-13	2,849	0,22	8	8	2,35	No Requiere	OK
V4	K1+361,32	VP-N-13	2,633	0,22	8	8	1,71	No Requiere	OK
V5	K1+649,51	VP-N-13	2,657	0,22	8	8	3,18	No Requiere	OK
V6	K2+128,27	VP-N-13	2,516	0,28	10	10	2,96	No Requiere	OK
V7	K2+254,70	VP-N-13	2,506	0,22	8	8	2,63	No Requiere	OK
V8	K2+540,47	VP-N-13	2,416	0,17	6	6	1,71	No Requiere	OK
V9	K2+913,01	VP-N-13	2,330	0,22	8	8	2,35	No Requiere	OK
V10	K4+432,13	VP-N-13	1,805	0,22	8	8	1,71	No Requiere	OK
V11	K4+843,23	VP-N-13	1,866	0,17	6	6	2,35	No Requiere	OK
V12	K5+473,49	VP-N-13	1,534	0,17	6	6	2,23	No Requiere	OK
V13	K6+021,41	VP-N-13	1,367	0,17	6	6	2,55	Requiere	OK
V14	K6+580,39	VP-N-13	0,998	0,17	6	6	2,55	Requiere	OK
V15	K7+831,16	VP-N-13	1,048	0,17	6	6	3,18	Requiere	OK
V16	K8+109,62	VP-N-13	1,480	0,17	6	6	2,82	Requiere	OK
V20	K12+995,33	VP-N-19	2,429	0,17	6	6	2,92	No Requiere	OK
V21	K13+005,17	VP-N-19	2,410	0,17	4	4	1,92	No Requiere	Aumente ventilación
V22	K13+679,52	VP-N-19	2,162	0,25	6	6	2,08	No Requiere	OK
V23	K14+141,15	VP-N-19	1,916	0,25	6	6	1,70	No Requiere	OK

Fuente: Consultoría.

### Diseño

Teniendo en cuenta los nuevos trazados y la topográfica que compone la red se ve la necesidad de instalar más válvulas ventosas.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Tabla 8-56 Diseño ventosas - Aducción**

ID	Abscisa	Purga	Q (m <sup>3</sup> /s)	d/D	d (pulg.)	Vc (m/s)	Observación	Verificación expulsión aire
V1'	K3+375,39	VP-N-50	2,148	0,15	6	2,46	No Requiere	OK
V2'	K4+056,43	VP-N-50	1,980	0,14	6	2,46	No Requiere	OK
V3'	K4+578,59	VP-N-50	1,813	0,13	6	2,35	No Requiere	OK
V4'	K7+243,98	VP-N-50	0,642	0,08	6	3,13	Requiere	OK
V5'	K8+429,15	VP-N-15	1,000	0,10	6	2,63	Requiere	OK
V6'	K9+540,43	VP-N-15	1,522	0,12	6	3,05	Requiere	OK
V7'	K9+800,91	VP-N-15	2,271	0,15	6	3,00	No Requiere	OK
V8'	K10+647,18	VP-N-19	2,412	0,23	6	0,87	No Requiere	OK
V9'	K15+342,11	VP-N-19	2,060	0,21	6	0,87	No Requiere	OK
V10'	K18+067,89	VP-N-19	0,236	0,08	3	1,82	Requiere	OK

Fuente: Consultoría.

### Conducción

En general la red de conducción actualmente cuenta con 5 válvulas ventosas instaladas, teniendo en cuenta los nuevos trazados y la puesta en marcha es necesario instalar 3 válvulas más, garantizando así el correcto funcionamiento de la red.

### Diagnostico

Se realiza la verificación de las válvulas actualmente instaladas para lo cual se evalúa el escenario más crítico en donde la red es vaciada únicamente por la purga más crítica es decir por la que cuenta con mayor diferencia de altura respecto al punto de salida de la red.

**Tabla 8-57 Diagnostico ventosas existentes- Conducción**

ID	Abscisa	Purga	Q (m <sup>3</sup> /s)	d/D	d (pulg.)	d_Obra (pulg.)	Vc (m/s)	Observación	Verificación expulsión aire
V1	K0+194,40	VP-N-01	0,958	0,14	6	4	2,68	Requiere	OK
V2	K0+431,90	VP-N-01	0,540	0,10	4	4	2,12	Requiere	OK
V3	K0+865,20	VP-N-01	0,671	0,11	4	4	2,23	Requiere	OK
V4	K1+361,30	VP-N-02	1,402	0,17	6	4	1,62	No Requiere	Aumente ventilación
V5	K1+649,50	VP-N-02	0,834	0,13	6	4	3,02	Requiere	OK

Fuente: Consultoría.

### Diseño

Teniendo en cuenta los nuevos trazadas y la topográfica que compone la red se ve la necesidad de instalar más válvulas ventosas.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Tabla 8-58 Diseño ventosas - Conducción

ID	Abscisa	Purga	Q (m <sup>3</sup> /s)	d/D	d (pulg.)	Vc (m/s)	Observación	Verificación expulsión aire
V1'	K3+375,39	VP-N-1	0,099	0,04	4	2,33	Requiere	OK
V2'	K4+056,43	VP-N-2	0,430	0,08	4	2,33	Requiere	OK
V3'	K4+578,59	VP-N-2	0,834	0,10	4	2,23	Requiere	OK

Fuente: Consultoría.

### Distribución

En general la red de distribución actualmente no cuenta con válvulas ventosas instaladas, teniendo en cuenta los nuevos trazados y la puesta en marcha es necesario instalar 3 válvulas más, garantizando así el correcto funcionamiento de la red.

### Diseño

Teniendo en cuenta los nuevos trazadas y la topográfica que compone la red se ve la necesidad de instalar más válvulas ventosas.

Tabla 8-59 Diseño ventosas - Distribución

ID	Abscisa	Purga	Q (m <sup>3</sup> /s)	d/D	d (pulg.)	Vc (m/s)	Observación	Verificación expulsión aire
V1'	K0+698,41	VP-N-1	0,161	0,12	3	1,00	No Requiere	OK
V2'	K1+911,75	VP-N-1	0,076	0,10	4	0,77	No Requiere	OK

Fuente: Consultoría.

#### 8.4.2.5 VÁLVULAS REGULADORAS DE NIVEL

Dada la condición de presión a la entrada del tanque sur y considerando las necesidades operacionales especiales que puedan requerirse en este punto, se hace necesario un mecanismo de control que permita adelantar varias funciones específicas para garantizar la correcta operación y la integridad de los elementos del sistema. Así pues, se contempla una válvula reguladora de nivel, este equipo de entrada al depósito de almacenamiento debe cumplir las siguientes condiciones de operación:

- Evitar el desborde del depósito. (control nivel)
- Que entre un determinado caudal. (limitadora)
- Que funcione bien mucho tiempo. (mínima cavitación)
- Que su cierre no provoque golpes de ariete

Utilizando el caudal de diseño y unas pérdidas de presión de 1 mca, es decir 0.1 Bar, se encontró que el diámetro de la válvula reguladora de caudal debía ser de 14" para el Tanque Sur. Con estos valores y las presiones encontradas en los modelos realizados se pudo



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

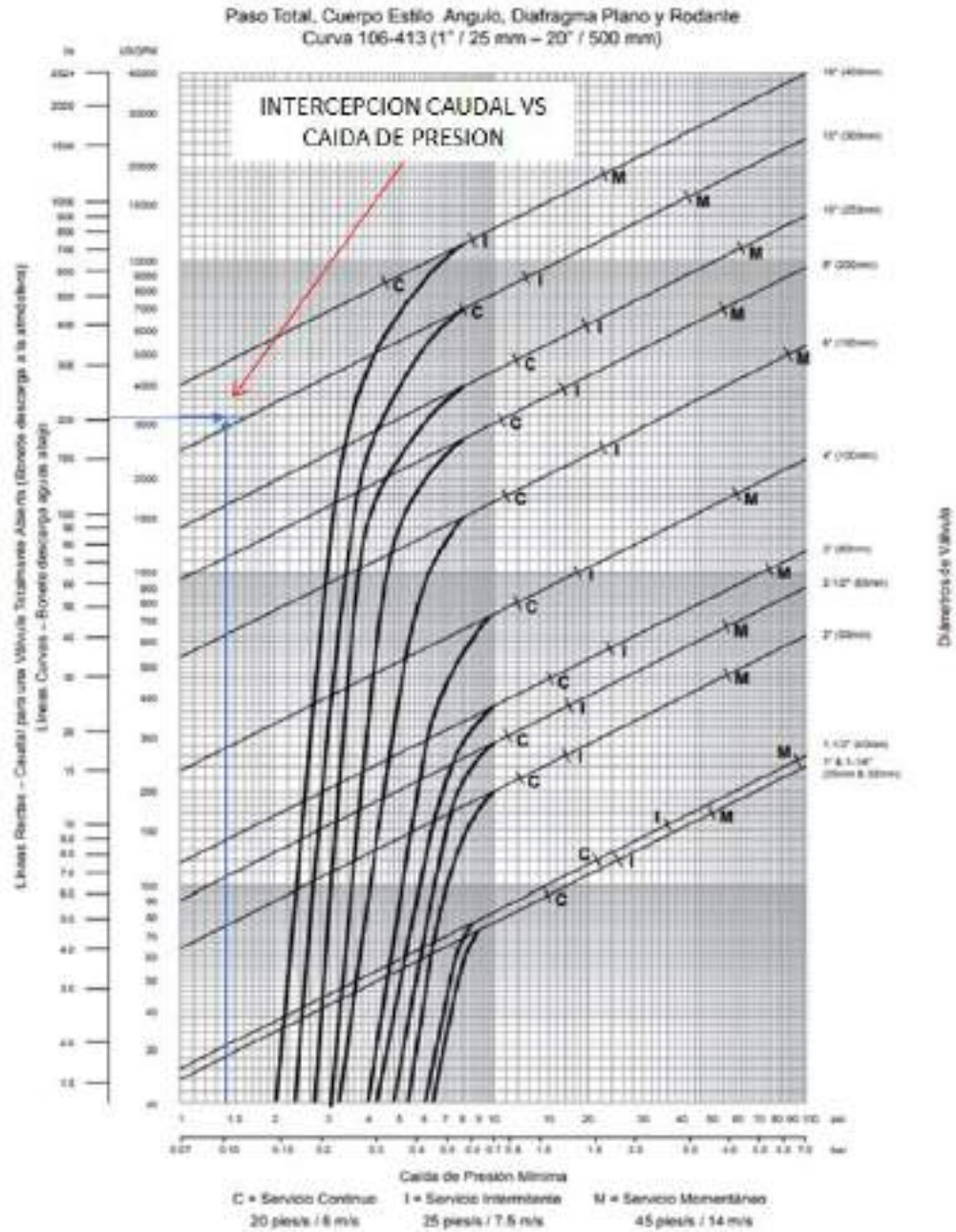
PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



determinar que no se debería presentar cavitación en la válvula que será sometida a una presión inicial de 62.9 mca.

**Ilustración 8-160 Caudal vs Caída de presión mínima**





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



### 8.4.2.6 MACRO MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO

Para este caso en particular estas cajas de macro medidores se presentan varias en puntos estratégicos a lo largo del trazado.

Solo una de las cajas de los macromedidores proyectados es considerada como caja anclaje la cual tiene se detalla la información a continuación:

Caja de distribución empalme con D3:

- Caja de macro 12": **83.69 mca**

Mayoradas con un factor de seguridad de 1.25, pasando en una tubería de 12" por tanto, las cajas donde se contempla ubicar el Macromedidor con una válvula de mariposa y un piezómetro será diseñada como anclaje que sea capaz de soportar los empujes horizontales y verticales que se ejercen en esta zona.

- **EMPUJES RESULTANTES, DISEÑO DE ANCLAJES**

- CALCULO EMPUJES

En primer lugar, el cálculo de los anclajes se tuvo en cuenta los empujes resultantes en los componentes X, Y y Z de cada uno, en donde los empujes ubicados en el eje Z corresponden a aquellos perpendiculares al terreno, es decir, en sentido contrario al peso de los anclajes. El detalle del cálculo de los empujes actuantes se encuentra registrado en la memoria de cálculo hidráulico para anclajes en el anexo 4.1.

El resultado de cada uno de estos empujes se presenta a continuación para los anclajes ubicados

**Tabla 8-60 Resumen de los empujes actuantes sobre los anclajes**

Nombre estructura	FUERZAS RESULTANTE					
	EMPUJE RESULTANTE					
	Empuje Resultante X (Ton)	Empuje Resultante Y (Ton)	Empuje Resultante Z (Ton)	Empuje Resultante X, Y (Ton)	Cuadrante	Angulo Empuje X, Y (°)
Macro medidor de 12"	5.65	1.76	-0.11	5.91	I	17.35

Fuente: Consultor

- **EMPUJES RESISTENTES**

- Cálculo de pesos y variables relevantes

Ahora bien, una vez teniendo en cuenta los empujes actuantes de diseño se proceden a calcular las fuerzas resistentes. Estas fuerzas están directamente relacionadas con el peso total, por lo que se realiza la discriminación de pesos presentes en cada anclaje:

- **Caja macro medidor de 12"**: Dentro de la caja se encuentra tubería proyectada en HD de 12" de distribución, una válvula de mariposa y un piezómetro.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Con esto se analiza el peso de tubería llena y el peso propio de cada caja con las siguientes formulas:

***W tubo lleno (Ton)***

$$= \left( \frac{\textit{longitud}}{2} * \textit{area tuberia} * \textit{peso unitario agua} \right) + \left( \textit{longitud} * \textit{peso unitario}_{\textit{tubería}} \right)$$

$$\textit{W caja (Ton)} = \left( \textit{Volumen caja} \right) * \left( \textit{densidad concreto} \right)$$

$$\textit{Flotación (Ton)} = \left( \textit{longitud} * \textit{Ancho}_{\textit{ext}} \right) * \textit{H de caja con agua} * \textit{densidad agua}$$

Donde:

***Volumen caja (m<sup>3</sup>)***

$$= \left( \textit{Ancho}_{\textit{ext}} * \textit{Ha}_{\textit{ext}} \right) - \left( \textit{Ancho}_{\textit{int}} * \textit{Ha}_{\textit{int}} \right) + \left( 2 * r * \left( \textit{Ancho}_{\textit{int}} * \textit{Ha}_{\textit{int}} \right) - \textit{Atapa} - \textit{Area tuberia} * 2 * r \right)$$

Estas asociadas a una longitud variable que se define de acuerdo a las fuerzas actuantes y fuerzas resistentes

$$\textit{Fa} = \textit{Fr}$$

Donde:

$$\textit{Fa} = \textit{Empuje Resultante Z (Ton)} * \textit{F.S Vertical} + \textit{Flotación (Ton)}$$

$$\textit{Fr} = \textit{Peso tubo lleno (Ton)} * \textit{Peso caja (Ton)}$$

- Evaluó de cargas por fricción y cohesión

Ahora bien, conociendo los pesos, se calculan los empujes resistentes, los cuales están relacionados con las características del suelo. Los parámetros del suelo presentes en la zona se presentan en detalle en el capítulo de geotecnia. A continuación, se expone un resumen de los mismos:

**Tabla 8-61 Parámetros PTAP La Pola**

CARACTERÍSTICAS SUELO					
$\phi'$ suelo/concreto (°)	c' suelo/concreto (Ton/m <sup>2</sup> )	NF (m)	$\rho$ seco (Ton/m <sup>3</sup> )	$\rho$ saturado (Ton/m <sup>3</sup> )	$\rho$ Sumergido (Ton/m <sup>3</sup> )
25.60	0.41	5	1.48	2.00	1.00

Fuente: Consultor

Con estos parámetros, se procedió a calcular el empuje resistente por fricción y cohesión, para cada uno de los anclajes así:



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Empuje resistente**<sub>Fricción</sub>

$$= W_{\text{caja}} + W_{\text{tubo lleno}} - \text{flotación} - \text{empuje resultante } Z * \tan \phi' \frac{\text{suelo}}{\text{concreto}}$$

$$\text{Empuje resistente}_{\text{Cohesión}} = \text{longitud} * \text{Ancho}_{\text{ext}} * c' \frac{\text{suelo}}{\text{concreto}}$$

- Evaluó de cargas por empuje activo y pasivo del suelo

Se realizará el análisis de empujes activos y pasivos generados por el suelo. Es importante mencionar que para el evaluó de empujes pasivos y activos del suelo, es necesario aumentar el empuje actuante por un factor de seguridad de 3. Esto ya que, al utilizar las propiedades mecánicas del suelo, se tiene una mayor incertidumbre en sus parámetros encontrados en laboratorio.

Para este caso en particular se generan de nuevo las fuerzas actuantes y fuerzas resistentes teniendo en cuenta empujes pasivos y empujes activos de acuerdo a esta ecuación:

$$F_a = \text{empuje resultante } XY * F.S + \text{empuje activo}$$

$$F_r = F_{\text{fricción}} + F_{\text{cohesión}} + \text{empuje pasivo}$$

Dónde:

$$E_p = \text{triangulo saturado} + \text{cuadrado sumergido} + \text{triangulo sumergido}$$

$$E_a = \frac{K_a}{K_p} * E_p$$

De acuerdo a todas las ecuaciones mencionadas anteriormente se determinan el volumen de concreto que se necesita para cada caja, los datos puntuales de cada una de las cajas se tienen en el anexo 4.1



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



## **9 MODELACIÓN HIDRÁULICA**

Un modelo hidráulico es la construcción digital de una red, la cual permite reproducir y prever el comportamiento de la misma, para poder realizar pruebas y definir soluciones. La utilidad práctica de un software (Epanet) hidráulico reside en que permite hacer pruebas, esto sin grandes inversiones de tiempo o dinero.

### **9.1 RED DE ADUCCIÓN**

A partir de la información recolectada, se realiza el modelo hidráulico estático de la red de aducción. El sistema en general está compuesto por el embalse en el río Cócora, la tubería de aducción hasta la desviación PTAP Boquerón y la prolongación de la línea de aducción hasta la PTAP La Pola, correspondientes a la aducción tanto la Fase 1 y Fase 2 del proyecto. Se identificaron los elementos principales de la red, como se muestra a continuación.

- Embalse en el punto de captación del río Cócora (E 859,263.43, N 975,982.32)
- Válvula reguladora de caudal en la ubicación del desarenador.
- Tramos de tuberías instaladas y sin instalar de la red.
- Nodos de purgas y ventosas en toda la red.
- Nodos en cada kilómetro de la red.
- Nodos de inicio y fin de los viaductos de la red.
- Nodos en cambios de tubería.
- Nodos en cambios de material.
- Nodo en el inicio de la Fase 2.
- Nodo en la PTAP Boquerón.
- Nodo en la PTAP La Pola.

Una vez planteada esquemáticamente la tubería de aducción y los principales nodos que la conforman se empieza a caracterizar la red, con el fin de evaluar al sistema y sea posible la correcta ejecución del programa, para ello se implementa la metodología de Hazen-Williams, identificando la red con los siguientes parámetros:

- Diámetro de la tubería, en este caso la red está compuesta por diámetro de 36" a 24".
- Material de la tubería, en este caso existe tubería de GRP o CCP.
- Para aplicar la metodología de Hazen-Williams es necesario conocer el Coeficiente de rugosidad relativa, teniendo en cuenta las fichas técnicas de los materiales para el modelo se implementó un coeficiente de 130 para tubería de GRP y de 120 para tubería de CCP.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



- Igualmente se asigna el caudal a transportar, en general la red transporta un total de 800 L/s, una fracción le corresponde a la PTAP “Boquerón” y el restante llega a la PTAP “La Pola”, teniendo en cuenta factores como la construcción de la red y el crecimiento de la población, de acuerdo a estos puntos se plantean de 4 escenarios:
  - **Escenario No.1 (Caudal Periodo de diseño):** El cual equivale a 85 l/s para la PTAP Boquerón, el cual corresponde a una densidad poblacional de 127.32 Hab/Ha permitiendo el abastecimiento de 32.098 habitantes cumpliendo con densidad poblacional de la zona de Boquerón la cual equivale a 62.455 Hab/Ha.
  - **Escenario No.2 (Caudal a Saturación):** Corresponde al caudal calculado con la densidad poblacional máxima la cual equivale a 160 Hab/Ha, resultando un caudal de 125.87 L/s, abasteciendo a 45.2667 Habitantes.
  - **Escenario No.3 (Caudal Sin PTAP “Boquerón”):** Teniendo en cuenta las estructuras existentes se evidencia que en un inicio el caudal total (800 l/s), llegara a la PTAP La Pola, mientras se construyan las estructuras correspondientes para el abasteciendo del sector de Boquerón.
  - **Escenario No.4 (Caudal Máximo):** Es el escenario más crítico ya que evalúa el caudal máximo que se puede transportan por la tubería en caso de realizar una mala operación, para esta tubería en estas condiciones equivale a 911 l/s.
- Por último, se calcula las perdidas menores por metro lineal, con el fin de encontrar está perdida por tubería, para ello se implementa el inventario de accesorios presentes en la red con el factor Km representativo de cada elemento.

Tabla 9-1 Perdidas menores aducción tubería de 36”

Resumen Pérdidas Tubería 36"				
Accesorio	Característica	KM	Cantidad	KM Total
Codo	90	0.8	3	2.4
Codo	60	0.24	10	2.4
Codo	45	0.14	39	5.46
Codo	30	0.15	87	13.05
Codo	15	0.06	76	4.56
YEE		0.8	1	0.8
Total				28.67

Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



**Tabla 9-2 Perdidas menores aducción tubería de 24"**

Resumen Pérdidas Tubería 24"				
Accesorio	Característica	KM	Cantidad	KM Total
Codo	90	0.8	3	2.4
Codo	60	0.24	5	1.2
Codo	45	0.14	13	1.82
Codo	30	0.15	13	1.95
Codo	15	0.06	20	1.2
Total				8.57

Fuente: Consultor

Obteniendo un total de 37.24 m, los cuales se distribuyen al largo de red de aducción, obteniendo coeficientes de pérdida de 0.0012 por metro lineal para la tubería de 24" y de 0.0022 metros por metro lineal.

**Tabla 9-3 Perdidas menores red aducción.**

Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Km Total	m/ml
24	6286	7.37	0.0012
36	13018	28.67	0.0022

Fuente: Consultor

En las siguientes ilustraciones se muestra el esquema general de la red.





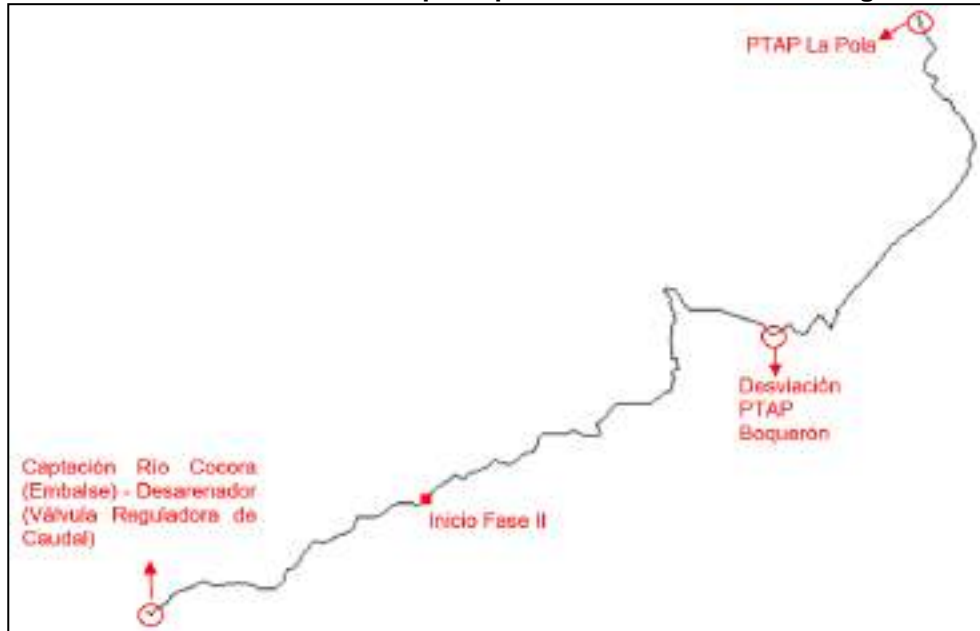
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1

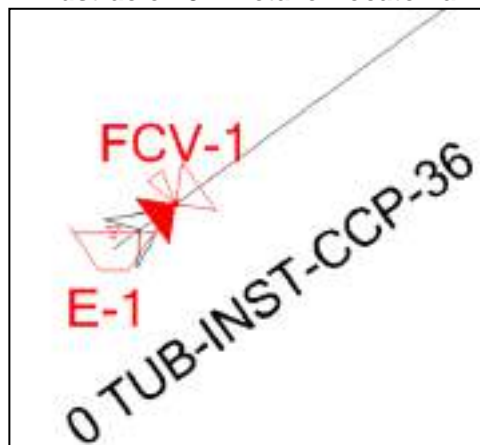


Ilustración 9-1 Elementos principales red de aducción de Ibagué



Fuente: Consultor

Ilustración 9-2 Detalle Bocatoma



Fuente: Consultor



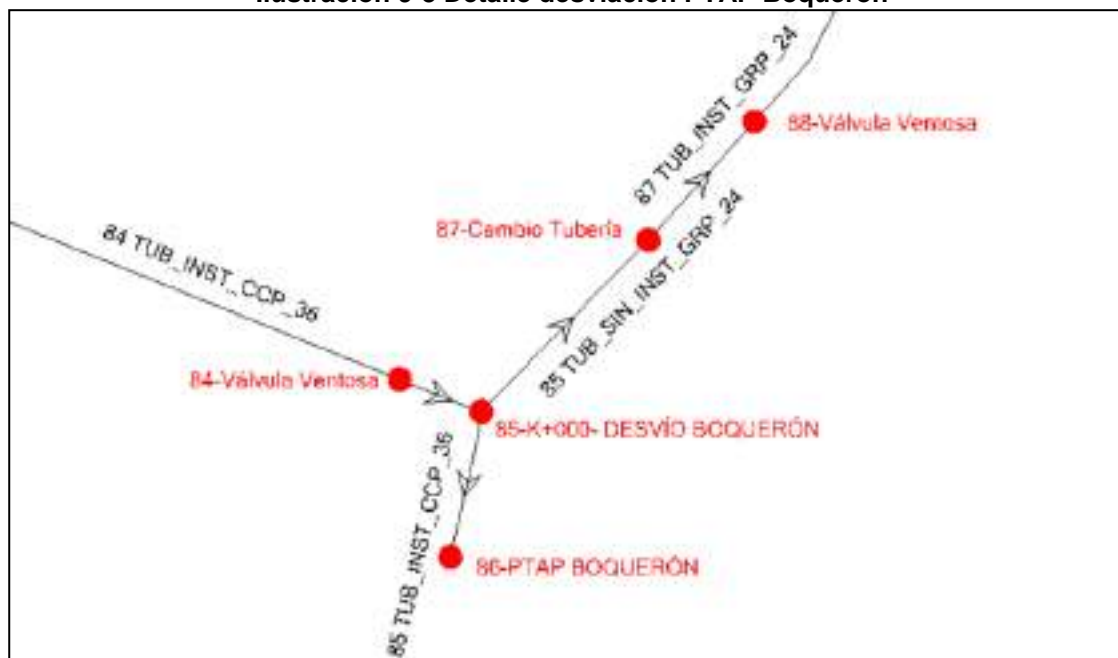
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 9-3 Detalle desviación PTAP Boquerón



Fuente: Consultor

Ilustración 9-4 Detalle PTAP La Pola



Fuente: Consultor

En el sistema existen tuberías que se encuentran previamente instaladas y otras por instalar, éstas son de materiales GRP y CPP, con diámetros de 36" y 24". A continuación, en la Ilustración 9-5, Ilustración 9-6 e Ilustración 9-7 se evidencia cada una de las distribuciones por escala de colores.



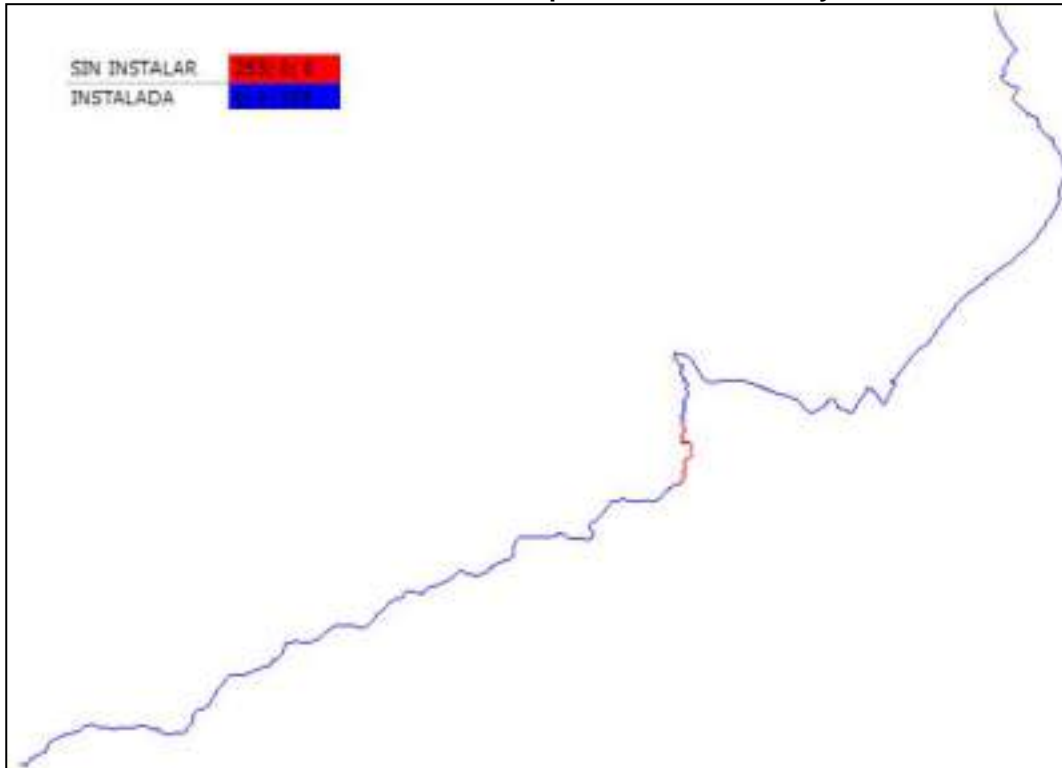
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



**Ilustración 9-5 Distribución de la red por tubería instalada y no instalada**



Fuente: Consultor



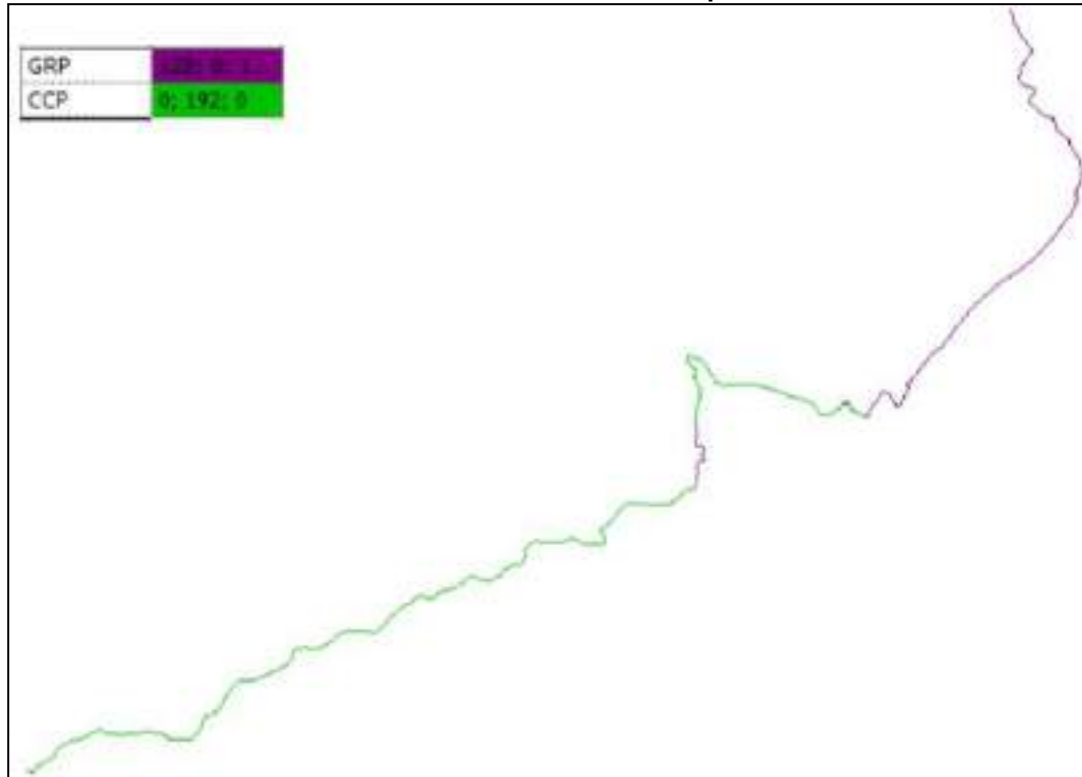
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 9-6 Distribución de la red por material



Fuente: Consultor



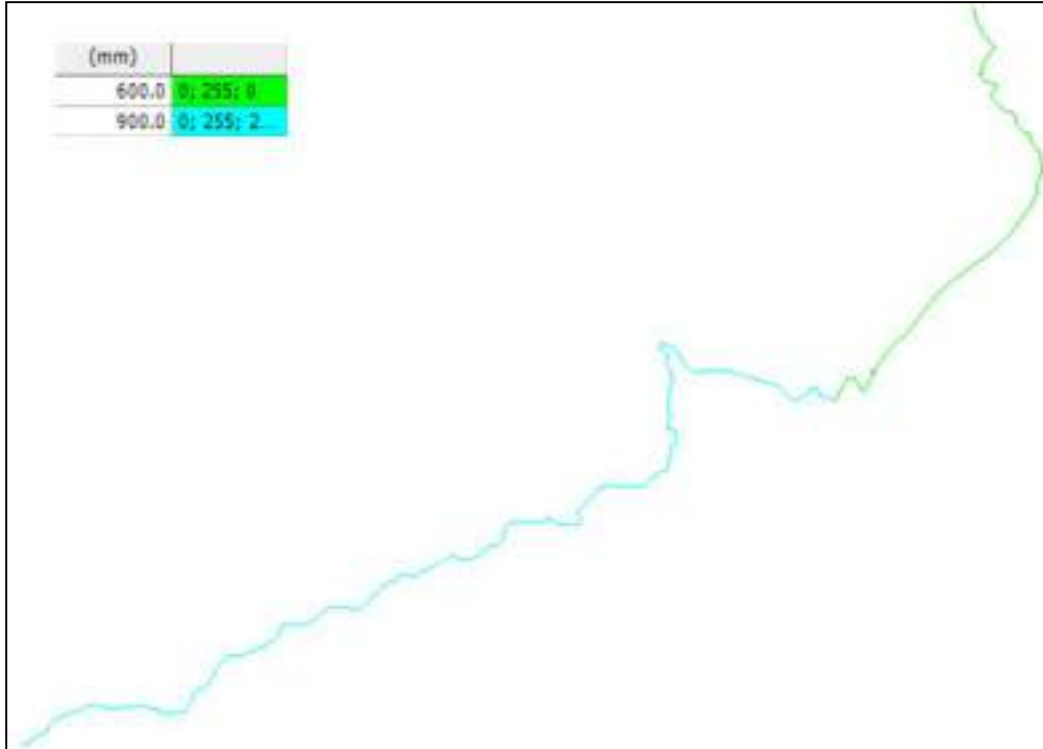
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 9-7 Distribución de la red por diámetro



Fuente: Consultor

### 9.1.1 EVALUACIÓN HIDRÁULICA

La evaluación hidráulica de la red de aducción se realiza mediante la evaluación de la línea de energía a lo largo del sistema ya que representa los niveles de agua de los tubos piezométricos conectados a la tubería, garantizando el cubrimiento en todos los puntos de la red siempre y cuando la altura del punto piezómetro sea mayor que la cota de la tubería.

- **Escenario No.1:**

Con las condiciones de caudal del escenario 1 en el cual se determina un caudal inicial de 85 l/s a la PTAP Boquerón y 715 l/s a la PTAP La Pola, donde se observa que la línea piezométrica presenta una cota mayor que el terreno en toda la tubería bajo las condiciones de este escenario, igualmente la diferencia de alturas mínima a lo largo de toda la aducción equivale a 18.5 m valor presente en la abscisa K12+960 abscisa que se ubica cerca a la derivación de la PTAP Boquerón valor que no altera el correcto funcionamiento de la red.

Tabla 9-4 Parámetros escenario 1

Parámetros	
Abscisa (M)	K12+960
Cota Terreno (M)	1404.0
Cabeza	1422.5





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



<b>Parámetros</b>	
$\Delta H$ (M) min	18.5
Q Ptap Boquerón (L/s)	85
Q Ptap La Pola (L/s)	715

Fuente: Consultor



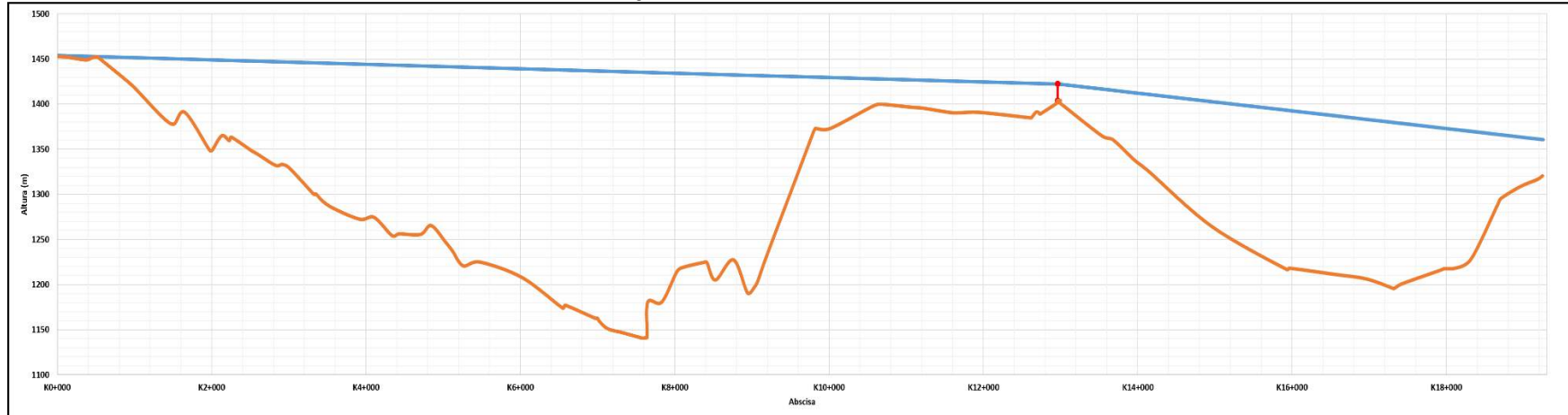
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 9-8 Línea piezométrica Red Aducción Escenario No.1.



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- **Escenario No.2:**

Con las condiciones de caudal del escenario 2 en el cual se determina un caudal que corresponde a una densidad población a saturación el cual equivale a 125.87 L/s a la PTAP Boquerón y 674.13 L/s a la PTAP La Pola, se encuentra la Ilustración 9-9, donde se observa que la línea piezométrica presenta una cota mayor que el terreno en toda la tubería bajo las condiciones de este escenario, igualmente la diferencia de alturas mínima a lo largo de toda la aducción equivale a 18.5 m valor presente en la abscisa K12+960 abscisa que se ubica cerca a la derivación de la PTAP Boquerón valor que no altera el correcto funcionamiento de la red.

**Tabla 9-5 Parámetros escenario 2**

Parámetros	
<b>Abscisa (M)</b>	K12+960
<b>Cota Terreno (M)</b>	1404.0
<b>Cabeza</b>	1422.5
<b>ΔH (M) min</b>	18.5
<b>Q Ptap Boquerón(L/s)</b>	125.87
<b>Q Ptap La Pola (L/s)</b>	674.13

Fuente: Consultor



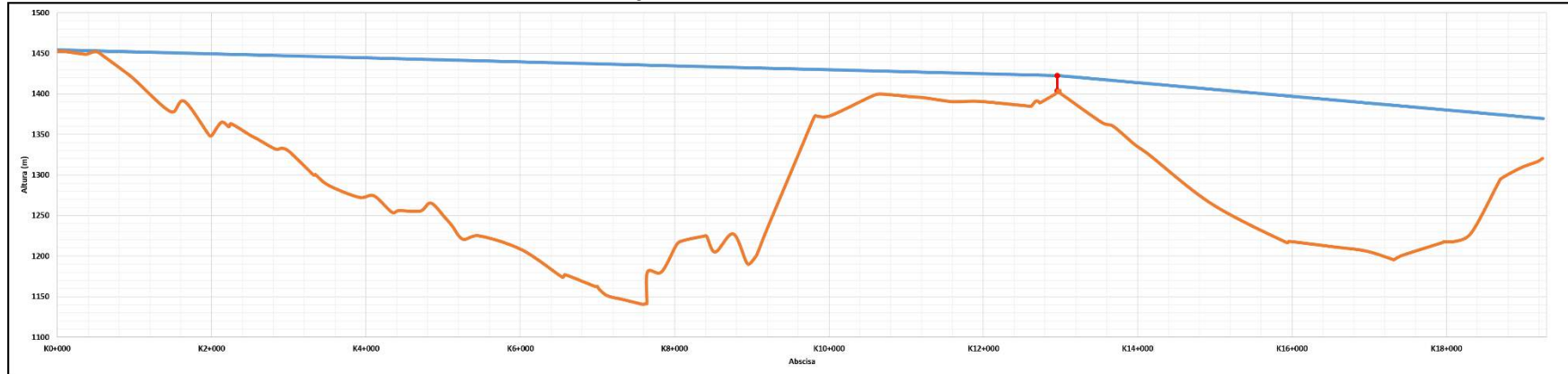
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 9-9 Línea piezométrica Red Aducción Escenario No.2.



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- **Escenario No.3:**

Con las condiciones de caudal del escenario 3 en el cual se transportan los 800 L/s a la PTAP La Pola, debido a que en un inicio la red debe funcionar en estas condiciones hasta que la PTAP Boquerón se construya, en la Ilustración 9-10 se observa que la línea piezométrica presenta una cota mayor que el terreno en toda la tubería bajo las condiciones de este escenario, igualmente la diferencia de alturas mínima a lo largo de toda la aducción equivale a 18.5 m valor presente en la abscisa K12+960 abscisa que se ubica cerca a la derivación de la PTAP Boquerón valor que no altera el correcto funcionamiento de la red.

**Tabla 9-6 Parámetros escenario 3**

Parámetros	
<b>Abscisa (M)</b>	K12+960
<b>Cota Terreno (M)</b>	1404.0
<b>Cabeza</b>	1422.5
<b><math>\Delta H</math> (M) min</b>	18.5
<b>Q Ptap La Pola (l/s)</b>	800

Fuente: Consultor





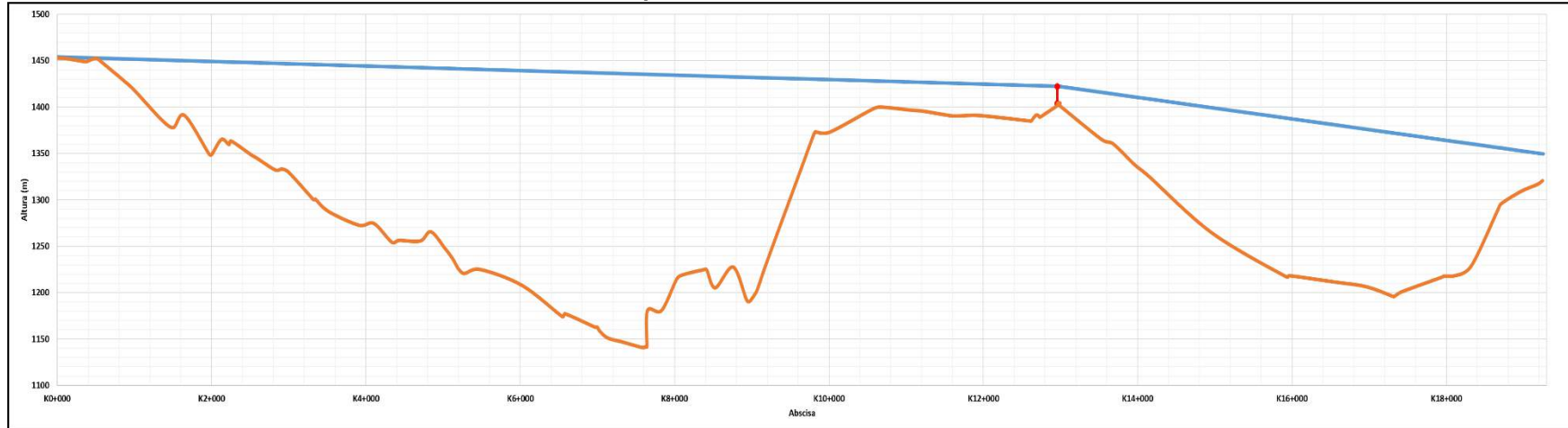
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 9-10 Línea piezométrica Red Aducción Escenario No.3.



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- **Escenario No.4:**

Con las condiciones de caudal del escenario 4 en el cual se evalúa el caudal máximo que puede transportar la tubería sin afectar su funcionamiento el cual equivale a 911 L/s, en la Ilustración 9-11 se observa que la línea piezométrica presenta una cota mayor que el terreno en toda la tubería bajo las condiciones de este escenario, igualmente la diferencia de alturas mínima a lo largo de toda la aducción equivale a 9.6 m valor presente en la abscisa K12+960 abscisa que se ubica cerca a la derivación de la PTAP Boquerón valor que no altera el correcto funcionamiento de la red.

<b>Parámetros</b>	
<b>Abscisa (M)</b>	K12+960
<b>Cota Terreno (M)</b>	1404.0
<b>Cabeza</b>	1413.6
<b><math>\Delta H</math> (M) min</b>	9.6
<b>Q Ptap La Pola (l/s)</b>	911

Fuente: Consultor



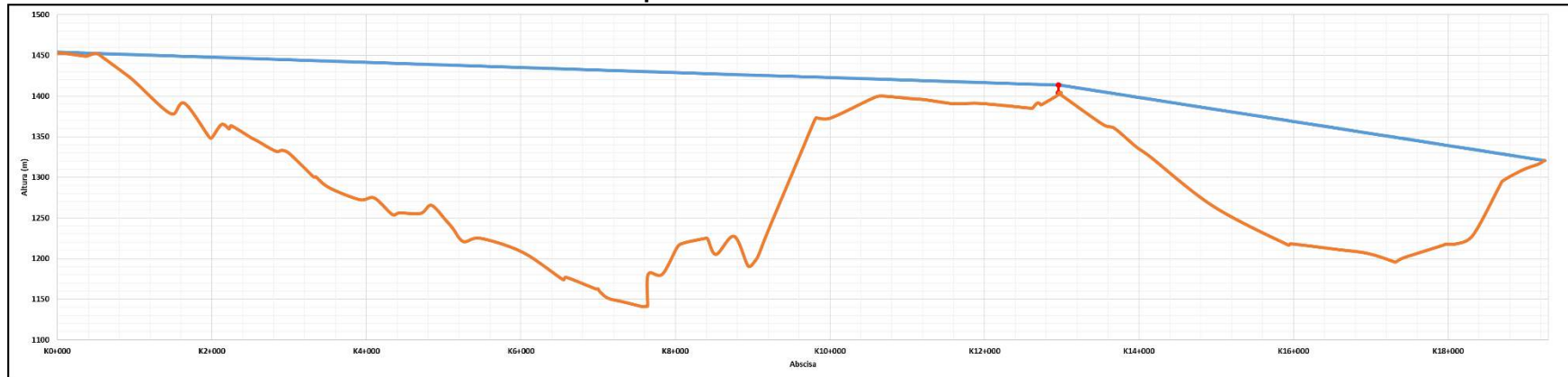
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 9-11 Línea piezométrica Red Aducción Escenario No.4.



Fuente: Consultoría

Se puede remitir al ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Modelo Hidráulico, en el cual se presentan los modelos generados del sistema para su respectiva verificación y análisis. ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



## 9.2 RED DE CONDUCCIÓN

A partir de la información recolectada, se realiza el modelo hidráulico estático de la red de conducción. El sistema en general está compuesto por la PTAP La Pola, la tubería de conducción hasta el Tanque Sur. Se identificaron los elementos principales de la red, como se muestra a continuación.

- La salida de la planta de tratamiento La Pola (E 870,046.15, N 983,951.59)
- Tramos de tuberías instaladas y sin instalar de la red.
- Nodos de purgas y ventosas en toda la red.
- Nodos en cada kilómetro de la red.
- Nodos de inicio y fin de los viaductos de la red.
- Nodo en la llegada del Tanque Sur.

Una vez planteada esquemáticamente la tubería de conducción y los principales nodos que la conforman se empieza a caracterizar la red, con el fin de evaluar al sistema y sea posible la correcta ejecución del programa, para ello se implementa la metodología de Hazen-Williams, identificando la red con los siguientes parámetros:

- Diámetro de la tubería, en este caso la red está compuesta por diámetro de 32”.
- Material de la tubería, en este caso tubería de GRP.
- Para aplicar la metodología de Hazen-Williams es necesario conocer el Coeficiente de rugosidad relativa, teniendo en cuenta las fichas técnicas para tuberías en GRP se opta por un coeficiente de 130.
- Igualmente se asigna el caudal a transportar, en general la red transporta un total de 702 L/s hasta el Tanque Sur, para esta red se evalúan 2 escenarios:
  - **Escenario No.1 (Caudal Periodo de diseño):** El cual equivale a 702 l/s de acuerdo a la posible distribución de caudales desde Tanque Cuidad.
  - **Escenario No.2 (Caudal Máximo):** Es el escarnio más crítico ya que evalúa el caudal máximo que se puede transportan por la tubería, para esta tubería en estas condiciones equivale a 2.587 l/s.
- Por último, se calcula las perdidas menores por metro lineal, con el fin de encontrar está perdida por tubería, para ello se implementa el inventario de accesorios presentes en la red con el factor Km representativo de cada elemento.

Tabla 9-7 Perdidas menores conducción tubería de 32”

Resumen Pérdidas				
Accesorio	Característica	KM	Cantidad	KM Total
Codo	60	0.24	7	1.68



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



Resumen Pérdidas				
Accesorio	Característica	KM	Cantidad	KM Total
Codo	45	0.14	15	2.1
Codo	30	0.15	18	2.7
Codo	15	0.06	22	1.32
Total				7.8

Fuente: Consultor

Obteniendo un total de 7.8 m, los cuales se distribuyen al largo de red de conducción, obteniendo coeficientes de pérdida de 0.0017.

**Tabla 9-8 Pérdidas menores red conducción.**

Diámetro (pulg)	Longitud (M)	KM Total	M/ML
32	4595	7.8	0.0017

Fuente: Consultor

### 9.2.1 EVALUACIÓN HIDRÁULICA

La evaluación hidráulica de la red de conducción se realiza mediante la evaluación de la línea de energía a lo largo del sistema ya que representa los niveles de agua de los tubos piezométricos conectados a la tubería, garantizando el cubrimiento en todos los puntos de la red siempre y cuando la altura del punto piezómetro sea mayor que la cota de la tubería.

- **Escenario No.1:**

Con las condiciones de caudal del escenario 1 en el cual se transportan los 702 L/s al punto de derivación del Tanque Sur, siendo el caudal de diseño de la red, en la Ilustración 9-12, se observa que la línea piezométrica presenta una cota mayor que el terreno en toda la tubería bajo las condiciones de este escenario, igualmente la diferencia de alturas mínima a lo largo de toda la aducción equivale a 32.8 m valor presente en la abscisa K4+302.

**Tabla 9-9 Parámetros conducción Escenario No.1.**

Parámetros	
<b>Abscisa (M)</b>	K4+302
<b>Cota Terreno (M)</b>	1278.2
<b>Cabeza</b>	1311.0
<b>ΔH (M) min</b>	32.8
<b>Caudal (l/s)</b>	702

Fuente: Consultor





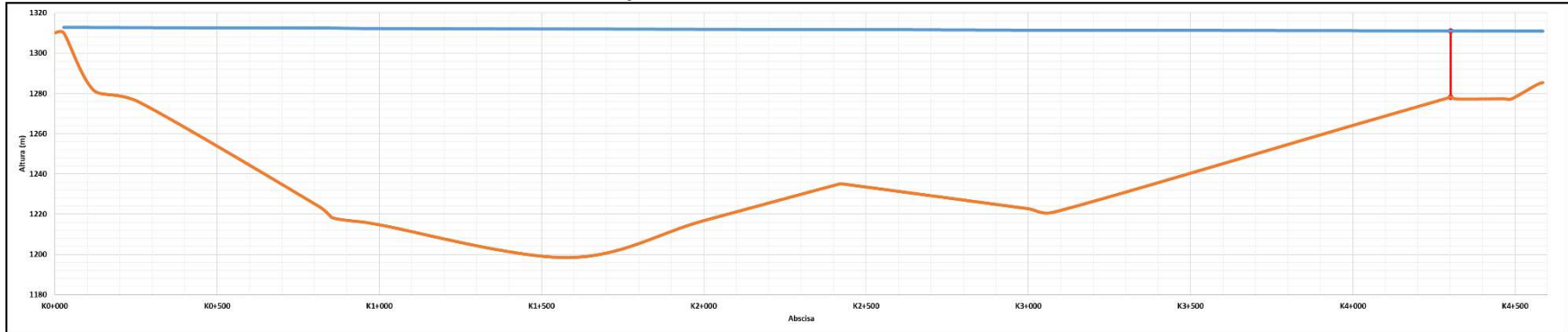
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 9-12 Línea piezométrica Red Conducción Escenario No.1.



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- **Escenario No.2:**

Con las condiciones de caudal del escenario 2 en el cual se evalúa el caudal máximo que puede transportar la tubería sin afectar su funcionamiento el cual equivale a 2587 l/s, en la Ilustración 9-13, se observa que la línea piezométrica presenta una cota mayor que el terreno en toda la tubería bajo las condiciones de este escenario, igualmente la diferencia de alturas mínima a lo largo de toda la aducción equivale a 8.9 m valor presente en la abscisa K4+567 abscisa que se ubica cerca a la derivación de la PTAP Boquerón valor que no altera el correcto funcionamiento de la red.

**Tabla 9-10 Parámetros conducción Escenario No.2.**

Parámetro	
<b>Abscisa (M)</b>	K4+567
<b>Cota Terreno (M)</b>	1277.3
<b>Cabeza</b>	1286.2
<b><math>\Delta H</math> (M) min</b>	8.9
<b>Caudal (l/s)</b>	2587

Fuente: Consultor



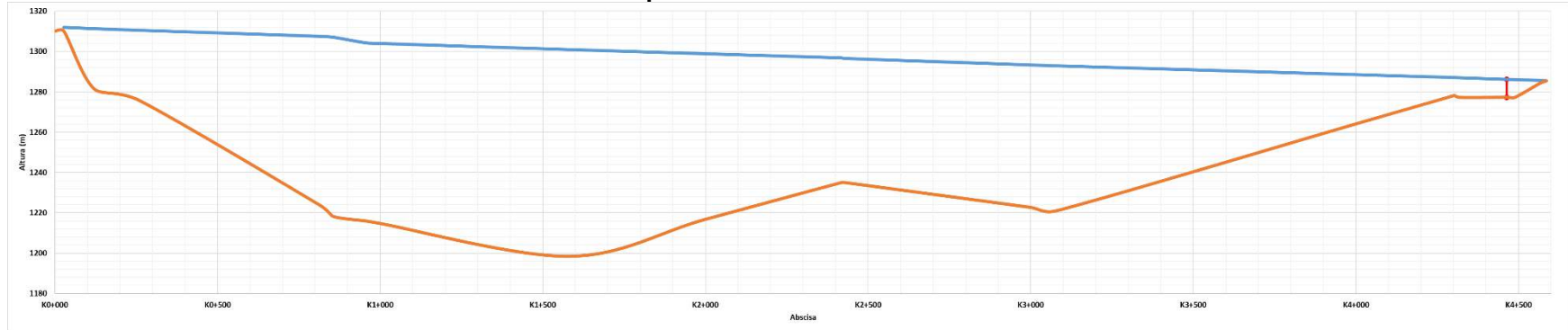
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 9-13 Línea piezométrica Red Aducción Escenario No.2.



Fuente: Consultor

Se puede remitir al ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Modelo Hidráulico, en el cual se presentan los modelos generados del sistema para su respectiva verificación y análisis ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



### 9.3 RED DE DISTRIBUCIÓN

A partir de la información recolectada, se realiza el modelo hidráulico estático de la red de aducción. El sistema en general está compuesto por el tanque Sur, la tubería de distribución hasta la conexión de la red existente que llega a distrito 3. Se identificaron los elementos principales de la red, como se muestra a continuación.

- La salida del tanque Sur.
- Tramos de tuberías instaladas y sin instalar de la red.
- Nodos en cada kilómetro de la red.
- Nodos en cambios de diámetro.
- Nodo en la llegada de la red existente que llega a distrito 3.

Una vez planteada esquemáticamente la tubería de distribución y los principales nodos que la conforman se empieza a caracterizar la red, con el fin de evaluar al sistema y sea posible la correcta ejecución del programa, para ello se implementa la metodología de Hazen-Williams, identificando la red con los siguientes parámetros:

- Diámetro de la tubería, en este caso la red está compuesta por diámetros de 14" y 12".
- Material de la tubería, en este caso tubería de PVC.
- Para aplicar la metodología de Hazen-Williams es necesario conocer el Coeficiente de rugosidad relativa, teniendo en cuenta las fichas técnicas para tuberías en PVC se opta por un coeficiente de 150.
- Igualmente se asigna el caudal a transportar, en general la red transporta un total de 130.53 l/s hasta la conexión de la red existente que va a distrito 3, para esta red se evalúan 3 escenarios:
  - **Escenario No.1:** Equivale a un caudal de 130.53 l/s el cual, corresponde a una densidad poblacional de 180 Hab/Ha teniendo en cuenta los estudios realizados en el POT de la zona.
  - **Escenario No.2:** Corresponde al caudal calculado con la densidad poblacional del DANE la cual corresponde a 213 Hab/Ha, resultando un caudal de 150.46 l/s
  - **Escenario No.3 (Caudal Máximo):** Es el escenario más crítico ya que evalúa el caudal máximo que se puede transportar por la tubería en caso de realizar una mala operación, para esta tubería en estas condiciones equivale a 321.9 l/s.

*Nota: Los caudales mencionados en los Escenarios No.1 y No.2 se encuentran relacionados al diseño del Producto 2 del presente contrato, en el cual se realiza un análisis detallado de la distribución de caudales.*



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- Por último, se calcula las pérdidas menores por metro lineal, con el fin de encontrar está pérdida por tubería, para ello se implementa el inventario de accesorios presentes en la red con el factor Km representativo de cada elemento.

**Tabla 9-11 Pérdidas menores distribución tubería de 14”**

RESUMEN PÉRDIDAS FASE 1 - 14"				
ACCESORIO	CARACTERÍSTICA	KM	CANTIDAD	KM TOTAL
Codo	90	0.4	2	0.8
Codo	45	0.4	5	2
Codo	22	0.1	3	0.3
Codo	11.25	0.1	7	0.7
Reducción	14x12	0.25	1	0.25
Total				4.05

Fuente: Consultor

**Tabla 9-12 Pérdidas menores distribución tubería de 12”**

Resumen Pérdidas Fase 1 - 12"				
Accesorio	Característica	KM	Cantidad	KM Total
Codo	90	0.4	1	0.4
Codo	45	0.4	2	0.8
Codo	22	0.1	2	0.2
Codo	11.25	0.1	4	0.4
Reducción	12x6	0.1	1	0.1
Total				1.09

Fuente: Consultor

Obteniendo un total de 4.05 m para los primeros 732 m lo que resulta un coeficiente de 0.00553 y un total de 1.9 m para la los siguientes 1230 m obteniendo coeficientes de pérdida de 0.00154.

**Tabla 9-13 Pérdidas menores red conducción.**

Diámetro (pulg)	Longitud (M)	Km Total	M/ML
14	732	4.05	0.00553
12	1230	1.9	0.00154

Fuente: Consultor

### 9.3.1 EVALUACIÓN HIDRÁULICA

La evaluación hidráulica de la red de distribución se realiza mediante la evaluación de la línea de energía a lo largo del sistema ya que representa los niveles de agua de los tubos piezométricos conectados a la tubería, garantizando el cubrimiento en todos los puntos de la red siempre y cuando la altura del punto piezómetro sea mayor que la cota de la tubería.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- **Escenario No.1:**

Con las condiciones de caudal del escenario 1 en el cual se transportan los 130.53 l/s, en la Ilustración 9-14, se observa que la línea piezométrica presenta una cota mayor que el terreno en toda la tubería bajo las condiciones de este escenario, igualmente la diferencia de alturas mínima a lo largo de toda la aducción equivale a 29 m valor presente en la abscisa K0+720.

**Tabla 9-14 parámetros conducción Escenario No.1.**

Parámetros	
<b>Abscisa (M)</b>	K0+720
<b>Cota Terreno (M)</b>	1253.2
<b>Cabeza</b>	1282.2
<b><math>\Delta H</math> (M) min</b>	29.0
<b>Caudal (l/s)</b>	130.53

Fuente: Consultor



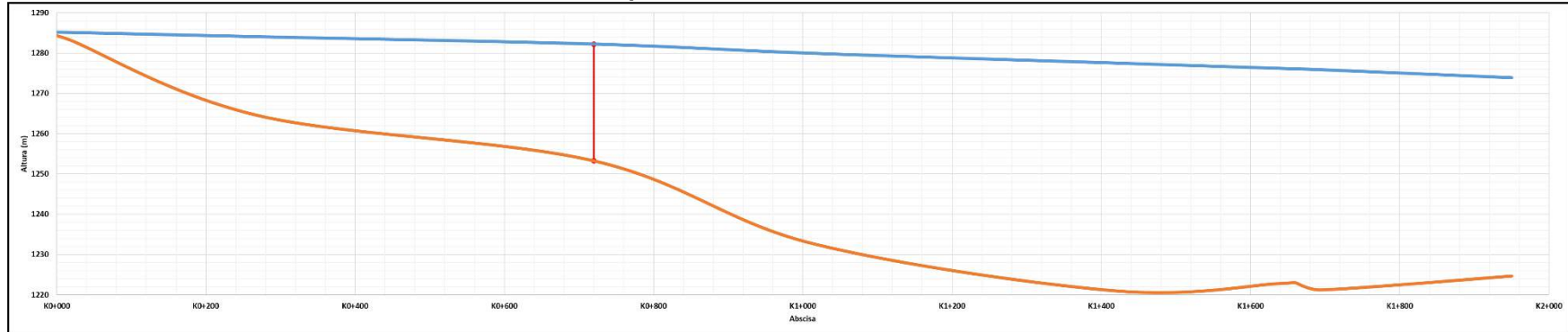
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 9-14 Línea piezométrica Red distribución Escenario No.1.



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- **Escenario No.2:**

Con las condiciones de caudal del escenario 1 en el cual se transportan los 150.46 L/s, en la Ilustración 9-15, se observa que la línea piezométrica presenta una cota mayor que el terreno en toda la tubería bajo las condiciones de este escenario, igualmente la diferencia de alturas mínima a lo largo de toda la aducción equivale a 28.1 m valor presente en la abscisa K0+720.

**Tabla 9-15 parámetros conducción Escenario No.2.**

Parámetro	
<b>Abscisa (M)</b>	K0+720
<b>Cota Terreno (M)</b>	1253.2
<b>Cabeza</b>	1281.3
<b><math>\Delta H</math> (M) min</b>	28.1
<b>Caudal (l/s)</b>	150.46

Fuente: Consultor



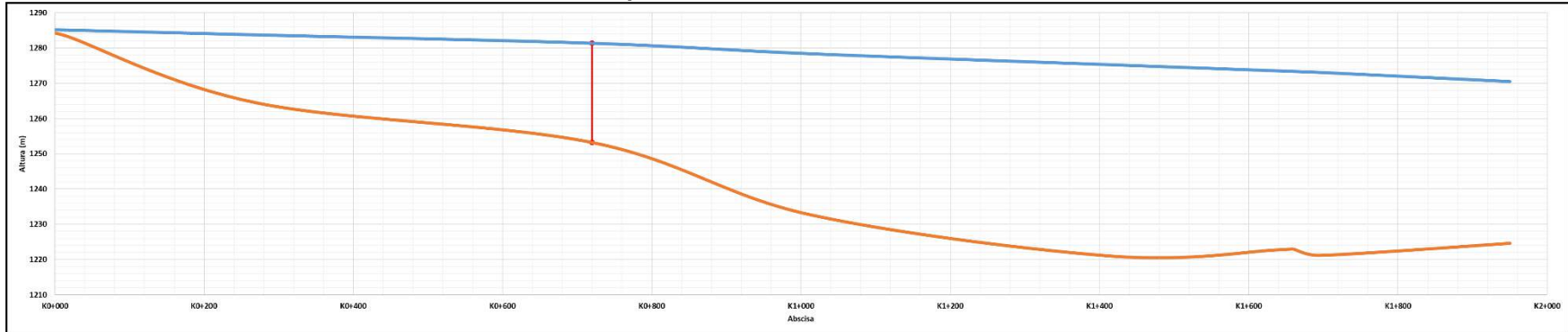
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 9-15 Línea piezométrica Red distribución Escenario No.2.



Fuente: Consultor



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



- **Escenario No.3:**

Con las condiciones de caudal del escenario 3 en el cual se evalúa el caudal máximo que puede transportar la tubería sin afectar su funcionamiento el cual equivale a 321.9 L/s, en la Ilustración 9-16, se observa que la línea piezométrica presenta una cota mayor que el terreno en toda la tubería bajo las condiciones de este escenario, igualmente la diferencia de alturas mínima a lo largo de toda la aducción equivale a 8.9 m valor presente en la abscisa K4+567 abscisa que se ubica cerca a la derivación de la PTAP Boquerón valor que no altera el correcto funcionamiento de la red.

**Tabla 9-16 parámetros conducción Escenario No.3.**

Parámetro	
<b>Abscisa (M)</b>	K1+660
<b>Cota Terreno (M)</b>	1223
<b>Cabeza</b>	1236.4
<b><math>\Delta H</math> (M) min</b>	13.4
<b>Caudal (l/s)</b>	321.9

Fuente: Consultor





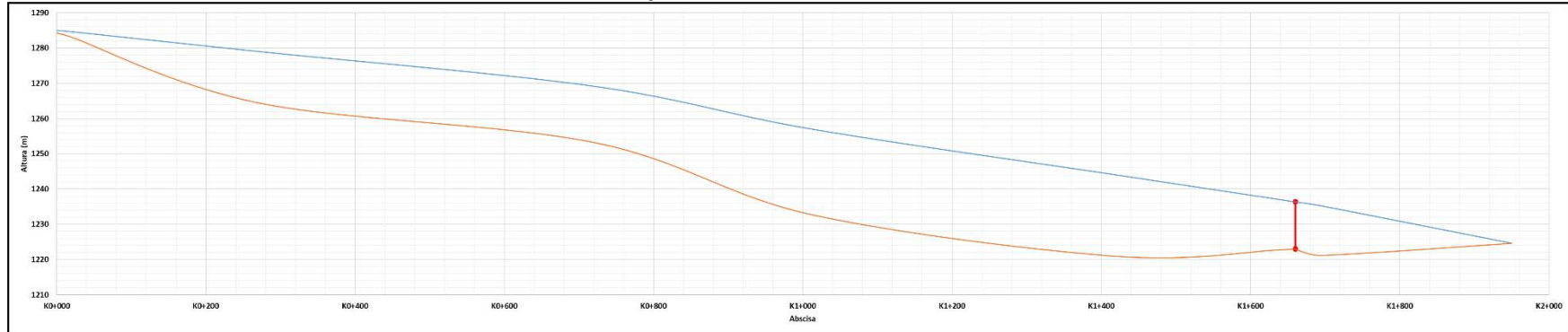
IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



Ilustración 9-16 Línea piezométrica Red distribución Escenario 3.



Fuente: Consultor

Se puede remitir al ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Modelo Hidráulico, en el cual se presentan los modelos generados del sistema para su respectiva verificación y análisis ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

**PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3**

**ED-C389-IT-3.0-V1**



## **9.4 GOLPE DE ARIETE**

El fenómeno del golpe de ariete tiene lugar cuando el sistema está en condiciones estacionarias y tiene lugar un cambio brusco de velocidad en respuesta a la operativa de los equipos hidráulicos de la red. La compresibilidad del líquido y la elasticidad de la tubería causan una onda de presión que se desplaza por el sistema que si no cuenta con la respuesta adecuada puede dar lugar a la caída del sistema.

En el caso del sistema de aducción, conducción y distribución este se puede presentar al realizar un cierre súbito de las válvulas mariposa al final de cada tramo y de la válvula de contrapeso diseñada en el sistema de aducción, por ello, es necesario realizar la verificación de la misma tendiendo como parámetro de diseño un límite del 25% por efectos transitorios.

Para estimar la magnitud de estos fenómenos, se utilizó el software de modelación Allievi, este programa permite el análisis de la ocurrencia del golpe de ariete en tuberías teniendo en cuenta el Método de las Características, se puede remitir al ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO – Golpe de ariete en el cual se presentan los resultados obtenidos y modelo generado.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



## ***10 COMPONENTE GEOTECNIA***

---

Se puede remitir al ANEXO 2–COMPONENTE GEOTÉCNICO en el cual se presentan las labores de campo, resultados de exploraciones, informe de diseño de, memorias de cálculo y planos de detalle de las obras propuestas.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



## ***11 COMPONENTE DE AUTOMATIZACIÓN***

---

La automatización de los elementos de seguridad y control del sistema proyectado resultan fundamentales con el objetivo de poder asegurar un funcionamiento óptimo del sistema en forma conjunta. Se puede remitir al ANEXO 5–COMPONENTE DE AUTOMATIZACIÓN en el cual se presentan las especificaciones técnicas y presupuesto de los elementos de control y seguimiento proyectados.



IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



## ***12 COMPONENTE FINANCIERO***

---

Se puede remitir al ANEXO 5–COMPONENTE FINANCIERO en el cual se presentan las cantidades de obra, especificaciones técnicas, cotizaciones, y presupuesto de obra.





IEH GRUCON S.A.  
Una empresa del Grupo Emdepa

PRODUCTO 3 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN HIDRÁULICA DE  
LA LÍNEA DE ADUCCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
HASTA EL DISTRITO 3

ED-C389-IT-3.0-V1



## **13 ANEXOS**

---

### **13.1 ANEXO 1– COMPONENTE TOPOGRÁFICO**

- Anexo 1.1 Actividades preliminares
- Anexo 1.2. Levantamiento topográfico

### **13.2 ANEXO 2–COMPONENTE GEOTÉCNICO**

- Anexo 2.1. Info secundaria
- Anexo 2.2. Caracterización
- Anexo 2.3. Cimentaciones
- Anexo 2.4. Mov tierras
- Anexo 2.5. Tubería
- Anexo 2.6. Planos

### **13.3 ANEXO 3–COMPONENTE ESTRUCTURAL**

- Anexo 3.1. Memorias de cálculo
- Anexo 3.2. Planos

### **13.4 ANEXO 4–COMPONENTE HIDRÁULICO**

- Anexo 4.1. Memorias de cálculo
- Anexo 4.2. Planos
- Anexo 4.3. Modelo Hidráulico
- Anexo 4.2. Golpe de ariete

### **13.5 ANEXO 5–COMPONENTE DE AUTOMATIZACIÓN**

- Anexo 5.1. Especificaciones técnicas
- Anexo 5.2. Presupuesto

### **13.6 ANEXO 5–COMPONENTE FINANCIERO**