



ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA EN LOS SISTEMAS DE  
ABASTECIMIENTO PÚBLICO, IDENTIFICANDO SECTORES Y CAUSAS  
INFLUYENTES EN LOS ALTOS ÍNDICES DE AGUA NO CONTABILIZADA  
(IANC) EN EL MUNICIPIO DE TURBO ANTIOQUIA.

Por:

JOSÉ FERNANDO AREIZA ALVARADO

JHONATAN DAVID CARABALLO ORTIZ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD  
INTRODUCCIÓN A LA ESCUELA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS,  
CONTABLES, ECONÓMICAS Y DE NEGOCIOS – ECACEN  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE PROYECTOS  
CEAD TURBO

2019



ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA EN LOS SISTEMAS DE  
ABASTECIMIENTO PÚBLICO, IDENTIFICANDO SECTORES Y CAUSAS  
INFLUYENTES EN LOS ALTOS ÍNDICES DE AGUA NO CONTABILIZADA  
(IANC) EN EL MUNICIPIO DE TURBO ANTIOQUIA.

Por

JOSÉ FERNANDO AREIZA ALVARADO

JHONATAN DAVID CARABALLO ORTIZ

LUIS ALEJANDRO FORERO BARÓN

Director

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD  
INTRODUCCIÓN A LA ESCUELA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS,  
CONTABLES, ECONÓMICAS Y DE NEGOCIOS – ECACEN  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE PROYECTOS  
CEAD TURBO

2019



## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional Abierta y A Distancia por permitirme cursar el programa de especialización, brindar los soportes, conocimientos, y el tiempo necesario para mi formación profesional, a todos y cada uno de los tutores que con sus apoyos enriquecieron estos procesos de aprendizaje y enriquecieron mi formación.

Al Ingeniero Luis Alejandro Forero Barón , director y tutor del proyecto y semillero de investigación, quien confió en mí, en la propuesta planteada, quien dedico su tiempo y espacio para asesorarme, guiarme y transmitirme sus conocimientos para el cumplimiento de esta meta.

A mi esposa, Angélica María Jaramillo quien de forma constante, ardua e incondicional me apoyó y alentó a luchar por lograr cumplir esta meta.



## Contenido

<b>Resumen</b> .....	12
<b>Abstract</b> .....	13
<b>Palabras Claves</b> .....	14
<b>Introducción</b> .....	15
<b>Planteamiento del Problema</b> .....	17
<b>Justificación</b> .....	19
<b>Objetivos</b> .....	22
<b>Objetivo General</b> .....	22
<b>Objetivos Específicos</b> .....	22
<b>Marcos de referencia</b> .....	23
<b>Antecedentes</b> .....	35
<b>Investigativos</b> .....	35
<b>Legales</b> .....	36
<b>Marco Conceptual</b> .....	37
<b>Sistemas electrónicos, hidráulicos y mecánicos para la medición de grandes cantidades de flujos, control y validación de la información</b> .....	43
<i>Macromedidores</i> .....	43
<i>Especificaciones técnicas recomendadas para los macromedidores electromagnéticas</i> ....	45
<i>Transmisores o celdas de presión manométricas</i> .....	50
<i>Especificaciones técnicas para Transmisores de presión manométricas</i> .....	52
<i>Especificaciones técnicas recomendadas para los manómetros</i> .....	54
<i>Válvulas de regulación o control de flujo</i> .....	55
<i>Especificaciones técnicas recomendadas para las válvulas de regulación tipo mariposa</i> .	55
<i>Especificaciones técnicas recomendadas para las válvulas de bola</i> .....	57
<i>Actuadores eléctricos</i> .....	58
<i>Especificaciones técnicas recomendadas para los actuadores eléctricos</i> .....	59
<i>Válvulas ventosas</i> .....	61
<i>Especificaciones técnicas recomendadas para las válvulas ventosas</i> .....	63



<i>Elementos de acero y acabado</i> .....	64
<i>Motobombas sumergibles para Achique</i> .....	67
<i>Especificaciones técnicas recomendadas para motobombas sumergibles de Achique</i> .....	68
<i>Tableros de control y potencia</i> .....	69
<i>HMI - IHM</i> .....	69
<i>Especificaciones técnicas y programación recomendadas para las HMI</i> .....	70
<i>PLC</i> .....	72
<i>Especificaciones técnicas y programación recomendadas para las HMI</i> .....	72
<i>Otros Dispositivos de control que componen el tablero</i> .....	75
<i>Antenas de comunicación punto a punto</i> .....	76
<i>Especificaciones técnicas recomendadas antenas de comunicación punto a punto</i> .....	77
<i>Consideraciones constructivas de fabricación, montaje y puesta en funcionamiento</i> .....	80
<b>Marco Tecnológico</b> .....	83
<b>Metodología de la investigación</b> .....	85
<b>Tipo y Enfoque</b> .....	85
<b>Población y muestra</b> .....	85
<b>Instrumentos de recolección de datos</b> .....	85
<b>Análisis de Resultados</b> .....	89
<b>Ingeniería del Proyecto</b> .....	98
<b>Diseño hidráulico específico para los sistemas de medición y control de flujo</b> .....	102
<b>Conclusiones</b> .....	113
<b>Limitaciones y recomendaciones</b> .....	115
<b>Impacto Social</b> .....	117
<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	118
<b>Anexos</b> .....	123



## Ilustraciones

<i>Ilustración 1.</i> Localización De Turbo En Antioquia. ....	28
<i>Ilustración 2.</i> Esquema Sistema De Acueducto Actual Del Municipio. ....	33
<i>Ilustración 3.</i> Mapa General Del Municipio De Turbo Bajo La División De Subsectores Para Control Del Sistema. ....	34
<i>Ilustración 4.</i> <i>Cálculo De Los IANC.</i> ....	38
<i>Ilustración 5.</i> Macromedidor mecánico por turbina. ....	44
<i>Ilustración 6.</i> Macromedidor Electromagnético. ....	44
<i>Ilustración 7.</i> Medidor de presión manométrica mecánico. ....	51
<i>Ilustración 8.</i> Medidor de presión manométrica con comunicación. ....	51
<i>Ilustración 9.</i> Válvula mariposa de accionamiento mecánico. ....	58
<i>Ilustración 10.</i> Válvula mariposa con accionamiento eléctrico. ....	58
<i>Ilustración 11.</i> Ventosa metálica de doble efecto. ....	61
<i>Ilustración 12.</i> Válvula ventosa triple efecto. ....	62
<i>Ilustración 13.</i> Recomendaciones para transportar los macromedidores. ....	80
<i>Ilustración 14.</i> Recomendaciones instalación de Macromedidor. ....	80
<i>Ilustración 15</i> Instalación de macromedidores en tuberías donde no hay lleno total en el interior. ....	81
<i>Ilustración 16.</i> Distancias recomendadas aguas arriba y aguas abajo para ubicación del Macromedidor en tramos rectos. ....	81
<i>Ilustración 17.</i> Medidas preventivas para evitar vibraciones del equipo. ....	82
<i>Ilustración 18.</i> Inmersión permanente en agua de Macromedidor. ....	82
<i>Ilustración 19.</i> Aplicación con el equipo enterrado del Macromedidor. ....	82
<i>Ilustración 20.</i> Esquema del Software Autodesk AutoCAD 2018. ....	83
<i>Ilustración 21.</i> Esquema del Software Autodesk Inventor Professional 2017. ....	84
<i>Ilustración 22.</i> Ubicación caja para instalación de macro en tubería de Ø6” polietileno “Ubicación #1” Vista 1. ....	89
<i>Ilustración 23.</i> Ubicación caja para instalación de macro en tubería de Ø6” polietileno “Ubicación #1” Vista 2. ....	90
<i>Ilustración 24.</i> Ubicación de válvula sectorización en tubería de Ø3” polietileno a 1.2 metros aproximadamente de profundidad. “Ubicación #2” vista 1. ....	90



<i>Ilustración 25.</i> Ubicación de válvula sectorización en tubería de Ø3” polietileno a 1.2 metros aproximadamente de profundidad. “Ubicación #2” vista 2. ....	91
<i>Ilustración 26.</i> Ubicación de los puntos 1 y 2 en el mapa hidráulico de Turbo. ....	91
<i>Ilustración 27.</i> Ubicación de caja para macro en tubería de Ø6” polietileno a 1.3 metros de profundidad “Ubicación #3”. Vista 1. ....	92
<i>Ilustración 28.</i> Ubicación de caja para macro en tubería de Ø6” polietileno a 1.3 metros de profundidad “Ubicación #3”. Vista 2. ....	92
<i>Ilustración 29.</i> Ubicación del punto 3 en el mapa hidráulico de Turbo. ....	92
<i>Ilustración 30.</i> Ubicación del punto 3 en el mapa hidráulico de Turbo. ....	93
<i>Ilustración 31.</i> Ubicación de las dos cajas para los macros en tuberías de Ø8” PVC de las ubicaciones 4 y 5, cerca al estadio, distancia entre válvulas de sectorización 15 m. Al frente poste de 12 m para medida, tablero PLC y enlace. Vista 1. ....	94
<i>Ilustración 32.</i> Ubicación de las dos cajas para los macros en tuberías de Ø8” PVC de las ubicaciones 4 y 5, cerca al estadio, distancia entre válvulas de sectorización 15 m. Al frente poste de 12 m para medida, tablero PLC y enlace. Vista 1. ....	94
<i>Ilustración 33.</i> Ubicación de caja de macro medidor para la ubicación #6, esta sería instalado sobre una tubería de Ø8” polietileno que aún no se ha instalado y se encuentra en la redes que ya están en proceso de ejecución por Findeter. ....	95
<i>Ilustración 34.</i> Válvula de sectorización para la instalación de macro de la ubicación #7 en tubería de Ø8” polietileno que viene directo desde el tanque alto de La Lucila hasta la Playa. Vista 1. ....	95
<i>Ilustración 35.</i> Válvula de sectorización para la instalación de macro de la ubicación #7 en tubería de Ø8” polietileno que viene directo desde el tanque alto de La Lucila hasta la Playa. Vista 1. ....	96
<i>Ilustración 36.</i> Ubicación de los puntos 6 y 7 en el mapa hidráulico de Turbo. ....	96
<i>Ilustración 37.</i> Diagrama P&ID del sistema de medición de flujo. ....	98
<i>Ilustración 38.</i> Diagrama P&ID del sistema completo para determinar las medidas según el tamaño de la cámara preliminar para cada sistema. ....	104
<i>Ilustración 39.</i> Vista superior diseño de macromedición de Ø8”. ....	105
<i>Ilustración 40.</i> Vista en sección lateral diseño de macromedición de Ø8”. ....	106
<i>Ilustración 41.</i> Vista #1 en sección lateral isométrica macromedición de Ø8”. ....	106
<i>Ilustración 42.</i> Vista #2 en sección lateral isométrica macromedición de Ø8”. ....	107
<i>Ilustración 43.</i> Vista superior diseño de macromedición de Ø6”. ....	107
<i>Ilustración 44.</i> Vista en sección lateral diseño de macromedición de Ø6”. ....	108
<i>Ilustración 45.</i> Vista #1 en sección lateral isométrica macromedición de Ø6”. ....	108



<i>Ilustración 46.</i> Vista #2 en sección lateral isométrica macromedición de Ø6”.....	109
<i>Ilustración 47.</i> Vista superior diseño de macromedición de Ø3”.....	109
<i>Ilustración 48.</i> Vista en sección lateral diseño de macromedición de Ø3”.....	110
<i>Ilustración 49.</i> Vista #1 en sección lateral isométrica macromedición de Ø3”.	
Elaboración propia.....	111
<i>Ilustración 50.</i> Vista #2 en sección lateral isométrica macromedición de Ø3”.....	111



## Tablas

Tabla 1. ....	28
Tabla 2. ....	29
Tabla 3. ....	39
Tabla 4. ....	41
Tabla 5. ....	41
Tabla 6. ....	41
Tabla 7. ....	44
Tabla 8. ....	45
Tabla 9. ....	51
Tabla 10. ....	52
Tabla 11. ....	54
Tabla 12. ....	55
Tabla 13. ....	57
Tabla 14. ....	59
Tabla 15. ....	62
Tabla 16. ....	63
Tabla 17. ....	68
Tabla 18. ....	70
Tabla 19. ....	71
Tabla 20. ....	73
Tabla 21. ....	77
Tabla 22. ....	97
Tabla 23. ....	99
Tabla 24. ....	101
Tabla 25. ....	104



## Gráficos

<i>Gráfico 1.</i> IANC en las principales ciudades de Colombia. ....	40
--	----



## Anexos

Anexo 1 Dimensiones Macromedidor electromagnético marca Endress + Hauser modelo W400. (Endress + Hauser, s.f.) .....	123
Anexo 2 Condiciones de instalación del transmisor o celda de presión marca Endress + Hauser Modelo Cerabar. (Endress + Hauser, s.f.) .....	124
Anexo 3 Catálogos actuadores eléctricos para válvulas marca AUMA modelo SA.2. (AUMA, s.f.).....	125
Anexo 4 Catálogo válvula mariposa marca Bray modelo 40/41. (BRAY, s.f.) .....	126
Anexo 5 Catálogo Sensor de nivel tipo horquilla vibrante marca Endress + Hauser modelo Liquiphant FTL31. (Endress + Hauser, s.f.) .....	127
Anexo 6 Catálogo manómetro marca Wika modelo 113.13. (WIKA, s.f.) .....	128
Anexo 7 Catalogo motobomba sumergible de achique para aguas cargadas marca Pedrollo modelo VXC 35-45. (Pedrollo, s.f.) .....	129
Anexo 8 Catálogo cheque vertical bronce marca Helbert. (Helbert, s.f.).....	130
Anexo 9 Catálogo para válvula ventosa triple efecto marca ARI. (A.R.I., s.f.) .....	131
Anexo 10 Catálogo Unión flexible tipo Dresser marca Metacol – Torino. (Metacol - Torino, s.f.) .....	132
Anexo 11 Catálogo pasamuros para tuberías. (MASA, s.f.) .....	133
Anexo 12 Catálogo de filtro tipo YEE roscado (Vayremex, s.f.) .....	134
Anexo 13 Catálogo válvula bola 3 cuerpos inoxidable. (Inox Valve, s.f.) .....	135
Anexo 14 Catálogo unión rígida de desmontaje autoportante marca Metacol – Torino. (Metacol - Torino, s.f.) .....	136



## Resumen

Debido a que actualmente no solo en el municipio de Turbo, sino en todo el mundo se están viendo afectadas las fuentes de captación para su potabilización y brindar el servicio de agua a la población la cual se incrementa exponencialmente año a año, se hace necesario implementar estrategias que permitan tener un control y seguimiento adecuado a los volúmenes de agua que se entrega a las comunidad a fin de evitar al máximo las pérdidas generadas, sean por temas de fugas, fraudes, falta de legalización de clientes, entre otros, en diversos países se iniciaron controles sobre las empresas prestadoras de este servicio donde se establecen unos indicadores límites permisibles de Agua No Contabilizada o IANC los cuales no pueden superar el 30%, donde cualquier pérdida adicional y todo sobre costo será responsabilidad de la empresa. Es por esto que se desea brindar una estrategia desde el ámbito de la distribución, esta se trata de la implementación de una serie de sistemas de medición y control de caudales y volúmenes brindados a ciertos subsectores del municipio, para que, por medio de diseños correspondientes a la población atendida y volúmenes facturados se identifique las zonas con la mayor problemática e Indicadores de Agua No Contabilizada más elevado a fin de tomar las medidas necesarias para disminuirlos. Para la indagación de los subsectores más afectados se realizarán reuniones con personal competente en el área perteneciente a la empresa prestadora de servicios públicos del municipio, se identificarán los sitios estratégicos para la ubicación de estos sistemas, se aplicarán las últimas tecnologías para la medición y el control del flujo y volumen y se realizarán diseños conceptuales hidráulicos de estos considerando las recomendaciones necesarias por parte de fabricantes.



## Abstract

Sources of catchment for its purification and provide water service to the population, which increases exponentially year by year, it is necessary to implement strategies that allow you to have a control and a follow-up that adapts to the times of delivery to communities in order to avoid the maximum losses generated, be by issues of leakage, fraud, lack of legalization of customers, among others, in several countries controls were started on the companies that provide this service, where it is a limit indicator of a Non-Revenue Water or NRW, which cannot exceed 30%, where any additional loss and all the cost is the responsibility of the company. This is so that a strategy can be provided in the field of distribution, this is the implementation of a series of systems for measuring and controlling flows and supplies the population served and the volumes invoiced identify the areas with the greatest problems and water indicators No more stable in order to take the necessary measures to reduce them. For the investigation of the subsectors, more meetings can be held with competent personnel in the service area of the municipality's public utility, identify the strategic sites for the location of these systems, apply the latest technologies for the operation and control of the flow and the volume and conceptual designs are made.



## Palabras Claves

Índices de Agua No Contabilizada (IANC)

Sistemas tecnológicos de medición de flujo o caudal

Servicios públicos

Empresas prestadoras de servicio de agua potable

Fraude

Macromedidores o medidores de caudal electromagnéticos

Transmisores de presión

Válvulas y actuadores eléctricos

Control y gestión de datos

Programas sociales y concientización



## Introducción

El rápido crecimiento de la población del municipio de Turbo y los movimientos masivos de poblaciones rurales de Turbo e intermunicipales hace que sea un municipio con rápido crecimiento poblacional; esto a su vez, genera espacios y “viviendas” no dignas para habitar, lo que conlleva a una alta ilegalidad en cuanto a los servicios públicos básicos.

Los pilares fundamentales para el abastecimiento de agua potable a la población se basan en cobertura, costos, continuidad y calidad, a fin de dar uso eficiente de estos recursos los cuales, en la actualidad la demanda por parte de las comunidades debido a su crecimiento crece mucho más rápido en comparación a las recargas de las fuentes hídricas dadas por la naturaleza, por lo tanto, se hace necesario el desarrollo de mecanismos que vayan orientados a la disminución en la cantidad de agua perdida en los respectivos procesos, considerando que las fuentes de captación son limitadas y muchas veces, por temas medioambientales no están disponibles; pero cuando tocamos el factor de aprovechamiento informal/ilegal del recurso hídrico, es decir, si pagar, hace que la ineficiencia de la utilización del agua es mayor; y en este sentido no se trata de pagar o no pagar por el agua “potable” que llega a las viviendas, sino de del mal aprovechamiento del agua y deterioro del medio ambiente, ya que esa agua desperdiciada termina como aguas grises o aguas negras, siendo el peor caso contaminada por químicos nocivos al medioambiente y a las personas.

Basado en esto, tiene sentido entonces hacer todos los esfuerzos necesarios para optimizar los procesos, técnicas y tecnología que ayuden a un mejor aprovechamiento del agua y regular su control y consumo como para la viabilidad de la empresa prestadora del servicio de agua como para el medio ambiente y las reservas hídricas, que cada vez son más escasas.

Uno de los parámetros de medición de la eficiencia en las empresas prestadoras del servicio de agua potable y saneamiento en el país, es el Índice de Agua No Contabilizada o IANC; este índice o indicador incluye una serie de parámetros de pérdidas tales como: pérdidas no técnicas (temas relacionados a las pérdidas que surgen al interior de los procesos que se dan por filtraciones, fallas en válvulas, equipos o tuberías al interior de



la empresa con fugas), pérdidas técnicas (relacionadas con gastos de agua en procesos propios de la empresa tales como tomas de muestras, lavados, purgas, entre otros), consumo legal no facturado (temas de daños en medidores) y las pérdidas comerciales.

Los organismos que regulan estos procesos de agua y saneamiento establecieron que los IANC no deben superar el 30%, un valor mayor a este no se incurrirá en multas pero si, todo sobrecosto en la producción del agua potable y su respectiva distribución a la población será asumida por la empresa prestadora, debido a esta situación, las empresas hace varios años atrás han iniciado estrategias con el fin hacer seguimiento para la disminución de estos indicadores, ya que no solo se incurre en sobrecostos, sino también, en impactos ambientales no sostenibles, en Colombia, los entes encargados en realizar seguimiento al cumplimiento de las empresas son la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento (CRA). (CRA, Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2006)



## Planteamiento del Problema

La situación en el municipio de Turbo actualmente es preocupante debido, no solo a los altos IANC que se presentan a causa de las pérdidas técnicas (relacionadas a las instalaciones directas en las instalaciones del prestador de servicio), las pérdidas no-técnicas (fugas en las redes), el consumo legal no-facturado (falencias en la toma de los micro medidores sea por falta acceso u orden público) y las pérdidas comerciales (se presenta en las zonas donde la comunidad exige un servicio gratuito, fraudes, entre otros), sino también a los costos que representa la cantidad de agua a potabilizar, donde se potabilizan en promedio 170 a 180 l/s donde por cantidad de clientes y consumos promedios, la comunidad se podría abastecer de forma continua con unos rangos de caudal de entre 100 a 110 l/s considerando un IANC de 40%, el caudal potabilizado lleva al límite la capacidad de la Planta Productora de Agua Potable PPAP, y considerando que debido a la calidad del agua captada la cual se hace en proporciones 70% de río Turbo y el 30% restante de pozos profundos donde para su potabilización requiere unos costos extremadamente elevados, unos procesos bastantes complejos y un consumo energéticos muy altos.

Cabe resaltar que, todo volumen de agua que se capta para su potabilización y posterior distribución a la población, que sobrepase el indicador estipulado y/o que no sea registrado, todo este volumen será asumido de forma gratuita por la empresa prestadora del servicio. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA, 2007). En cualquiera de los dos casos en los que la empresa no recibe tales pagos y que no son disminuidos mediante estrategias, terminará causando impactos negativos económicos a la empresa (Gómez, 2003).

De acuerdo a lo anterior se evidencia las necesidades de identificar los sectores del municipio de Turbo, donde se presentan las mayores pérdidas del servicio, lo que influye directamente en los altos IANC, además de definir las causas de las afectaciones y finalmente poder definir una propuesta tecnológica de acueducto para minimizar estas dificultades y permitir un mejoramiento en el servicio de agua potable a la comunidad.

Por todo lo anterior, este proyecto genera la siguiente pregunta:



¿Se puede influir en la disminución del IANC mediante el análisis de las pérdidas de agua potable en los sistemas de suministro público, identificando sectores y causas influyentes en los altos índices de agua no contabilizada (IANC) en el municipio de Turbo?



## Justificación

El banco Mundial en el 2013, estimó que aproximadamente un 45% del agua que se produce en Latinoamérica no es facturado, este escenario no es extraño para las Empresas Públicas de Medellín EPM y sus filiales en el negocio de aguas, donde se establecen nuevos retos y estrategias para la reducción de las pérdidas ya que estos se encuentran en índices mayores al determinado por los organismos y por encima del promedio para América latina, lo cual es crítico no solo para la empresa sino también para objeto del desarrollo del país en búsqueda de una sostenibilidad ambiental. (Programa de las Naciones Unidas, 2014).

Existen diversas alternativas para trabajar en la disminución de los IANC en el municipio de Turbo donde la empresa prestadora del servicio está enfocada, una de ellas es en el ámbito social por medio de jornadas barriales que incentivan a las comunidades más vulnerables a conocer los procesos complejos de llevar el agua potable a cada sector, otra opción son las comerciales donde por medio de la nueva modalidad de agua prepagada se vincula y se realiza unos descuentos bastante favorables a clientes con una cartera pendiente a la empresa.

Con esta investigación que permitirá la identificación de los sectores y las causas que elevan los IANC en el municipio y la posterior propuesta de implementación en nuevas tecnologías, se requiere proyectarlas para su uso en sectores estratégicos de la población con el fin de identificar en tiempo real, cuáles son los que más afectan al IANC y así concentrar los esfuerzos sociales y comerciales en tal zona hasta lograr la reducción de los índices correspondientes.

Lograr reducir los IANC se traduce no solo en llegar a prestar un servicio continuo en el municipio, si no también, hacerlo con una cantidad menor a la actual, lograrlo permitirá que los costos de captación, potabilización y distribución serán menores, por lo tanto, estos valores se verán reflejados en las tarifas por metro cúbico a la comunidad al ser costos regulados por la SSPD. (Banco Mundial, 2013)

La macromedición en el sistema de acueducto es de gran importancia ya que con esta medición se puede cuantificar la cantidad de agua que se distribuye a los usuarios. Así



mismo, se pueda cuantificar cuánta agua se pierde en la red por fugas y demandas clandestinas, realizando la diferencia entre la sumatoria de los caudales micro-medidos en determinado sector y el caudal macro-medido en el mismo. (Marconi & Lakatos, 1999)

La macromedición es la forma de medición de grandes flujos de agua para la totalización de los volúmenes tanto los captados, potabilizados y distribuidos.

Es indispensable contar con un mecanismo que pueda brindar una evaluación completa de la producción, distribución y facturación del agua que se provee a la población, es por eso que se hace necesario que exista una correcta medición, ya que sin esto no hay manera de controlar y evaluar las cantidades de agua producida, distribuida, vendida, facturada, cobrada y contabilizada. La macromedición también nos puede generar un mayor control de fugas ya que conociendo el volumen de agua potable que se distribuye a la población pero que no es reportada comercialmente por los usuarios podemos detectar diversas causas en el sistema tales como: (Arregui, Cabrera, Cobacho, & García, 2006)

- ✓ Las malas condiciones de las tuberías.
- ✓ Rupturas en las tuberías.
- ✓ Mala operación del sistema (al generarse sub-presiones o sobre-presiones teniendo en cuenta el rango de presiones establecidos en el diseño.)

#### Beneficios de la macromedición

- ✓ La macromedición permite tener un control más efectivo de los instrumentos de toma (compuertas, válvulas etc.)
- ✓ La macromedición permite determinar el rendimiento de la conducción del agua trayendo como resultado un conocimiento de fugas o de pérdidas por conexiones no autorizadas que se puede presentar a lo largo de la aducción de aguas crudas.
- ✓ La macromedición es indispensable para determinar el rendimiento de una planta de producción de agua potable.
- ✓ Facilita la optimización del funcionamiento de la red pues se puede determinar la ubicación de los lugares que tienen grandes pérdidas, consumo irracional o desperdicio.



- ✓ La macromedición permite conocer el volumen real del agua potabilizada y suministrada y mediante los registros de los volúmenes facturados, calcular el agua no contabilizada.

#### Importancia de la macromedición

- ✓ El efecto de la precisa medición del agua sobre la producción de la misma, se considera de gran importancia ya que se necesita tener un control general de lo que se produce Vs lo que se ofrece, para de esa manera evaluar los resultados obtenidos y así alcanzar mayor efectividad en la producción, distribución, facturación entre otros procesos.
- ✓ Por tanto, la macro-medición en sí, facilita el diagnóstico, el planeamiento, el diseño, la operación, el mantenimiento y la comercialización total del agua en un sistema. Además de ello, permite determinar el rendimiento el conocimiento de los costos unitarios de la producción distribución y comercialización, sin contar con la importancia que esta tiene en la planificación, el diseño y el control de pérdidas.



## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Analizar las pérdidas de agua en los sistemas de abastecimiento público, identificando sectores y causas influyentes en los altos índices de agua no contabilizada (IANC) en el municipio de Turbo.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar los sectores, y las causas, donde más se presentan las afectaciones para el servicio de agua potable, partiendo que los IANC establecidos por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD y la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento CRA.
- Identificar los sitios estratégicos para la ubicación de sistemas tecnológicos de medición y control de caudales en los sectores del municipio de Turbo.
- Desarrollar un diseño conceptual de un sistema tecnológico de medición seleccionando los elementos de medición, control, comunicaciones, alimentación de equipos y otros elementos o accesorios apropiados para la validación de los datos necesarios.
- Diseñar los sistemas hidráulicos para la ubicación de toda la instrumentación, accesorios y demás elementos de medición, haciendo uso de las nuevas tecnologías disponibles para tal fin.



## Marcos de referencia

Los problemas por pérdida de agua, es un flagelo que afecta a todos los países, incluyendo a Estados Unidos de América en el que cada año, aproximadamente 240,000 cortes-fugas de agua ocurren en los EE. UU., Según la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles. La envejecida infraestructura de agua de Estados Unidos necesita reparaciones, ya que se pierden valiosos recursos hídricos. El envejecimiento y la fuga de las tuberías contribuyen en gran medida a la emisión de Agua Sin Ingresos (Non-Revenue Water - NRW) o agua que se bombea y luego se pierde o no se contabiliza, o que simplemente desaparece del inventario de la empresa; dando así deficiencias operacionales y administrativas de la empresa pública que trata el agua. A nivel mundial, en promedio, el 34% del agua bombeada termina como Agua Sin Ingresos (NRW), según la Agencia Internacional de Energía.

La necesidad de prevenir las pérdidas de NRW y proteger los valiosos recursos hídricos se ha vuelto cada vez más importante. Un sistema de infraestructura de medición avanzada (AMI) puede ser un componente fundamental de cualquier programa de detección de NRW.

Cabe señalar que las pérdidas de agua en EE.UU. no son por uso informal/ilegal, sino por fallas en las tuberías por su deterioro; pero ya los norteamericanos sabiendo su dificultad con las fugas de agua de las tuberías están implementando tecnología para determinar dichas fugas y repararlas.

La detección de fugas acústicas es una forma importante en que las empresas de servicios públicos pueden identificar y contabilizar el agua que no recibe ingresos. Una combinación dinámica de sensores de fugas acústicas, tecnología AMI y software innovador de análisis de datos permite la mitigación proactiva de fugas. Usando un módulo de comunicación con un sensor de fugas acústico integrado, los proveedores de agua pueden recolectar y analizar los patrones de vibración desde cualquier lugar del sistema de distribución. (American Water Works Association, s.f.)

Un sistema de detección de fugas acústicas permite a las empresas de servicios públicos optimizar el rendimiento de su sistema con levantamientos automáticos diarios



para detectar fugas en la distribución. Los servicios públicos pueden reducir los costos de reparación de tuberías al encontrar y reparar las fugas antes de que se conviertan en interrupciones principales costosas. Esto también reduce el riesgo de que las bacterias y los virus entren al suministro de agua a través de una tubería de ruptura. Al bombear y tratar menos agua, los servicios públicos prolongarán la vida útil de sus instalaciones de tratamiento y bombeo. (International Water Association, s.f.).

Si se va al otro lado del mundo, Taiwán, también se ve pérdida de agua, y se determinó que el Agua Sin Ingresos (NRW) es un gran desafío para la isla de Taiwán. En 2013, la Corporación de Agua de Taiwán reportó una tasa de NRW del 27%. Esto resultó en una pérdida financiera de NT \$ 2.5 millones por día (US \$ 76,000). En el mismo año, se informó que las fugas de agua eran del 18.9%. Para reducir estas cifras, el “Plan de reducción de fugas de agua (2013-2022)” se propone reducir las fugas de agua a menos del 15% para 2021. Parte del problema es que es muy común en el sudeste asiático que las personas intenten engañar las lecturas de los medidores. Eric Lin, de la compañía de medición taiwanesa, EMS, dice que o bien usan imanes para detener los medidores, los derivan con tuberías o los invierten para dar lecturas falsas. La tecnología Advanced Meter Reading (AMR) se aceleró en Asia y se desarrolló para contrarrestar dicha manipulación. Taiwán está tratando de compartir sus conocimientos sobre esta área fuera de la isla: EMS firmó recientemente un nuevo contrato en Filipinas para suministrar 1000 medidores inteligentes a sus hogares. (Baadsgaard P, 2013)

Es común ver ciudades alrededor del mundo donde el 25-50 por ciento del agua distribuida nunca llega al cliente. Para ciudades en crecimiento esto es particularmente problemático expandiendo la distribución de agua redes sin un programa para reducir pérdidas urbanas de agua significa expandiendo un ciclo de ineficacia;

Per Jacobsen, director, Water Supply & Sewerage de Copenhagen, sostiene que este un problema importante que deben abordar las empresas de servicios de agua es la diferencia considerable entre el volumen de agua que tratan y distribuyen, y la que se factura a los clientes. Esta brecha es conocido como agua sin ingresos (NRW, por sus siglas en inglés) o pérdida de agua potable distribuida, y representa entre el 25 y el 50 por ciento de la cantidad total de agua recolectada, tratada y distribuida. Los factores que causan esta brecha son sistemas de facturación inexactos, eficientes registros de clientes,



fugas causadas por el deterioro de la infraestructura, mala gestión de la presión del agua, medición inexacta, depósito desbordamiento, lavado innecesario, gestión insuficiente y conexiones ilegales a la red de agua. (Patience, 2014)

La ciudad de Seremban, Malasia, con 500,000 habitantes, ésta tradicionalmente presentaba escasez de agua y un sistema de distribución de agua potable ineficiente. Con la ayuda de expertos daneses, la empresa de agua de la ciudad pudo reducir su nivel de NRW de 39 a solo 21 por ciento dentro de los 18 meses. Además de grandes ahorros de energía, ahorros de agua de 650,000 metros cúbicos por mes se lograron - equivalente a la oferta de otros 30,000 hogares. El proyecto incluyó la instalación de un sistema de gestión NRW, un sistema de monitoreo y reparación de fugas, un programa de reemplazo de medidores dirigido, la detección y reparación de más de 3,000 fugas, un sistema de información geográfica (GIS), el modelado hidráulico de la red, y la instalación de 55 áreas de medición distrital y 20 zonas de control de presión. El retorno de la inversión para el proyecto total fue de 26 meses. (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, 2011).

Otro caso donde se busca la eficiencia en el aprovechamiento del agua es en Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos; donde el agua dulce es un gran desafío en el Medio Oriente y el costo de desalinizar agua de mar se ha convertido en la única solución para las empresas de servicios de agua potable en esta zona. A pesar de los altos costos de desalinización, las pérdidas de agua son tan altas como 45% en muchas áreas. Al reducir la pérdida de agua en las redes de distribución, las nuevas tecnologías que se han implementado en Abu Dhabi. Un esquema de gestión de la presión que controla la presión de suministro mantiene las fugas de fondo al mínimo. Un sistema de control de fugas activo, con registradores de ruido e hidráulicos en línea. Modelos, detecta nuevas ráfagas a medida que se producen. Un sistema de control de fugas pasivo, monitoreando el nivel de fuga de fondo, indica el tiempo óptimo para barrer manualmente un área para fugas menores. Por medio llaves seleccionadas y los indicadores de desempeño reportan un informe de desempeño general. Esfuerzos en 2011 y 2012 han disminuido las fugas. El objetivo máximo del 10 por ciento ya se han logrado fugas en cuatro grandes DMA en la ciudad de Al Ain el El proyecto se alargó hasta 2013. (El Diario España, 2018).



Un número considerable de ciudades en todo el mundo enfrentan desafíos similares a Dhaka, la capital de Bangladesh, hasta el 60% del agua distribuida se pierde antes de que llegue al consumidor, el saneamiento básico en la ciudad está prácticamente ausente y la ciudad tiene una sola Planta de Tratamiento de Aguas Residuales o PTAR para 15 millones de habitantes; además, la compañía local de agua y alcantarillado está limitada por una organización ineficiente y salarios bajos, por lo que los empleados se ven tentados a explotar el sistema. Hoy en día, un equipo de ingenieros hidráulicos daneses y los contratistas están ayudando a la empresa de servicios públicos local, autoridad de suministro de agua y alcantarillado de Dhaka (Dhaka Water Supply And Sewerage Authority DWASA), a reemplazar prácticamente todas las redes de abastecimiento de agua de la ciudad. El reemplazo de aproximadamente 3,800 kilómetros de Las tuberías de agua nuevas debe detener tanto las pérdidas reales de agua como las pérdidas aparentes. La ciudad ahora está dividida en 84 nuevas áreas de medición distrital (DMA) donde se miden el flujo de entrada, el consumo y la presión. Para los primeros cuatro que se terminaron, el nivel de agua sin ingresos se ha medido en alrededor del 5 por ciento. El desafío a seguir es mantenerlo en ese nivel. (El Diario España, 2018)

El Agua sin ingresos (Non-Revenue Water - NRW) es uno de los indicadores de rendimiento más importantes para una empresa de agua. Los niveles altos generalmente indican la necesidad de grandes inversiones en la infraestructura y una actualización de la utilidad. (Fluence Corp, 2016)

Los servicios públicos de agua deben centrarse en su Nivel de Fuga Económica (NFE) individual. Invertir en reducir el NRW a NFE siempre será un buen negocio y traerá otros beneficios; Sin embargo, el uso de NRW solo como porcentaje como indicador clave de rendimiento no proporciona una imagen real del rendimiento de la utilidad.

Muchos factores pueden afectar el porcentaje de agua perdida como proporción del agua distribuida. Si la utilidad mantiene una presión promedio baja en el sistema de distribución, tendrán un porcentaje de NRW relativamente bajo. Esto no refleja la condición verdadera de los activos o desempeño de la distribución del agua. Otro problema que puede influir en el NRW, calculado como un porcentaje, es el consumo de agua por persona. Si el consumo individual promedio es alto, las pérdidas del sistema se mostrarán como un porcentaje relativamente bajo. Si el sistema de tuberías no es muy



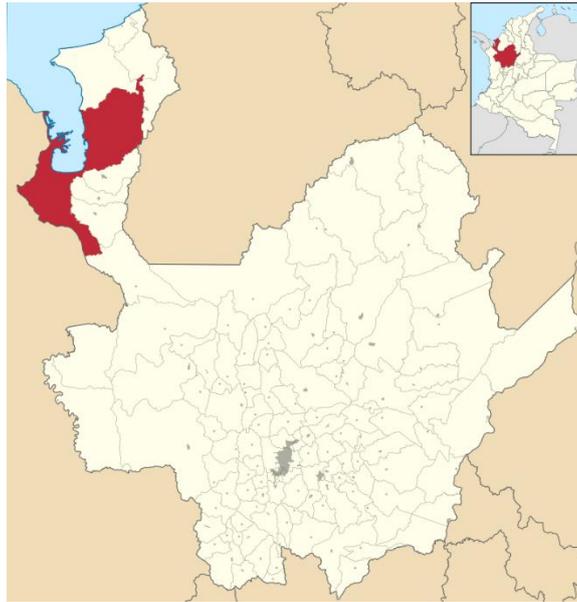
extenso, la pérdida por fugas también se mostrará como relativamente baja en términos del porcentaje de NRW. (Fluence Corp, 2016)

Lo que está trabajando el proyecto en curso no es un problema local, regional o nacional solamente, este flagelo lo tienen todas las ciudades del mundo y más aquellas que están en constante crecimiento y con sobrepoblación, y dado más en lugares donde las condiciones socioeconómicas de la subregión, en la que en nuestro país [Colombia] se plantea que el agua es un derecho fundamental para las personas, y es gratis, debe ser así, pero hay que pagar el mantenimiento del personal, maquinarias y construcciones para que puedan tratar el agua y potabilizarla.

Turbo fue formado como municipio en 1847 y está dividido en 23 barrios en el área urbana, 17 corregimientos y aproximadamente 213 veredas. (Noticias Urabá, 2017), el municipio está localizado en el extremo noreste del departamento de Antioquia enmarcado en Bahía Colombia, golfo de Urabá en la subregión de Urabá, los límites del municipio son: Al norte con los municipios de Necoclí y Arboletes, en el Sur con Mutatá, al oriente con San Pedro de Urabá, Apartadó, Carepa y Chigorodó y al Occidente con Riosucio y Unguía, Chocó.

El Municipio de Turbo posee una extensión de 3.055 km<sup>2</sup>, en donde 11.9 km<sup>2</sup> pertenecen al área urbana y el resto rural. Para el 2005, fecha del último censo, la densidad poblacional llegó a 40.2 hab/km<sup>2</sup>. El casco urbano está localizado a orillas del golfo de Urabá frente a la desembocadura del río Atrato, se encuentra a 2 m.s.n.m y la temperatura promedio es de 28°C. (Wikipedia, s.f.).

Este municipio presenta dificultades significativas en términos de pobreza según las necesidades básicas insatisfechas y los niveles de ingreso de sus habitantes, posee grandes necesidades en temas relacionados con la prestación de los servicios públicos como energía, agua potable y saneamiento, donde se estima que hasta un 70% de la comunidad no posee cobertura y gran parte de la población se encuentra localizada cerca de desembocaduras, caños, quebradas y ríos clasificados como zona de riesgo bajo el decreto 2811 de 1974 sumándose temas de invasión de tierras que impiden la legalización para dar su correspondiente cobertura.



*Ilustración 1. Localización De Turbo En Antioquia.*

Fuente: Copyright (Wikipedia, s.f.)

El sistema de acueducto fue operado por Conhydra S.A. E.S.P. hasta el 27 de agosto de 2011, fecha en la cual entregó dicho sistema para ser operado directamente por AGUAS REGIONALES EPM S.A. E.S.P. El sistema de Acueducto del municipio de Turbo actualmente tiene los siguientes indicadores (Esta información es tomada de Indicador de Calidad Operativo (ICO) de Aguas Regionales EPM S.A. E.S.P. para la vigencia diciembre 2016): (Cohydra, s.f.)

Tabla 1.

*Índice de Calidad Operativa*

<b>Indicadores</b>	<b>Año 2016</b>
Usuarios acueducto	9865
Cobertura acueducto	75,50%
Continuidad	5.28 horas/día
IRCA	0.00%
IANC	66.38%



Fuente: Información extraída de registros de la empresa prestadora del servicio de agua potable, Aguas Regionales EPM S.A. E.S.P. (Aguas Regionales EPM SA ESP, s.f.)

Es importante iniciar y recalcar que actualmente el municipio de Turbo en el departamento de Antioquia no cuenta con servicio de agua las 24 horas al día lo cual es indispensable asegurar el suministro del vital líquido a la población y que es de total responsabilidad de la empresa prestadora local del servicio. (Aguas Regionales EPM SA ESP, s.f.)

Para entender las ubicaciones de las instalaciones bajo operación por parte de AGUAS REGIONALES EPM S.A E.S.P se muestra la ilustración 1 la ubicación de estas y donde se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2.

*Convecciones de ubicaciones de instalaciones electromecánicas en el municipio de Turbo correspondientes a los procesos de captación, potabilización y distribución.*

Ítem	Instalaciones	Dirección	Coordenadas	Observaciones
1	Bocatoma	Km 3 vía Necoclí	8°7'36,1"N – 76°42'12,5"W	Ubicación de captaciones tipo barcaza y Galería Filtrante, Desarenador y pozo automatizado Nueva Esperanza
2	Salazar	Km 3 vía Necoclí, Vereda Palermo	8°6'42,7"N – 76°42'17,2"W	Ubicación del pozo automatizado Salazar y torre de aireación
3	Maná	Km 4 vía Necoclí Vereda El Porvenir	8°7'2"N – 76°42'43,1"W	Ubicación del pozo automatizado Maná
4	PPAP Villa María	Km 2 vía Necoclí	8°6'49"N – 76°43'2,0"W	Ubicación Planta de potabilización villa María, Pozo Villa María, los sistemas de bombeo Lucila, Tancón (directo a red) y Casanova entre los demás equipos necesarios para la potabilización.
5	La Lucila	Carrera 29 calle 108 sector de la Lucila (a un costado de la universidad de Antioquia)	8°6'3,9"N – 76°42'57,3"W	Tanque elevado (bajo este proyecto se establecerá el alcance las necesidades que se requieren implementar en estas instalaciones y las contiguas)



Ítem	Instalaciones	Dirección	Coordenadas	Observaciones
6	Casanova	Vereda Casanova, vía a comando de la policía Turbo	8°5'30,6"N – 76°43'1,4"W	Tanque bajo y elevado y sistema de bombeo correspondiente
7	Pozo N°5	Finca Gamboa	8°6'31"N – 76°41'44,1"W	Captación de pozo profundo en proyecto
a	Tubería de impulsión de Ø10" polietileno entre pozo Maná y torre de aireación en Bocatoma			
b	Tubería de conducción por gravedad en polietileno de Ø12" desde la torre de aireación de Salazar hasta el empalme a tubería de ítem c			
c	Tubería de conducción por gravedad de Ø24" fibra de vidrio desde bocatoma hasta PPAP			
d	Tubería de impulsión Ø12" en hierro dúctil desde PPAP hasta tanque elevado La Lucila			
e	Tubería de impulsión Ø12" en fibra de vidrio desde PPAP hasta tanque bajo Casanova			
f	Tubería proyectada en polietileno Ø8" desde pozo #5 hasta nueva torre de aireación en pozo Salazar			
g	Tubería de 14" en asbesto cemento, clase 25 desde PPAP hasta sector que era abastecido por el Tanque elevado el Tancón			

Fuente: Elaboración propia

El sistema de acueducto en el municipio cuenta con seis (6) tanques de almacenamiento; tres (3) en la planta de tratamiento y tres (3) para distribución del agua potable. Los tres tanques en planta de potabilización se encuentran semienterrados y poseen una capacidad de almacenamiento de 3000, 1500 y 78 m<sup>3</sup>. (Aguas Regionales EPM SA ESP, s.f.)

Los otros tanques se utilizan para la distribución del agua tratada a los diferentes sectores del municipio. Existe un tanque en el barrio Casanova, el cual posee una capacidad de almacenamiento de 1650 m<sup>3</sup>. El Tanque La Lucila, ubicado en el barrio La Lucila en la carrera 29 entre calles 107 y 108 con una capacidad de almacenamiento de 500 m<sup>3</sup>. Y por último el tanque Tancón o tanque Centro, ubicado en el barrio Jesús Mora con una capacidad de almacenamiento de 750 m<sup>3</sup>. Debido a que el Tancón fue sacado de operación por problemas estructurales en el año 2014 luego de un estudio patológico realizado, el sector se abastece impulsando el agua a la red directamente desde la planta, lo cual dificulta las presiones en los extremos de la red.

Para mejorar la operación y distribución de agua potable en el Municipio de Turbo se dividió la zona de servicio en tres grandes sectores, los cuales serían abastecidos desde los tanques La Lucila y Casanova. En el sitio donde se localiza el tanque la Lucila se



proyecta la construcción de un tanque de piso de 2000 m<sup>3</sup> el cual sumado a la capacidad existente de 500 m<sup>3</sup> permitirá abastecer los sectores 2 y 3. El sector 2 que actualmente se abastece desde la planta, bombeando directamente a la red, comprende los subsectores 4 (Julia Orozco y Jesús Mora), subsector 5 (Buenos aires, Manuela Beltrán), subsector 6 (Las Flores y Buenos Aires), Subsector 7 (Santa fe), Subsector 8 (La Playa y Pescadores), Subsector 9 (Buenos aires, Las Flores, Gaitán, El Centro), Hospital y Villa María. El sector 3 actualmente abastecidos por el tanque La Lucila de 500 m<sup>3</sup> comprende los subsectores 1 (La Lucila), Subsector 2 (Hoover Quintero, Monterrey II, Manizales), Subsector 3 (Jesús Mora, Julia Orozco, Gonzalo Mejía. (Aguas Regionales EPM SA ESP, s.f.)

El Tanque Casanova continuará abasteciendo el sector 1 conformado por: Subsector 10 (Obrero), Subsector 11 (Juan XXII Baltazar, Veranillo, El Centro9), Subsector 12 Ciudadela, Monterrey, Veranillo), Subsector 13 (Las Delicias, Ciudadela Bolívar, Brisas del Mar, San Martin), Subsector 14 (Brisas del Mar I y II) y Subsector 15 (El Bosque y Brisas del Mar III).

Por lo tanto, tanto el sistema de captación principal (bombeo sobre el río Turbo) como alternos (Pozos profundos) tienen la capacidad de captar 180 y 75 l/s respectivamente, la PPAP tiene la capacidad de potabilizar hasta 200 l/s, según estos datos, las falencias como tal de no poder abastecer a toda la comunidad con agua potable las 24 horas no se centra en estos tres sistemas claves de cualquier empresa prestadora de servicios de agua, como lo son, Captación, Potabilización y la distribución.

Según esto, los factores que inciden directamente es la gran cantidad de fraudes, fugas o daños en tuberías no reportados, conflictos con propietarios al no legalizar comercialmente los medidores, problemas de seguridad en varios sectores donde no se puede realizar la toma de lecturas ni entregar facturas, igualmente la imposibilidad de cortar el servicio al ser población marginal en estado de vulnerabilidad.

En la Ilustración 2 se identifican los 15 subsectores en los cuales se encuentra fraccionado el sistema de agua potable para el municipio de Turbo, a partir de este es donde se verificar la instalación de los puntos estratégicos para la localizar los sistema de macromedición de caudal y todos sus componentes y accesorios para el control del flujo y la presión de servicio a la comunidad.



La creación de sectores y subsectores en todos los sistemas de distribución de agua potable en las zonas urbanas, surge de la necesidad de poder controlar o asilar cualquier proceso de intervención a las redes con fines tales como reparación de fugas, cambio de tuberías de servicio o reposiciones y afectar lo menos posible a la población alejada del punto o tramo a intervenir.

Se resalta que estas intervenciones son resultado de alertas dadas en su mayoría por la comunidad consiente del tema de pérdida del vital líquido y la necesidad por ahorrar no solo los consumos de agua potable si no también la protección y no sobreexplotación de las fuentes hídricas correspondientes, en este caso, el río Turbo y los acuíferos subterráneos.

Actualmente, aunque se conoce la cantidad de agua captada y potabilizada, no se sabe ni se tiene indicios claros sobre cuanto son los consumos por cada sector o subsector, solo se realizan mediciones esporádicas de caudal a la salida de los tanques de distribución tales como Casanova y La Lucila arrojando datos altamente preocupantes.

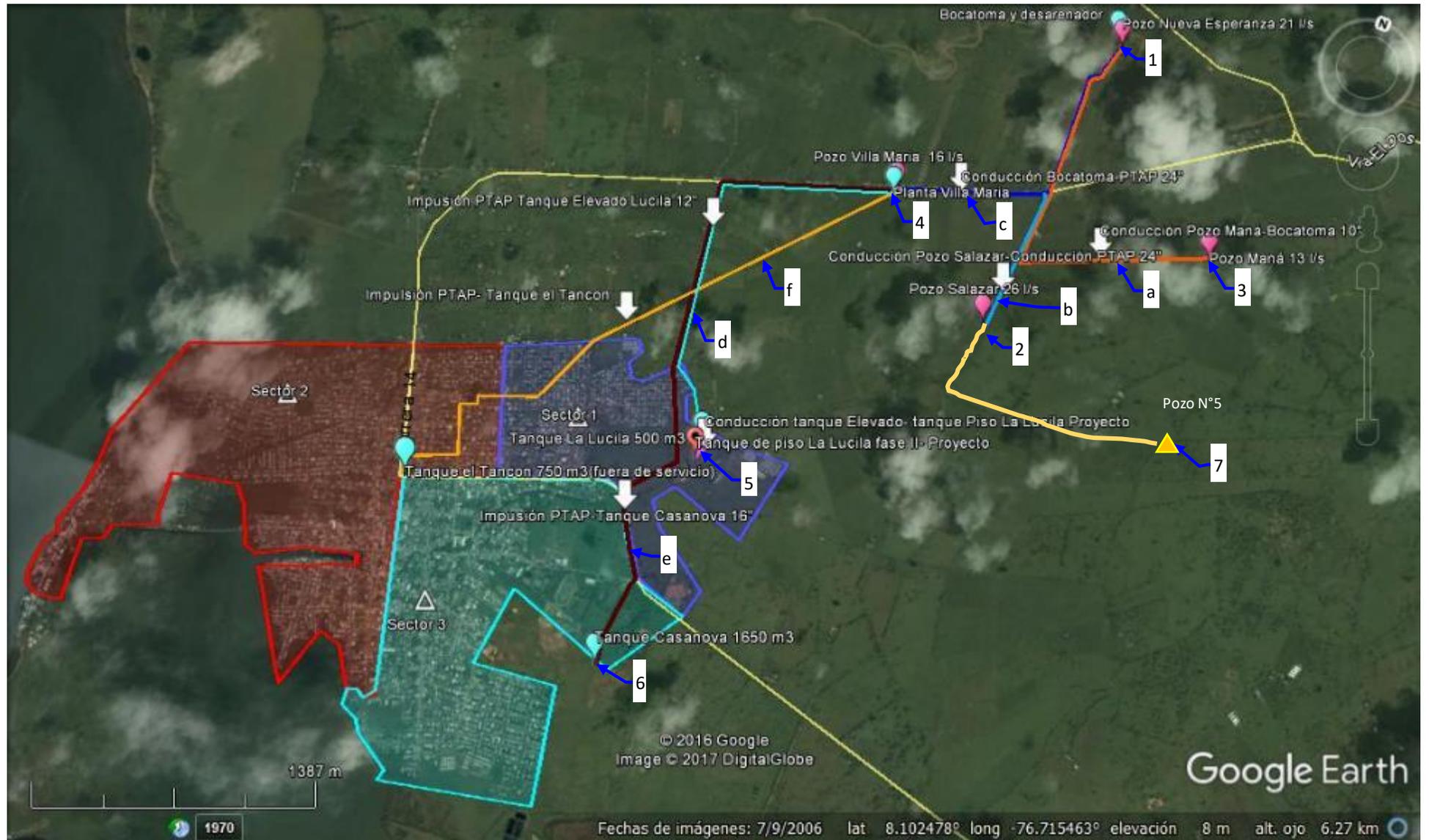
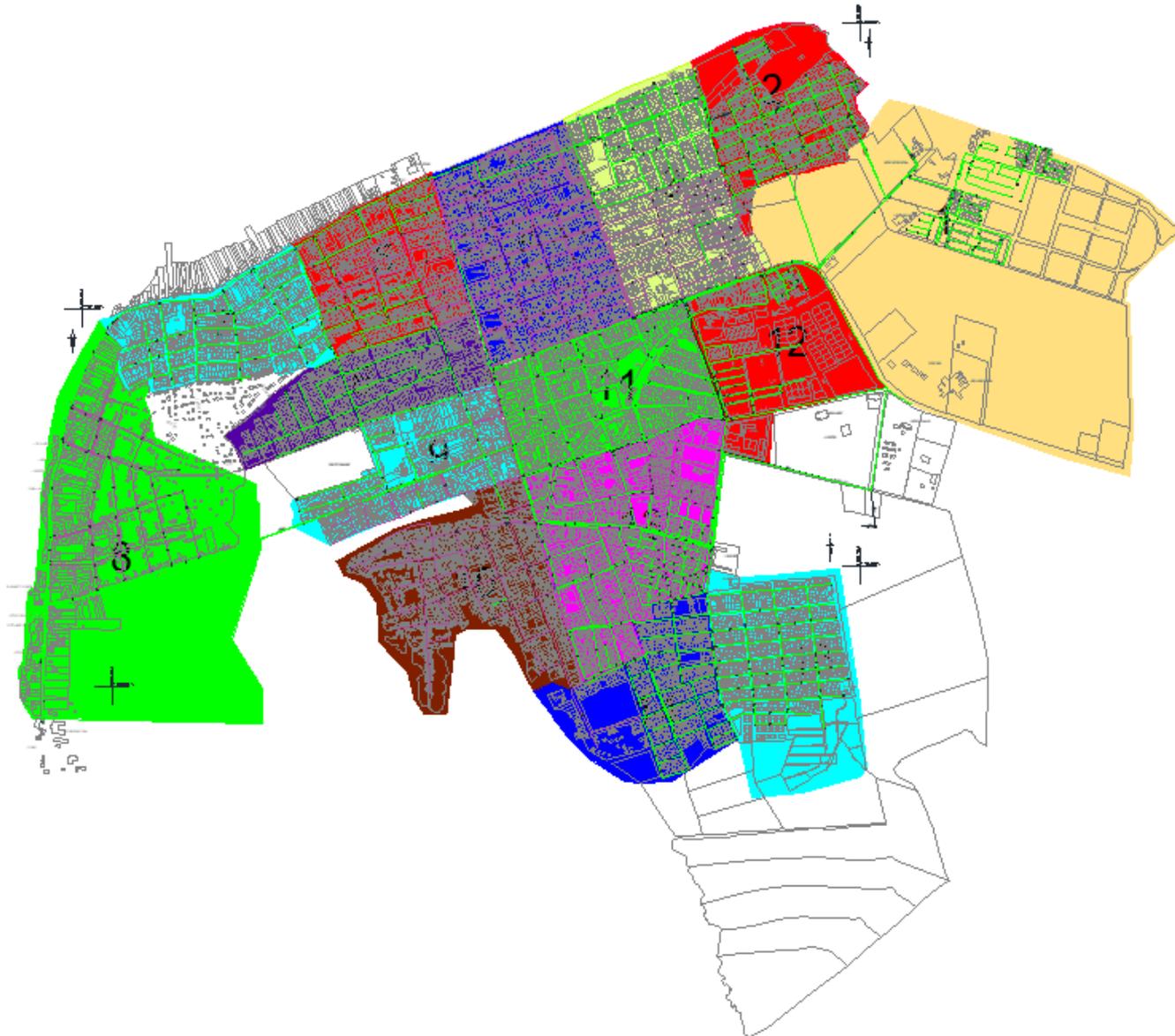


Ilustración 2. Esquema Sistema De Acueducto Actual Del Municipio.  
Fuente: Copyright (Aguas Regionales EPM SA ESP, s.f.)



*Ilustración 3.* Mapa General Del Municipio De Turbo Bajo La División De Subsectores Para Control Del Sistema.  
Fuente: Copyright (Aguas Regionales EPM SA ESP, s.f.)



## **Antecedentes**

### **Investigativos**

En el mundo existe una gran cantidad de empresas fabricantes de equipos para medición de grandes volúmenes de agua o macromedidores, los cuales varían entre sí por temas de calidad, tecnología, confiabilidad, aplicaciones (agua cruda, potable o residual), métodos de medición de los flujos (mecánicos, volumétricos, ultrasónicos, electromagnéticos), entre otras características. Las casas fabricantes más reconocidas son las alemanas con Siemens, las suizas ABB y Endress + Hauser y estadounidenses como Emerson, todas han ido avanzando a través del tiempo según las necesidades de la industria en búsqueda de la obtención de mínimos errores y poder transmitir y establecer un control con tales datos y variables establecidas.

Estos equipos son utilizados en grandes industrias que requieren un control con errores mínimo tales como farmacéuticas, empresas alimentarias, petroleras, refinerías e ingenios. La aplicación en sistemas de servicios de agua potable y saneamiento, aunque no es nueva, sí lo es el control de la misma y más en temas de distribución para la sectorización, la información sobre el uso de estos sistemas a nivel mundial y nacional es reservado y las empresas fabricantes o de montaje de los mismos poseen cláusulas de confidencialidad, por lo tanto, tal información o documentación es escasa.

Para el tema de la empresa Aguas Regionales EPM S.A. E.S.P. inició un proceso de modernización, optimización y aplicación de nuevas tecnologías encaminadas al mejoramiento de la continuidad y calidad del servicio en su área de influencia, se han instalado algunos medidores de agua en puntos clave como las captaciones y Plantas Productoras de Agua Potable, tales como Chigorodó y Turbo, Antioquia. Los equipos instalados son básicos y la información que estos suministran se usan más para el reporte en el SUI (Sistema Único de Información de servicios públicos) que para un seguimiento o trazabilidad de los mismos.



## Legales

Tanto para las empresas de servicios públicos de agua y saneamiento como para la medicina de flujo para grandes caudales se establecen una serie de normativas y estándares que rigen para mantener la calidad del mismo, estas son:

- Decreto 1575 de 2007 del ministerio de la protección social el cual establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano. (Ministerio de la protección social, 2007).
- Resolución 2115 de 2007 del ministerio de la protección social el cual señalan las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. (Ministerio de la protección social, 2007).

Los anteriores son las principales normas que rigen sobre la calidad del agua potable a nivel nacional, y para regular el cumplimiento de estas, existe una serie de reportes que deben realizar las empresas para validar su cumplimiento:

- IRCA o Índice de Riesgo de Calidad del Agua. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018)
- SUI o Sistema Único de Información de Servicios Públicos. (Supeservicios, 2019)
- ICA o Indicadores de Calidad e ICO o Índices de Contaminación.
- IANC o Índice de Agua No Contabilizada.

Los organismos que validan y exigen el cumplimiento de tales índices son:

- Superintendencia de servicios públicos. (Supeservicios, 2019)
- CRA o Comisión Reguladora de Agua y Saneamiento. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2019).
- RAS 2000 o Reglamento técnico de Sector de Agua Potable y Saneamiento básico. (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000)



## Marco Conceptual

El principal indicador para la medición de la eficiencia de las empresas prestadoras de servicio de agua potable y saneamiento es el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) el cual asocia diversos tipos de pérdidas tales como: pérdidas no técnicas, técnicas, de consumo legal no facturado y las pérdidas comerciales. Los entes u organismos que normalizan la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento (CRA). (CRA, Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2006)

En todo el mundo se presentan desde hace varios años atrás diversas dificultades para abastecer a la población inclusive en centros urbanos importantes como lo sucedido en 2016 en la ciudad de Los Ángeles, EE.UU. en el verano del 2016 (The New York Times, 2016) y en Ciudad del Cabo, Sudáfrica a principios de 2018 (El Diario España, 2018) presentaron momentos críticos debido a los bajos niveles de los embalses que abastecen a las Plantas Productoras de Aguas Potable donde en la primera se seguirán presentando los problemas debido al cambio climático y al segundo por el uso no racional del agua potables y los altos IANC que se presentan, cabe resaltar que Ciudad del Cabo, la mayor ciudad sudafricana estuvo a 30 días del llamado día cero (día en el cual no habría servicio de agua potable para la ciudad), de esta alarmante situación surgieron puntos rescatables donde la población inició un proceso para ahorrar agua, informar pérdidas o fugas en las vías, consumir estrictamente lo necesario, entre otras campañas que hicieron reaccionar a la población.

Todos los temas que convergen para el desarrollo urbanístico e industrial genera un impacto directo de forma cuantitativa y cualitativa en las fuentes hídricas de cualquier nación (Zapata, 2009); adicionalmente el mundo está evidenciando las posibles afectaciones a raíz del cambio climático y los cuales impactarían en la disminución o niveles de los acuíferos. Asociado a lo anterior y mediante a los procesos industriales que generan gran contaminación lo cual genera no solo afectaciones a la calidad del agua captada, sino también, la reducción de estas mismas fuentes, esto conlleva a la explotación de fuentes hídricas más complejas y/o remotas generando costos elevados para el proceso de potabilización, por ejemplo, en Colombia se descargaban para 2003



unos 67m<sup>3</sup>/s de aguas residuales en fuentes hídricas como ríos y tan solo el 8% de estas aguas estaban sujetas a un tratamiento previo. (Peña, 2003).

A partir de lo anterior, parte la importancia de dar uso eficiente en el aprovechamiento de las fuentes hídricas según la población atendida, generando los indicadores necesarios para evitar sobre explotación de los acuíferos, dar énfasis en cualquier tipo de pérdida bajo la responsabilidad de la empresa prestadora de agua potable y saneamiento de cualquier comunidad en Colombia.

Los IANC representa las pérdidas totales de agua, es decir, es la suma total de las pérdidas técnicas y comerciales, estas se estiman según la relación identificada en la Figura 1.

$$IANC(\%) = \frac{AP - AF}{AP}$$

Ilustración 4. Cálculo De Los IANC.

*Fuente: Copyright (Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento, CRA, 2004)*

Siendo; AP el Volumen total en m<sup>3</sup> de agua potable a la salida de las Plantas Productoras de Agua Potable o PPAP y AF el volumen en m<sup>3</sup> que la empresa prestadora facturó durante el mismo periodo.

En un mundo perfecto, la cantidad de agua captada, potabilizada y distribuida debería ser la misma a la facturada, pero tal efecto no sucede, los IANC en el mundo varían según el nivel de desarrollo del país o el IDH, progreso, la cultura, el enfoque que el estado proporcione a la población e inclusive el acceso al mismo. En algunos países como Taiwán en 2013 se registró un IANC promedio del 27% la cual representa una pérdida de \$76.000 dólares diarios, mientras que en EE.UU estos están entre un 10 a 30% donde en algunos casos puntuales llega hasta el 50%, en su mayoría por daños en las redes, para el caso de Nueva Delhi, India, los IANC en 2015 superaron el 50% a causa en su mayoría a ineficiencias en el servicio, corrupción, fallas en la contabilidad, usos no autorizados, entre otros, pero por ejemplo, en Malasia, en el 2008 los índices eran del 30.1% y para 2015 se redujeron hasta el 2015, esto se produjo gracias a la empresa Pure Technologies South-East Asia, una empresa tecnología de gestión de activos. (Fluence Corp, 2016). En la Tabla 1 se identifican los IANC según IDH.



Tabla 3.

*Promedios de los IANC según el IDH.*

IDH	Población abastecida (millones 2002)	Dotación (L/Hab/d)	IANC					
			IANC (%)	Desagregación (%)		Volumen (billones de m <sup>3</sup> /año)		
				Pérdidas Técnicas (%)	Pérdidas Comerciales (%)	Pérdidas Técnicas	Pérdidas Comerciales	IANC Total
Países Desarrollados	744.8	300	15	80	20	9.8	2.4	12.2
Países en desarrollo	837.2	250	35	60	40	16.1	10.6	26.7

Fuente: Extraído de (CRA, Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2006)

Los Índices de Agua No Contabilizada IANC en Colombia están definidos por la resolución 287 del 25 de mayo de 2004, "Por la cual se establece la metodología tarifaria para regular el cálculo de los costos de prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado" LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, CRA en ejercicio de sus facultades legales, en especial de las conferidas en la Ley 142 de 1994, en el Decreto 1524 de 1994 y en el Decreto 1905 de 2000, donde se indica que no estos no deben superar el 30%, según esto, se identifica en la Figura 2, los IANC de las principales ciudades de Colombia, quedando solo Bucaramanga por debajo del umbral establecido por la CRA. (CRA, Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2006)

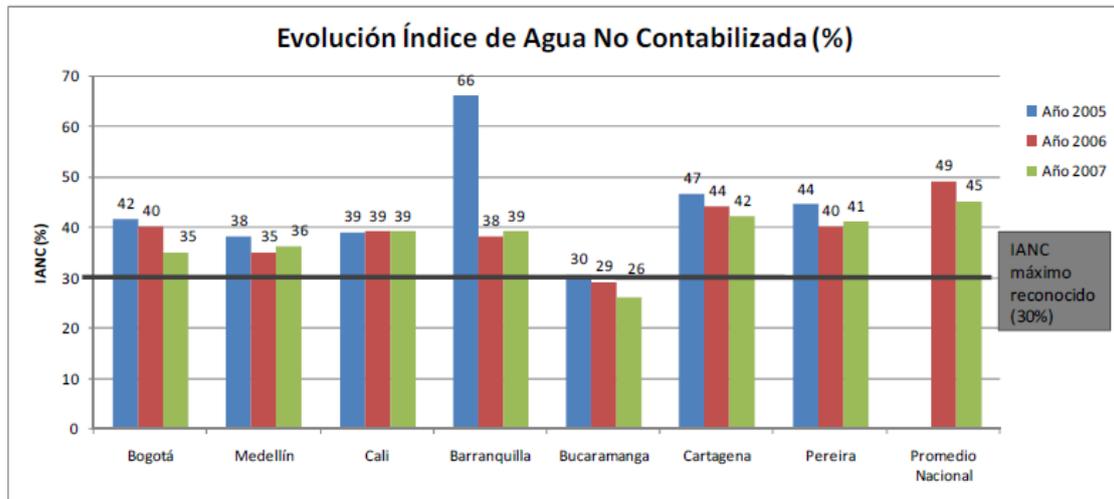


Gráfico 1. IANC en las principales ciudades de Colombia.

Fuente: (Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento, CRA, 2004)

A continuación, en la tabla 4, se identifica un historial desde 1995 según las mayores empresas de servicio de agua potable y saneamiento básico en Colombia, validando que el IANC se presenta en Bucaramanga, mientras en Villavicencio poseen valores altamente preocupantes. Y posteriormente en la tabla 3, la CRA reguló los consumos básicos por cliente según la tipología o el clima presentado en la zona, donde varían y presentar un consumo mayor genera un valor adicional por cada metro cúbico, se resalta que estos valores irán disminuyendo durante cada periodo a fin de generar mayor responsabilidad en su uso para la población colombiana.

La CRA por medio de la International Consulting Corporation ICC establecieron un marco con el objetivo de definir los niveles eficientes de pérdidas de agua que deben ser aceptados y regulados, esta información se identifica en la Tabla 4 los cuales fueron realizados en el 2006 a un plazo a 10 años y los cuales aún no se han logrado en ningún municipio de Colombia.



Tabla 4.

*Histórico de IANC reportadas por las mayores empresas prestadoras de servicio.*

Año	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá	Empresas Públicas de Medellín	Empresas Municipales de Cali	Sociedad de Acueducto, Alcantarillado y Asen de Barranquilla	Empresa Ibaguerena de Acueducto y Alcantarillado	Aguas Kpital de Cúcuta	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio	Acueducto Metropolitano de Bucaramanga
1995	36,4	34,65	33,3	60,0	46,0	44	SD	29,5
1996	33,0	35,0	36,0	55,0	46,0	55	SD	34,0
1997	32,5	33,5	30,0	50,0	44,0	55	62,0	31,0
1998	34,0	31,0	33,0	46,0	SD	51,0	62,0	34,0
1999	32,4	30,5	32,1	43,0	41,8	SD	SD	31,3
2000	34,1	31,9	34,3	40,0	44,7	SD	SD	27,1
2001	36,0	34,0	38,6	38,0	51,0	50,0	71,0	29,0
2002	34,8	32,8	SD	38,0	SD	SD	75,0	SD
2003	40,87793158	35,56	39,76091595	54,54	57,17936397	55,66218734	75,78531969	34,30089778
2004	41,11755213	36,61	40,23466714	57,60	56,74000292	62,64655606	71,14358719	33,3993156
2005	40,76974462	35,53	38,90367256	65,87	47,72	65,35840183	SD	30,40270344
2006	39,67667711	36,32	40,06746133	57,95	52,06284858	75,5356792	74,7	28,58222749
2007	37,29485963	36,97	39,68613713	59,08	54,14344539	56,6672807	74,0	26,61390323
2008	40,07801911	38,36	41,7389412	58,64	44,23684163	52,94646836	70,96	25,75776689
2009	43,96604004	39,01	50,25999125	60,75	50,6286497	57,7397716	74,42474035	27,04055494
2010	36,29	36,0	65,0	59,0	39,0	53,0	72,0	26,0
2011	44,0	37,0	49,2	61,0	39,2	SD	73,0	27,0

Fuente: Información Copyright (García, Vargas, & Álvarez, 2013)

Tabla 5.

*Consumos regulados por la CRA según el clima o altitud de los municipios.*

Clima	Altitud (metros)	Rango de consumo básico
Cálido	0 a 1000	19
Templado	1000 a 2000	18
Frío	>2000	17

Fuente: Información Copyright (Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento, CRA, 2007)

Tabla 6.

*Metas de IANC establecidos por la CRA y la ICC en 2006.*

Tipo de empresa según cantidad de habitantes	IANC actual (%)	IANC a 3 años (%)	IANC a 10 años (%)
Mayores a 600.000	42.5	25.3	22.4
Entre 12.000 y 600.000	55.1	22.2	18.7



Tipo de empresa según cantidad de habitantes	IANC actual (%)	IANC a 3 años (%)	IANC a 10 años (%)
Menores de 12.000	45.9	20.2	16.5

Fuente: Información Copyright (Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento, CRA, 2013)

De acuerdo a todo lo anterior, las empresas deben investigar y aplicar estrategias y métodos que permitan disminuir estos IANC a fin de no incurrir en sobre costos, cuidado de los acuíferos o fuentes hídricas de captación, brindar la mayor cobertura posible o el 100% a toda la población bajo su responsabilidad, mantener la calidad del servicio y su continuidad las 24 horas al día. Estos esfuerzos se pueden centrar en diversos tipos según el proceso:

- Para la captación y potabilización en sistemas o control y seguimiento de los tiempos de captación para el reporte real de la cantidad de volumen captado y potabilizado, donde estos indicadores afectan directamente el IANC.
- Estrategias comerciales que conlleven a la medición puntual y correcta de todos los clientes para su posterior facturación, implementar medidas de apremio con respecto al no pago por parte de posible evasores o incentivos para la reestructuración de cualquier cartera pendiente.
- Seguimientos en campo en la identificación de subsectores con demandas mayores a la población o clientes registrados a fin de realizar trazabilidad de posibles daños, fugas o fraudes, esto nace de la implementación de sistemas de medición de caudales y volúmenes para el control de cada subsectores claves, problemáticos o con historial de evasión o fraude.

Esta última estrategia es la que requiere una implementación de cierta tecnología, investigaciones en los campos de la medición hidráulica ya que permite identificar prácticamente en tiempo real cualquier pérdida por insignificante que sea en el servicio de agua potable, lograr contrarrestar estos aspectos negativos de fraude o la solución rápida de fugas imperceptibles por el personal de la empresa o la no notificación por parte de la comunidad y, no solo optimizar el servicio prestado, sino también los recurso de los que dispone nuestro planeta.



## **Sistemas electrónicos, hidráulicos y mecánicos para la medición de grandes cantidades de flujos, control y validación de la información**

A continuación, se realizará una descripción general de los equipos, elementos tanto hidráulicos como de medición ideales para la implementación en el sistema de macromedición, en estos se harán comparativos referente a los anteriormente utilizados (mecánicos, manuales de accionamiento local o directamente en sitio) con los actuales tecnológicamente avanzados (electrónicos, con envío de datos a un CCM para control y trazabilidad y de accionamiento remoto).

### *Macromedidores*

Estos elementos de medición de flujo son extremadamente importante para cualquier sistema industrial y más de servicios de potabilización de agua, ya que son estos los que se encargan de realizar la trazabilidad de los volúmenes de agua durante cada proceso tal como la captación, potabilización y distribución, con el fin de identificar pérdidas del tipo macros, se aclara que estos dispositivos no son semejantes ni comparables con los instalados en cada vivienda “Micromedidores”, en la actualidad, la tecnología a avanzado sustancialmente en los Macromedidores mediante los métodos de medición haciéndolos cada vez más precisos y con el menor error porcentual, pasando del tipo mecánico por medio de turbinas, diferenciales de presión a ultrasónicos y electromagnéticos.

Los Macromedidores en general inician para ser instalados en tuberías mayores a las 2 pulgadas o DN 50 mm, existen gran cantidad de gamas y especialidades, desde el tipo de alimentación pasando por la norma constructiva, materiales, accesorios, forma, esquemas de pintura, grado de protección IP (*International Protection*) hasta algoritmos de eliminación de ruido, trazabilidades, comparativos contra fábrica, protocolos de comunicación y muchos parámetros y variables adicionales que adaptan a la necesidad y costos del interesado en su aplicación. (Endress + Hauser, s.f.)



*Ilustración 5. Macromedidor mecánico por turbina.*

Fuente: Copyright (Helbert, s.f.)



*Ilustración 6. Macromedidor Electromagnético.*

Fuente: Copyright (Endress + Hauser, s.f.)

Tabla 7.

*Comparativo entre Macromedidores mecánicos y electromagnéticos*

<b>Macromedidor mecánico</b>	<b>Macromedidor Electromagnético</b>
<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo de inversión</li> <li>• Fácil instalación</li> <li>• Confiable</li> <li>• Fácil intervención</li> <li>• Repuestos económicos</li> <li>• No requiere alimentación de energía</li> </ul>	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso relativamente menor</li> <li>• Alta confiabilidad</li> <li>• Permite diversas modalidades de comunicación</li> <li>• Trazabilidades digitales en tiempo real</li> <li>• Larga vida útil</li> </ul>



Macromedidor mecánico	Macromedidor Electromagnético
<p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere mantenimientos preventivos constantes</li> <li>• Genera altas pérdidas hidráulicas</li> <li>• Alto peso</li> <li>• Errores de medición relativamente altos</li> <li>• Lectura en sitio, no hay comunicación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No requiere mantenimientos preventivos</li> <li>• Cero pérdidas hidráulicas</li> <li>• Errores de medición del orden del 0.1%</li> </ul> <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto costo de inversión</li> <li>• Requiere alimentación de energía</li> <li>• Instalación cuidadosa al ser equipos complejos</li> <li>• Repuestos costosos</li> <li>• Solo se interviene la parte electrónica</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

*Especificaciones técnicas recomendadas para los macromedidores electromagnéticos*

Tabla 8.

*Especificaciones técnicas Macromedidor electromagnético*

Especificaciones técnicas	Solicitado
Marca	Especificar
País de Origen	Especificar
Referencia	Especificar
Modelo	Especificar
Norma de fabricación	Especificar
Presión nominal mínima	PN 10
Medidor tipo inducción electromagnética por ley de Faraday	Requerido
Precisión máxima permisible para velocidades mayores de 0.5 m/s	0.2%



<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Solicitado</b>
Repetitividad permisible para velocidades mayores 0.5 m/s	0.15%
Error máximo permisible en condiciones óptimas de 5 diámetros aguas arriba y 2 diámetros aguas abajo	± 0.5%
Capacidad de medición y resistencia de velocidades de -10 m/s a 10 m/s	Requerido
Capacidad de medición de flujo bidireccional y capacidad de totalizarlo	Requerido
<b>Características técnicas Elemento Primario</b>	
Las bobinas deben excitarse por medio de pulsos generados por señales inducidas por una fuente de corriente directa, el elementos primario debe generar una respuesta lineal y directamente proporcional a la tasa del flujo que pasa a través del sistema.	Requerido
Todos los electrodos deben ser en acero inoxidable 316.	Requerido
Se debe considerar una relación de diseño de Longitud/Diámetro de 1.5 o mayor cuando las dimensiones del medidor de caudal se iguales o menores a 600 mm, esto con el fin de minimizar los errores y certificar la exactitud debido a efectos al interior de la tubería a causa de la conductividad generada por la bobina	Requerido
Deberá proveerse con sensor de detección de tubería vacía para minimizar las inexactitudes en la totalización.	Requerido
<b>Características técnicas Elemento Secundario</b>	
Debe ser de electrónica integrada al tubo.	Requerido
El encerramiento donde se aloja el convertidor debe ser en acero inoxidable, poliamida o aluminio.	Requerido
Su alimentación debe ser de tensión múltiple, es decir la posibilidad de ser instalado tanto de 18 a 90 VDC como de 115 a 230 VAC, para otros casos los medidores se requerirán con baterías, la cantidad se determinará en la Tabla 2.	Requerido
Batería de medidor:	Requerido
Vida útil: 10 años en adelante	Requerido
Voltaje DC:	Identificar



Especificaciones técnicas	Solicitado
Observaciones: Cantidad de baterías	
El convertidor debe poseer un microprocesador que lo controle de forma local, la unidad electrónica de este elemento en estado sólido se debe configurar a través de una serie de teclas capacitivas, ópticos o magnéticos, en ningún caso se aceptarán teclas tipo membrana o de botoneras, el convertidor tendrá una pantalla totalmente protegida del ambiente la cual debe estar alojada en su interior e igualmente ser operada desde el exterior sin necesidad de extraer ningún componente a fin de garantizar el IP del elemento, la programación del convertidor también podrá realizarse usando una PC	Requerido
La pantalla integral del convertidor debe tener al menos cuatro (4) líneas de 12 caracteres alfanuméricos cada una para visualización del flujo de agua y la otra que totalice la el volumen	Requerido
<b>Cuerpo</b>	
El cuerpo debe ser bridado bajo la ANSIB16.5 clase 150, las bridas pueden ser fijas al cuerpo o giratorias, en caso tal corroborar que durante el ensamble no existen fugas entre el cuerpo y las bridas.	Requerido
Las distancias entre caras de bridas del medidor (FTF) debe cumplir BS ISO 13359	Requerido
Las bridas deben poseer un esquema de pintura epóxica que cumpla la norma ISO 12944-2 y deberá ser clase C5M	Requerido
El cuerpo puede ser en acero inoxidable.	Requerido
<b>Comunicaciones</b>	
Modbus RTU o 4 a 20 mA tal como se indique en la Tabla 2.	Requerido
Para los medidores a batería, el instrumento deberá contar con salida por pulsos	Requerido
En caso que fallase la tensión que alimenta el equipo, el medidor debe garantizar el almacenamiento de la información en alguna memoria, sin la necesidad de usar baterías externas de apoyo.	Requerido
Protección contra transitorios de voltaje en el bus de campo Modbus.	Requerido
<b>Software y Programación</b>	



Especificaciones técnicas	Solicitado
<p>Las unidades de medida para el flujo de agua volumétrico y para su totalizador será en l/s y m<sup>3</sup> respectivamente, incluyendo sus múltiplos y submúltiplos, la pantalla deberá ser retro-iluminada para la fácil identificación de los valores medidos y acumulados, igualmente se solicita que para el indicador o lecturas remotas o compactas se suministre con guarda en acero inoxidable para asegurar la vida útil de la pantalla led.</p>	Requerido
<p>El medidor de caudal debe poseer un algoritmo que permita reducir interferencias que afecten la medición, igualmente contar con un sistema que realice autodiagnósticos a fin de detectar posibles fallas</p>	Requerido
<p>Los medidores deberán incluir un sistema de verificación, que permita interactuar el hardware y el software con cualquier sistema a fin de trazar y avalar un certificado tipo NIST, TUV, PTB o similar, de este proceso se deberá tener un reporte en formato PDF o cualquier otro que sirva de respaldo para la verificación del estado de funcionamiento y desempeño del equipo. Este certificado debe ser almacenado en el mismo instrumento como medida de protección de la información, esto con el fin de dar soporte a cualquier obligación externa de certificación bajo la ISO 9001, igualmente, este reporte permitirá establecer rutinas de mantenimiento, aseguramiento metrológico, y confiabilidad del equipo.</p>	Requerido
<p>El medidor para su manipulación debe estar bloqueado a fin de evitar alteraciones por personal no competente.</p>	Requerido
<p>El menú de configuración del medidor debe tener al menos las opciones de cambio de idiomas en inglés o español</p>	Requerido
<p>El instrumento deberá tener incorporado un servidor WEB, el cual funcione como herramienta de configuración, descarga de los certificados y mantenimiento del instrumento en forma remota sin la necesidad de softwares adicionales. También deberá incluir un puerto Ethernet alámbrico para su conexión con dicho servidor.</p>	Requerido
<b>Recubrimiento Externo</b>	
<p>Los componentes del medidor deben estar recubiertos de un esquema de pintura que permita preservar de ambientes agresivos y deteriorar su estado, tales como altas temperaturas, alta humedad relativa, gases, vapores debido al cloro del agua potable, rayos UV, entre otros, por lo tanto según la norma ISO 12944-2 se exige</p>	Requerido



Especificaciones técnicas	Solicitado
un esquema de pintura clase C5M a fin de garantizar que no haya deterioro alguno en las bridas, con el montaje adecuado del medidor	
<b>Recubrimiento Interno</b>	
Su aplicación es para agua cruda con contenido de arenas, debe ser suministrado con recubrimiento interno de caucho duro o mejor.	Requerido
<b>Aspecto Constructivo y Protección</b>	
IP mínimo del elemento primario: se determina en la Tabla 2 según la ubicación a ser instalado No se admiten inyecciones de resinas o materiales similares localmente para cumplir el IP requerido	Requerido
IP mínimo del elemento secundario: se determina en la Tabla 2 según la ubicación a ser instalado No se admiten inyecciones de resinas o materiales similares localmente para cumplir el IP requerido	Requerido
Tipo de construcción: la ubicación de la electrónica para cada medidor se identificará en la Tabla 2. No se admiten inyecciones de resinas o materiales similares localmente para cumplir el IP requerido	Requerido
<b>Prensacables</b>	
Debe suministrarse para el medidor los prensacables fabricados en acero inoxidable o aluminio, del mismo grado IP del medidor, para todos los cables que separadamente deban ingresar al convertidor (potencia, comunicaciones, señales). Deben entregarse instalados desde fábrica.	Requerido
El diámetro de los cables 4x16 AWG para potencia y 4x22 para comunicación Modbus son de 8mm a 12mm aprox. instalados desde fábrica a las longitudes identificadas en la Tabla 2. No se admiten calibres de cable menores por regulación eléctrica	Requerido
<b>Sistema de Puesta a Tierra</b>	
Para garantizar el funcionamiento del medidor en caso de presentarse descargas eléctricas, y al estar en medio de componentes no metálicos, se requieren anillos de puesta a tierra en los extremos de las bridas, los cuales deben ser en acero inoxidable 304 o mejor.	Requerido



Especificaciones técnicas	Solicitado
Se deben suministrar una serie de acometidas y accesorios para asegurar el aterrizaje del medidor.	Requerido
<b>Ubicación para el montaje</b>	
El medidor de caudal electromagnético se deberá montar aguas arriba de la válvula mariposa teniendo en cuenta que se debe respetar una separación mínima de 5 diámetros de esta y se debe respetar una separación de 3 diámetros a cualquier elemento instalado aguas abajo del medidor o menos, este dato debe ser suministrado para validar la ubicación del mismo.	Requerido
<b>Anexos</b>	
Catálogo del producto	Requerido
Certificado de calibración bajo la “National Institute of Science and Technology” NIST o entidad similar.	Requerido
Certificado ISO 12944-2	Requerido
Certificado de trazabilidad por organismo competente del sistema de verificación ofrecido	Requerido

Fuente: Información recopilada y extraída Copyright (Endress + Hauser, s.f.)

### *Transmisores o celdas de presión manométricas*

Elementos electrónico que permite censar la variable directa de presión manométrica de los fluidos, así como los macromedidores, existen en el mercado diversos tipos de transmisores según la necesidad de la aplicación, este sensor permite identificar la presión manométrica directamente en el punto de aplicación y así determinar la presión de entrega del servicio de agua potable la cual está regulada por la RAS, Igualmente se recomienda su instalación aguas arriba y aguas debajo de las válvulas con actuadores para asegurarse el correcto funcionamiento de este componente.

Las manómetros existen desde mecánicos, hasta avanzados con comunicación pasando por los digitales, todos de gran uso en la industria e igual de confiables, su selección depende del lugar a instalar y la necesidad, en varias casos de opta por la integración de

al menos dos tipos manómetros en sitio para siempre validar la información de estos en comparación con el otro. (Endress + Hauser, s.f.)



*Ilustración 7.* Medidor de presión manométrica mecánico.

Fuente: (Wika, s.f.)



*Ilustración 8.* Medidor de presión manométrica con comunicación.

Fuente: (Endress + Hauser, s.f.)

Tabla 9.

*Comparativo entre manómetros mecánico y electrónico con comunicación*

<b>Manómetro mecánico</b>	<b>Transmisor o celda manométrica</b>
<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de inversión bajo</li> <li>• Fácil consecución</li> <li>• Buena calidad</li> <li>• Confiable</li> </ul>	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta calidad</li> <li>• Errores de medición mínimos</li> <li>• Se puede “setear” o iniciar desde un valor diferente a cero</li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se puede ajustar desde una medida inicial</li> <li>• No requiere alimentación de energía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta confiabilidad</li> <li>• Diferentes tipos de comunicación</li> <li>• Puede actuar como suiche de protección según la variable programada</li> </ul>
Desventajas:	Desventajas:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay comunicación por lo tanto no se posee control sobre el mismo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto costo de inversión</li> <li>• Repuestos costosos</li> <li>• Requiere alimentación de energía</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

*Especificaciones técnicas para Transmisores de presión manométricas*

Tabla 10.

*Especificaciones técnicas transmisor o celda de presión*

<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Solicitado</b>
Marca	Especificar
País de Origen	Especificar
Referencia	Especificar
Modelo	Especificar
Norma de fabricación	Especificar
<b>Condiciones Hidráulicas</b>	
Rango de operación del transmisor de 0 – 100 metros columna de agua [mca] para cada una de las instalaciones, este deberá incluir una válvula de purga especial con rosca NPT máximo de 1/2"	Requerido
<b>Condiciones de Metrología y Operativas</b>	
SPAN Configurable	Requerido
El error máximo permisible será $\pm 0.2\%$ del rango.	Requerido
El Transmisor de presión debe ser calibrado en fábrica bajo la “National Institute of Science and Technology”, NIST ó entidad similar.	Requerido
<b>Elemento Primario</b>	
Tipo de sensor: Celda de medición cerámica, seca, Hastelloy, o material de	Requerido



Especificaciones técnicas	Solicitado
mayor especificación.	
Material del cuerpo: Aluminio, Hastelloy, 316 o material de mayor especificación	Requerido
<b>Elemento Secundario</b>	
Deberá tener un display digital con botones capacitivos u ópticos no se aceptan pulsadores mecánicos.	Requerido
El voltaje de alimentación será de 12 a 30 VDC o un rango más amplio.	Requerido
Debe tener funciones para diagnóstico de la celda.	Requerido
Material de la carcasa (Elemento secundario): Aluminio con pintura epóxica o en inoxidable 316. La pintura será de acorde a la norma EN ISO 12944-1, la durabilidad de pintura de pintura debe ser alta. Según EN ISO 12944-2, la pintura deberá resistir ambientes C5M.	Requerido
Protocolo o señal de comunicación: 4–20 mA (análoga).	Requerido
Conexión eléctrica: Dos hilos tanto para potencia, como para señal de corriente y uno para Conexión de tierra.	Requerido
Conexión al proceso roscada de diámetro menor o igual a una pulgada.	Requerido
Se deberá instalar protección contra transitorios de voltaje en el lazo 4- 20 mA.	Requerido
<b>Aspectos Constructivos y Protección</b>	
IP del elemento primario:	IP66
<b>Prensacables</b>	
Debe suministrarse para la celda de presión los prensacables fabricados en acero inoxidable o aluminio, del mismo grado IP del medidor. Deben entregarse instalados.	Requerido
El diámetro de los cables 4x16 AWG.	Requerido
<b>Anexos</b>	
Catálogo del producto	Requerido
Certificado de calibración bajo la “National Insitute of Science and Technology” NIST o entidad similira, la calibración se deberá realizar en tres puntos o más del rango de operación y adjuntar los resultados con el equipo garantizando curva de operación.	Requerido
Certificado por parte de la empresa fabricante y, en caso de tercerizar la consecución del equipo, anexar el certificado del fabricante al proveedor.	Requerido

Fuente: Información recopilada. Copyright (Endress + Hauser, s.f.)



*Especificaciones técnicas recomendadas para los manómetros*

Tabla 11.

*Especificaciones técnicas manómetro*

<b>Características técnicas generales de la medición</b>	
<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Solicitado</b>
Marca	Especificar
País de Origen	Especificar
Referencia	Especificar
Modelo	Especificar
Norma de fabricación	Especificar
Rango de precisión	0 a 100 psi
Unidades de identificación	Bares y psi
Los manómetros deben ser amortiguados en glicerina, su caja de construcción debe ser en acero inoxidable.	Requerido
Debe tener diafragma para evitar la intrusión de sólidos en el mecanismo.	Requerido
La conexión al proceso con racor NPT Ø1/2”.	Requerido
El manómetro se debe suministrar con su válvula de guarda tipo bola toda en acero inoxidable correspondiente para las mismas condiciones de presión, con conexión al proceso NPT ½” y válvula de purga de ¼”. Los nipples y racores también deben ser en acero inoxidable 304.	Requerido
<b>Anexos</b>	
Certificado de calibración trazable por un laboratorio reconocido por la ONAC, SIC o jerarquía superior, esto aplica para todos menos el medidor de caudal electromagnético.	Requerido

*Fuente: Información recopilada. Copyright (WIKA, s.f.)*



### *Válvulas de regulación o control de flujo*

Estos mecanismos son los encargados de realizar la regulación tanto del caudal y por ende de la presión, se usan tanto para control de cierre y apertura para la distribución del flujo desde las instalaciones de potabilización como de distribución, en la industria su uso había sido por lo general mediante accionamiento manual y local directamente sobre la válvula por medio de una palanca con tope o reductor mecánico sinfín-corona para garantizar la posición deseada para la regulación.

### *Especificaciones técnicas recomendadas para las válvulas de regulación tipo mariposa*

Tabla 12.

#### *Especificaciones técnicas de válvulas tipo mariposa*

<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Solicitado</b>
Marca	Especificar
País de Origen	Especificar
Referencia	Especificar
Modelo	Especificar
Norma de fabricación: ANSI, AWWA, EN, DIN o MSS SP	Requerido
Presión nominal mínima	PN10
Bridas ANSI B16.5 Clase 150 bajo la ISO 5211	Requerido
Reductor tipo sinfín corona auto-bloqueante	Requerido
Material y protección Reductor: Hierro fundido resistente a la corrosión con Protección IP 67	Requerido
Tipo de reductor: adaptable a reductor con actuador eléctrico	Requerido
Hermeticidad completa bidireccional	Requerido
Resistir presión diferencial bajo una velocidad mínima de 3 m/s	Requerido



<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Solicitado</b>
Pruebas en fábrica bajo la norma AWWA C-504 o DIN 3230	Requerido
Factor de seguridad del cuerpo según presión nominal de trabajo a cero fugas	1.5
Factor de seguridad del asiento según presión nominal de trabajo a cero fugas	1.1
Válvula de doble excentricidad	Requerido
Tipo de cuerpo	Lug
Material del cuerpo: Hierro fundido nodular EN-GJS-400-15 y EN-GJS-500-7	Requerido
Material y fijación del disco; Acero Inox. 316 fijado al eje doblemente pinado	Requerido
Material del eje: Acero Inox. 316 o 316L	Requerido
Tornillería: Acero Inox. A2, A4, 316 o 316L	Requerido
Tipo de empaque: Teflonado ubicado en el cuerpo	Requerido
Material del anillo de retención: Acero Inox. 304, 316 o 316L	Requerido
Material y tipo de buje: Doble buje en los extremos en Acero Inox. 316 teflonado	Requerido
Material Prensaestopa: Acero Inox 316	Requerido
Material Estopa Teflón	Requerido
Certificación del Recubrimiento: Bajo la norma ANSI/ NSF61, GSK o DVGW, KIWA para uso de agua potable	Requerido
Espesor total del recubrimiento epóxico aplicado en fábrica [ $\mu\text{m}$ ]	200
<b>Anexos</b>	
Catálogo del producto	Requerido
Ficha técnica donde se identifique cada uno de los elementos que componen la válvula, sus características, materiales, planos entre otros.	Requerido
Curvas características del elemento en función del Coeficiente de Caudal [Cv o Kv] según posición	Requerido
Torque operativo	Requerido

*Fuente: Elaboración propia*



*Especificaciones técnicas recomendadas para las válvulas de bola*

Tabla 13.

*Especificaciones técnicas de válvulas tipo bola*

<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Solicitado</b>
Marca	Especificar
País de Origen	Especificar
Referencia	Especificar
Modelo	Especificar
Norma de fabricación: ANSI, AWWA, EN, DIN o MSS SP	
Diámetro nominal	DN25
Válvula 4 Tornillos de 3 piezas con Rosca Hembra NPT con Montaje directo S/ISO 5211 con sistema de bloqueo	Requerido
Material empaque PTFE	
Presión nominal mínima	PN 20
Material fabricación 304 o 316L	Requerido
Obturador en acero inox 304 o teflón	Requerido
Operación de 1/4 de vuelta o 90°	Requerido
Palanca en acero inox 304 o 316	Requerido
<b>Anexos</b>	
Catálogo del producto	Requerido
Despiece de los elementos con planos características de los mismos	Requerido
Certificado DVWG o NSF del elemento apto para trabajo con agua potable bajo la ISO 9001:2008 vigente	Requerido

*Fuente: Elaboración propia*

### *Actuadores eléctricos*

En la actualidad se han estado integrando a todos los nuevos sistemas de control de flujo actuadores eléctricos que permitan por medio de señales externas abrir o cerrar por completo la válvula u otras que por medio de variables o comandos regulara la posición de la misma, sea por medio del caudal o presión constante, o simplemente según el porcentaje de apertura o cierre según indique el operador desde un Centro de Control y Mando CCM.



*Ilustración 9.* Válvula mariposa de accionamiento mecánico.

Fuente:



*Ilustración 10.* Válvula mariposa con accionamiento eléctrico

Fuente:



Tabla 14.

*Comparativos de válvulas con accionamiento local con actuadores eléctricos*

<b>Válvulas con actuadores mecánicos para accionamiento local</b>	<b>Válvula con actuador eléctrico para accionamiento remoto</b>
<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inversión inicial baja</li> <li>• Fácil reparación de los actuadores</li> <li>• Fácil monte y desmonte de los actuadores</li> </ul> <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay comunicación con los demás componentes</li> <li>• Requiere que su manipulación siempre sea local</li> </ul>	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe comunicación de cualquier tipo</li> <li>• Operación remota</li> <li>• Operación suave del mecanismo</li> </ul> <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto costo inicial de inversión</li> <li>• Altos costos de reparación</li> <li>• Complejos y cuidadosos procesos de montaje y desmonte</li> </ul>

*Fuente: Elaboración propia*

*Especificaciones técnicas recomendadas para los actuadores eléctricos*

El actuador debe ser tipo electrónico y certificado para servicio a prueba de humedad, sumergible según norma IP-68 por 96 horas a 15 metros de profundidad. Voltaje de alimentación según lo disponible en cada sitio y debe ser capaz de operar a más o menos 10% del voltaje nominal. Diseño no intrusivo, que permita ajustar los límites de posición y de torque, así como cualquier otro parámetro del actuador sin necesidad de abrir el compartimiento de control. Motor tipo jaula de ardilla de alto torque y baja inercia diseñado para operación de válvula de 15 minutos continuos y aislamiento clase F, con protección contra sobrecalentamiento a través de termostato de estado sólido. El motor debe ser posible separarlo del cuerpo de actuador sin desmontar otros componentes y podrá hacerse sin necesidad de cortar cables internos o hacer empalmes. El sistema de engranes debe ser lubricado por aceite sintético capaz de operar desde  $-6^{\circ}\text{C}$  hasta  $80^{\circ}\text{C}$ . La unidad debe contar con controles electrónicos incluyendo los swiches de límite de posición y torque. El dispositivo de medición de posición debe ser un encoder absoluto de tipo óptico de 18 bits, redundante y no requerir del uso de baterías o energía auxiliar



de respaldo en caso de falla de la alimentación de potencia principal para mantener su configuración. Se configura cada límite de recorrido independientemente el uno del otro. Así mismo, el dispositivo de medición de posición es del tipo redundante con capacidad de auto chequeo permitiendo la operación del actuador aún en caso de falla de este y con capacidad para reportarla vía pantalla local o remotamente. El sistema de medición de torque debe ser del tipo electrónico y puede ser ajustado independientemente para la posición de apertura y de cierre desde el 40% al 100 % del torque nominal del actuador. La configuración se debe poder hacer con botoneras locales en español o vía Bluetooth. El compartimiento de conexionado debe tener doble sello y está completamente separado del resto del actuador. El doble sello no permitirá que la humedad, polvo o partículas extrañas ingresen al interior del actuador o a su electrónica. Además, debe tener arrancadores reversibles y transformador de control con fusibles en el primario y secundario. También, los circuitos de control de 24 VDC deben estar protegidos por fusibles dedicados. La electrónica debe estar provista de relé monitor para alarmas, protección y auto corrección de fase, protección por válvula trabada, protección en caso de operación de reversa instantánea, ESD y otros. Contará con opciones tal como Bluetooth que permite configuración inalámbrica, temporizador que permita ajustar los tiempos de apertura y cierre, así como transmisión de posición y torque vía 4...20 mA. Adicionalmente la pintura deberá ser resistente a ambientes corrosivos. Se debe incluir un software dedicado para protección contra fallas en la electrónica del equipo, el cual deberá estar activo en todo momento de la operación del mismo para evitar operaciones erróneas por este tipo de fallas. La estación de control deberá tener 2 switches tipo “Efecto Hall”. Un switch es para la operación de la válvula (abierto/parar/cerrado) y el otro para el modo de selección (local/apagado/remoto) asegurable con candado, indicación mediante LEDs (abierto/ mitad de recorrido/ cerrado). La pantalla de Cristal Líquido – LCD- deberá tener indicación continua local de la posición en incrementos del 1 %, información del estado y diagnósticos del actuador y la válvula, capacidad de mostrar gráficos, y debe ser configurable en varios idiomas entre ellos el español. El actuador deberá tener la capacidad para realizar control modulante con retroalimentación vía 4...20 mA. Debe contar con volante y embrague para operación manual de emergencia. Deberá proveer comunicación digital utilizando protocolo abierto Modbus RTU.

Los actuadores a suministrar deberán ser totalmente compatibles con las válvulas y deberán incluir todos los elementos que se requieran para su adecuado acoplamiento, para el tema de las acometidas de potencia y control, validar en la Tabla 16.

La alimentación de los actuadores será monofásica 220V y se deberán contemplar todas las protecciones necesarias.

### *Válvulas ventosas*

Estos accesorios son de gran importancia en cualquier montaje hidráulico donde se vea vinculada una válvula de regulación o control de flujo, estos permiten la salida de aire de la red mientras se presuriza y la entrada del mismo cuando el sistema queda sin agua para evitar que quede en vacío y no colapse la tubería hacia su interior, existen dos tipos de válvulas tipo, de doble efecto (ingreso y salida de grandes volúmenes de aire) y triple efecto (ingreso y salida de grandes volúmenes de aire y salida de pequeños volúmenes de aire) esta última puede contener una o dos cámaras.

Estas válvulas ventosas se encuentran de diversas formas constructivas, materiales, los tamaños van relacionados tanto según las dimensiones de las líneas de carga de agua de salida como de la velocidad del flujo de agua.



*Ilustración 11.* Ventosa metálica de doble efecto.

Fuente: (Turiego, s.f.)



Ilustración 12. Válvula ventosa triple efecto.

Fuente: (A.R.I., s.f.)

Tabla 15.

*Tipos de válvulas ventosas*

<b>Válvula ventosa metálica doble efecto cámara sencilla</b>	<b>Válvula ventosa metálica triple efecto cámara doble</b>
<p>Ventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inversión inicial baja</li> <li>• Aplica para ciertas aplicaciones donde se requiere solo extraer e ingresar gran cantidad de aire inicialmente a la presurización y al vacío de la tubería</li> </ul> <p>Desventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No expulsa el aire que se va acumulando al interior del sistema al interior de la tubería posterior</li> </ul>	<p>Ventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite la expulsión de grandes y pequeñas cantidades de aire y el ingreso de grandes cantidades de aire al sistema mientras se presuriza o se vacía la tubería</li> <li>• Mayor confiabilidad</li> </ul> <p>Desventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo moderado en la inversión</li> </ul>

Fuente: *Elaboración propia*



*Especificaciones técnicas recomendadas para las válvulas ventosas*

Tabla 16.

*Especificaciones técnicas válvulas ventosas*

<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Solicitado</b>
Marca	Especificar
País de Origen	Especificar
Referencia	Especificar
Modelo	Especificar
Norma de fabricación: ANSI, AWWA, EN, DIN o MSS SP	Requerido
Presión de cerramiento hermético [bar]	0.3
Factor de seguridad del cuerpo según presión nominal de trabajo a cero fugas	1.5
Ventosa de triple efecto (expulsión de grandes y pequeños volúmenes de aire a la presión operativa y admisión de grandes volúmenes de aire)	Requerido
Orificio de admisión y expulsión de aire para evitar contrapresiones aprovechando el diámetro efectivo de la ventosa	Requerido
Tipo de cuerpo: Simple o doble cámara	Requerido
Material del cuerpo: Plástica, poliamida o material similar con alta resistencia a la abrasión, corrosión y durabilidad	Requerido
Tapa desmontable	Requerido
Montaje Bridado según indicaciones	Requerido
Tipo de obturador: Esférico o cilíndrico con tapas cilíndricas	Requerido
Material del obturador	Plástico
Material del asiento flexible desmontable del obturador y piezas intercambiables: Elastómero EPDM, NBR u otro apto para agua potable	Requerido
Tornillería interna y externa: No Aplica, todos los componentes deben ser roscados entre sí	Requerido



Especificaciones técnicas	Solicitado
<b>Anexos</b>	
Catálogo del producto	Requerido
Despiece de los elementos que la componen junto con planos y sus respectivas características.	Requerido

*Fuente: Elaboración propia.*

### *Elementos de acero y acabado*

**Tubería de acero al carbón:** La tubería en acero al carbón debe fabricarse bajo la norma ANSI/ASME B36.10. Cumpliendo el código ANSI- ASME B31.3. La manufactura del tubo debe ser sin costuras. El espesor debe ser según SCH STD. Para acero al carbón el material debe ser según ASTM A53 grado B. Para acero inoxidable el material debe ser ASTM A312 tipo 316. Deberá presentarse antes de cualquier proceso de manufactura la tubería “cruda” con marcaciones legibles, según ASTM A53, donde indique: Diámetro, Schedule, Material y Grado, lote de colada. El lote, diámetros, espesores debe ser consistente con el certificado de colada. Se deben entregar certificados de colada del material de dichos componentes, consistentes con la norma ASTM A53, cumpliendo los valores máximos y la compensación de carbón por manganeso. Debe ser consistente con los lotes de producción marcada en la tubería.

**Accesorios forjados en acero:** Los codos, tees, reducciones y tapones (caps) deben ser forjados y suministrados bajo la norma dimensional ANSI B16.9 para soldar a tope. Los componentes serán de SCH STD.

Los accesorios deben ser forjados, no se permiten accesorios manufacturados de láminas o tubería cortada. El material de estas será del mismo material de la tubería. Los codos deben ser tipo “codo largo”.

**Bridas forjadas al acero:** Las bridas comprendidas entre DN15 y DN600, deberán suministrarse según la norma ANSI/ASME B16.5, tanto en los requerimientos de perforación, espesor, tolerancias. El tipo de brida será tipo slip-on con superficie de contacto con realce (raised face). Las bridas deben ser forjadas, no se permiten bridas



fundidas ni a cortadas de láminas. Se deben entregar certificados de colada del material de dichos componentes, donde sea legible la fecha de importación, los diámetros y el SCH que aplica, la fábrica que lo produce y el número de colada que debe ser consistente a la marcación sobre el producto. El material de las bridas y de cualquier otro componente forjado será un ASTM A105N. Las bridas se deben soldar con tres cordones externos y con uno interno, siguiendo la normatividad ASME Pressure vessel code.

Empaques de bridas: El empaque debe ser conformes al ANSI B16.21. El material deberá ser de neopreno reforzado 1/8in de espesor. El corte de los empaques debe ser completamente circular, no se permiten cortes con tijeras u otra herramienta que no le dé la forma adecuada, tanto interna como externa. No se aceptarán empaques cuyo diámetro exterior intercepte las zonas de la tornillería.

Espárragos, tuercas y arandelas planas: Las características de la tornillería deben ir de acorde a la norma ANSI B16.5, esto incluye diámetro, longitud, maquinado y cantidad requerida.

El espárrago será bajo ASTM A193 grado B8 clase1 (Inoxidable 304). Rosca UNC clase 2A.

Las tuercas serán fabricadas según ASTM A194 grado 8M (Inoxidable 316). Rosca UNC clase 2B.

Las arandelas de planas serán fabricadas en acero inoxidable 304.

El ensamble será con lubricante sólido a base de níquel y grafito para aceros inoxidables, marcas: Molycote, Loctite o similar.

Se requieren dos tuercas por esparrago y dos arandelas por esparrago.

Soldaduras para acero al carbón: Los electrodos que se deben utilizar son: el 6011 para el primer cordón, los siguientes tres cordones para el relleno y presentación será 7018. Niples con soldaduras porosas, irregulares, incompletas, no serán aceptados.

El soldador o soldadores deben tener certificación vigente TIG por algún organismo nacional reconocido como: ACOSEND, WEST ARCO, Endicontrol, JYW o similar. El inspector debe tener certificación vigente. Este deberá hacer la inspección final y hacer la recepción de las soldaduras. La tubería soldada a tope para SCH40 debe tener mínimo 3



cordones de soldadura. Las bridas se deben soldar con tres cordones externos y con uno interno, siguiendo la normatividad ASME Pressure vessel code.

Especificaciones generales de pintura: El espesor mínimo de pintura exterior debe ser 200 micras, se recomienda tres (3) capas de pintura. El producto deberá garantizar en su totalidad el color de la referencia indicada:

- ✓ Pintar externamente válvulas, cheques, Pintulux naranjada Ref 20
- ✓ Pintar externamente Motor tipo Pintulux Azul Oscuro ref 41
- ✓ Pintar externamente tubería tipo Pintulux Verde esmeralda ref 45
- ✓ Pintar externamente guardas amarilla con rayas negras.
- ✓ Pintar externamente base Aroflex gris ref: 2903
- ✓ Las Pinturas y recubrimientos deben cumplir la norma NFS 61
- ✓ La aplicación de la pintura se debe hacer con pistola y aire comprimido. Internamente con rodillo o con pistola u otro método que garantice los espesores mínimos y sus tolerancias.
- ✓ La pintura se debe aplicar después de cortes y soldaduras.
- ✓ La instrumentación no se debe pintar.
- ✓ La superficie externa se debe acondicionar para pintar con una limpieza con chorro abrasivo hasta tener un acabado SSPC-SP5.
- ✓ 1ra capa) Epoxi-zinc triple, referencia pintuco: 10055-10056-13267 o similar, espesor 3 mills.
- ✓ 2ra capa) Epóxico, referencia 13221 o similar, espesor 3mills.
- ✓ 3ra capa) Pintura de Poliuretano, referencia 11305 o similar, espesor 2mills; Color verde esmeralda para la tubería y niples, naranja para todas las válvulas.

Niple de medida: El material el múltiple debe ser en acero inoxidable DN25. Debe tener una válvula de bola DN25candiable para la entrada. Debe tener una válvula de bola DN25candiable para la purga. Deberá tener un número de salidas igual a la instrumentación que se le instalará, además de una salida con una válvula de descargue,



para purgarla de aire. Cada instrumento requiere de una válvula de bola de ½" NPT candadiable, la apertura y cierres de esta no deben tener interferencia con los instrumentos de medida. Los ejes horizontales de todos los múltiples de la estación se deben ubicar en el mismo nivel de referencia. Las válvulas deben ser tipo bola en acero inoxidable para una presión de 150 mca.

### *Motobombas sumergibles para Achique*

Considerando que las cámaras donde se ubican los sistemas de macromedición son bajo tierra entre 1 a 2 metros desde la superficie y bajo condiciones climáticas o de nivel freático son susceptibles a inundarse, se hace la necesidad de implementar equipos de bombeo a fin de evitar que estos queden sumergidos o lo hagan por un largo periodo afectando la vida útil de estos o simplemente genera su avería, aunque para estos sistema como lo son macromedidores, transmisores de presión, actuadores se recomienda un IP 66/67/68 los cuales pueden operar sin novedad bajo agua, lo cierto es que algunos fabricante resaltan que estas condiciones tiene un tiempo límite y una profundidad determinada.

La selección de las motobombas sumergible para achicar la cámara depende de diversos factores tales como:

Ubicación de motobomba

Distancia y nivel donde se realizará la descarga

Volumen probable de ingreso de agua a la cámara

Las recomendaciones para este equipo de bombeo son simples después de analizar su ubicación y posterior selección.



*Especificaciones técnicas recomendadas para motobombas sumergibles de Achique*

Tabla 17

*Especificaciones para motobomba sumergible de achique*

<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Requerido</b>
Marca	Especificar
País de Origen	Especificar
Referencia	Especificar
Modelo	Especificar
Norma de fabricación: ANSI, AWWA, EN, DIN o MSS SP	Requerido
Caudal de operación $\pm 2\%$	
Cabeza Dinámica total de operación $\pm 2\%$	
Material de fabricación: hierro fundido para protección de bobina y voluta, eje e impulsor en acero inoxidable 304 o mejor en ambos	Requerido
Tipo de impulsor: centrífugo inatacable	Requerido
Sellos mecánicos: doble sello en tungsteno y Vitón	Requerido
Tipo de arranque: Directo	Requerido
Tensión de alimentación: 220 VAC monofásico	Requerido
Cable de alimentación en metros según ubicación de tablero de distribución	
Refrigeración de bobina: Glicol o aceite dieléctrico interno para trabajo en seco	Requerido
Modo de arranque	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Automático según nivel de agua en la cámara por medio de un flotador o suiche de arranque o parada</li> <li>Local operación: Arranque de forma manual considerando el nivel bajo del suiche o flotador de nivel</li> <li>Local mantenimiento: Arranque manual sin considerar el nivel del espejo de agua a evacuar, esta posición solo debe realizar personal experto para evitar daños en el equipo debido a su trabajo en seco donde se puede afectar los sellos y quemar su bobinado</li> </ul>	Requerido

*Fuente: Elaboración propia.*



### *Tableros de control y potencia*

El tablero de control y potencia es indispensable para la integración de todos los instrumentos y equipos a instalar para el seguimiento del flujo o caudal de servicio, el sistema de alimentación se divide en dos, el eléctrico o potencia y el electrónico o de control.

El sistema eléctrico se basa bajo el siguiente esquema: Alimentación de red externa por operador de energía local

Ingreso a un medidor de energía certificado

Ingreso al tablero de distribución con su breake o interruptor principal, este se calcula se acuerdo a la carga total de todo el sistema, los demás elementos se identificarán posteriormente, a continuación se describirán los equipos que se incorporan al interior del tablero de alta importancia

### *HMI - IHM*

El HMI que significa Human – Machine Interface en español, IHM Interface Hombre Maquina es la interfaz que genera un mecanismo hacia el operador, este consiste en una pantalla que muestra la información confiada para ser identificada por el personal responsable, es el elementos esencial para controlar y coordinar procesos productivos que se generan de forma compleja y se transfiere de forma básica a la pantalla.

La HMI o IHM se usa para exponer mediante gráficas, valores, datos, diagramas entre otros, cualquier tipo de información de forma instantánea y la cual pueda ser interpretada por el personal encargado, igualmente permite alterar y modificar variables sin necesidad de intervenir directamente cualquier componentes avanzado como los PLC.

Para la visualización, configuración e interacción con el sistema de control se deberá instalar una interface humana maquina HMI con las características identificadas en la siguiente Tabla.



*Especificaciones técnicas y programación recomendadas para las HMI*

Tabla 18

*Especificaciones técnicas HMI*

<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Requerido</b>
Deberá tener una pantalla de 5.7" a color.	Requerido
Deberá ser producida por el mismo fabricante del controlador de procesos con el fin de garantizar una plena compatibilidad y una fácil integración al sistema reduciendo las horas de ingeniería	Requerido
Deberá contar con mínimo 65536 colores	Requerido
Deberá contar con batería de litio interna para el respaldo de la memoria RAM con una duración no inferior a 100 días	Requerido
Deberá ser de tipo táctil (Touch Screen)	Requerido
Deberá tener una resolución mínima de 320 x 240 pixeles QVGA	Requerido
La zona sensible de toque deberá ser como mínimo de 1024 x 1024	Requerido
El material táctil deberá ser de película resistiva de mínimo 1000000 ciclos	Requerido
Deberá tener un rango de alimentación entre 18 y 30 Vdc y su consumo de corriente no deberá exceder los 500 mA	Requerido
Deberá soportar los protocolos Modbus TCP estándar, protocolos de Siemens (Simatic), Rockwell Automation (Allen-Bradley), protocolos de Mitsubishi entre otros	Requerido
Deberá contar con las interfaces físicas: <i>Ethernet RJ45, interface: IEEE 802.3</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Ethernet RJ45, interface: 10BASE-T/100BASE-TX</i></li> <li>• <i>USB 2.0 puerto mini B USB</i></li> <li>• <i>USB 2.0 puerto USB tipo A</i></li> <li>• <i>COM2 link serial RJ45, interface: RS485, tasa de transmisión de: 187.5 kbps compatible con la interfaz MPI.</i></li> <li>• <i>COM2 link serial RJ45, interface: RS485, tasa de transmisión de : 2400...115200 bps</i></li> <li>• <i>COM1 link serial SUB-D 9, interface: RS232C, tasa de transmisión de: 2400...115200 bps</i></li> </ul>	Requerido
Deberá ser apta para operar a una temperatura de entre 0 y 55 °C	Requerido
El panel frontal deberá ofrecer un grado de protección IP 65	Requerido

*Fuente: Elaboración propia.*



Para lograr un desarrollo óptimo del control de proceso y adquisición de datos se deberá llevar a cabo las tareas de automatización necesarias para tal fin, dichas tareas deberán cumplir un mínimo de requisitos.

Tabla 19

*Protocolos de programación de la HMI*

<b>Programación</b>	<b>Requerido</b>
La programación se deberá realizar de manera estructurada y ordenada de manera lógica, se deberán emplear subrutinas o POU's (Programmable Organization Units) según IEC 61131-3 para lograr un orden del programa	Requerido
Las variables de proceso se deberán nombrar de acuerdo a la norma ANSI/ISA-5.1-2009 o posterior en cuanto a lo relacionado con las señales de instrumentación y control, y en cuando a las señales de dispositivos eléctricos de maniobra y protección se deberá emplear la nomenclatura indicada en la norma IEC 61346-2	Requerido
En lo posible se deberá emplear los diferentes lenguajes de programación especificados en la norma IEC 6131-3 con el fin de lograr desarrollos estructuradores, funcionales y reutilizables en la lógica de control, adquisición y procesamiento de los datos.	Requerido
Se deberán desarrollar módulos de comunicación con los equipos periféricos tales como actuadores eléctricos, medidores de variables de proceso y demás dispositivos inteligentes que posean funciones de comunicación, dichos módulos deberán ser estructurados y serán diseñados con todo lo requerido para garantizar las necesidades operativas del cliente	Requerido
El desarrollo del software y sus módulos asociados tales como bloques de funciones, bloques de comunicaciones y cualquier subrutina o aplicación deberá estar completamente abierta, comentada, documentada y editable, no se aceptarán programas o partes de este con bloqueos, claves o protección de know how	Requerido
Se deberá garantizar que al momento de un corte eléctrico de larga duración el controlador de procesos no perderá su programa o aplicación y que al momento del restablecimiento de la alimentación este entrará en modo RUN y continuará con la ejecución normal del programa	Requerido



---

La interfaz Humano Maquina deberá ser programada de acuerdo a la necesidad del cliente, se deberán implementar despliegues o pantallas básicas tales como diagnóstico, valores de las variables de proceso, pantallas con protección para cambio de SPAN y simulación de variables, pantallas de alarmas, pantallas que indiquen gráficamente el flujo de proceso y demás requerimientos cuyo detalle será entregado por interventoría

---

Requerido

*Fuente: Elaboración propia.*

### *PLC*

El Controlador Lógico Programable o Programmable Logic Controller con sus siglas en ingles PLC, o también conocido como autómata programable, es un dispositivo electrónico que permite automatizar procesos industriales por medio de diversas señales de entradas y salidas tanto análogas como digitales y bajo diversos tipos de comunicación y protocolos, puede ser configurable de forma local por medio de un PC a través de puestos Ethernet o de forma remota, sea vía radio enlace, internet, GPRS entre otras.

Este dispositivo es clave en cualquier proceso actual para brindar de forma autónoma la operación de diversos sistemas o equipos mediante comunicación a través de una filosofía de funcionamiento.

### *Especificaciones técnicas y programación recomendadas para las HMI*

Los PLC se deberá instalar en cada Tablero de control, con un equipo base de 14 entradas digitales incluyendo 4 entradas rápidas a 100 kHz, 10 salidas a transistor, incluyendo 2 salidas rápidas a 100 kHz y 2 entradas análogas de 0-10V de 10 bits. La base debe tener un tamaño no mayor a 700x700x160 mm (H-D-W) con alta flexibilidad en su configuración que permita adicionar hasta 7 expansiones de I/O locales y hasta 14 expansiones remotas usando un módulo transmisor/receptor. Deberá contar con luces piloto para la indicación del estado de las entradas y salidas y como testigo del estado energizado, la conexión de alimentación, de entradas y salidas será mediante borneros tipo clamp o push in (conexión tipo resorte), o borneros con conexión tipo tornillo.



Debe soportar funciones PID hasta 14 lazos simultáneos, PWM, PLS. Debe contar con puerto Ethernet integrado en la base con conector RJ45, puerto serial con conector RJ45 e interfaz RS232/RS485 y puerto USB con conector mini USB 2.0. Debe soportar en la base Modbus RTU maestro/esclavo, Modbus TCP/IP server/client/slave y DHCP client. Debe tener una capacidad de memoria de 256 kB y soportar hasta 10000 instrucciones y debe tener posibilidad de adicionar memoria para almacenamiento de datos a través de una SD card de 2GB. Tiempo de ejecución por instrucción no mayor a 0,2 us boolean, tiempo de ejecución para 1K instrucción no mayor a 0,3 ms para eventos y tareas periódicas.

Tabla 20

*Especificaciones técnicas del PLC*

<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Requerido</b>
<b>Datos de operación que debe cumplir el PLC:</b>	
✓ Tensión de alimentación: 24 vdc	
✓ Consumo de energía: desde 4.9 W sin expansiones hasta 17 W con todas las expansiones instaladas en V c.d.	
✓ Temperatura de operación: de -10 a + 55°C para instalación horizontal.	
✓ Instalación: Montaje en riel DIN o atornillado sobre una base.	
✓ Batería de Lithio con no menos de 4 años de vida.	
✓ Humedad relativa: del 10...95 % (no condensante)	Requerido
✓ Grado de protección: IP 20	
✓ Resistencia a las vibraciones: en riel DIN 3gn (8.4...150 Hz), 3.5 mm (5.8,4 Hz).	
✓ Resistencia mecánica a los golpes (15 gn) a 11 ms	
✓ Debe contar con un reloj de tiempo real (RTC).	
✓ Deberá estar dotado con un interruptor físico para ser conmutado entre los modos Run/Stop.	
<b>Programación</b>	
✓ Esta se llevará a cabo mediante software en un PC en lenguaje escalera, lista de instrucciones incluyendo diagrama de bloques, de acceso libre y descargable de Internet sin necesidad de adquirir licencias. El controlador	Requerido



Especificaciones técnicas	Requerido
<p>deberá ser programado mediante cable Ethernet norma T568A o T568B estándar, o mediante cable estándar USB a mini USB, no se aceptarán controladores con interfaz de programación especial que implique la necesidad de adaptadores o convertidores de medio.</p>	
<p>El software debe permitir</p>	
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Simular fuera y en línea, controlar y supervisar.</li><li>✓ Cargar y descargar programas vía serial, USB, Ethernet y con tarjeta SD.</li><li>✓ Editar informes personalizados.</li><li>✓ Una interfase amigable e intuitiva.</li><li>✓ Utilizar la ayuda en línea.</li><li>✓ Realizar prueba de coherencia detectando errores de introducción.</li><li>✓ Describir la arquitectura del equipo gráficamente incluyendo las redes de comunicación y sus esclavos, generando un listado de materiales</li><li>✓ Utilizar macros para los enlaces modbus.</li><li>✓ Modificaciones en línea.</li><li>✓ El controlador deberá cumplir con el estándar IEC61131-3</li></ul>	Requerido
<p>Comunicaciones</p>	
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Deberá incluir un puerto de comunicación Modbus en conector RJ45 interfaz RS232/RS485, un puerto Ethernet para Modbus TCP/IP Y puerto USB. Debe poder contar con opción de conexión mediante vía Bluetooth o GSM.</li></ul>	Requerido
<p>El equipo debe tener posibilidades de expandirse en</p>	
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Tarjetas inteligentes de arranque de motor, hasta con 4 puertos RJ45.</li><li>✓ Tarjetas con funciones predeterminadas para aplicaciones como hoisting, packaging, conveying.</li><li>✓ Módulos de seguridad conectados directamente al controlador, el cual permitirá la monitorización y reseteo del mismo, sin embargo, el control del módulo debe ser autónomo tal como lo exigen las normas de seguridad. Se debe contar con arquitecturas certificadas por TUV desde fábrica.</li></ul>	Requerido
<p>El equipo debe estar diseñado bajo la normatividad vigente</p>	
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ EN/IEC 61000-4-2</li><li>✓ EN/IEC 61000-4-3</li><li>✓ EN/IEC 61000-4-4</li></ul>	Requerido



Especificaciones técnicas	Requerido
✓ EN/IEC 61000-4-5	
✓ EN/IEC 61000-4-6	
✓ EN/IEC 55011	
Debe contar con la certificación de organismos internacionales	
✓ CSA	
✓ CULus	Requerido
✓ IACS E10	
✓ RCM	
Debe cumplir los estándares	
✓ EN/IEC 6131-2	Requerido
✓ EN/IEC 61010-2-201	
Características técnicas importantes que debe cumplir el PLC:	
✓ Licencia libre y descargable de Internet.	
✓ Servidor web embebido.	
✓ Bloques de monitoreo energético integrados en la herramienta de programación.	
✓ Flexibilidad de expandir el equipo, hasta 256 E/S	
✓ Tamaño optimizado.	Requerido
✓ Sencilla selección de equipo y accesorios con ayuda del mismo software de configuración exportando el listado a una hoja de cálculo ordinaria.	
✓ Módulos inteligentes arranque motor	
✓ Módulos seguridad	
✓ El fabricante debe tener arquitecturas de seguridad prediseñadas y certificadas por TUV.	

*Fuente: Elaboración propia.*

#### *Otros Dispositivos de control que componen el tablero*

Para complementar la funcionalidad y protección del PC y la HMI al interior del tablero de control y potencia, se hace necesario la implementación de otros dispositivos para asegurar el control t operación de los equipos e instrumentos de medición tales como:

- Fuente de 24 VDC
- UPS de 24 VDC



- Batería de soporte de alimentación para UPS de 24 VDC
- Suiche de red Ethernet no administrable
- Borneras de control
- Relés de interposición
- Optoacopladores
- Protecciones análogas 4–20 mA
- Bornera de desconexión tipo cuchilla con porta fusible
- Protecciones seriales RS485
- Interruptores automáticos termomagnéticos para AC y DC
- Limitadores de tensión
- Monitoreo de la temperatura interna (celda de control)
- Control de temperatura interna
- Control de la humedad relativa
- Calefacción de la envoltente
- El envoltente deberá estar dotado con un sistema de iluminación interna tipo LED con las siguientes características:
  - Suiches limite
  - Cableado y marcación
  - Envoltente

#### *Antenas de comunicación punto a punto*

En cada punto donde se implemente el sistema de medición de caudal, para poderle hacer seguimiento y control en tiempo real, es necesario la implementación de sistemas de radio enlace punto a punto que permitan el envío de datos desde la cámara estratégica de medición de caudal y otras variables hacia el CCM con el fin de que el personal competente tome las acciones pertinentes de manera remota.



*Especificaciones técnicas recomendadas antenas de comunicación punto a punto*

Tabla 21

*Especificaciones técnicas para las antenas de enlace punto a punto*

<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Requerido</b>
El sistema debe operar en los rangos de frecuencia no licenciadas de 5,470–5,725 GHz ó 5,725–5,850 GHz.	Requerido
La tecnología a ser utilizada debe usar el método de acceso TDD (Time Division Duplexing), permitiendo la configuración vía software del porcentaje de tráfico de Down Link y de Up Link.. También debe utilizar técnicas de TDMA (Time Division Multiple Access), con el objetivo de eliminar colisión de paquete con los canales de datos de la interfaz aérea	Requerido
El sistema PMP (punto multipunto) debe permitir, operando en condiciones de línea de Visada (LOS), un alcance de hasta 3 Km en la banda de 5,470– 5,725 GHz, y de hasta 15 Km en la banda de 5,725–5,850 GHz	Requerido
La latencia bidireccional de la interfaz aérea debe ser menor o igual a 10ms, de forma a permitir la utilización de aplicaciones que requieran baja latencia, como por ejemplo VoIP y video	Requerido
El sistema PMP (punto multipunto) debe poseer una sensibilidad nominal típica de receptor de -86 dBm o mejor	Requerido
El sistema PMP (punto multipunto) debe permitir la configuración de potencia de transmisión vía de software hasta 23 dBm o más. Rango de datos RF 250 Kbps.	Requerido
Como el sistema PMP debe operar en bandas de frecuencia no licenciadas, la tecnología a ser utilizada debe presentar recursos para minimizar el impacto de interferencia interna y externa en el sistema:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El sistema PMP debe utilizar mecanismos de sincronización de los Puntos de Acceso que componen las estaciones de radio base, a fin de minimizar la interferencia interna en el sistema, permitiendo la extensión de la red mediante la adición de nuevas radios base con mínimo impacto en la red</li> <li>✓ El sistema PMP (punto multipunto) debe permitir la operación con una relación Señal/Ruido nominal menor o igual a 3 dB, para operar en ambientes con ruido de piso elevado.</li> </ul>	Requerido



Especificaciones técnicas	Requerido
<p>El sistema PMP debe consistir de Células de cobertura de 360°, las cuales deben estar formadas por 1 o más Puntos de acceso con sectorización de 60° cada una. Los módulos Punto de Acceso (AP) y unidades CPE (clientes) deben utilizar antenas integradas a la radio. Debe permitir la utilización de reflectores externos pasivos en las radios del sistema PMP</p>	Requerido
<p>Cada Punto de Acceso (AP) de la estación radio base debe ofrecer un ancho de banda adicional de hasta 14 Mbps (downlink + uplink), para un MTU de 1500 bytes. El sistema debe permitir la configuración por software del porcentaje de tráfico de downlink y uplink de cada célula. El sistema debe ofrecer CPEs con las siguientes capacidades de tráfico adicional (MIR):</p>	Requerido
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Hasta 2 Mbps. (con posibilidad de expansión a 4 Mbps, 7 Mbps mediante licencias de software)</li><li>✓ Hasta 7 Mbps. (con posibilidad de expansión a 14 Mbps mediante licencias de software)</li><li>✓ Hasta 14 Mbps.</li></ul>	
<p>El sistema PMP (punto multipunto) debe permitir un reset para volver a la configuración de fábrica. El sistema PMP (punto multipunto) debe poseer un analizador de espectro gráfico integrado, como recurso para identificar potenciales fuentes de interferencia.</p>	Requerido
<p>El sistema PMP debe permitir la configuración de los parámetros CIR y MIR para cada CPE, a fin de definir los límites mínimos y máximos de tráfico, permitiendo, así, la implementación de planes de servicio diferenciados para cada CPE del sistema. El sistema punto multipunto debe implementar priorización de tráfico basada en TOS (Type of Service) o Diff Serv</p>	Requerido
<p>El sistema PMP (punto multipunto) debe permitir la configuración de VLANs en las CPEs del sistema, con capacidad de crear hasta 4.000 VIDs distintas. Las CPEs del sistema PMP (punto multipunto) deben permitir la marcación (y posterior demarcación en la CPE destino) con tag VLAN de los frames no marcados que lleguen por la interfaz cableada Ethernet a la CPE. Las CPEs del sistema PMP (punto multipunto) deben permitir el tráfico de frames ya marcados con VLAN tag, de acuerdo a la configuración vía software. El sistema PMP (punto multipunto) debe permitir la configuración de una VLAN específica para fines de administración del sistema. El sistema debe permitir la configuración del recurso NAT en la CPE. El sistema PMP (punto multipunto) debe soportar por lo</p>	Requerido



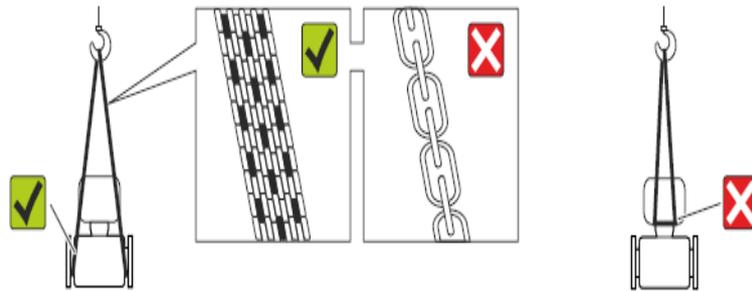
Especificaciones técnicas	Requerido
<p>menos 3.000 direcciones MAC de estaciones de usuarios dentro de cada célula de 360 grados</p> <p>El sistema PMP debe utilizar encriptación en los estándares DES, AES o equivalente. El sistema PMP debe implementar un mecanismo de autenticación en la interfaz aérea, de forma que sólo se puedan registrar en los puntos de acceso del sistema los módulos CPEs previamente registrados en el servidor de autenticación</p>	Requerido
<p>El sistema EMS ofrecido debe proporcionar recursos de autenticación de la interfaz aérea del sistema PMP, de forma que sólo se establezca un enlace de RF entre una CPE y un Punto de Acceso de sistema después de la validación por el sistema EMS. El sistema EMS debe poseer la capacidad de administrar las configuraciones de Plan de Servicio y Perfil de VLAN de cada CPE del sistema de forma centralizada, de manera que estas configuraciones puedan ser enviadas a cada CPE del sistema en el momento de su autenticación. El sistema debe permitir la actualización remota de la versión de software de las radios, a partir de un punto central de la red, utilizando herramientas con entorno gráfico. El sistema PMP debe poseer una interfaz de configuración y administración WEB o SNMP amigable. El sistema PMP debe ser compatible con el protocolo de administración SNMPv2. El sistema PMP debe contar con un sistema de administración específico tipo EMS (Element Management System), el cual prevé la integración con sistemas tipo NMS. El sistema EMS ofrecido debe incluir por lo menos los siguientes recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Permitir el agendamiento de tareas</li><li>✓ Gráficos de performance de los elementos (ancho de banda y calidad de la interfaz de RF)</li><li>✓ Generación de alarmas y notificaciones vía e-mail</li><li>✓ Definición de los eventos que disparan las alarmas y notificaciones</li><li>✓ Definición de modelos de configuración de los módulos del sistema para permitir una reconfiguración rápida y consistente de la red</li></ul>	Requerido

*Fuente: Elaboración propia.*

*Consideraciones constructivas de fabricación, montaje y puesta en funcionamiento*

Se deben tener las siguientes consideraciones para la manipulación exclusivamente de los macromedidores al considerarse como los elementos de mayor cuidado para la implementación de estos sistemas de medición de caudal.

Transporte del producto: Transporte el instrumento hasta el punto de medida manteniéndolo dentro del embalaje original.

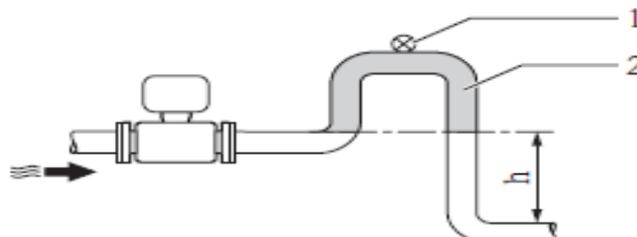


*Ilustración 13.* Recomendaciones para transportar los macromedidores.

Fuente: Copyright (Endress + Hauser, s.f.)

Condición de instalación del macro según la posición de montaje

Instalación en tuberías descendentes: Instale un sifón con válvula de venteo en un punto situado corriendo abajo del sensor en una tubería descendente de longitud  $h \geq 5$  m, esta medida de precaución sirve para evitar que se produzcan presiones bajas que podrían dañar el tubo de medición. Esta medida sirve también para evitar que el sistema pierda su cebado.

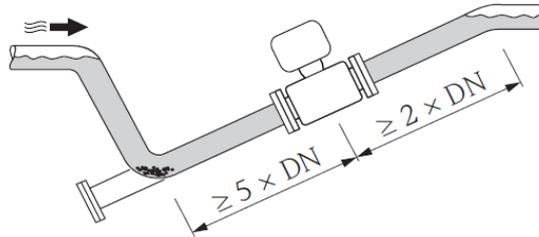


*Ilustración 14.* Recomendaciones instalación de Macromedidor.

Fuente: Copyright (Endress + Hauser, s.f.)

Instalación en una tubería descendente 1) Válvula de purga, 2) Sifón, h) Longitud de la tubería descendente.

Instalación en tubería parcialmente llenas: Una tubería parcialmente llena y con gradiente requiere una configuración

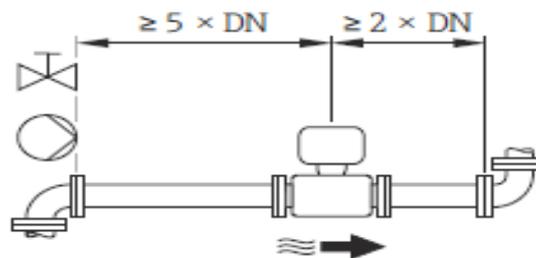


*Ilustración 15* Instalación de macromedidores en tuberías donde no hay lleno total en el interior.

Fuente: Copyrgth (Endress + Hauser, s.f.)

Tramos rectos de entrada y salida: El plano que contiene el electrodo de medición debe estar dispuesto horizontalmente. Se previene así cualquier aislamiento momentáneo de los electrodos de medición a causa de burbujas de aire arrastradas.

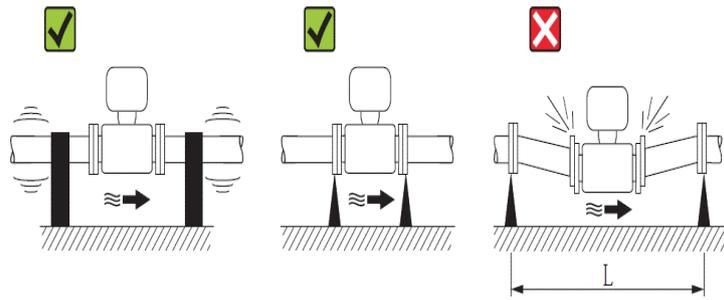
La detección de tubería vacía funciona únicamente bien cuando el cabezal del transmisor apunta hacia arriba, ya que de lo contrario no hay ninguna garantía de que la fundación de detección de tubería vacía responda efectivamente ante de tubería parcialmente llena o vacía.



*Ilustración 16.* Distancias recomendadas aguas arriba y aguas abajo para ubicación del Macromedidor en tramos rectos.

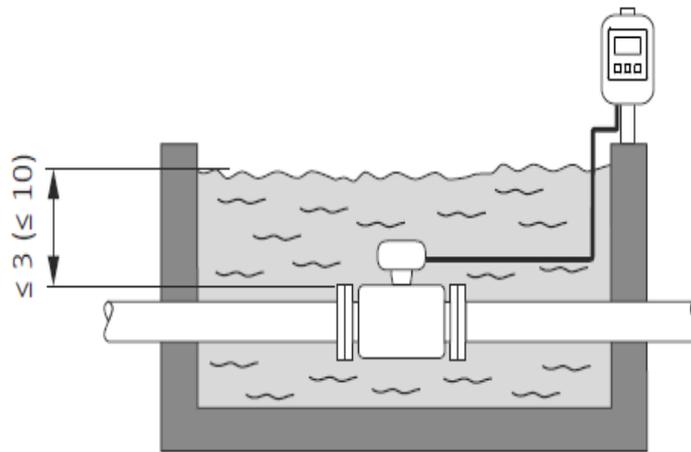
Fuente: Copyrgth (Endress + Hauser, s.f.)

Vibraciones: Es recomendable montar separados el sensor y el transmisor.



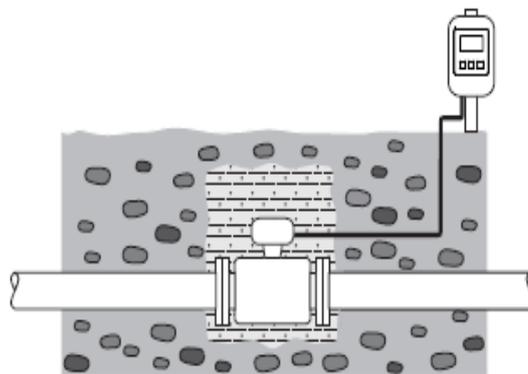
*Ilustración 17.* Medidas preventivas para evitar vibraciones del equipo.

Fuente: Copyrgth (Endress + Hauser, s.f.)



*Ilustración 18.* Inmersión permanente en agua de Macromedidor.

Fuente: Copyrgth (Endress + Hauser, s.f.)



*Ilustración 19.* Aplicación con el equipo enterrado del Macromedidor.

Fuente: Copyright (Endress + Hauser, s.f.)



## Marco Tecnológico

Todos proceso de diseño sea netamente hidráulico, mecánico, eléctrico, electrónicos o la combinación entre unos u otros, requiere unas revisiones, esquemas, pre diseños generales previos a fin de poder identificar posibles requerimientos posteriores para los diseños de detalle y definitivos, esto se realiza con el propósito, en algunos casos de prever algún presupuesto, identificar espacios, restricciones u otras consideraciones, para nuestro caso se usará inicialmente para establecer el P&ID (Piping And Instrumentation Diagram/Drawing o traducido, Diagrama/Dibujo de tuberías e instrumentación) y determinar dimensiones previas de las cámaras y sistemas de medición solo bajo las recomendaciones de los fabricantes y distribuidores, estos se realizarán el Software AutoCAD 2018 de la casa Autodesk, mientras los diseños de detalle y definitivos para los sistemas medición y control de flujo y volumen se realizarán en el Software Inventor Profesional 2017 de la misma casa, ambos con licencias gratuitas para estudiantes.

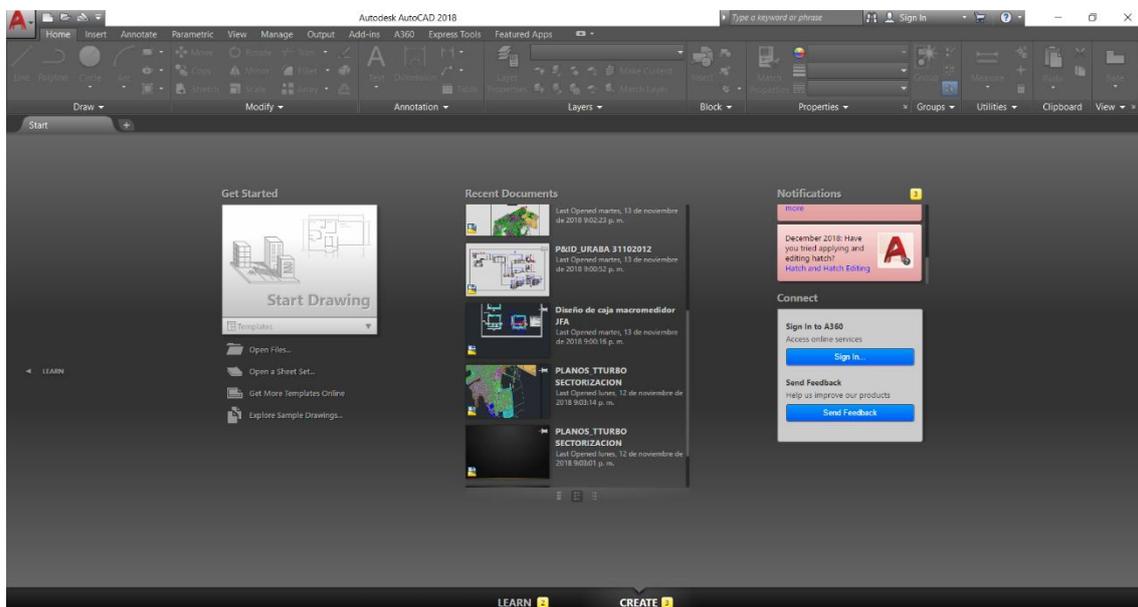


Ilustración 20. Esquema del Software Autodesk AutoCAD 2018.

Fuente: Elaboración propia.

Estos software de dibujo, diseño, modelaciones, simulación, entre otras muchas herramientas disponibles y de alta complejidad para usos de la ingeniería, son indispensables para la realización de este tipo de trabajo para la obtención de resultados



de diseño confiables y normalizados, al estar estos software bajos normas, reglamentos y estándares internacionales como las ANSI (American National Standards Institute o Instituto Nacional Estadounidense de Estándares), DIN (Deutsches Institut für Normung Instituto Alemán de Normalización), API (American Petroleum Institute o Instituto Estadounidense del Petróleo), entre muchas otras que son ampliamente utilizadas en la industria.

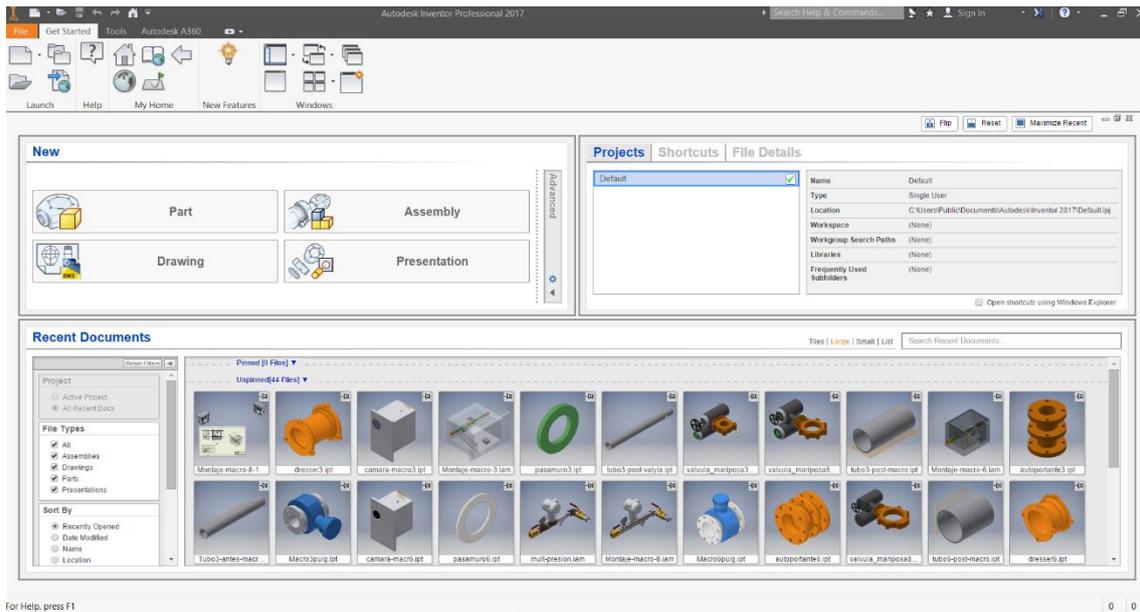


Ilustración 21. Esquema del Software Autodesk Inventor Professional 2017.

Fuente: Elaboración propia.



## **Metodología de la investigación**

### **Tipo y Enfoque**

Este trabajo se basa en una investigación aplicada por medio del estudio de diversos equipos y sistemas de última tecnología que logren identificar las falencias que tiene hoy la prestación del servicio de agua potable para el municipio de Turbo y que a su vez, poder ser implementado por cualquier otra empresa para el municipio atendido.

El enfoque de la investigación es netamente cualitativo al partir de la observación y evaluación de los comportamientos de uso del agua potable en el municipio de Apartadó, levantamiento de información de la problemática social y cultural que afecta a la población, identificación de los indicadores de cumplimiento por parte de la empresa prestadora de servicios públicos de la zona y la recopilación de información para la atención para el mejoramiento de estos indicadores.

### **Población y muestra**

La población a la cual va enfocada esta investigación es puntualmente la empresa prestadora de servicios públicos, Aguas Regionales EPM S.A. E.S.P. a la cual se desea, por medio del diseño de estos sistemas, realizar una implementación que permita identificar las falencias existentes en la distribución de agua potable, siendo aso, la muestra la misma población o comunidad del municipio la cual se vería altamente beneficiada no solo con ofrecer un servicio continuo las 24 horas, de alta cobertura y de calidad, sino también la posibilidad de la posibilidad de la disminución de los costos por metro cúbico facturado a estabilizarse los consumos y la disminución de los IANC impactando en menor medida a los clientes

### **Instrumentos de recolección de datos**

El método de recolección de datos se desarrolla por medio de un levantamiento de información para identificar que subsectores o barrios del municipio posean una mayor problemática con los temas de legalidad, fraude, invasión de predios y afectaciones para



el acceso al agua potable, actualmente como en Turbo es imposible identificar el volumen consumido por ciertos sectores, será fundamental evaluar las condiciones socioeconómicas de la comunidad, problemáticas de vulnerabilidad, acceso a otros servicios públicos como energía, gas natural, alumbrado público y recolección de basuras. Para la recolección de información se centrará en una serie de entrevistas a tres áreas cruciales de la empresa Aguas Regionales EPM S.A. E.S.P. las cuales son Operación y Mantenimiento, Comercial y Social.

Se realiza un cuestionario a la profesional de Operaciones Zona 1 (Municipio de Turbo) de la empresa Aguas Regionales EPM S.A. E.S.P. la Ingeniera Mónica Patricia Ramos donde hace las siguientes explicaciones sobre el tema de los altos IANC que posee el municipio donde indica que la problemática no se centra ni en la captación del agua cruda, ni en el volumen de potabilización el cual por sí mismo alcanzaría para abastecer casi al doble los clientes legalizados que posee el municipio con una cobertura del 100% y una continuidad las 24 horas, sino que la problemática se centra en un tema de distribución en redes secundarias que por diversos ámbitos son un tema operativo que afecta el servicio. (Ramos Gonzalez, 2019).

Las falencias parten en la imposibilidad de brindar un servicio a toda la población o de cobertura en algunos sectores vulnerables o invasiones, que al verse aislados del suministro de agua acuden a fraudes y afectaciones a las redes, ocasionan fugas en muchos casos difíciles de detectar, derroche de agua y la imposibilidad que el servicio llegue a otros clientes.

El tema de brindar las suficientes presiones para que llegue a los clientes son en muchos casos críticos debido a la topografía del municipio, el cual al estar ubicado al nivel del mar y ser totalmente plano las pérdidas caen tales presión afectando las colas de red, barrios alejados o segundos pisos en adelante, por lo tanto, el servicio o inyección a las tuberías de distribución se realiza de dos maneras, a gravedad desde dos (2) tanques elevados de 35 y 40 metros de altura y un bombeo directo a la red desde la Planta Potabilizadora, es por ende que, cualquier interrupción por los casos anteriormente indicados interrumpan de inmediato el servicio a muchos clientes y grandes cantidades de agua se pierdan, la ausencia de verificación o un sistema que indique que barrios o



subsectores aumentan su consumo genera que cualquier hallazgo de fuga sea demorado y las afectaciones se prolonguen por un periodo extenso.

Para la identificación de los problemas comerciales, se realizó el apoyo con la profesional Comercial para el municipio de Turbo, la ingeniera Lucy Yazmina Blandon Sánchez quien indica que: según el historial de fraudes detectados se ha evidenciado que el subsector del centro perteneciente al sector 2 alimentado por bombeo directo, es el que posee la mayor cantidad de hallazgos de fraude que impacta altamente a los IANC ya que estos pertenecen a locales comerciales, restaurantes y hoteles, los cuales, por su alto consumo diario generan un gran impacto para la prestación de los servicios de forma continua para el resto del municipio y donde la empresa prestadora del servicio a levantado procesos legales de defraudación a estos inmuebles los cuales, lastimosamente aunque sea dictado por jueces la remuneración de la cartera promedio que estos locales le adeudan a la empresa no solo no ha sido posible su recuperación sino que también, en revisiones posteriores se siguen evidenciando la reiteración en el fraude. (Blandón Sánchez, 2019).

Un tema que afecta o impacta a la empresa de servicios en el ámbito comercial, es la cartera que adeuda el mismo municipio en temas relacionados en los beneficios de subsidios a las tarifas de los estratos 1, 2 y 3 los cuales son del 22, 16 y 5% respectivamente.

Mediante un proceso de formulación con la ingeniera Lidis María Silgado Obregón experta en el área social para temas de competencia cultural sobre fraude en sectores claves del municipio de Turbo, expone cuales son las causas raíz en la cual la población. (Silgado Obregón, 2019).

Los barrios con mayor problemática de violencia o de figuras de pandillas no son los que presentan los IANC más elevados, esta revisión se llevó a cabo en ciertos barrios como la Playa y pescadores del subsector y buenos aires del subsector 5 y 6, todos estos alimentados por medio del bombeo directo pertenecientes al sector 2, se evalúa que las pérdidas van encaminada a la falta de legalización de clientes, pérdidas de agua potable debido a daños en las tuberías de distribución secundarias las cuales son muy antiguas y presentan alto deterioro. Es clave recalcar que estos barrios cuentan con unas Juntas de Acción Comunal bien establecidas las cuales brindan gran apoyo a empresas prestadoras



de servicio público como energía, alumbrado público, aseo y agua y saneamiento a fin de permitir cierto avance y desarrollo en sus comunidades las cuales se han visto altamente afectadas por la violencia que afecta a su población.

El tema cultural es clave para la reducción de los IANC, en sectores como El Tesorito, Villa María y Santa Fe los cuales tienen las mayores pérdidas por temas de fraude a niveles de usuarios no comerciales o viviendas, la población de estos barrios no solo se conecta a redes de acueducto de forma fraudulenta, sino que, después de realizar las medidas correspondientes para eliminar tales acciones la comunidad vuelve a conectarse, igualmente temas como el no pago y la generación de grandes recursos en temas de cartera afectan altamente la eficiencia de la empresa, en estos mismo subsectores, las invasiones o el asentamiento de ciertas comunidades las cuales no están legalizadas por parte del municipio y por ende no se les puede dar cobertura en servicios públicos, realizan acometidas para su abastecimiento de forma fraudulenta, afectando así la continuidad en otros barrios o subsectores legalmente constituidos y llevándolos a tomar medidas similares. Cabe resaltar que estos fraudes o pérdidas no solo afectan la continuidad del servicio, sino también la calidad del mismo debido a pequeñas filtraciones de desechos y aguas contaminadas al interior de las redes de agua potable.

Según lo anterior, cambiar la cultura de toda la población de Turbo es difícil, pero empezar un trabajo social en las zonas más críticas es primordial para cambiar la forma de pensar de las personas, concientizarlas sobre el uso adecuado del preciado líquido en estas épocas donde cada litro cuenta y repercute en la sostenibilidad no solo de la empresa sino también de las mismas fuentes de captación. Se necesita que la población entienda que realmente los costos por m<sup>3</sup> facturado a cada vivienda o local comercial no van encaminados a generar altos ingresos a empresarios o el desconocimiento del costo por el agua al cual cualquier persona puede acceder y debería ser un servicio universal gratuito, sino que al contrario, el agua como tal es gratis, los costos asociados en las facturas de servicios públicos son los costos asociados en su captación, potabilización y distribución, representados en su mayoría por los consumos de energía y los químicos para realizar tales procesos, el personal que labora en la empresa, el mantenimiento de la infraestructura e inversiones necesarias para la óptima operación del servicio.

Aunque se identifica barrios y subsectores con altas afectaciones de los IANC en donde se pueden ubicar los sistemas de control de flujo para el seguimiento de los consumos en tiempo real y tomar acciones en base a esto, el control sobre los demás subsectores debe ser igual de importante a fin de no perder el control sobre los volúmenes de agua potable brindados a la comunidad y establecer condiciones de continuidad y calidad el servicio.

### **Análisis de Resultados**

A partir de la información recopilada y de su análisis en colaboración con personal de operaciones y la profesional encargada del sistema y bajo las consideraciones de esta investigación solo se centrará en las redes secundarias de distribución directamente en el casco urbano del municipio de Turbo a partir de las redes existentes actualmente, ´por lo tanto se tiene 7 puntos estratégicos para la ubicación de los sistemas de medición de control de flujo para el seguimiento y trazabilidad de los IANC

Para estas instalaciones se debe tener en cuenta en algunos casos el daño de losas de concreto, igualmente la fabricación de cajas con dimensiones acordes a los espacios y diámetros de las tuberías de la red, en algunos casos se puede montar en desagüe para evacuar las aguas incluyendo cheques para evitar que se regresen las agua en época de invierno, en otros casos se requerirá motobombas de achique.

1. Instalación de macro sobre red de Ø6 pulgadas o DN160 mm este medirá el subsector 1; Dirección calle 107c con carrera 29 costado de la universidad de Antioquia.



*Ilustración 22. Ubicación caja para instalación de macro en tubería de Ø6” polietileno “Ubicación #1”*

Fuente: Elaboración propia



*Ilustración 23.* Ubicación caja para instalación de macro en tubería de Ø6” polietileno “Ubicación #1”

Vista 2.

Fuente: Elaboración propia

2. Instalación de macro sobre red de Ø3 pulgadas o DN 90 mm este medirá el subsector 2; Dirección calle 107c con carrera 27 frente universidad de Antioquia.



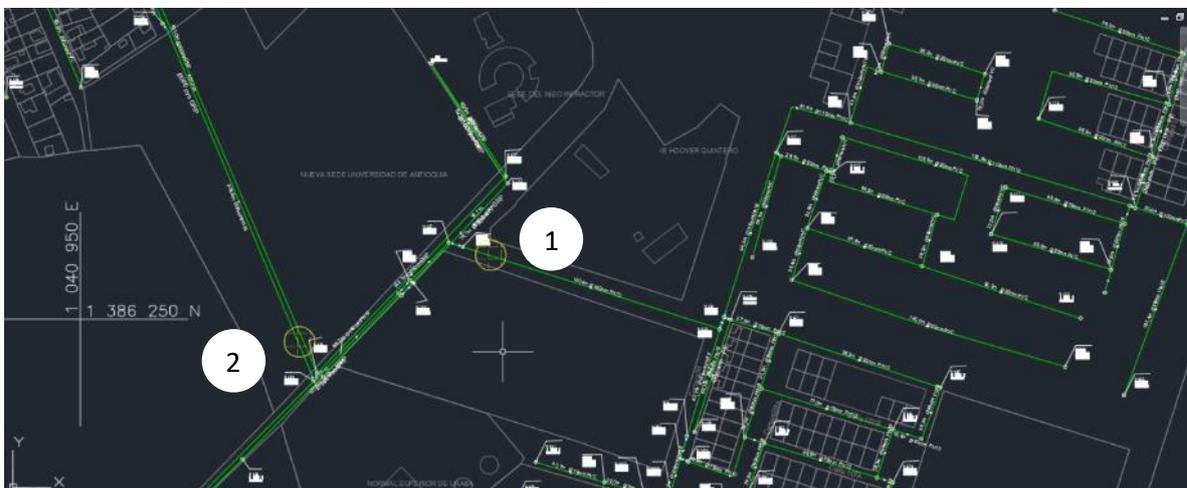
*Ilustración 24.* Ubicación de válvula sectorización en tubería de Ø3” polietileno a 1.2 metros aproximadamente de profundidad. “Ubicación #2” vista 1.

Fuente: Elaboración propia.



*Ilustración 25.* Ubicación de válvula sectorización en tubería de Ø3” polietileno a 1.2 metros aproximadamente de profundidad. “Ubicación #2” vista 2.

Fuente: Elaboración propia.



*Ilustración 26.* Ubicación de los puntos 1 y 2 en el mapa hidráulico de Turbo.

Fuente: Elaboración propia.

La distancia entre ambas instalaciones (1 y 2) es entre 120 a 150 metros, se debe tener en cuenta que están muy cerca al sitio donde se construirá el tanque bajo y rebombeo de la Lucila, por lo tanto se puede estimar que al momento de realizar las obras y se pongan en funcionamiento tanto la alimentación eléctrica como la transmisión de datos se realice desde la estación. Se debe considerar una bomba de achique con flotador o sistema de arranque por nivel de agua para evacuar el agua de lluvia, ya que cerca al sitio no existe lugar donde evacuar por gravedad o a costo razonable el agua almacenada.

3. Instalación de macro sobre red 160mm este medirá los subsectores 6, 9, 10; Dirección calle 104 con carrera 20.



Ilustración 27. Ubicación de caja para macro en tubería de Ø6" polietileno a 1.3 metros de profundidad "Ubicación #3". Vista 1.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 28. Ubicación de caja para macro en tubería de Ø6" polietileno a 1.3 metros de profundidad "Ubicación #3". Vista 2.

Fuente: Elaboración propia.

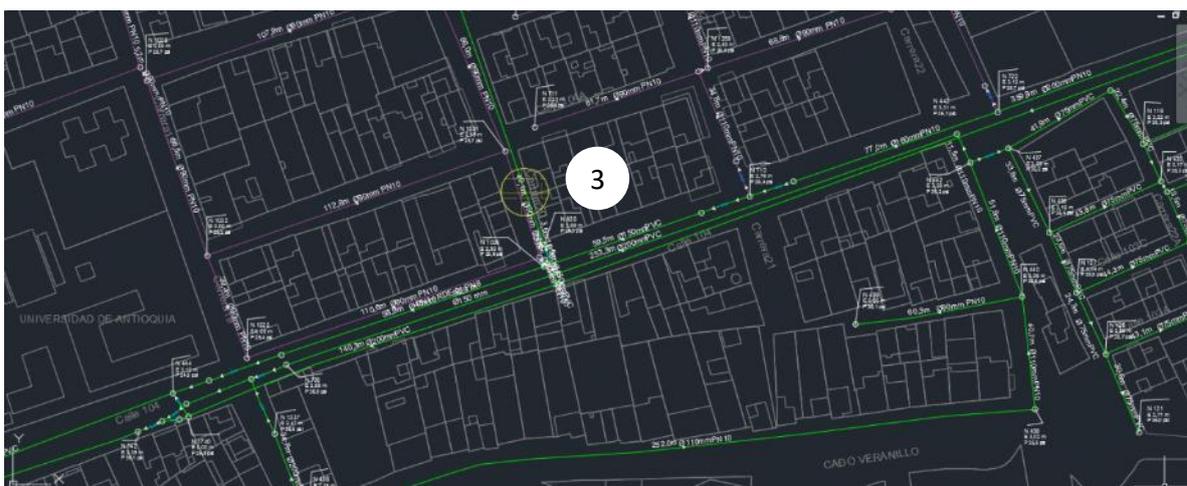
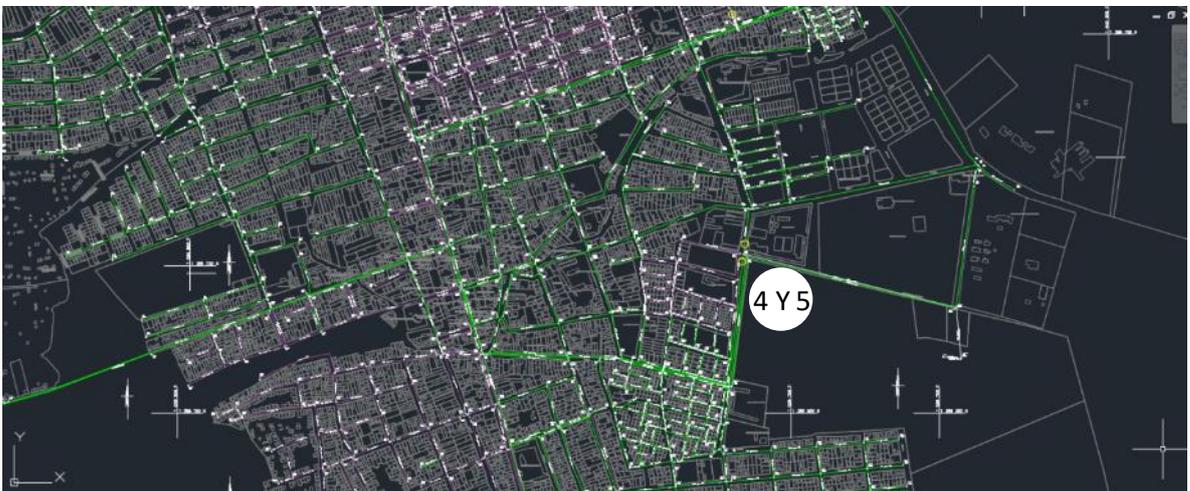


Ilustración 29. Ubicación del punto 3 en el mapa hidráulico de Turbo.

Fuente: Elaboración propia.

Este Macromedidor está alejado de cualquier punto de agua, por lo tanto se debe contemplar tanto el tablero del PLC, medida y enlace a PPAP. Debe incluir una motobomba de achique para evacuar el agua de lluvia al interior, determinar cierto nivel por encima de la vía para evitar que el agua desemboque en la caja.

4. Instalación de macro sobre red 160mm este medirá los subsectores 14,15;  
Dirección carrera 19 con calle 99f frente al Colegio Adventista
5. Instalación de macro sobre red 160mm este medirá los subsectores 11, 12,13;  
Dirección carrera 19 con calle 99f



*Ilustración 30.* Ubicación del punto 3 en el mapa hidráulico de Turbo.

Fuente: Elaboración propia.



*Ilustración 31.* Ubicación de las dos cajas para los macros en tuberías de Ø8'' PVC de las ubicaciones 4 y 5, cerca al estadio, distancia entre válvulas de sectorización 15 m. Al frente poste de 12 m para medida, tablero PLC y enlace. Vista 1.

Fuente: Elaboración propia.



*Ilustración 32.* Ubicación de las dos cajas para los macros en tuberías de Ø8'' PVC de las ubicaciones 4 y 5, cerca al estadio, distancia entre válvulas de sectorización 15 m. Al frente poste de 12 m para medida, tablero PLC y enlace. Vista 1.

Fuente: Elaboración propia.

Las ubicaciones 4 y 5 pueden compartir el mismo tablero PLC, medida y enlace para su alimentación eléctrica y transmisión de datos hasta la PPAP, se debe considerar el daño de dos placas de concreto de 3.5 x 5 m a un costado de la vía, cerca la instalación hay un vertedero de aguas lluvias el cual se puede utilizar para evacuar por gravedad cualquier agua que ingrese a las cajas.

6. Instalación de macro sobre red 200mm este medirá los subsector 5, 6, 7,8; Dirección calle 115 con carrera 14



*Ilustración 33.* Ubicación de caja de macro medidor para la ubicación #6, esta sería instalado sobre una tubería de Ø8” polietileno que aún no se ha instalado y se encuentra en la redes que ya están en proceso de ejecución por Findeter.

Fuente: Elaboración propia

7. Instalación de macro sobre red 110mm este medirá los sectores 4,3; Dirección calle 111 con carrera 14



*Ilustración 34.* Válvula de sectorización para la instalación de macro de la ubicación #7 en tubería de Ø8” polietileno que viene directo desde el tanque alto de La Lucila hasta la Playa. Vista 1.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 35. Válvula de sectorización para la instalación de macro de la ubicación #7 en tubería de Ø8" polietileno que viene directo desde el tanque alto de La Lucila hasta la Playa. Vista 1.

Fuente: Elaboración propia.

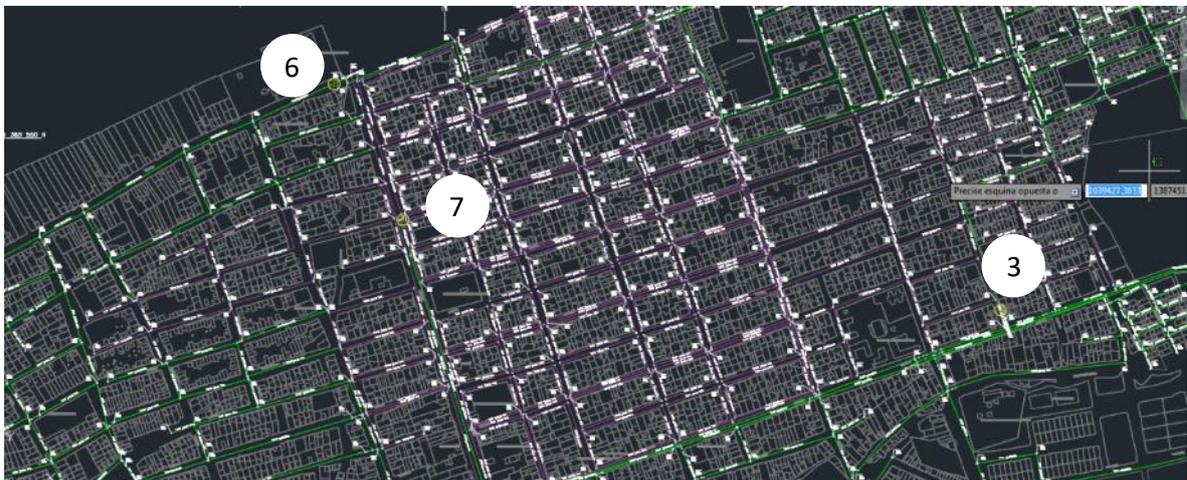


Ilustración 36. Ubicación de los puntos 6 y 7 en el mapa hidráulico de Turbo.

Fuente: Elaboración propia.

Para la ubicación #7 existe al lado un caño donde se puede evacuar el agua que se almacene en su interior, igualmente personal identifica que en invierno todo el sector se ve afectado por inundaciones donde recomiendan que los muros de la caja deben quedar por encima del terreno al menos 50 a 60 cm.

Las ubicaciones 6 y 7 están entre 200 a 250 metros de distancia, verificar la posibilidad de alimentar, utilizando el mismo tablero PLC y medida para ambas instalaciones a fin de ahorrar presupuesto y asegurar ambas obras.



Tabla 22.

*Identificación de ubicación de Macromedidor y sector a controlar*

<b>Ubicación Macromedidor</b>	<b>Diámetro de tubería [pul]</b>	<b>Material de la tubería</b>	<b>Subsectores a controlar</b>
1	6	PEAD	1
2	3	PEAD	2
3	6	PEAD	6 - 9 - 10
4	8	PVC	14 – 15
5	8	PVC	11 – 12 - 13
6	8	PEAD	5 - 7 - 8
7	8	PEAD	4 - 3

*Fuente: Identificación de los diámetros y materiales de las tuberías según recorrido realizado con personal de operaciones de Aguas Regionales EPM SA ESP y recopilación propia.*

## Ingeniería del Proyecto

Basándonos en el P&ID el cual significa en inglés Piping And Instrumentation Diagram/Drawing o traducido, Diagrama/Dibujo de tuberías e instrumentación se realizará el esquema de diagrama del proceso de flujo, este nos indicará la secuencia en la cual irán instalados todos los accesorios, elementos, equipos, y otros dispositivos que se integrarán al sistema hidráulico para el control del caudal en una cámara predeterminada.

Los diagramas estarán compuestos por una serie de símbolos estándares basados bajo la norma ISA S5.1 “Sistemas de instrumentación y automatización”, esta norma aparte de usar una serie de símbolos para cada componente eléctrico, electrónico, hidráulico, mecánico, entre otros, utilizan líneas y esquemas geométricos para representar procesos o flujos de datos e información.

El siguiente diagrama identifica los componentes generales y genéricos que compondrán el sistema de medición y control de flujo, este aplicará para todos los puntos de ubicación de los macromedidores independiente del diámetro y material de la tubería.

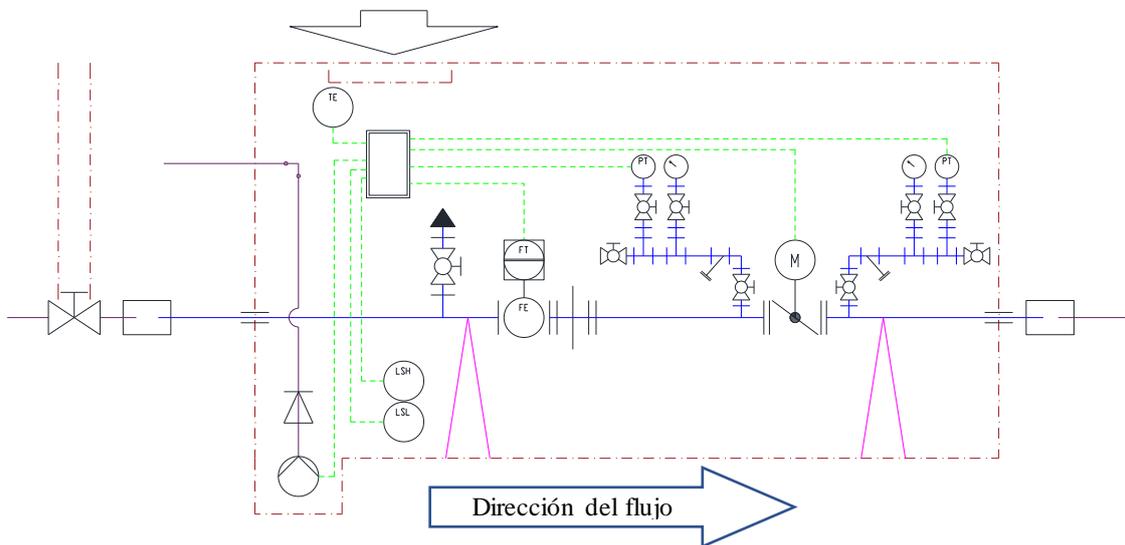


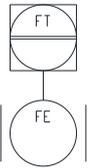
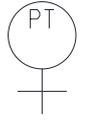
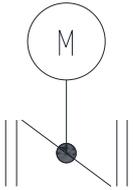
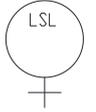
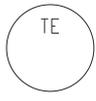
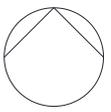
Ilustración 37. Diagrama P&ID del sistema de medición de flujo.

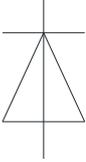
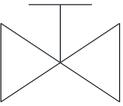
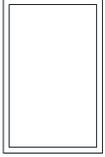
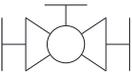
Fuente: Elaboración Propia

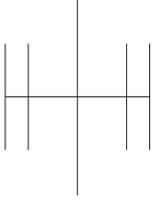
En la tabla siguiente se identificarán las convenciones correspondientes para cada elemento que se implementará en el sistema.

Tabla 23.

*Convenciones de los elementos a implementar para la medición y control del flujo.*

Símbolo P&ID	Ilustración	Descripción
		<p>Macromedidor electromagnético bridado con sensorica local y display remoto fuera de la cámara de comunicación Modbus</p>
		<p>Transmisor o celda de presión manométrica de señales 4 a 20 mA HART para lectora local y remota a través del PLC</p>
		<p>Manómetro análogo para validación de medidas de presión con el transmisor para lectura solo local</p>
		<p>Válvula mariposa con actuador motorizado o eléctrico con accionamiento tanto local como remoto bajo comunicación Modbus</p>
		<p>Sensor de nivel tipo horquilla vibrante, la LSL será para la señal de arranque de la motobomba sumergible, en caso que el nivel siga subiendo (ingreso de agua mayor al bombeado o que este equipo falle, el LSH enviará una señal de alarma para validar localmente cualquier problema</p>
		
		<p>Motobomba sumergible para achique del agua que ingresa a la cámara, se recomienda se ubique bajo un desnivel o pozo interior para mantener el equipo siempre sumergido, su arranque se dará por LSL</p>
		

Símbolo P&ID	Ilustración	Descripción
		<p>Cheque en bronce para ser acoplado a la tubería de PVC de la motobomba de achique, evitará el regreso del agua ya bombeada de la cámara</p>
		<p>Válvula ventosa triple efecto para evacuar y dejar ingresar grandes cantidades de aire y expulsar pequeñas cantidades de aire cuando se presuriza o despresuriza para la tubería</p>
		<p>Unión tipo Dresser para acople entre tuberías lisa del mismo o diferente material, en este caso, la tubería PVC o PEAD con acero al carbón</p>
		<p>Válvula tipo compuerta para sectorización de acople entre tuberías para sectorización, estas válvulas se encuentran ya instaladas, por lo tanto las cámaras nuevas para el control y medición del flujo se construirán e instalarán posterior para el cerramiento del sistema</p>
		<p>Unión tipo pasa muro para evitar el contacto directo de la tubería con el concreto e evitar filtraciones de agua al interior de la cámara</p>
		<p>Caja de conexión con borneras eléctricas IP68 para realizar los empalmes correspondiente de todos los equipos e instrumentos al interior de la cámara hacia el exterior</p>
		<p>Válvulas tipo bola de tres cuerpos para ser instaladas en el múltiple de presión (manómetro y transmisor) y de guarda para la válvula ventosa</p>

Símbolo P&ID	Ilustración	Descripción
		Filtro en YEE para ser instalados en el múltiple de presión a fin de evitar el paso de posibles elementos sólidos hacia los instrumentos de medición de presión
		Unión rígida de desmontaje autoportante, esencial para el acople entre tuberías para realizar y soportar cargas axiales y facilitar el desmonte de la misma, permite absorber ciertas desalineaciones transversales y angulares
		Soporte para el sistema hidráulico, evita que ciertos accesorios se vean expuestos a las cargas por el peso de todos los equipos y permite absorber las cargas hidráulicas propias del flujo

Fuente: Recopilación Propia.

Tabla 24.

Descripción de la simbología de las líneas del sistema

Símbolo	Descripción
	Línea roja punteada que demarca obras civiles, en este caso la cámara donde será ubicado el sistema completo hidráulico para medición y control del flujo
	Línea continua color magenta la cual se asigna a la tubería hidráulica externa la cual para este caso puede ser de Polietileno de alta densidad (PEAD) o de Policloruro de Vinilo (PVC)
	Línea verde punteada que se asigna para las acometidas eléctricas o electrónicas de los componentes electromecánicos e instrumentación, cabe resaltar que el cable de control y potencia deben ir por ductos separados para no generar ruido que afecte los datos registrados por los sensores
	Línea continua azul, esta se asigna a la tubería interna para el sistema hidráulico de medición y control de flujo, esta será en acero al carbón con acabado de pintura epóxica y de poliuretano para aumentar su vida útil y evitar la corrosión

Fuente: Recopilación propia.



## **Diseño hidráulico específico para los sistemas de medición y control de flujo**

Los diseños hidráulicos a detalle se basan considerando que para los 7 sistemas de medición y control de flujo existe tres diferentes tamaños, para tuberías de Ø3", Ø6" y Ø8" independiente del material, se partirá que el medidor electromagnético de caudal se mantendrá del mismo tamaño y el esquema o diagrama P&ID es igual para todos.

Para los puntos de medición se debe tener en cuenta la alimentación eléctrica externa, por lo tanto, se debe considerar el trámite del proyecto y legalización ante la empresa prestadora de servicio de energía para el montaje de la medida y la alimentación monofásica y bifásica de 110 y 220V, se resalta, que según las cargas o consumos de los equipos, no es necesario considerar la implementación de transformadores baja baja.

Es indispensable que todo el sistema se encuentra aterrizado y equipotenciado, es decir, se debe considerar la instalación de varillas cooperweld para realizar la acometida del cable de tierra a fin de evitar que por descargas atmosféricas se afecten los equipos, igualmente, como el sistema es subterráneo, no sería necesario la instalación de puntas Franklin de pararrayos para absorber los mismo, antes se recomienda no tenerlo en cuenta para no atraer tales fenómenos naturales.

Para el montaje del Macromedidor se tendrá en cuenta las distancias para lograr los menores errores porcentuales, donde los fabricantes recomiendan 5 diámetros arriba y 3 diámetros abajo.

Los múltiples de presión se instalarán aguas arriba y aguas debajo de la válvula mariposa con el actuador motorizado a fin de realizar la medición de las caídas de presión cada vez que se manipule las misma, igualmente validar si esta funciona de forma correcta

La válvula ventosa y su válvula de guarda se ubican antes de la válvula mariposa a fin de permitir, al momento de manipular de válvula mariposa permitir la expulsión del aire que se concentra antes del cerramiento o apertura.

Entre el medidor de caudal y la válvula mariposa es esencial la implementación de una unión flexible que no solo permita absorber cualquier desalineación transversal y angular



entre las tuberías, sino que también permita soportar cualquier carga tanto por los pesos de parte de los equipos y elementos y cierta carga axial que se genera al momento del choque del flujo de agua contra la válvula mariposa, es decir, los golpes de ariete, para este caso, se opta por implementar una unión rígida de desmontaje autoportante.

Para realizar la unión entre las tuberías de PVC o PEAD al de acero al carbón la cual será el material a instalar al interior de la cámara, se opta por uniones tipo Dresser las cuales se dejarán por fuera de la cámara con el fin de no realizar una obra civil de mayores dimensiones innecesariamente.

Las dimensiones de la cámara para el sistema de medición y control de flujo será lo más limitada posible a fin de no generar costos innecesarios, estas dimensiones se centrarán alrededor del sistema, bajo los espacios necesarios para el personal de mantenimiento o montaje de estos equipos facilitando las maniobras y temas de seguridad. Al interior de la cámara se tendrá en cuenta un pozo interior para ubicar el equipo de bombeo sumergible y el fondo con desnivel hacia el mismo, esto permitirá que el equipo opera siempre con cierta cantidad de agua evitando su operación en seco.

Es vital que la cámara quede totalmente estanca, aunque los equipos y la instrumentación a instalar para la medición de las variables necesarias, que, aunque la instrumentación podrá operar de manera sumergida, no sería lo ideal que esta permanezca en tales condiciones para no acortar su vida útil.

El diseño del sistema de medición y control de flujo se realizará por medio del software Autodesk Inventor, con licencia gratuita para estudiantes, este software permitirá modelar todo el montaje y realizar los planos de fabricación de todo el sistema, los cuales serán anexos a este trabajo.

En la siguiente ilustración y tabla se identifica un esquema P&ID con las dimensiones preliminares para el desarrollo de cada uno de los sistemas de medición y control de flujo se recomendaciones fabricantes de estos equipos e instrumentos, igualmente considerando espacios necesarios para el ingreso del personal correspondiente,

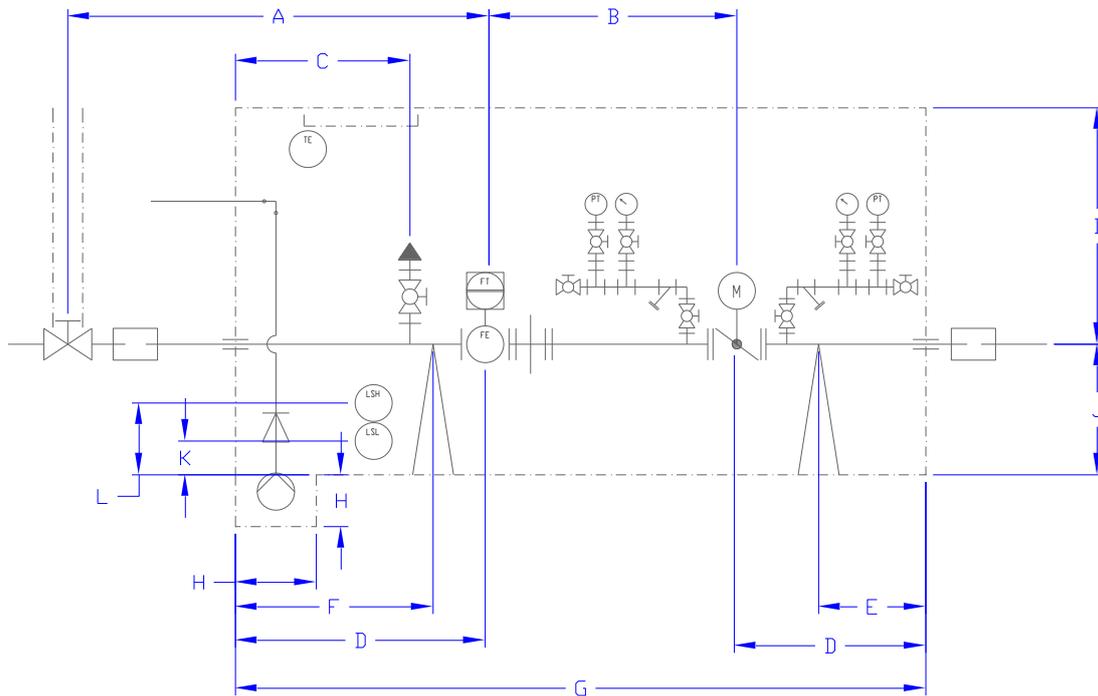


Ilustración 38. Diagrama P&ID del sistema completo para determinar las medidas según el tamaño de la cámara preliminar para cada sistema.

Fuente: Elaboración propia.

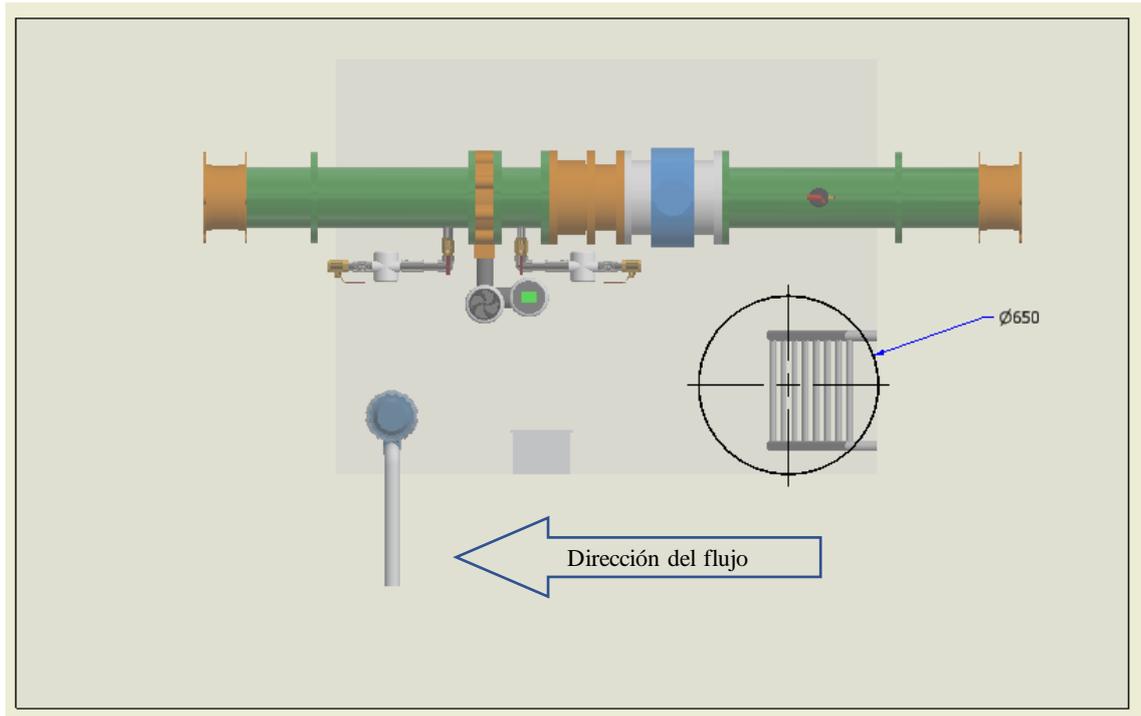
Tabla 25.

*Dimensiones preliminares para cada sistema de medición y control según tamaño, medidas en milímetros.*

Medida	Sistema de Ø3" [mm]	Sistema de Ø6" [mm]	Sistema de Ø8" [mm]
A	400	800	1050
B	155	310	410
C	70	160	250
D	300	400	500
E	200	200	250
F	200	300	300
G (2D+B)	755	1110	1410
H	200	300	350
I	1200	1200	1350
J	300	400	400
K	250	350	350

*Fuente: Elaboración propia*

En las siguientes ilustraciones se identifican los 3 diseños para los sistemas de medición y control de flujo para los puntos de diámetros de tubería de Ø3", Ø6" y Ø8" usando el software gratuito en la versión estudiantil de Autodesk Inventor 2018.



*Ilustración 39. Vista superior diseño de macromedición de Ø8".*

Fuente: Elaboración propia.

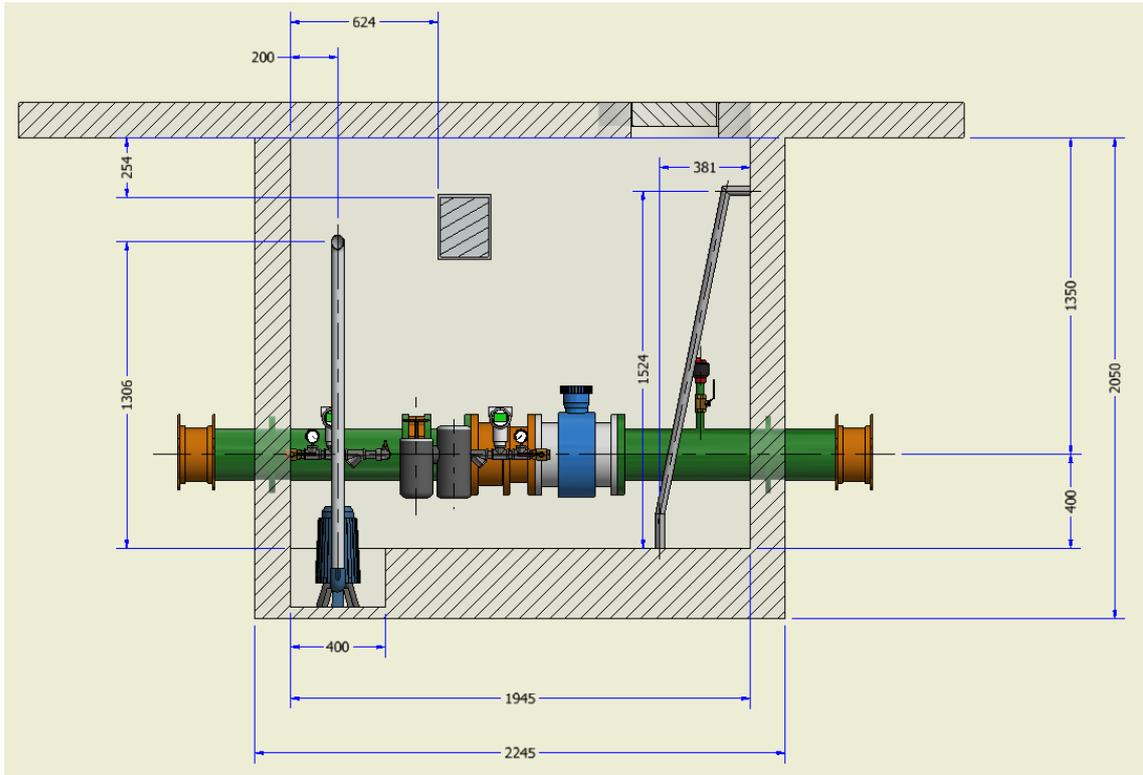


Ilustración 40. Vista en sección lateral diseño de macromedición de Ø8".

Fuente: Elaboración propia.

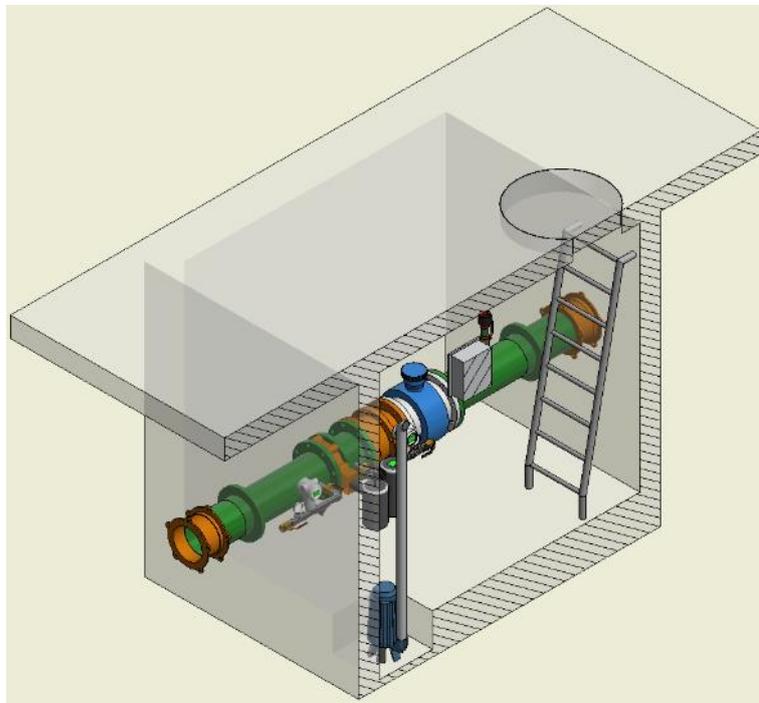


Ilustración 41. Vista #1 en sección lateral isométrica macromedición de Ø8".

Fuente: Elaboración propia.

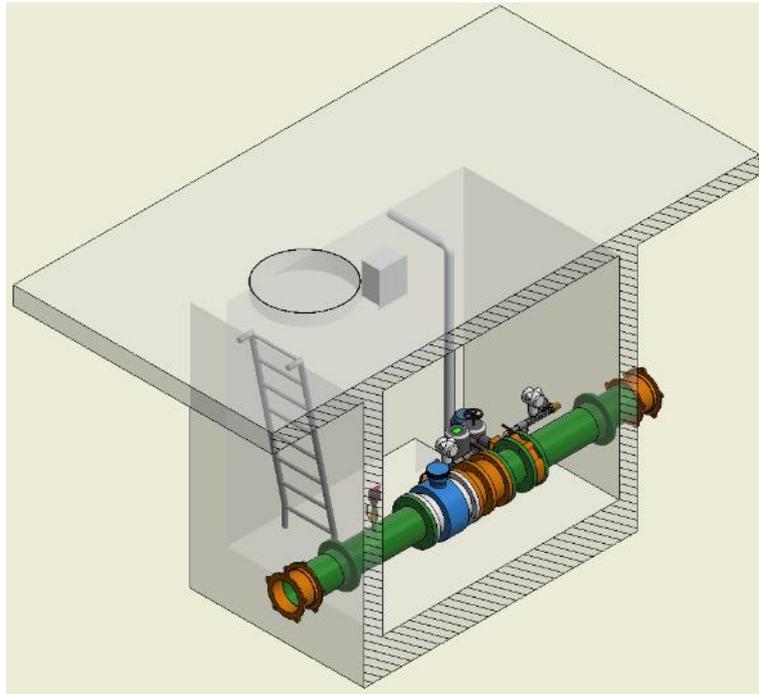


Ilustración 42. Vista #2 en sección lateral isométrica macromedición de Ø8".

Fuente: Elaboración propia.

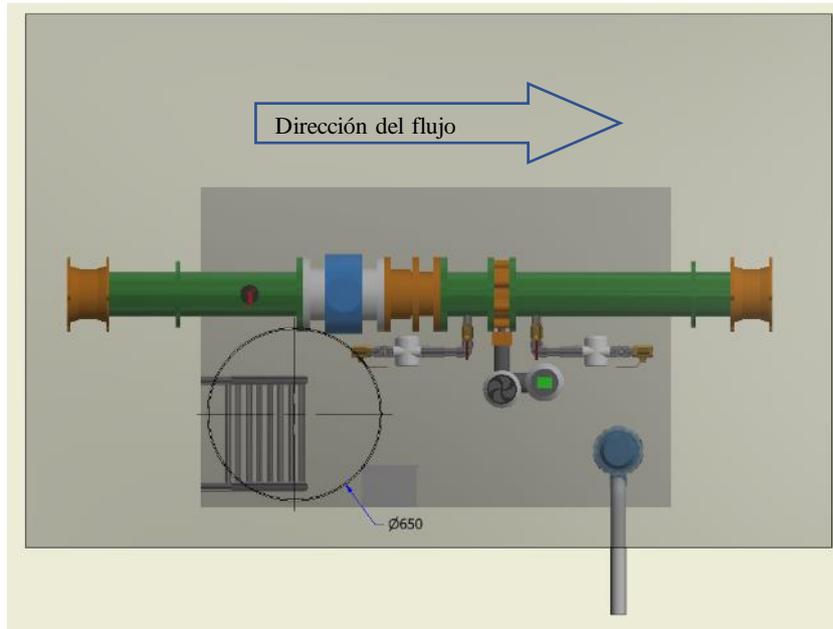


Ilustración 43. Vista superior diseño de macromedición de Ø6".

Fuente: Elaboración propia.

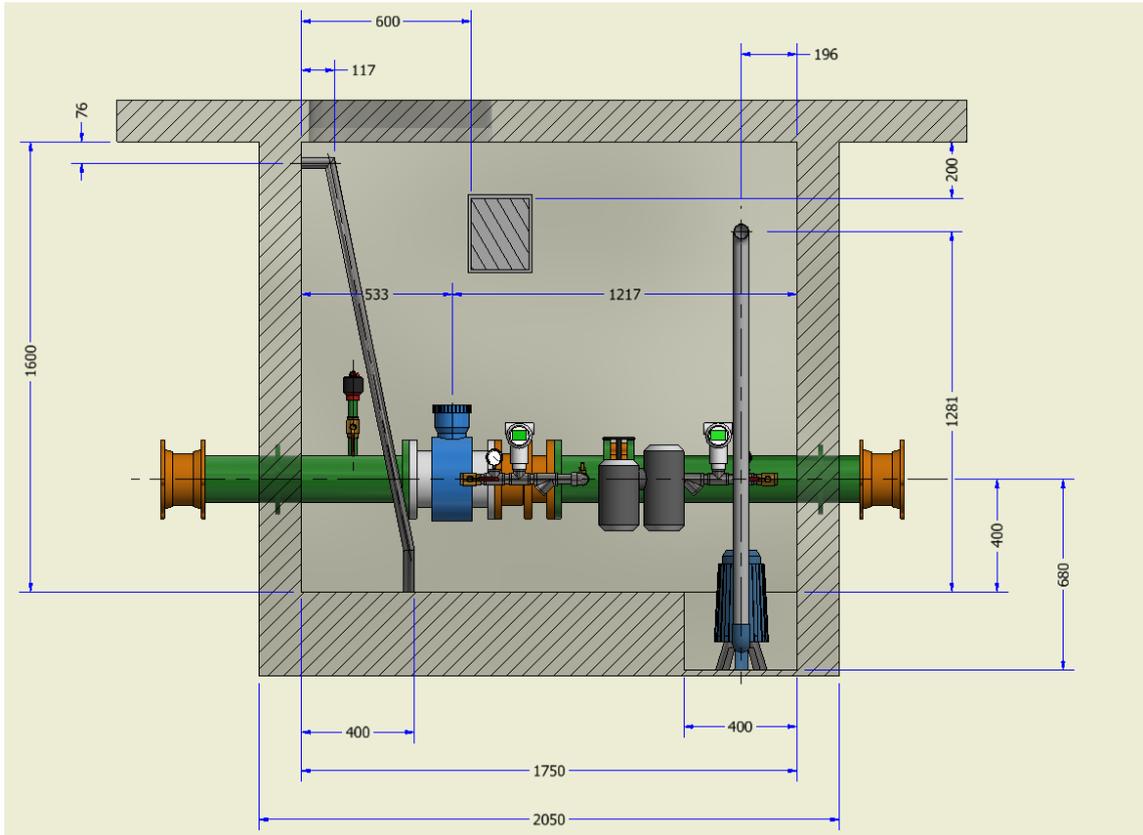


Ilustración 44. Vista en sección lateral diseño de macromedición de Ø6”.

Fuente: Elaboración propia.

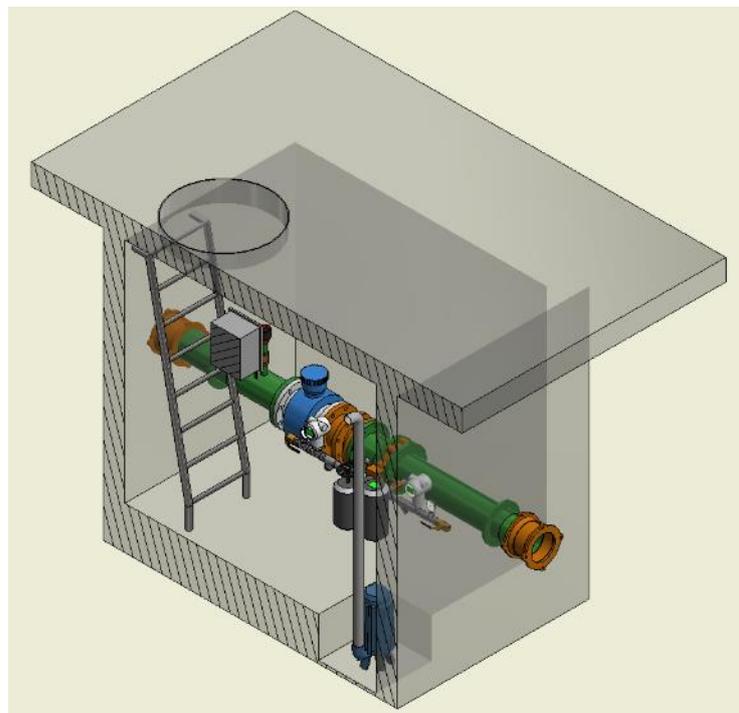


Ilustración 45. Vista #1 en sección lateral isométrica macromedición de Ø6”.

Fuente: Elaboración propia.

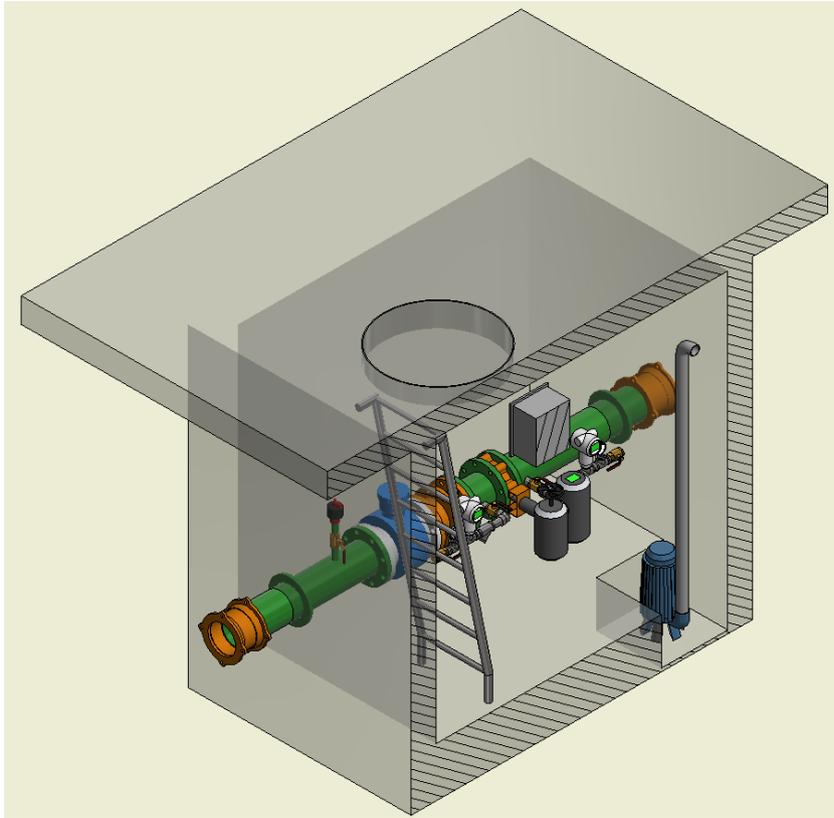


Ilustración 46. Vista #2 en sección lateral isométrica macromedición de Ø6”.

Fuente: Elaboración propia.

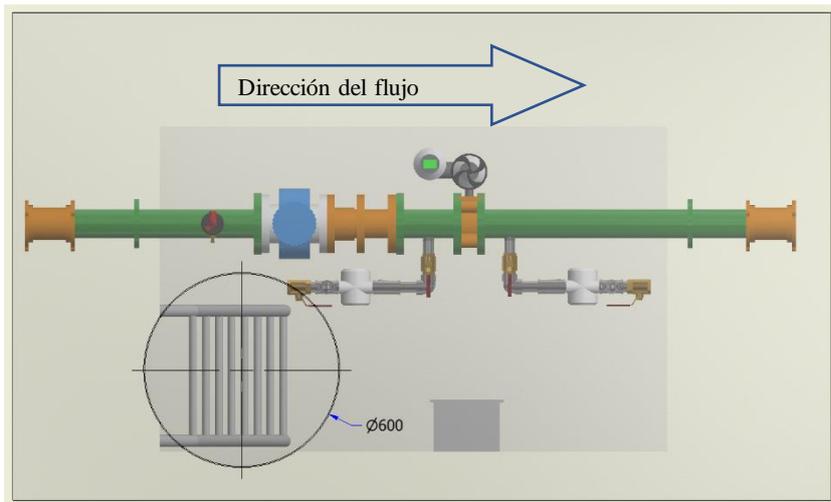


Ilustración 47. Vista superior diseño de macromedición de Ø3”.

Fuente: Elaboración propia.

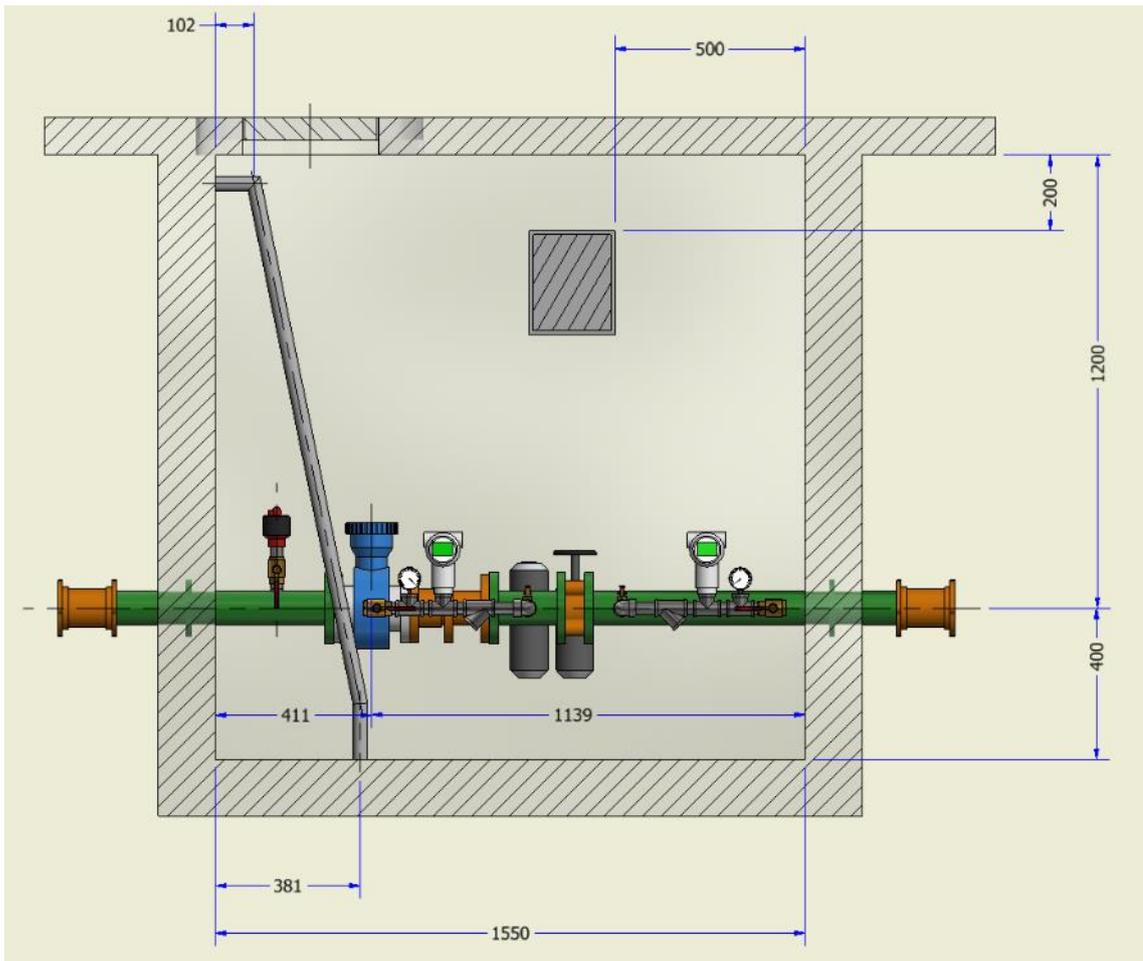
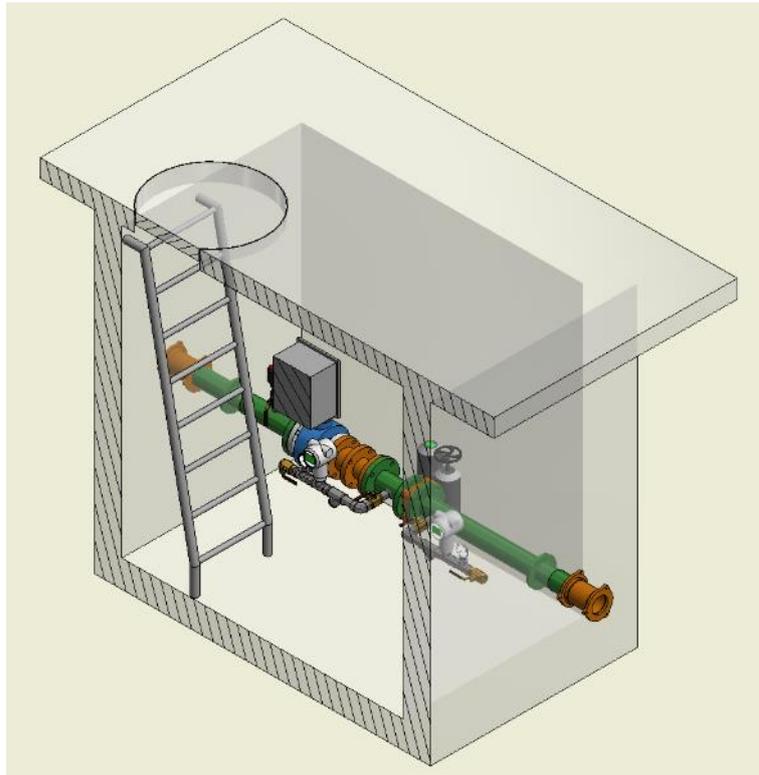
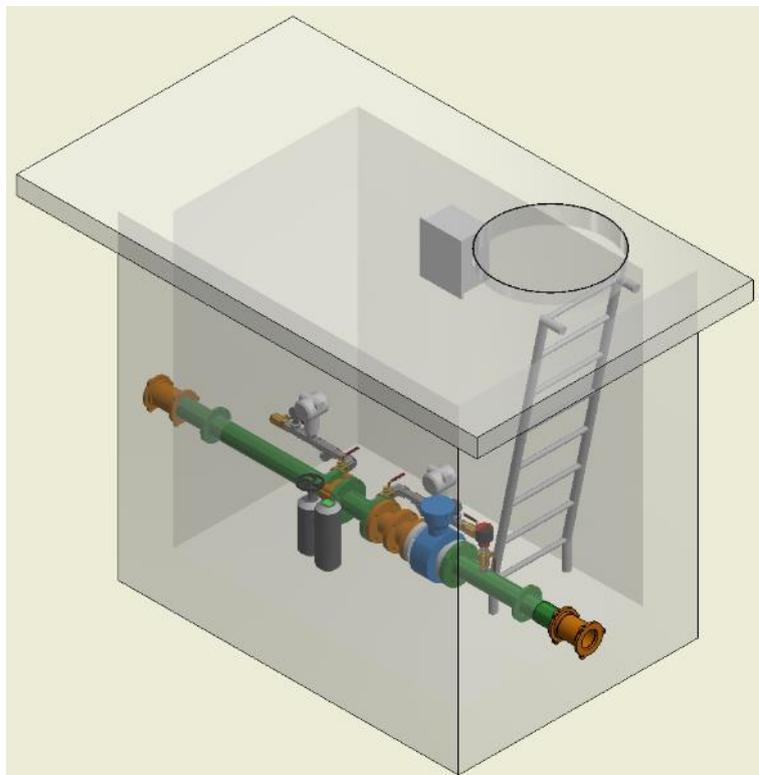


Ilustración 48. Vista en sección lateral diseño de macromedición de Ø3".

Fuente: Elaboración propia.



*Ilustración 49.* Vista #1 en sección lateral isométrica macromedición de Ø3". Elaboración propia.



*Ilustración 50.* Vista #2 en sección lateral isométrica macromedición de Ø3".

Fuente: Elaboración propia.



Este trabajo se centra en el diseño como tal del sistema tecnológico de medición y control de flujo, por lo tanto, no habrá datos ni memorias de cálculo correspondientes a la obra civil para la construcción de las cámaras que albergaran los dispositivos, al igual que el trazado de las acometidas de control y potencia para alimentación de la elementos y la transmisión de los datos de la instrumentación al no ser claves para el fin del sistema o que igual existen diversas formas de realizar tal trabajo.

Las dimensiones identificadas en los modelos son definitivas a la problemática puntual, las anteriores dimensiones no solo se consideraron los espacios reglamentarios aguas arriba y aguas abajo para la instrumentación según recomendaciones de los fabricantes, si no también, temas de seguridad y espacio adecuado para realizar el montaje y posteriores trabajos de mantenimiento.

Cabe resaltar que para aplicaciones independientes del sitio a ubicar pueden variar las dimensiones de las cámaras en su altura total, no se recomienda alterarlas según el ancho o largo, estas medidas fueron concebidas por medio del espacio adecuado para operar en su interior.

Para la cámara del sistema de medición y control de flujo para tubería de  $\text{Ø}3''$  no se consideró motobomba sumergible para el achique de agua que ingresen a la obra, sea por temas filtración o aguas lluvias debido a que los costos para implementar instrumentación apta para operar bajo agua no se incrementan en comparación a otras dimensiones.



## Conclusiones

En la actualidad, donde el acceso a las fuentes hídricas es cada vez más complejo, delicado, sufren afectaciones en épocas de verano o invierno, son más susceptibles a ser contaminadas donde se realizan descargas de aguas negras, pesticidas, zonas de ganadería entre otras, o son sobreexplotadas por el aumento de la necesidad tanto de la población como para la industria del agro para riego, se hace necesario que a cada gota de agua captada para su potabilización y distribución sea contabilizada para validar los Indicadores de Agua No Contabilizada o IANC, la obtención del menor porcentaje de estos indicadores no solo serán favorables para el sostenimiento, eficiencia y consolidación de la empresa prestadora del servicio público de Agua potable y Saneamiento sino también de generar el menor impacto sobre la fuentes, por lo tanto, tener el control de contabilizar los volúmenes de agua permitirá a la empresa a tomar las decisiones necesarias y correctas que impacten de forma favorable.

Este proyecto de investigación se centró en la idea de identificar los puntos estratégicos para la implementación de sistemas de medición y control y flujo en el casco urbano del municipio de Turbo, Antioquia, el cual fue posible determinar a partir de la aplicación de una metodología con un enfoque cualitativo y del tipo aplicada, donde por medio de un levantamiento de información y encuestas a personal experto en las áreas social, operativa y comercial de la empresa de Aguas Regionales EPM S.A. E.S.P. se establecieron las zonas principales para la ubicación de los sistemas de medición para validar, por medio de la información y datos a recopilar el volumen de agua distribuido, iniciando así un proceso de trabajo comercial para la comparación de estos volúmenes con la sumatoria de los consumos de cada uno de los clientes para cada subsector, obteniendo unos IANC confiables y, teniendo así, las bases suficientes para actuar sobre las zonas con los indicadores más elevados, sea mediante estrategias sociales, comerciales o jurídicas.

Para realizar el diseño de los sistemas de medición y control, se partió de la identificación de los diámetros y material de la tubería de las redes de distribución secundarias donde se instalarían estos equipos, donde se recopiló la información necesaria de los componentes más avanzados en la actualidad que permitan la transferencia de los datos requeridos para establecer una trazabilidad adecuada para la toma decisiones.



El diseño principal se centró en la selección de dos componentes principales, el medidor de flujo, Macromedidor o caudalímetro el cual se encargará de medir no solo el caudal que pasa a través del sistema, sino también de totalizar el volumen de agua, son ambos datos primordiales para un seguimiento estricto y eficaz ya que el primero permite evaluar el comportamiento de la necesidad de la población a través del tiempo ya que los consumos de agua no son iguales durante todo el día, es decir, la necesidad de la población aumenta en las mañana y al medio mientras el resto del día es bajo, o en cambio los viernes o sábados la población puede consumir hasta el doble de agua que lo registrado los lunes o martes, estos casos pueden generar ciertas curvas del comportamiento donde por medio de un sistema tipo SCADA se valide tales comportamiento y en caso de obtenerse datos diferentes proceder a alertar al personal operativo para que realice la gestión correspondiente para identificar cualquier anomalía en las redes, sean fugas, daños o fraudes; en cambio, la medida totalizada en metros cúbicos nos permitirá contabilizar la cantidad de agua consumida en ciertos periodos de tiempos, sea durante un día, una semana o un mes y realizar las comparaciones necesarias, sean contra otros periodos de tiempo o con los volúmenes facturados a los clientes. El otro componente es claramente la válvula con su actuador para manipulación remota, este permitirá restringir la cantidad de agua que pasa para un subsector determinado o aislarlo completamente, facilitando así, los tiempos de reacción y ahorrando la mayor cantidad de agua desperdiciada en caso de posibles daños, igualmente, con las restricciones, se permitirá que a la población solo llegue la cantidad de agua estrictamente necesaria.

Los transmisores de presión aguas arriba y aguas abajo de la válvula con su actuador es indispensables por dos motivos, uno en validar cómo se comporta la presión manométrica o presurización de las redes bajo el cumplimiento de las normas para su distribución, y la otra, es validar la posición del actuador, por ejemplo, si ambas presiones son igual indica que la válvula está totalmente abierta, mientras, si el valor de la presión aguas abajo es menor a la de aguas arriba, indica que la válvula posee cierta estrangulación por lo tanto el operador que se encuentre en el Centro de Control y Monitoreo debe validar si los porcentajes de apertura corresponde a tal caída de presión.



## Limitaciones y recomendaciones

Existen una serie de limitación a parte de la implementación física de los sistemas de medición y control de flujo para el municipio, este es su gran costo de inversión, partiendo que un medidor de caudal con las características expuestas para los diámetros de Ø3", Ø6" y Ø8" es de aproximadamente, \$6.000.000, \$7.000.000 y \$10.000.000 de pesos sin incluir IVA, es el mismo caso para los actuadores eléctricos con las válvulas mariposa, los cuales oscilan entre \$15.000.000 a \$25.000.000. La inversión de estos sistemas para su implementación, aunque posee una amortización bastante extensa, o que simplemente, en temas de costos se pueda identificar que posiblemente no es viable, la repercusión sobre los consumos de agua de la población se vea ampliamente beneficiada para la no sobreexplotación de las fuentes hídricas.

Realizar el montaje de tales sistemas requiere de la implementación de una serie de sistemas para el seguimiento y trazabilidad de la información, el análisis de los datos y la manipulación remota de los actuadores, estos sistemas se consideran como SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition o su traducción en español, como Supervisión, Control y Adquisición de Datos) el cual es un sistema tecnológico basado en una plataforma digital que permite en tiempo real tomar decisiones para un fin en específico, sea para mantenimiento, eficiencia de los equipos, validación de los comportamiento, disminuciones de problemas y ahorros energéticos, la implementación de un sistema SCADA también acarrea unos costos elevados que pueden variar entre 5 a 10 millones por licencia según la complejidad de la empresa y necesidades. (wonderware, 2019). Ahora, para validar la información en el SCADA se requiere la transmisión de los datos del sitio de ubicación de los sistemas de medición hasta el CCM o Centro de Control y Monitoreo lo cual necesita la instalación de antenas de radio enlace, sean punto a punto, multipunto o según las distancias y topografía, repetidoras, donde se debe asumir unos costos para funcionamiento y operatividad.

Los mantenimientos a estos sistemas para la medición y control de flujo no solo aumentan en complejidad y frecuencias, sino también que requieren de un personal competente especializado para realizar los trabajos respectivos de validación de las



señales, la comunicación, confirmación de los datos, configuración, revisión, cambio y posible reparación de tarjetas de estos instrumentos, (control, potencia y comunicación).

En algunos sitios donde por temas de lluvias, descargas, niveles freáticos o inundaciones los sistemas pueden verse afectados, aunque en el mercado existen alternativas donde los equipos y la instrumentación puede operar sumergido, los cuales se especifican como IP 68, los costos aumentan considerablemente, en algunos casos hasta el doble, y donde tales características tienen unos tiempos de sumergencias y unas profundidades, donde algunas fábricas determinan sumergencia de 1 metro por 15 minutos mientras otros hasta 8 metros por 72 horas, por lo tanto, bajo estos requerimientos, la vulnerabilidad de estos equipos tan complejos y costosos estarían susceptibles al funcionamiento del equipo de bombeo sumergible para achique de la cámara.

La implementación de estos sistemas, donde la mayoría se requieren ser implementados en zonas vulnerables o zonas de alto riesgos, pueden verse afectados por temas de seguridad, donde se podría asumir alto riesgos de los equipos de medición, de control de flujo, tableros o antenas.



## **Impacto Social**

El impacto que se pueda generar por a implementación de estos sistemas para la población pueden ser tanto directo como indirecto, y de forma positiva como negativa.

Al considerarse que la implementación de estos sistemas es altamente elevado la inversión para la puesta en funcionamiento de estos equipos si se hace con recursos propios de la empresa prestadora de servicios o mediante una fiducia o por préstamo presupuestario, todos estos costos y las tasas de interés afectarán de forma directa y negativa a la factura realizada a los clientes. Igualmente, mientras estos equipos estén en operación y se realicen los trabajos sociales para la recuperación de la cartera en los subsectores identificados con alto nivel de evasión de pago, fraude o no legalizados, iniciarán un proceso para el pago de facturas donde pueden existir comunidades que se resistan.

La empresa prestadora de los servicios en alianza con el municipio, pueden establecer un proyecto para su presentación ante el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio o MVCT para la búsqueda de recursos donde el gobierno tiene diversas alternativas de financiamiento, donde tales inversiones no afectarían la facturación, por lo tanto, los clientes no asumirían tales costos.

Al final, la reducción de los IANC, no solo repercute en la disminución del agua captada, sino también en los costos asociados en su potabilización y posterior distribución, donde se ven representados en los químicos, energía y el personal necesario, tal disminución, al ser verificada por la superintendencia de servicios públicos conlleva a una posible disminución del valor por metro cubico que se cobra a la comunidad.



## Referencias Bibliográficas

- A.R.I. (s.f.). *Ficha técnica válvula ventosa*. Obtenido de [https://previa.ucm.es/area/ing\\_rural/Catalogos/HidraulicaRiegos/RegaberValvulasVentosa.pdf](https://previa.ucm.es/area/ing_rural/Catalogos/HidraulicaRiegos/RegaberValvulasVentosa.pdf)
- Aguas Regionales EPM SA ESP. (s.f.). *Nuestra Gestión - Clientes y Usuarios*. Obtenido de <http://www.grupo-epm.com/site/aguasdeuraba/nuestra-gestion/clientes-y-usuarios>
- American Water Works Association. (s.f.). Obtenido de <https://www.awwa.org/resources-tools/water-knowledge/water-loss-control.aspx>.
- Arregui, F., Cabrera, E., Cobacho, R., & García, J. (2006). *Reducing apparent losses caused by meters inaccuracies*.
- AUMA. (s.f.). *Catálogo actuadores eléctricos para válvulas industriales*. Obtenido de [http://www1.auma.com/uploads/media/sp\\_import2/prospekte/pb\\_modular\\_range\\_es.pdf](http://www1.auma.com/uploads/media/sp_import2/prospekte/pb_modular_range_es.pdf)
- Baadsgaard P, J. (2013). *Meeting an increasing demand for water by reducing urban water*. Obtenido de [http://www.rethinkwater.dk/sites/default/files/whitepaper\\_nrw\\_rethinkwater\\_ver\\_1.1\\_0.pdf](http://www.rethinkwater.dk/sites/default/files/whitepaper_nrw_rethinkwater_ver_1.1_0.pdf)
- Banco Mundial. (2013). *América latina: Por qué las empresas de agua y saneamiento intentan ahorrar energía?* Obtenido de <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2013/09/03/latin-america-water-lossenergy-efficiency>
- Blandón Sánchez, L. Y. (4 de febrero de 2019). Ing. (J. F. Areiza, Entrevistador)
- BRAY. (s.f.). *Catálogo de válvulas*. Obtenido de [http://www.instyvalve.com/files/Pdf\\_productos/industrial/bray\\_serie\\_40.pdf](http://www.instyvalve.com/files/Pdf_productos/industrial/bray_serie_40.pdf)
- Cabrera, M., Cobacho, R., Almandoz, J., & Cabrera, R. (2002). *La gestión del agua en los países de la Unión Europea*. Paragigmas del Norte y Sur.
- Cohydra. (s.f.). *Historia de la empresa*. Obtenido de <https://www.conhydra.com/nosotros/>
- Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento, CRA. (2004). *Por la cual se establece la metodología tarifaria para regular el cálculo de los costos de prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado*. Bogotá DC: Ministerio de vivienda ciudad y territorio.



- Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento, CRA. (2007). *Proyecto de reducción de pérdidas de Agua potable y reforma del marco regulador*. Bogotá DC: Ministerior de vivienda ciudad y territorio.
- Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento, CRA. (2013). *Nivel de Pérdidas Aceptable para el Cálculo de los Costos de Prestación de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto Y Alcantarillado*. Bogotá DC: Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio.
- CRA, Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2006). *Pérdidas de agua en sistemas de acueducto, uso eficiente y ahorro del agua*. Bogotá DC: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. (2011). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua*. Berlin. Obtenido de Un enfoque en la gestión de presión.
- El Diario España. (7 de mayo de 2018). *Como ciudad del cabo se ha salvado de quedarse sin agua*. Obtenido de [https://www.eldiario.es/the-guardian/Ciudad-Cabo-sequia-quedarse-agua\\_0\\_768873920.html](https://www.eldiario.es/the-guardian/Ciudad-Cabo-sequia-quedarse-agua_0_768873920.html)
- Endress + Hauser. (s.f.). *Catálogo de macromedidor electromagnético W400*. Obtenido de [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000523/1602/000/06/TI01046DEN\\_0717.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000523/1602/000/06/TI01046DEN_0717.pdf)
- Endress + Hauser. (s.f.). *Catálogo de sensores de nivel tipo horquilla vibrante*. Obtenido de <https://portal.endress.com/wa001/dla/5001081/0660/000/00/CP01266Z.pdf>
- Endress + Hauser. (s.f.). *Catálogo Transmisor de presión* . Obtenido de Cerabar: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000000/6464/000/01/BA271Pes\\_0510.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000000/6464/000/01/BA271Pes_0510.pdf)
- Endress + Hauser. (s.f.). *Proline Promag 10P*. Obtenido de Caudalímetro electromagnético: <https://www.lasc.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-caudal/caudalimetro-electromagnetico-temperaturas-altas>
- Fernandez, A. D. (2005). *Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica*. Iguazú: Solar Safe Water.
- Fluence Corp. (19 de febrero de 2016). *¿Qué es el agua No contabilizada?* Obtenido de <https://www.fluencecorp.com/es/que-es-el-agua-no-contabilizada/>
- García, M., Vargas, C., & Álvarez, M. (2013). *Estudio comparativo del índice de agua no contabilizada en Colombia para el periodo 1995-2011*. Bogotá DC.



- Gómez, P. (2003). *Implicaciones financieras de los Programas de Reducción del Índice de Agua No Contabilizada*. Medellín: Universidad Nacional de Medellín - Facultad de Administración.
- Helbert. (s.f.). *Ficha técnica cheque vertical*. Obtenido de [http://www.helbertycia.com/sites/default/files/producto/ficha/hfvc\\_012\\_-\\_025\\_cheque\\_hidro\\_-\\_sello\\_en\\_nitrilo\\_0.pdf](http://www.helbertycia.com/sites/default/files/producto/ficha/hfvc_012_-_025_cheque_hidro_-_sello_en_nitrilo_0.pdf)
- Helbert. (s.f.). *Macromedidores WOLTMAN*. Obtenido de Macromedidor para aguas limpias WMAP JANZ: <http://www.helbertycia.com/productos/macromedidores-woltman/macromedidor-para-aguas-limpias-wmap-janz>
- Inox Valve. (s.f.). *Ficha técnica válvula de bola 3 cuerpos*. Obtenido de <http://www.cexco.es/gestion/catalogo/docs/V%C3%A1lvula%20de%20bola%20roscada%20P%20INOXVALVE.pdf>
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA. (2007). *Conceptos de reducción y control de pérdidas y sectorización de redes de distribución*. Mexico DF.
- Internatinal Water Association. (s.f.). Obtenido de <http://www.iwa-network.org>
- Marconi, M., & Lakatos, E. (1999). *Planejamento e execução de pesquisas - Amostragens e técnicas de pesquisa*. Sao Paulo: Elaboração, análise e interpretação de dados.
- MASA. (s.f.). *Catálogo pasamuros para tubería*. Obtenido de <http://www.masa.es/wp-content/uploads/2013/04/PASAMUROS-DOCUMENTACION-Y-FICHA-TECNICA.pdf>
- Metacol - Torino. (s.f.). *Catálogo de uniones - Tipo Dresser*. Obtenido de [https://www.metacol.com/wp-content/uploads/2016/08/Union\\_Tipo\\_Dresser.pdf](https://www.metacol.com/wp-content/uploads/2016/08/Union_Tipo_Dresser.pdf)
- Metacol - Torino. (s.f.). *Catálogo uniones - rígido de desmontaje autoportante*. Obtenido de <https://www.metacol.com/wp-content/uploads/2016/08/Uniones-1.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Económico. (17 de Noviembre de 2000). *Dosumentación Técnica Normativa de Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Obtenido de [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710\\_ras\\_titulo\\_a\\_.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_a_.pdf)
- Ministerio de la proteccion social. (9 de Mayo de 2007). *Ministerio de la proteccion social*. Obtenido de Decreto 1575 de 2007: <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldeRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>



- Ministerio de la protección social. (22 de Junio de 2007). *Ministerio de la protección social*. Obtenido de Resolución 2115 de 2007:  
[http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res\\_2115\\_de\\_2007.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf)
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2018). *Ministerio de Salud y Protección Social*. Obtenido de Índice de Riesgo de Calidad de Agua- IRCA:  
<http://observatoriosaludcauca.gov.co/wp-content/uploads/2018/05/Informe-IRCA-2018.pdf>
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (Marzo de 2019). *Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Obtenido de  
<http://cra.gov.co/seccion/inicio.html>
- Noticias Urabá. (11 de agosto de 2017). *Historia de Turbo*. Obtenido de  
<https://noticiasuraba.com/historia-de-turbo/4420/>
- Patience, M. (2014). *Four steps to reducing non-revenue water*. Obtenido de  
[https://files.wwdmag.com/s3fs-public/05.14\\_HowTo\\_Itron.pdf](https://files.wwdmag.com/s3fs-public/05.14_HowTo_Itron.pdf)
- Pedrollo. (s.f.). *Ficha técnica de motobomba sumergible achique aguas cargadas*. Obtenido de [https://www.pedrollo.com.co/public/allegati/VXC%2035-45\\_ES\\_60Hz.pdf](https://www.pedrollo.com.co/public/allegati/VXC%2035-45_ES_60Hz.pdf)
- Peña, M. (2003). *Pequeños sistemas para el tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica*. Cartagena de Indias: Seminario Internacional sobre métodos naturales para el tratamiento de aguas residuales.
- Programa de las Naciones Unidas. (2014). *Objetivos de Desarrollo del Milenio*. Colombia: Naciones Unidas.
- Ramos Gonzalez, M. P. (04 de febrero de 2019). Ing. Esp. (J. F. Alvarado, Entrevistador)
- Sánchez, L., Flórez, M., & Mejía, P. (2011). *Caracterización de Pérdidas de Agua en el Sistema de Distribución del Acueducto "El Retiro"*. El Retiro: Conferencia Internacional Usos múltiples del Agua para la vida y el desarrollo sostenible.
- Silgado Obregón, L. M. (4 de febrero de 2019). Ing. Esp. (J. F. Areiza, Entrevistador)
- Supeservicios. (2019). *SUI*. Obtenido de <http://www.sui.gov.co/SUIAuth/logon.jsp>
- The New York Times. (1 de junio de 2016). *Por qué california seguirá teniendo problemas con el agua*. Obtenido de  
<https://www.nytimes.com/es/2016/06/01/por-que-california-seguira-teniendo-serios-problemas-con-el-agua/>
- Turiego. (s.f.). *Ventosa ARV-A (3G) doble efecto automática metálica 1" PN-16*. Obtenido de <https://www.turiego.es/ventosa-arv-a-3g-doble-efecto-automatica->



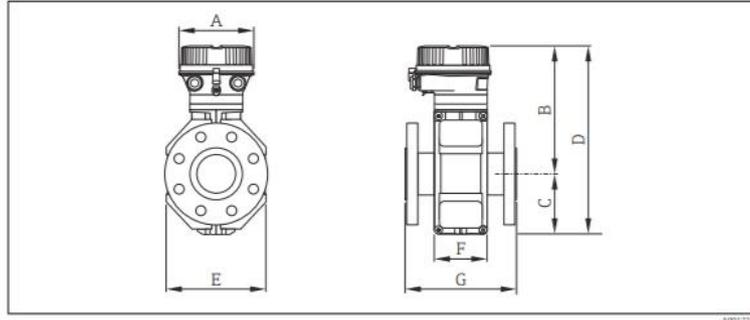
metalica-1-pn-16-unirain-uso-agricola-jardineria-uso-agua-  
potanle.html#.XGzI9CjwZPY

- Vayremex. (s.f.). *Ficha técnica filtro roscado tipo YEE*. Obtenido de <http://www.cavinse.com/assets/catalogos/vayremex/Filtros%20Y/SH-06.pdf>
- WIKA. (s.f.). *Catálogo de manómetro*. Obtenido de [https://www.wika.co/upload/DS\\_PM0104\\_es\\_es\\_89788.pdf](https://www.wika.co/upload/DS_PM0104_es_es_89788.pdf)
- Wika. (s.f.). *Manómetro de muelle tubular, acero inoxidable*. Obtenido de [https://es.shop.wika.com/232\\_50\\_233\\_50\\_shop\\_es\\_es.WIKA](https://es.shop.wika.com/232_50_233_50_shop_es_es.WIKA)
- Wikipedia. (s.f.). *Turbo*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Turbo\\_\(Antioquia\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Turbo_(Antioquia))
- wonderware. (2019). *Qué es SCADA*. Obtenido de <http://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-scada/>
- Zapata, P. (2009). *Urbanos y rurales en lucha contra la problemática ambiental*. Ecología General. Universidad Blas Pascal.

## Anexos

### Anexo 1 Dimensiones Macromedidor electromagnético marca Endress + Hauser modelo W400. (Endress + Hauser, s.f.)

Sensor remote version



Order code for "Design", option A "Insertion length short, ISO/DVGW to DN400, DN450-2000 1:1" and order code for "Design", option B "Insertion length long, ISO/DVGW to DN400, DN450-2000 1:1.3"

DN <sup>1)</sup> [mm]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	G <sup>2)</sup> [mm]
25	136	200	84	284	120	94	200
32	136	200	84	284	120	94	200
40	136	200	84	284	120	94	200
50	136	200	84	284	120	94	200
65	136	225	109	334	180	94	200
80	136	225	109	334	180	94	200

### Proline Promag W 400

DN <sup>1)</sup> [mm]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	G <sup>2)</sup> [mm]
100	136	225	109	334	180	94	250
125	136	265	150	415	260	140	250
150	136	265	150	415	260	140	300
200	136	290	180	470	324	156	350
250	136	315	205	520	400	156	450
300	136	340	230	570	460	166	500

- 1) EN (DIN), AS, JIS; For flanges according to AS, only nominal diameters DN 80, 100 and 150 to 300 are available.
- 2) The length is independent of the selected pressure rating. Length in accordance with DVGW/ISO.

Anexo 2 Condiciones de instalación del transmisor o celda de presión marca Endress + Hauser Modelo Cerabar. (Endress + Hauser, s.f.).

**Mediciones de presión en líquidos**

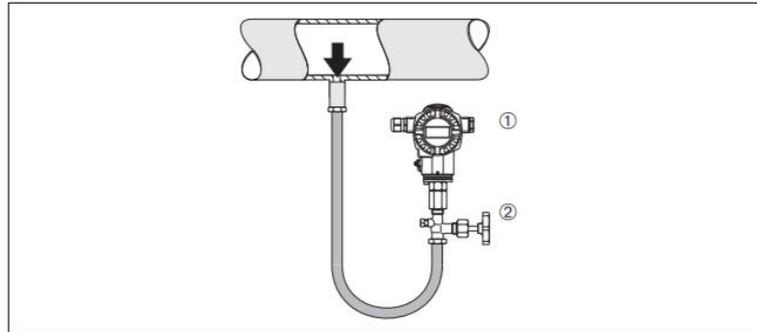


Fig. 7: Montaje para medidas de presión en líquidos

- 1 Cerabar S
- 2 Válvula de cierre

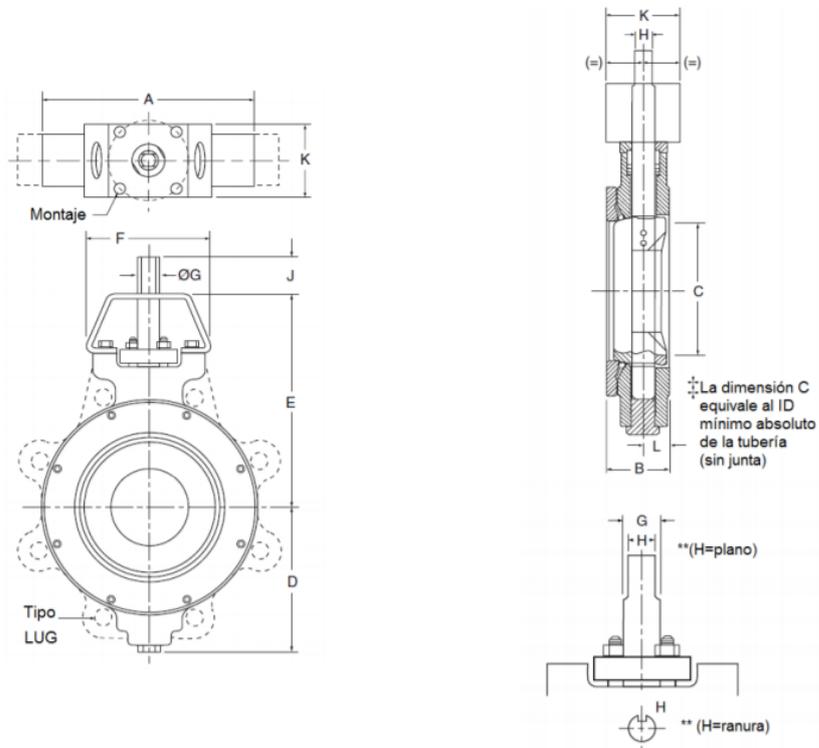
- Monte el Cerabar S de forma que la válvula de corte de paso quede por debajo del punto de medición o se encuentre en el mismo nivel que el punto de medición.

Anexo 3 Catálogos actuadores eléctricos para válvulas marca AUMA modelo SA.2.

(AUMA, s.f.)



Anexo 4 Catálogo válvula mariposa marca Bray modelo 40/41. (BRAY, s.f.)



**DIMENSIONES**

CLASE 150 - Series 40 (Wafer) - 41 (Lug)

Clase ANSI 150 / PN16 / PN 25

DN	A	B	C	D	E	F	Wafer			Lug	G	H	J	K	L	Pesos	
							PCD	Nº Orif.	Ø Orif.							Serie 40	Serie 41
65	121	48	58	97	162	111	70	4	9,6	Consultar Hoja de Datos específica	16	11	32	64	20	6	6
80	133	48	73	104	168	111	70	4	9,6		16	11	32	64	20	7	7
100	171	52	94	120	191	111	70	4	9,6		16	11	32	64	19	9	10
125	191	57	122	129	191	130	70	4	9,6		19	13	32	114	24	12	15
150	219	57	149	141	203	130	70	4	9,6		19	13	32	114	24	15	21
200	273	61	198	176	241	130	125	4	13,5		22	16	32	114	24	21	24
250	332	70	248	217	273	155	125	4	13,5		30	22	51	114	27	36	43
300	394	78	298	259	311	155	125	4	13,5		30		51	114	29	56	62
350	445	95	328	304	368	197	125	4	13,5		35	10x10	51	165	36	94	103
400	503	104	373	329	451	264	165	4	20,5		50	12x10	64	165	42	142	156
450	544	117	422	359	508	264	165	4	20,5		50	12x10	64	165	47	182	200
500	601	128	470	388	578	264	165	4	20,5		64	15,8x15,8	102	165	52	239	274
600	711	152	572	463	635	391	254	8	17,0		76	19x19	102	298	62	369	422
650	749	165	568	488	635	391	254	8	17,0		76	19x19	102	298	71	440	581
700	823	165	672	522	679	391	254	8	17,0		76	19x19	152	298	71	506	590
750	876	191	719	543	730	495	298	8	20,5		89	22,3x15,8	133	343	79	669	789
800	956	191	767	568	762	495	298	8	20,5		88,9	22,3x15,8	133	343	82	748	934
850	1006	197	765	606	762	495	298	8	20,5		89	22,3x15,8	133	343	85	857	1061
900	1033	210	864	642	838	495	298	8	20,5		88,9	22,8x15,8	133	343	92	889	1179
1000	1295	241	940	692	940	495	298	8	20,5		114	25,4x19,05	133	343	111	1746	1792
1050	1354	241	992	746	965	495	298	8	20,5		114	25,4x19,05	133	343	111	1928	1950
1200	1372	254	1171	841	1070	610	356	8	31,7		127	31,7x22,3	152	406	114	2091	2576
1400	1686	273	1332	906	1156	610	356	8	31,7		152	38,1x25,4	165	406	121	3221	3270

## Anexo 5 Catálogo Sensor de nivel tipo horquilla vibrante marca Endress + Hauser modelo Liquiphant FTL31. (Endress + Hauser, s.f.)

### Detector de nivel para líquidos Liquiphant FTL31



**\$ 185.00**

WHG

Biblioteca Online  
[www.pa.endress.com/FTL31](http://www.pa.endress.com/FTL31)

#### Datos técnicos

<b>Versión CC-PNP</b>	
Tensión de alimentación	10 a 30 V CC, a 3 hilos
Carga conectable	200 mA
Consumo de corriente	<15 mA
Conexiones eléctricas	Conector M12, conector de válvula, cable
<b>Versión CA/CC</b>	
Tensión de alimentación	20 a 253 V CA/CC, a 2 hilos
Carga conectable	250 mA
Consumo de corriente	< 3,8 mA (con par de corte <1 mA para 100 ms)
Conexiones eléctricas	Conector de válvula, cable
<b>Características de la salida</b>	
Tiempo de conmutación	0,5 s cuando la horquilla vibrante está sumergida 1,0 s cuando la horquilla está al aire
Histeréisis	máx. 3 mm
Conexiones a proceso	Rosca ISO 228 G1/2", G1", G1 1/2", G2" Rosca ISO 228 G1/2" y G1" para montaje enrasado en adaptador soldable; Rosca ASME MNPT 1/2", 3/4", 1", 1 1/2" EN10226 R1/2", R1", R1 1/2"

#### Condiciones de trabajo

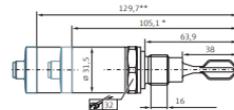
Orientación	Según necesidad
Punto de conmutación	Instalación vertical: 13 mm ±1 mm Instalación horizontal: 10,5 mm (agua +25 °C, 1 bar)
Extensión tubular	103 mm
Rugosidad superficial	Superficie metálica en contacto con proceso Ra < 3,2 µm
Temperatura ambiente	-40 a +70°C
Temperatura de proceso	-40 a +100°C, opcionalmente hasta 150°C
Presión de proceso	-1 a +40 bar
Temperatura de almacenamiento	-40 a +85°C
Protección climática	DIN EN 60068-2-38/IEC 68-2-38: comprobación Z/AD
Densidad	>0,7 g/cm <sup>3</sup> (opcionalmente: >0,5 g/cm <sup>3</sup> )
Viscosidad	1 a 10 000 mPa·s, viscosidad dinámica
Grado de protección	Envoltura NEMA tipo 4X, IP65/67 (conector M12); Envoltura NEMA tipo 4X, IP 65 (conector de válvula); envoltura NEMA tipo 4X/6P, IP66/68 (cable)
Electromagnéticos compatibilidad	Compatibilidad electromagnética conforme a los requisitos pertinentes especificados en la serie EN 61326 y la recomendación NAMUR EMK (NE21). Para detalles, consulte la "Declaración de conformidad de la CE".
<b>Homologaciones</b>	
WHG	Sistema de detección de sobrellenado: Z-65.11-531 Sistema de detección de fugas: Z-65.40-532

#### Dimensiones (en mm)

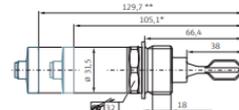
\* Dimensiones para temperatura de proceso máx. 100 °C  
\*\* Dimensiones para temperatura de proceso máx. 150 °C  
Instalación según el manual de instrucciones

#### Versión compacta

Rosca ISO 228 G1/2", G1"

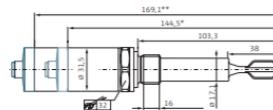


Rosca ISO 228 G1"

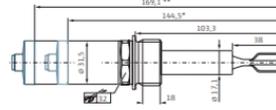


#### Versión de tubo corto

Rosca ISO 228 G1/2", G1"



Rosca ISO 228 G1"



[→ Ir al índice](#)

[← Volver a características básicas de este equipo](#)

## Manómetro de Bourdon, aleación de cobre Modelo 113.13, relleno de líquido, caja de plástico

Hoja técnica WIKAI PM 01.04



otras homologaciones  
véase página 3

### Aplicaciones

- Para puntos de medida con elevadas cargas dinámicas y vibraciones
- Para medios gaseosos, líquidos, no viscosos y no cristalizantes, compatibles con aleaciones de cobre
- Hidráulica
- Compresores

### Características

- Resistente a las vibraciones y golpes
- Versión según EN 837-1
- Rangos de indicación hasta 0 ... 400 bar



Manómetro de Bourdon modelo 113.13

### Descripción

El modelo 113.13 es un manómetro con relleno de líquido con caja de plástico.

El relleno de líquido amortigua los componentes internos, contribuyendo así a una mayor resistencia a las vibraciones y choques.

Por lo tanto, estos manómetros son adecuados para su instalación en máquinas y equipos sometidos a vibraciones e impactos.

Los manómetros están basados en el probado sistema de medición de tubo de Bourdon. El recorrido de medición del tubo de Bourdon se transfiere a un mecanismo para su visualización.

La caja de plástico y el visor están soldados entre sí de forma segura y una junta tórica sella la conexión al proceso en la caja. De ese modo, el instrumento cumple con los requisitos para el tipo de protección IP65. Con la clase de precisión 2,5 y los tamaños disponibles 40, 50 y 63 mm, este modelo cubre una amplia gama de aplicaciones en la industria. El soporte de montaje opcional permite el montaje en panel de manómetros con conexión dorsal al proceso. La versión de 63 mm con conexión dorsal al proceso se ofrece alternativamente con borde de sujeción en la parte frontal del instrumento. Dicho borde de sujeción se utiliza, por ejemplo, cuando el montaje en panel permite solamente un montaje desde la parte frontal.

Anexo 7 Catalogo motobomba sumergible de achique para aguas cargadas marca Pedrollo modelo VXC 35-45. (Pedrollo, s.f.)

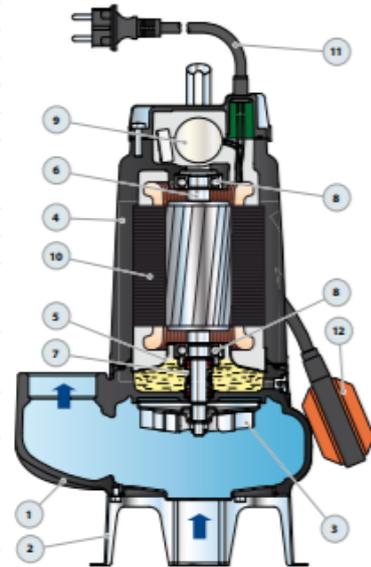
Utilizo doméstico

Utilizo civil

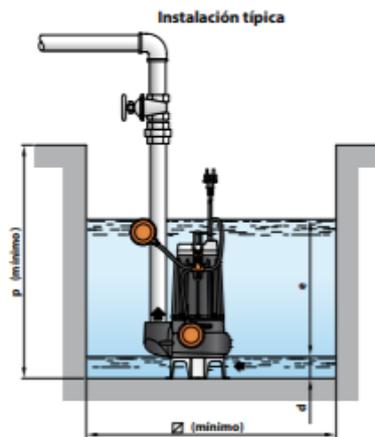
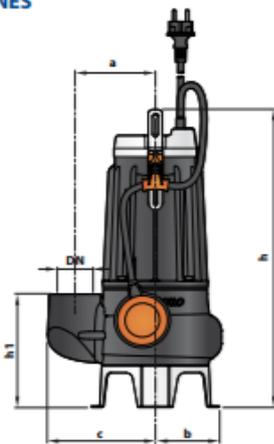
PEDROLLO  
... the spring of life

**POS. COMPONENTE** **CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS**

<b>1 CUERPO BOMBA</b>	Hierro con tratamiento de cataforesis, con boca roscada ISO 228/1			
<b>2 BASE</b>	Acero inoxidable AISI 304			
<b>3 RODETE</b>	Tipo VORTEX en acero inoxidable AISI 304			
<b>4 CAJA PORTAMOTOR</b>	Hierro con tratamiento de cataforesis			
<b>5 TAPA MOTOR</b>	Acero inoxidable AISI 304			
<b>6 EJE MOTOR</b>	Acero inoxidable EN 10088-3 - 1.4104			
<b>7 DOBLE SELLO MECANICO EN EL EJE CON CAMARA DE ACEITE INTERCALADA</b>				
<i>Sello Modelo</i>	<i>Eje Diámetro</i>	<i>Anillo fijo</i>	<i>Materiales Anillo móvil</i>	<i>Elastómero</i>
MG1-14D SIC	Ø 14 mm	Carburo de silicio	Carburo de silicio	NBR
<b>8 RODAMIENTOS</b>	<b>6203 ZZ / 6203 ZZ</b>			
<b>9 CONDENSADOR</b>				
<i>Electrobomba Monofásica</i>	<i>Capacidad (220 V)</i>	<i>(110 V o 127 V)</i>		
VXCm 8/35 -N				
VXCm 8/45 -N	20 µF 450 VL	30 µF 250 VL		
VXCm 10/35 -N				
VXCm 15/35 -N	25 µF 450 VL	-		
VXCm 15/45 -N				
<b>10 MOTOR ELECTRICO</b>	- Monofásica 230 V - 50 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado - Trifásica 400 V - 50 Hz - Aislamiento: clase F - Protección: IP X8			
<b>11 CABLE DE ALIMENTACIÓN</b>	De 10 metros de tipo "H07 RN-F" (con conector Schuko sólo en las versiones monofásicas)			
<b>12 INTERRUPTOR CON FLOTADOR EXTERNO</b>	(sólo para versiones monofásicas)			



**DIMENSIONES**



MODELO		BOCA DN	paso de cuerpos sólidos	DIMENSIONES mm								
Monofásica	Trifásica			a	b	c	h	h1	d	e	p	Ø
VXCm 8/35 -N	-	1½"	Ø 40 mm	115	95	148	388	139	50	ajustable	500	500
VXCm 10/35 -N	VXC 10/35 -N						403					
VXCm 15/35 -N	VXC 15/35 -N						413					
VXCm 8/45 -N	-	2"	Ø 50 mm	155		155	413	164	60			
VXCm 10/45 -N	VXC 10/45 -N						428					
VXCm 15/45 -N	VXC 15/45 -N											

Anexo 8 Catálogo cheque vertical bronce marca Helbert. (Helbert, s.f.)

Calidad, experiencia y tecnología

ODDE-FT  
EDICIÓN: 08-14

**FICHA TÉCNICA**

**CHEQUE HIDRO CON SELLO DE CAUCHO HFVC DE 1/2", 3/4", 1" SERIE 210.**

IDENTIFICACIÓN

PRESIÓN DE PRUEBA: 250 PSI.			
PRESIÓN DE TRABAJO: 150 PSI			
IDENTIFICACIÓN: HELBERT, TAMAÑO, PRESIÓN DE TRABAJO, DIRECCIÓN DE FLUJO (FLECHA)			
Peso (W)	170 gr.	220 gr.	400 gr.
L1	6,5 mm.	6,5 mm.	6,5 mm.
L	54 mm.	58 mm.	67 mm.
D	33,5 mm.	36 mm.	47 mm.
D1	1/2"x14h - NPT	3/4"x14h - NPT	1"x11,5h - NPT
TAMAÑO	HF vc - 012 - 1/2"	HF vc - 019 - 3/4"	HF vc - 025-1"

DETALLE  
SELLO-VULCANIZADO  
PARA CH. HIDRO 1"

No.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CT.
5	PLATO SELLO	LATÓN	1
4	SELLO	CAUCHO	1
3	RESORTE CÓNICO	ACERO INOX.	1
2	VÁSTAGO	LATÓN	1
1	CUERPO	BRONCE	1

CONTACTENOS: PBX: (57-1)3681077 • FAX: (57-1)3440120 • WWW.HELBERTYCIA.COM  
Bogotá D.C. - Colombia - Sur América

HELBERT SE RESERVA EL DERECHO A MODIFICACIONES SIN PREVIO AVISO

## VENTOSA 6", 8" NAL

nales A.R.I., fabricadas  
re garantizan la elimi-  
onsiguiendo la protec-  
mas y manteniendo el  
s óptimas.

s es causa de muchos  
o de cavitación, golpe  
l de agua, incremento  
de las mismas.

nal consiste, por una  
forma automática del  
tra en el interior de la  
el efecto cinético eli-  
aire en el llenado de  
el vaciado, éstas se des-  
permitiendo entonces  
cción.



### Datos técnicos Modelo

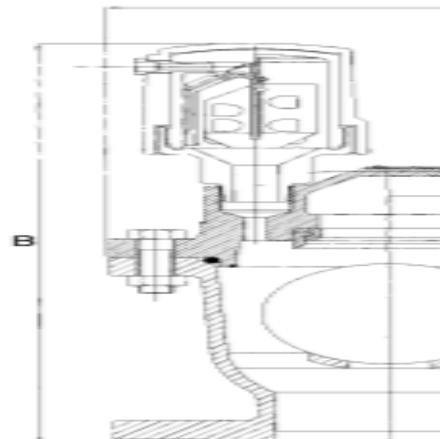
Diámetro Nominal	A mm
2"	173
3"	286
4"	342
6"	553
8"	553

### Instalación

- La válvula ventosa del elevados de la línea.
- El flujo de la válvula independientemente |
- Se recomienda instala inferior de la ventos miento y de regulació
- En condiciones de h debe drenarse.

Consultar para diámetros

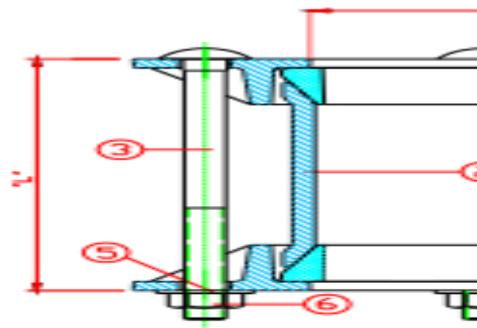
También disponible el superior (segev) de efecto



Anexo 10 Catálogo Unión flexible tipo Dresser marca Metacol – Torino. (Metacol - Torino, s.f.)



Soluciones Integrales en I



LISTA	
ITEM	DENOMINACIÓN
1	DRESSELLO
2	ARO CENTRAL
3	TORNILLO DE CARRIAJE
4	ARO LATERAL
5	ARANDELA
6	TUERCA

DIMEN				
DN		DE PVC	DE HD ISO	
Pulg.	m.m.			
2"	50	60.3	66	1
2 1/2"	60	73	—	1
3"	75	88.9	98	1
4"	100	114.3	118	1
6"	150	168.3	170	1
8"	200	219.1	222	1
10"	250	273.1	274	1
12"	300	329.3	326	1
14"	350	355.6	378	1
16"	400	406.4	429	1

**PRUEBAS**

Por muestreo se aplican:  
**HIDROSTÁTICA** según norm  
**INSPECCIÓN** visual y aplica

**REVESTIMIENTOS**

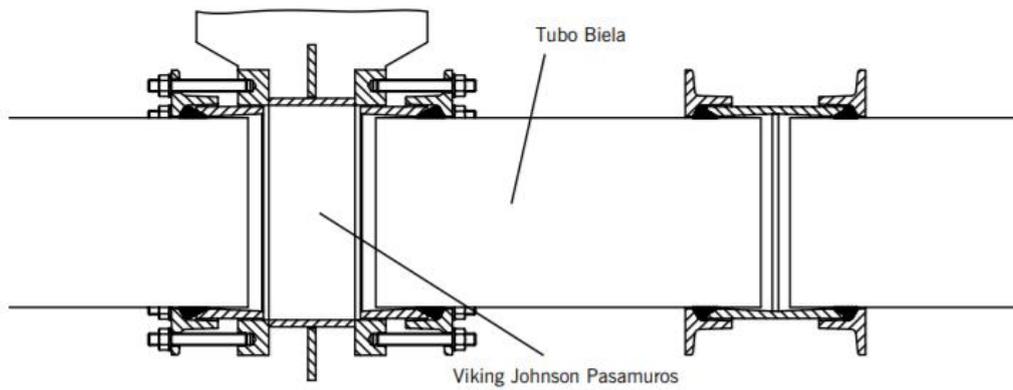
Recubrimiento de caucho  
aplicar pintura epóxica azul  
con especificaciones esp  
recubrimientos favor com  
METACOL.

## Pasamuros

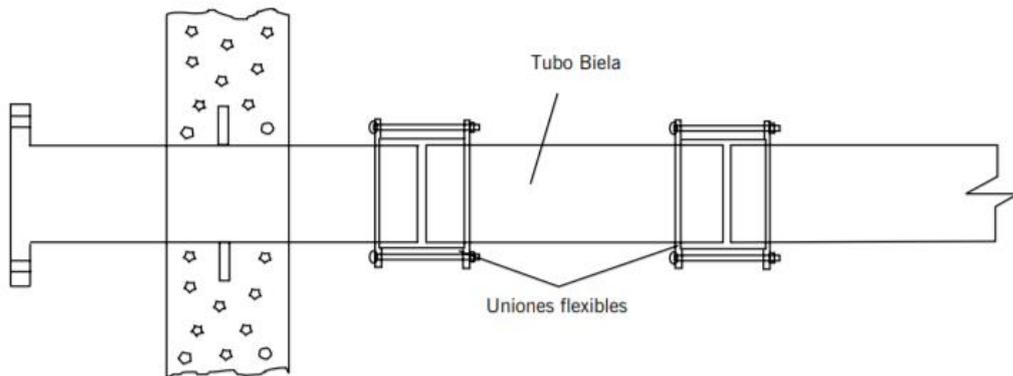
### Especificaciones

Instalaciones típicas

#### Método con pasamuros



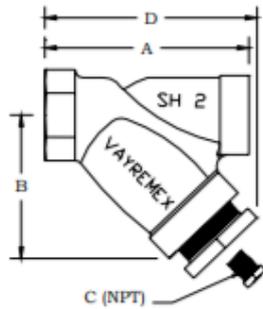
#### Método habitual



Anexo 12 Catálogo de filtro tipo YEE roscado (Vayremex, s.f.)



**FILTRO ROSCADO "Y"**  
**MODELO SH**

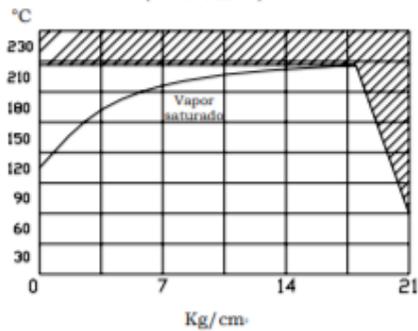


DIMENSIONES EN PULGADAS Y MILIMETROS					
Tamaño	A	B	C	D	Peso
1/2"	3.5	3.4	3/8	3.75	0.75
	8.9	8.6		95	
3/4"	4.5	3.5	1/2	4.5	1.125
	114	8.9		114	
1"	5.0	4.1	1/2	5.1	1.700
	127	105		130	
1 1/4"	6.4	5	1/2	6.25	4.100
	163	127		160	
1 1/2"	6.4	5	1/2	6.25	4.100
	163	127		160	
2"	7.4	5.75	1/2	7.5	7.500
	188	146		191	
2 1/2"	9.0	7.25	3/4	9.5	9.500
	228.0	183		241	
3"	9.75	8.25	3/4	10.250	12.500
	248	210		260	

**PARTES DE REPUESTO**

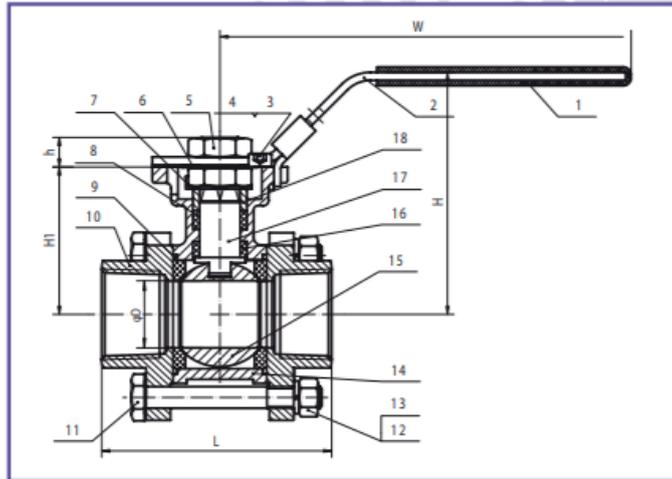
<b>Cedazo</b> (Indicar material, tamaño de perforación o malla y tamaño del filtro)	<b>A</b>
<b>Junta</b>	<b>B</b>
<b>Bushing</b>	<b>C</b>
<b>Tapa</b>	<b>D</b>

**CONDICIONES DE OPERACIÓN LIMITANTES  
(SIN CHOQUES)**



Valor de Cv y Area Libre (Cedazo estandar)			
Tamaño	Cv	Area libre (in <sup>2</sup> )	Rel. Filtración
1/2"	6.1	1.413	4.61:1
3/4"	10.8	2.45	3.79:1
1"	18.6	2.89	3.51:1
1 1/4"	26.1	5.97	3.99:1
1 1/2"	35.4	5.97	2.47:1
2"	68.2	9.24	2.75:1
2 1/2"	94.5	12.93	2.70:1
3"	147.3	17.6	2.38:1

Anexo 13 Catálogo válvula bola 3 cuerpos inoxidable. (Inox Valve, s.f.)



Dimensiones\*:

TAMAÑO	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
D	11	12.5	15	20	25	32	38	50	65	76	94
L	64	64	72	80	85	105	113	132	170	186	226
H	69	69	72	78	90	95	105	122	155	164	168
W	140	140	140	140	162	162	188	188	233	233	333
H1	38.4	38.4	42	48	55	60	70	85	109	118	115.5
h	9	9	9	9	11	11	15	15	20	20	20
∅	9	9	9	9	11	11	14	14	17	17	17
ISO5211	F03	F03	F03	F03	F04	F04	F05	F05	F07	F07	F07
	F04	F04	F04	F04	F05	F05	F07	F07	F10	F10	F10

Materiales:

NO.	NOMBRE	MATERIALES
1	Cubierta plástica	Plástico
2	Maneta	AISI 304
3	Tomillo	AISI 304
4	Tuerca	AISI 304
5	Tuerca Eje	AISI 304
6	Empaquetadura	AISI 304
7	Arandela Eje	AISI 304
8	Empaquetadura Eje	PTFE
9	Asiento	RPTFE
10	Tapa	AISI 316
11	Tomillo	AISI 304
12	Junta Eje	AISI 304
13	Tuerca	AISI 304
14	Cuerpo	AISI 316
15	Bola	AISI 316
16	Vástago	PTFE
17	Vástago	AISI 316
18	Arandela	AISI 316

\* las medidas y dimensiones están sujetas a cambios sin previo aviso

Anexo 14 Catálogo unión rígida de desmontaje autoportante marca Metacol – Torino.  
(Metacol - Torino, s.f.)

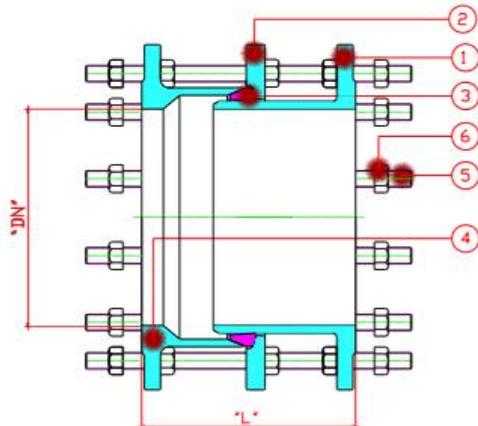


**USO RECOMENDADO**

Este tipo de unión sirve para unir diferentes accesorios o equipos extremo brida permitiendo el desmontaje de equipos adyacentes, debido a su facilidad de recoger la longitud hasta en 50 mm.

**INSTALACIÓN**

Una vez montada la unión de desmontaje autoportante a la válvula o equipo se procede a deslizar en el otro extremo.  
Retirar las tuercas de los extremos de los espárragos.  
Colocar empaque plano entre bridas.  
Ubicar los extremos de los espárragos en las tuercas de la brida del accesorio que vaya a continuación.  
Ajustar la longitud de la unión a la distancia que se necesite, valiéndose de la carrera prevista para tal efecto (50mm) y desplazando las tuercas según se requiera.  
Ubicar las tuercas de los extremos y dar ajuste definitivo apretándolas diametralmente y en cruz.  
Ajustar el empaque para dar sello apretando las tuercas de la contrabrida.



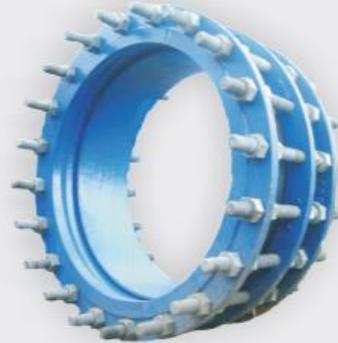
LISTA DE MATERIALES			
ITEM	DENOMINACIÓN	MATERIAL	NORMA MATERIAL
1	BRIDA MACHO	HIERRO DUCTIL	ASTM A 53B
2	CONTRABRIDA	HIERRO DUCTIL	ASTM A 53B
3	EMPAQUE	NEOPRENO	NEOPRENO
4	BRIDA HEMBRA	HIERRODUCTIL	ASTM A 53B
5	ESPÁRRAGOS *	ACERO	ZINCADO
6	TUERCA *	ACERO	ZINCADO

\* Material de acuerdo a la solicitud del cliente, puede suministrarse en acero inoxidable o galvanizado en caliente, etc.

# UNIÓN

Rígida de Desmontaje Autoportante  
DN 2" (50 mm) - 56" (1400 mm)  
AWWA C-219

EXTREMOS: BRIDA ANSI B 16.1 - ISO 2531 (ISO 7005-2).



Pulgadas	DN (Mm)	LONGITUD	
		Br Pn10	BR Cl-125
2"	50	210	210
2-1/2"	60	200	210
3"	80	210	210
4"	100	210	210
6"	150	210	220
8"	200	270	270
10"	250	250	270
12"	300	290	300
14"	350	250	300
16"	400	270	300
18"	450	275	330
20"	500	300	330
24"	600	300	335
28"	700	320	---
30"	750	---	360
32"	800	350	---
36"	900	370	420
40"	1000	350	---
42"	---	510	550
56"	1400	385	---

**MANTENIMIENTO**

En caso de requerir mantenimiento de las superficies de las uniones, se debe realizar una limpieza preliminar para luego proceder a pintar o recubrir con pintura dependiendo de la aplicada al producto, ya sea epóxica según AWWA C-550 o pintura de caucho clorado.