



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803
FACULTAD DE INGENIERÍA

Elementos Técnicos de Diseño, Construcción y Operación para la Supervisión de los
Sistemas Bombeo de las Edificaciones donde EPM atiende los servicios de
Acueducto y Alcantarillado.

Sergio Vásquez Cano

Ingeniería Sanitaria

Roberto Mejía Ruiz (Interno)
José Oliverio Giraldo Gómez (Externo)

Viernes, 8 de febrero de 2019



Tabla de Contenido.

1. Resumen.....	3
2. Introducción.....	4
3. Objetivos.....	5
4. Marco Teórico.....	5-6
5. Metodología.....	6-8
6. Resultados y Análisis.....	8-14
6.1 Resultado de una adecuada selección de un sistema de Bombeo.....	10-14
6.1.a Gráfica 1. Curva Características de las bombas centrifugas.....	11
6.1.b Gráfica 2. Curva Características de las bombas centrifugas asociada a bombas en serie.....	11
6.1.c Gráfica 3. Curva Características de las bombas Centrifugas Instaladas en paralelo.	12
7. Lista de verificación en la instalación de la tubería de Succión, Impulsión y el sistema de bombeo.....	14-18
7.1.a Lista de verificación en la Tubería de Succión y su mecanismo de protección.....	14-15
7.1.b Lista de verificación en la tubería de Impulsión y su mecanismo de protección.....	15-16
7.1.c Lista de verificación en la Instalación del sistema de Bombeo y sus mecanismos de control y Protección.....	16-17
7.1.d Recomendaciones Generales sobre mecanismos de control y protección para los sistemas de bombeo.....	17-18
8.Sistemas o Equipos Hidroneumáticos y su respectiva instalación.....	18-20
8.1.a Recomendaciones generales sobre los mecanismos de control y protección para el sistema hidroneumático.....	19-20
7. Conclusiones.....	20-21
8. Agradecimientos.....	21
9. Bibliografía.....	22-23

Elementos Técnicos de Diseño, Construcción y Operación para la Supervisión de los Sistemas Bombeo de las Edificaciones donde EPM atiende los servicios de Acueducto y Alcantarillado.

Resumen.

En primer lugar, definimos un Sistema o Estación de Bombeo como el conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua directa o indirectamente de una fuente de abastecimiento, la cual se compone básicamente de una tubería de succión, una bomba ya sea centrífuga o periférica y una tubería de impulsión que suministra al tanque de elevación o directamente la red principal de distribución domiciliaria.

Para el inicio del proyecto fue indispensable, en primer lugar, realizar una amplia revisión del estado del arte conexas a los sistemas de bombeo existentes en la actualidad y los elementos técnicos de diseño, instalación y operación de acuerdo a la luz de la normativa colombiana que rige para estos; en ese orden de ideas se descubrió que, a la hora de la supervisión por parte de los compañeros del equipo de trabajo, los sistemas de bombeo de algunas edificaciones mayores a 3 pisos necesitan de una urgente rehabilitación.

De acuerdo a lo anterior se obtuvo una primera solución, la cual consistió en establecer los criterios con los que debe contar un sistema de bombeo a simple vista, para ello se realizaron una serie de visitas a empresas fabricantes e instaladoras de sistemas de bombeo, reuniones con algunos profesionales de la empresa capacitados en la materia e investigaciones de elementos que fueron garantes en la solución de dicha problemática; bajo ese estandarte se construyeron 2 elementos, un manual didáctico para las buenas prácticas que se divide en 2 partes: la **primera parte** reúne todo el diseño de las redes internas de acueducto de los casos más típicos encontrados en los edificios, aquí se encuentra la metodología para determinar la altura dinámica de la bomba, variable que depende de muchos factores de acuerdo al caso típico del edificio; y la **segunda parte** corresponde a varias presentaciones en PowerPoint en donde se encuentra de manera ilustrativa las recomendaciones, listas de verificación en tuberías de succión e impulsión, mecanismos de control y protección de todo el conjunto perteneciente a los sistemas de bombeo; estas presentaciones se llevaron a cabo con el fin de socializar entre instaladores, ingenieros, técnicos para generar conciencia de la importancia del carácter divulgativo en particular sobre los fundamentos de cálculo de las redes de abasto, la presentación de los respectivos isométricos, entre otros requerimientos necesarios para la selección y supervisión del sistema o equipo de bombeo instalado en los edificios.

Y el **segundo elemento** consistió en el desarrollo de una herramienta aplicativo la cual evalúa si la potencia de la bomba revisada en campo cumple con las necesidades de consumo y suministro de agua a todas las unidades de abasto y los tanques superiores pertenecientes al edificio, tal resultado corresponde al agregar a la herramienta aplicativo unos datos correspondientes a criterios técnicos y variables hidráulicas ya definidas, las cuales se evidencian en campo o en la entrega del plano del diseño hidráulico de la edificación y su correspondiente isométrico. Finalmente, las interacciones con el manual didáctico para las buenas prácticas y el aplicativo, ha generado, en gran magnitud, un impacto bastante positivo para el equipo de supervisión perteneciente a la Unidad de vinculación y desarrollo urbanístico aguas, puesto que, durante un prolongado lazo de tiempo no se tenían los elementos y criterios técnicos de diseño, instalación y operación

para la supervisión de los Sistemas Bombeo de las edificaciones del área metropolitana próximas a vincular.

Introducción

Para la construcción de las diferentes edificaciones pertenecientes a los Municipios del Área Metropolitana, no solo es indispensable que éstas cuenten con acceso al agua potable y el posterior tratamiento de sus aguas residuales, ya que la prestación de estos servicios mejora las condiciones de salubridad y calidad de vida de los usuarios. Sin embargo, en función de lo que nos compete, aprovisionar de agua potable las mencionadas edificaciones surge un requerimiento muy importante para las que cuentan con más de tres (3) pisos (**Resolución 0330 DE 2017: Diseño de las Estaciones elevadoras y/o de Bombeo**) puesto que, necesariamente debe suscitar por el Diseño, Construcción y Operación de un Sistema y/o Cuarto de Bombeo que impulse el agua potable, con el fin de abastecer las diferentes viviendas de los conjuntos residenciales. Actualmente, Refiriéndonos a las edificaciones concernientes al Área Metropolitana, desafortunadamente muchas de estas cuentan con sistemas de bombeo que necesitan de urgente rehabilitación debido a, desde su instalación se presentan algunas falencias al no tener en cuenta los comportamientos hidráulicos influyentes y determinantes para la selección de una Bomba Centrífuga o Periférica. (**Unidad de Energía Sostenible y Cambio Climático (ECC) y la División de Agua y Saneamiento (WSA)**). En ese orden de ideas la selección de este sistema de bombeo será eficiente siempre y cuando además de un correcto diseño; los arquitectos, constructores, ingenieros y a todos los interesados en la materia, desarrollen una tarea de carácter divulgativo en particular sobre los fundamentos de cálculo de las redes de abasto, la presentación de los respectivos Isométricos o planos de las redes de distribución de las edificaciones, entre otros requerimientos necesarios para la selección y supervisión del sistema o equipo de bombeo.

Finalmente, de acuerdo a lo anterior, se diseñará un direccionamiento en términos de un manual de apoyo y herramienta de cálculo; el cual se enfocará en buscar las diferentes alternativas para que un sistema de bombeo desde la succión hasta la impulsión se desarrolle en el rendimiento más óptimo y provea de agua potable las unidades de abastecimiento más lejanas o críticas de una edificación, indubitablemente basados en unos elementos y criterios técnicos de diseño, construcción y operación que tendrá como finalidad ayudar al equipo de trabajo de la *Unidad de vinculación y desarrollo urbanístico aguas* del Grupo epm en la supervisión de los Sistemas de Bombeo de los diferentes canales de edificaciones vinculados o próximos a vincular en el área metropolitana.

Objetivos

Objetivos generales.

- Dimensionar los elementos técnicos de Diseño, Construcción y Operación de los Sistemas de Bombeo de acuerdo a la luz de la normatividad vigente, para los diferentes canales vinculados donde EPM atiende los servicios de Acueducto y Alcantarillado.
- Establecer los criterios con los que debe contar un Sistema de Bombeo según la caracterización de los sistemas existentes en los canales vinculados.

Objetivos específicos.

- Realizar un inventario de los diferentes Sistemas de Bombeo encontrados en las edificaciones donde EPM atiende los servicios de Acueducto y Alcantarillado.
- Realizar una evaluación del dimensionamiento y funcionamiento de los sistemas de bombeo con el fin de recopilar información para constituir parámetros y criterios para los adecuados diseños y su selección.
- Analizar y Establecer, de acuerdo a referencias bibliográficas y Normatividad Colombiana existente, los requisitos con los que debe cumplir los Sistemas de Bombeo.
- Elaborar una herramienta de cálculo y un manual para las buenas prácticas que contengan los requerimientos mínimos de Diseño, Construcción y Operación para los Sistemas de Bombeo.

Marco Teórico

Lo correspondiente a este Ítem, a continuación, se presenta la identificación y algunas definiciones de las variables importantes para la ejecución de este proyecto. En primera instancia, la ubicación donde se abordará el proyecto de la práctica empresarial, aparte de la Ciudad de Medellín y sus 5 corregimientos (Palmitas, San Antonio de Prado, AltaVista, Santa Elena y San Cristóbal), abarca los municipios de, al sur Itagüí, Envigado, Sabaneta, La Estrella y Caldas, y al norte, Bello, Copacabana, Girardota y Barbosa todos pertenecientes al Área Metropolitana.

Cuando nos enfocamos especialmente en el abastecimiento correspondiente al servicio domiciliario comenzamos a definir y a resaltar los diferentes fragmentos que componen esta parte del suministro de agua en las edificaciones; en ese sentido en primer lugar definamos el tramo de tubería justo antes de ingresar a la edificación la cual recibe el nombre de la **Acometida Domiciliaria**, básicamente éste es el tramo que se comprende desde la red de acueducto público hasta el sistema de distribución de agua de la edificación (**Norma Técnica Colombiana, (NTC1500)**).

Seguido a esto la tubería de la acometida se conecta al **Medidor** este se define como, en términos hidráulicos, como Medidor de Caudal, Medidor de Flujo o Flujómetro, los cuales son instalados en la línea principal del fluido a controlar o en la entrada de equipos o sistemas de los cuales se requiera monitorear; (**Norma Técnica Colombiana. NTC 1063-1**)

El medidor está cubierto por una pequeña **Cajilla de Concreto** que proporciona el espacio suficiente para instalar el medidor de agua potable y sus accesorios de empalme a la línea de conexión domiciliaria. Una vez en esta conexión domiciliaria el agua fluye en dirección a un **Reservorio o Tanque de Almacenamiento** los cuales se clasifican en tanque bajo y tanque alto dependiendo de las unidades que se requieran para abastecimiento de la edificación y de los criterios del diseñador, (**Diseño de instalaciones hidrosanitarias y de gas para Edificaciones, Rafael Pérez Carmona 1997**) dichas unidades suministran agua permanente y disponibilidad para suplir a los usuarios en horas de máximo consumo y permitir el almacenamiento cuando sean horas de bajo consumo. Pero para garantizar eso, cuando se tienen edificaciones mayores a 3 pisos requieren de un **Sistema o Estación de Bombeo (Resolución 0330 de 2017 cap. 8: Estaciones Elevadoras y de Bombeo)**.

La cual se define, como el conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua directa o indirectamente de una fuente de abastecimiento, la cual se compone básicamente de una Tubería de Succión, una bomba ya sea centrífuga o periférica y una Tubería de Impulsión que suministra al tanque de elevación o directamente la **Red Principal de Distribución Domiciliaria**. Conforme a lo anterior, tenemos que la red principal de distribución domiciliaria es la encargada de suministrar el agua al tallo principal de cada vivienda, en donde se derivan los diferentes ramales para abastecer las unidades de abastecimiento con las que cuenta el domicilio. Estas **Unidades de Abastecimiento** se definen como aparatos (Duchas, Grifos, Sanitarios etc.) por donde fluye el agua potable para suplir las necesidades de las personas (**Fundamentos de hidráulica e instalaciones de abasto en las edificaciones, Samuel Melguizo Bermúdez. Primera edición, Medellín octubre 12 de 1977**). Siendo esta última como uno de los parámetros a considerar en lo que concierne al diseño de las instalaciones hidrosanitarias.

Finalmente, para lo que concierne a los elementos técnicos de operación, ya definidos todos los parámetros anteriores de diseño e instalación, se procedió a desarrollar como una lista de verificación o mecanismos de control para cuando se realicen las visitas de supervisión en las edificaciones, en el cual contengan todos los requerimientos mínimos de diseño e instalación ya establecidos para los Sistemas Bombeo. En ese orden de ideas se procederá a la elaboración de una herramienta de cálculo tipo aplicativo y un manual para las buenas prácticas de los Sistemas de Bombeo de las edificaciones donde EPM atiende los servicios de Acueducto y Alcantarillado, siendo esta, de gran ayuda para el equipo de trabajo de la unidad de vinculación desarrollo urbanístico aguas del grupo EPM.

Metodología.

- En primer lugar, se desarrolló una serie de salidas de campo con un lapso de tiempo de 2 veces por semana/cada mes, con el fin de realizar un inventario de los materiales existentes en los sistemas de bombeo instalados en las edificaciones próximas a vincular, en ese sentido también se visitaron empresas fabricantes e instaladoras de sistemas de bombeo, de igual manera se tuvieron reuniones con algunos profesionales de diferentes empresas capacitados en la materia y se desarrollaron diferentes investigaciones de elementos que fueron garantes en pro a la solución de establecer los aspectos y requerimientos mínimos que debe tener un sistema de bombeo, por ejemplo, tipo de bomba, área de cobertura para la instalación, aspectos hidráulicos, entre otras variables importantes de interés.

Para la realización de lo anterior, se obtuvo la ayuda del registro fotográfico de cada visita y de un manual de apuntes que fue fundamental para suscitar aspectos destacados durante las reuniones y las visitas; de igual manera se dispuso de los sistemas y de la base de datos informativa suministrada por la empresa (epm).

- Seguido a esto, de acuerdo a la recopilación de toda la información de las diferentes reuniones, visitas y lo correspondiente al punto descrito anteriormente, se realizó una evaluación exhaustiva del dimensionamiento, diseño y funcionamiento operativo de los sistemas de bombeo domiciliarios de las edificaciones visitadas, en donde se fijaron los primeros parámetros en cuanto a diseño, instalación y puesta en marcha; para ello se utilizó la respectiva revisión del estado del arte conexas a los sistemas de bombeo existentes en la actualidad y los elementos técnicos de diseño, instalación y operación definidos, de acuerdo a la luz de la normativa colombiana que rige para estos.
- El siguiente paso consistió en desarrollar el manual para las buenas prácticas de los sistemas de bombeo domiciliarios, en ese sentido la primera parte consistió en reunir todo lo correspondiente al diseño de las redes internas de acueducto que abastecen los diferentes tipos de edificios según los revisados durante las visitas; en ese orden de ideas se partió de la premisa que para escoger un excelente sistema de bombeo se debe considerar todos los aspectos anteriores y de acuerdo a la literatura bibliográfica, se procedió a determinar los aspectos relacionados con la hidráulica de las redes de distribución de agua de las edificaciones, con el fin de conocer variables importantes, como el caudal de diseño, área, velocidades en las tuberías, longitud, diámetro, pérdidas longitudinales y por accesorios entre otras variables de las diferentes tuberías de succión, impulsión, tallos o columnas principales de distribución, derivaciones y ramales. De acuerdo a las características hidráulicas determinadas anteriormente para los diferentes tipos de edificios, se procedió a determinar la potencia requerida por la bomba, necesaria para vencer las diferentes pérdidas y así impulsar el agua a las diferentes viviendas pertenecientes al edificio.
- Sucesivo a esto la segunda parte del manual para las buenas prácticas consistió en la realización de un planteamiento que tiene como finalidad exteriorizar de manera ilustrativa las recomendaciones, listas de verificación en las tuberías de succión e impulsión, mecanismos de control y protección de todo el conjunto perteneciente a los sistemas de bombeo; esto se realizó con el fin de socializar entre instaladores, ingenieros, técnicos etc. para generar conciencia de la importancia del carácter divulgativo en particular sobre los fundamentos de cálculo de las redes de abasto, la presentación de los respectivos isométricos, entre otros requerimientos necesarios para la selección y supervisión del sistema o equipo de bombeo instalado en los edificios; en ese orden de ideas, dicha información se convertiría como centro de divulgación y conforme a ello se desarrolló una serie de presentaciones en PowerPoint, forma didáctica e ilustrativa de las diferentes recomendaciones para la selección y supervisión del sistema o equipo de bombeo instalado en los edificios.
- Una vez terminado el manual para las buenas prácticas con sus dos respectivas partes se procedió a diseñar un aplicativo el cual evalúe si la potencia de la bomba revisada en campo cumplía con las necesidades de consumo y suministro de agua a todas las viviendas y/o los tanques superiores pertenecientes al edificio, tal resultado se originó al agregar unos datos correspondientes a unos criterios técnicos y variables hidráulicas ya definidas, las cuales el técnico-supervisor evidencia en campo o en la entrega del plano del diseño hidráulico y su correspondiente isométrico de la edificación.

- Ya terminado lo correspondiente al proyecto, se destinó el último mes de la práctica académica, en donde se realizaron las diferentes capacitaciones, reuniones y asesorías para el manejo adecuado del aplicativo desarrollado, el cual es importante para la supervisión en campo de los sistemas de bombeo instalados en algunas edificaciones y, de igual manera se dio a conocer la suficiente ilustración de las recomendaciones, listas de verificación en las tuberías de succión e impulsión, mecanismos de control y protección de todo el conjunto perteneciente a los sistemas de bombeo; esto se perpetró con el fin de socializar entre instaladores, ingenieros, técnicos e interesados en la materia.

Finalmente, a continuación, se adjunta un cronograma de las actividades realizadas durante la práctica.

Tabla 1. Cronograma de actividades realizadas durante la práctica académica.

Cronograma	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión Normatividad Existente																												
Revisión Bibliográfica del Estado del Arte																												
Visita a los diferentes Sistemas de Bombeo de las Edificaciones																												
Reunión con el Asesor Interno																												
Reunión con el Asesor Externo																												
Consideraciones y Elementos Técnicos de Diseño																												
Consideraciones y Elementos Técnicos de Construcción																												
Consideraciones y Elementos Técnicos de Operación																												
Trabajo del Avance o primer entrega del Proyecto																												
Trabajo del Avance o Segunda Entrega del Proyecto																												
Trabajo del Avance o Tercera Entrega del Proyecto																												
Conclusiones y Recomendaciones																												
Entrega Final del Proyecto																												

Resultados y Análisis.

- Durante las diferentes salidas de campo a los diferentes sistemas de bombeo instalados en las edificaciones y hacer un inventario o registro fotográfico de los mismos, se obtuvo en primera instancia puntualizar los aspectos y requerimientos mínimos que debe tener un sistema de bombeo de una edificación a la hora de la supervisión por parte de Empresas Públicas de Medellín, como por ejemplo, el tipo de bomba, área de cobertura o cuarto para la instalación, aspectos hidráulicos, plano del isométrico y diseño hidráulico de la edificación entre otras variables importantes de sumo interés.
- En esa misma línea, al obtener una amplia recopilación de toda la información de las diferentes reuniones, visitas y el resultado correspondiente al punto descrito

anteriormente, se obtuvieron los primeros parámetros en cuanto a diseño, instalación y puesta en marcha; de acuerdo a la luz de la normativa colombiana que rige para estos. En ese sentido, con dichos parámetros se obtuvo el manual para las buenas prácticas, que contiene todo lo relacionado con diseño, instalación y puesta en marcha en cuanto a sistemas de bombeo, de acuerdo al tipo de edificio.

- Prosiguiendo con la ejecución del manual para las buenas practicas, este reúne todo lo correspondiente al diseño de las redes internas de acueducto que abastecen los diferentes tipos de edificios según los revisados durante las visitas en donde la selección de un sistema de bombeo depende del diseño de la red interna de acueducto para ello en el manual se presenta el orden adecuado de diseño para los sistemas de bombeo frecuentemente utilizados en el medio, Los cuales se podrían resumir en tres casos típicos:
 - 1). Tanque Inferior con sistema de bombeo e hidroneumático y conectado a la tubería de impulsión o también se denomina Sistema de Bombeo con tanque inferior alimentando centro de medición en cada piso.
 - 2). Sistema de Bombeo con tanque inferior a tanque superior con bombeo y equipo hidroneumático para alimentación de pisos superiores y alimentación por gravedad a los pisos de inferiores.
 - 3). Sistema de bombeo con tanque inferior con centro de medición en sótano o en primer piso.

Estos son los casos más típicos, podrán existir variaciones a estos sistemas que se deberán tratar individualmente de acuerdo a los criterios de diseño que se encuentran en el manual para las buenas prácticas. De igual manera la empresa se reserva la presentación de los criterios técnicos de diseño de las diferentes redes internas de acueducto para cada tipo de edificación y lo depone para uso y asesoría interna lo cual no se puede profundizar en este informe.

En base a lo anteriormente expresado se obtuvo como resultado para estos 3 casos los aspectos relacionados con la hidráulica de las redes de distribución de acueducto, por ejemplo, el caudal de diseño, área transversal, velocidades en las tuberías, longitud, diámetro, pérdidas longitudinales y por accesorios; entre otras variables de las diferentes tuberías de succión, impulsión, tallos o columnas principales de distribución, derivaciones y ramales. De acuerdo a esas características hidráulicas determinadas anteriormente para los diferentes tipos de edificios y por ende para los sistemas de bombeo se obtuvo la potencia requerida por la bomba descrita a continuación.

$$P_{Bomba} = \frac{\gamma \cdot H_p \cdot Q_{DiseñoEdificio}}{746 \cdot \eta} \quad \text{Ec.1}$$

Donde:

P_{Bomba} = Potencia de la Bomba (H_p).

H_p = Altura dinámica total o altura útil efectiva de una bomba (m).

$Q_{\text{Diseño Edificio}}$ = Unificación de todos los caudales de los tramos principales de las viviendas o caudal que ingresa al tanque superior (m^3/s).

γ = Peso específico del agua ($9810 \frac{N}{m^3}$).

η = Eficiencia de la Bomba (60 – 75%).

Recordemos que **Hp** está en función de las pérdidas por tuberías y alturas en donde para cada tipo de edificio se determinan diferentes. De igual manera **Hp** es aquella variable necesaria para vencer las pérdidas y así impulsar el agua a las viviendas pertenecientes al edificio. Pero para ello debe ejecutarse el respectivo diseño de la red interna de acueducto para los conjuntos residenciales, en donde de acuerdo al modelamiento y la determinación de ciertas variables hidráulicas, se tendrá la potencia requerida para el abastecimiento de agua en las diferentes viviendas de un edificio; posterior a ello, una vez conocida la potencia de accionamiento o requerida de la bomba, se procede a establecer los requerimientos mínimos para la selección del equipo de bombeo más adecuado:

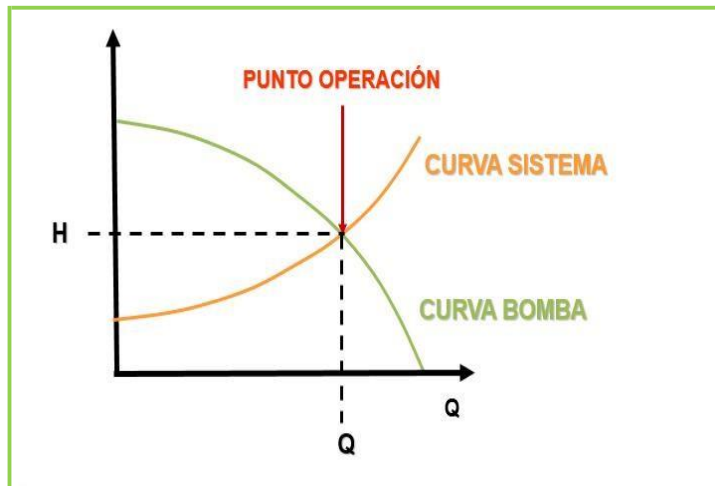
Resultado de una adecuada selección de un sistema de bombeo.

En la actualidad hay diversas maneras de diseñar un sistema de bombeo para elevar el agua y abastecer las diferentes viviendas de un edificio. Por tal razón este diseño se adaptará de acuerdo a los criterios típicos que dependen básicamente de los comportamientos hidráulicos del área de estudio. Con respecto a lo antes mencionado, en los sistemas de bombeo se pueden tener equipos excelentes en confiabilidad, energéticamente eficientes y presupuestalmente económicos, en ese sentido, se desea tener un diseño que se acople a las variables antes mencionadas.

Dentro de lo que nos concierne para la obtención de un equipo que sea energéticamente eficiente, no sobra mencionar que se debe tener en cuenta la potencia de trabajo de la bomba y de igual manera el punto de servicio de la bomba este lo más cercano al rendimiento máximo de la bomba (Curva de la Bomba). Este punto de servicio es considerado como el punto de mejor eficiencia, el cual está asociado al punto de trabajo nominal del sistema y se evidencia en la **Gráfica 1**.

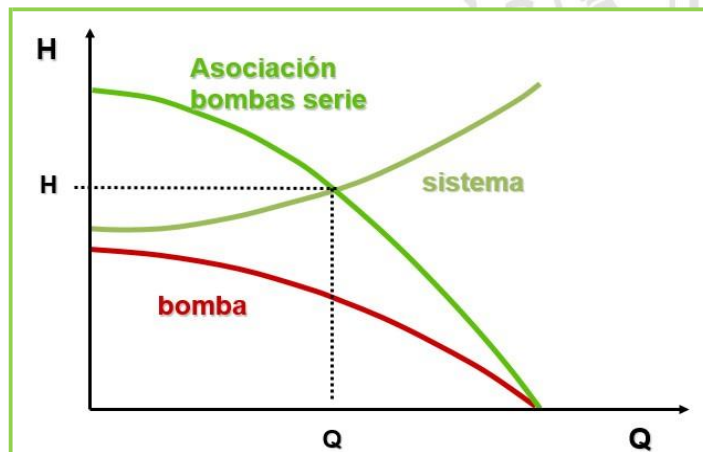
Las bombas centrífugas no se pueden especificar únicamente por los diámetros de succión e impulsión (descarga), puesto que ellas no dan la información necesaria para su utilización en un trabajo determinado. En ese sentido como se ha desarrollado a lo largo de este documento se debe especificar altura de bombeo y el líquido que se desea elevar (en este caso agua). De igual manera como se necesita un motor para accionarla, se deben conocerse las revoluciones por minuto a que deba trabajar, así como la potencia. Pero para nuestro caso una vez conociendo las variables como **Caudal, altura dinámica y la potencia**, se puede determinar, de acuerdo al fabricante, cual sistema de bombeo es el adecuado en la edificación; y con base a esas 3 variables el fabricante de la bomba brindará la respectiva curva característica de dicho sistema de bombeo.

Es importante que en la supervisión de la obra a vincular se pida la respectiva curva característica de la bomba centrífuga, con el fin de validar si la bomba instalada en campo cumple de acuerdo a las variables de caudal y altura dinámica. En ese sentido conociendo dichas variables se debe llegar a lo siguiente:



Gráfica 1. Curva Características de las bombas centrífugas.

De acuerdo a la curva característica proporcionada por el constructor se debe verificar que el caudal y la altura dinámica de la bomba deben interceptar la curva de la bomba (**Color Verde**), en ese sentido, dado el caso en que el punto de intercepto entre el $Q_{DiseñoEdificio}$ y la altura dinámica total o altura útil efectiva de una bomba (H_P) no interceptará la **Curva de la Bomba**, el supervisor tendrá la potestad de expresar que la bomba en campo no es la requerida para bombear el agua deseada; Entonces como recomendación a la problemática, el supervisor planteará la siguiente solución:

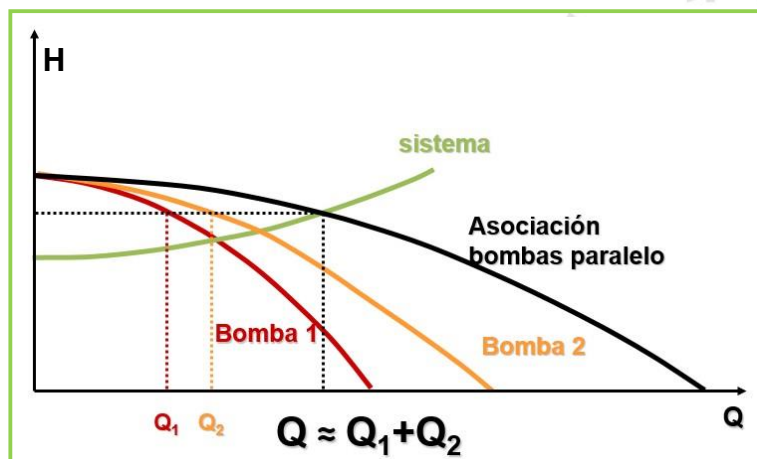


Gráfica 2. Curva Características de las bombas centrífugas asociada a bombas en serie.

Anteriormente se tenía que el punto de intercepción entre $Q_{DiseñoEdificio}$ y la altura dinámica total (H_P), se encontraba en el área bajo la curva de la bomba, en ese orden de ideas se requiere aumentar la altura dinámica total y para ello se sugieren que el sistema de bombeo cuente con la instalación de bombas en serie con el fin de aumentar la altura dinámica total o altura útil efectiva de una bomba H_P . Finalmente, al hacer esta recomendación, se puede observar en la **Gráfica 2** que dicho aumento en la altura dinámica total se va adecuar a la curva característica inicial de este caso y las intercepciones entre el caudal $Q_{DiseñoEdificio}$ y

la altura dinámica total (H_P) estarán adecuadas en la margen operacional del sistema de bombeo.

Otro aspecto bastante importante en la selección del sistema de bombeo, es el fraccionamiento del *Q DiseñoEdificio*; en otras palabras, se pueden utilizar una cantidad n de bombas y cada cual succiona un caudal diferente. Ya queda en el criterio del diseñador que dentro del sistema de bombeo se utilicen bombas alternantes con el fin de brindarles descanso a las que estuvieron en ejecución y así procurar no despilfarrar su vida útil. En ese orden de ideas, se tiene que las bombas que fraccionan el *Q DiseñoEdificio* son instaladas en paralelo y su curva característica se observa a continuación:



Gráfica 3. Curva Características de las bombas centrífugas instaladas en paralelo.

Se tiene que, para la instalación de las bombas en paralelo, la altura dinámica (H_P) no se aumenta ni disminuye, simplemente el accionamiento de estas bombas no altera la altura dinámica de la bomba; a continuación, se presenta de manera ilustrativa la ubicación de las bombas en paralelo para el fraccionamiento del caudal.

Pero antes es importante mencionar que en la práctica los sistemas de bombeo están sobre dimensionados, especialmente en el caso del consumo de agua en los edificios puesto que se presenta variabilidad en el caudal y la altura dinámica. Dicha variabilidad del sistema produce que el punto de operación no se cumpla en todo momento, es más, puede ocurrir que esté en este punto de operación por muy cortos periodos.

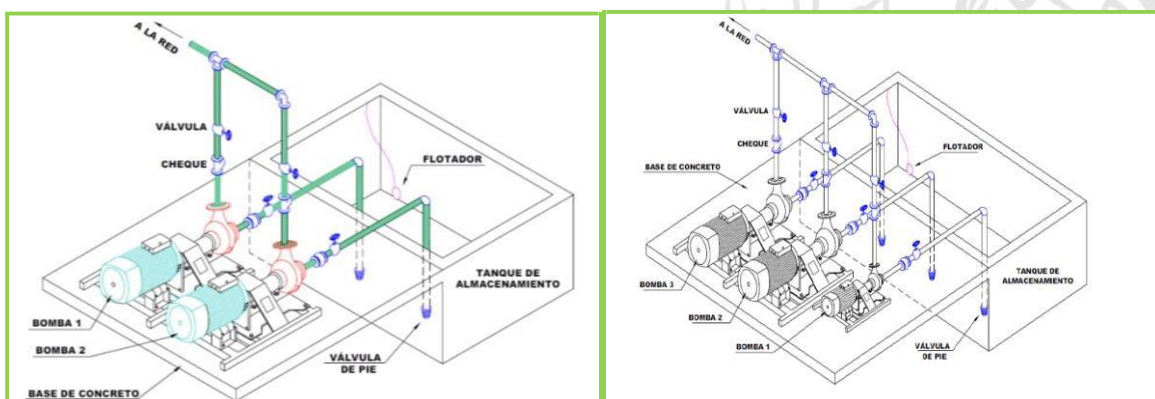




Imagen 1: Instalación de 2 y 3 bombas en serie y paralelo (Mixto), para fraccionamiento de caudal y aumento de la altura dinámica.

En definitiva, la diferencia entre la instalación de bombas en serie y paralelo, básicamente es que las bombas en serie aumentan la altura dinámica útil y la instalación en bombas en paralelo fraccionan el caudal; en ese orden de ideas como se ha mencionado a lo largo de este documento en un edificio mayor a 3 pisos se hace obligatorio instalar un sistema de bombeo debido a la diferencia de altura respecto al tanque bajo en donde la bomba debe vencer las pérdidas por accesorios, griferías, calentadores de agua, medidores volumétricos y las mencionadas diferencias de altura para que el agua pueda abastecer sin ningún problema las respectivas viviendas de la edificación.

Para los diseñadores, un aspecto bastante importante a tener a consideración es que la demanda de consumo en un edificio es muy variable aún dentro de la hora pico, porque depende del número de aparatos en uso simultáneo, la presión disponible en cada salida y del tipo de grifería. Con respecto a lo antes planteado, se recomienda fraccionar el caudal calculado en 2 o 3 unidades, tratando de cubrir la curva de demanda en la edificación. De igual manera como se ha mencionado anteriormente, una vez establecido el caudal pico o máximo probable, se debe fijar el otro factor relevante para la escogencia de las bombas, que es la presión mínima del servicio. En donde dicha presión depende básicamente de la combinación de elementos dentro de la vivienda como tuberías, accesorios, calentadores y griferías.

Nota: “como se conoce, el caudal máximo probable tan solo se presenta en algunos instantes durante el día, sin embargo, es el que define la capacidad del sistema de bombeo”

Por ende, no se justifica mantener prendido un equipo de bombeo con la máxima capacidad en caudal, por lo que se acostumbra a atender la demanda con dos o más bombas fraccionando el caudal estimado. Esto permite que una bomba pequeña mantenga la presión a bajos caudales, logrando un ahorro en energía y un bajo desgaste de los equipos los cuales implicarían un alto costo.

Es importante hacer una buena elección del fraccionamiento del caudal de diseño porque se tienen los siguientes resultados:

- Bajo costo de operación.
- Operación más silenciosa.

- Provisión para el caso de mantenimiento.
- Optimización del sistema.
- Regulación de la frecuencia y duración de los ciclos en periodos de bajo flujo.

Para este tipo de diseño con fraccionamiento de caudal, se usa un equipo hidroneumático, el cual se debe diseñar para la primera bomba, las otras bombas arrancan por señal de presóstato debido a la baja presión debido al aumento de consumo.

- Una vez obtenido lo correspondiente al diseño de las redes internas de acueducto, la selección y del fraccionamiento para los diferentes sistemas de bombeo domiciliarios, se planteó y se obtuvo como resultado, que el manual de las buenas practicas debería contener de manera ilustrativa las recomendaciones, listas de verificación en las tuberías de succión e impulsión, mecanismos de control y protección de todo el conjunto perteneciente a los sistemas de bombeo; para definir lo relacionado a ese conjunto, fue importante la socialización entre instaladores, ingenieros, técnicos etc. Puesto que se llegó a un acuerdo dando como resultado que, a la hora de la supervisión por parte de las Empresas Públicas de Medellín, las constructoras, ingenieros, diseñadores hidráulicos entre otros, estuvieran al tanto de los requerimientos mínimos a cumplir para la supervisión por parte de epm en cuanto al diseño, selección e instalación del equipo de bombeo instalado en los edificios. Conforme lo anterior se presenta lo planteado:

Lista de verificación en la Instalación de la tubería de succión, impulsión y el sistema de bombeo.

Lista de verificación en la Tubería de Succión y su mecanismo de protección.

- Verificar que la tubería de succión se encuentre un lugar hermético, para lo cual debe estar protegida o cebada.
- Verificar que el diámetro de la tubería de succión sea mayor al diámetro de la tubería de impulsión y correspondan al diseño presentado.
- Verificar que la tubería de succión sea lo más corta y recta posible, con el fin de evitar altas pérdidas de carga. Recordemos que al aumentar la longitud de la tubería aumenta las perdidas por fricción y reduce la efectividad de la instalación.
- Se recomienda una inclinación de 2 grados de la bomba hacia el sitio de la succión.
- Verificar que no se permitan formas que impidan la libre salida de aire y por ende al momento de cebado.
- Verificar que la tubería de succión no llegue al fondo del tanque, ni permanezca pegada a la pared lateral.
- Verificar que la distancia entre la brida de entrada de la bomba y el codo más cercano sea al menos cuatro veces el diámetro de la tubería.
- Verificar que la bomba no sea punto de apoyo para la tubería. Si esto no se cumple, podrán ocurrir desalineaciones y como consecuencia de ellas agrietamiento de piezas.

- Verificar, si el sistema se da por succión positiva, comprobar que haya una válvula para que la entrada a la bomba pueda ser cerrada cuando sea necesario. Durante el funcionamiento de la bomba, ésta deberá permanecer totalmente abierta.
- Verificar para el caso de succión negativa se debe utilizar una válvula de pie (válvula check con rejilla). Con el fin de evitar que se vacíe el agua de la tubería de succión. En ese orden de ideas se debe considerar que la “altura máxima” (distancia vertical) entre la bomba y el nivel mínimo que alcanza el agua no debe ser mayor a 4.5 mts para una correcta operación de la misma. Mayores alturas afectaran la eficiencia de la bomba hasta llegar a un límite donde ésta no puede succionar. El extremo de la tubería de succión (la maraca, granada o la rejilla) que se encuentra dentro del tanque, debe permanecer sumergida por lo menos 30 centímetros por debajo del nivel mínimo.
- Verificar que antes de la boca de la bomba, exista por los menos 10 diámetros de distancia libres de accesorios, por ejemplo, si la tubería de succión es de 2” (Pulg) esta distancia debe ser de 20” (Pulg).
- En definitiva, verificar que la tubería de succión cuente básicamente con una válvula de pie con rejilla o granada, un codo y válvula de compuerta abierta.
- Verificar después de la válvula de compuerta exista un elemento como brida o universal para el retiro de la bomba en posibles reparaciones.
- Para evitar períodos extendidos de cebado y daños posteriores a la bomba como resultado de piedras, arena y otros cuerpos extraños sólidos, es recomendable usar en la línea de succión una especie de filtro y acompañado de una manguera, jaula y válvula de retención.
- Según la posición de la línea de succión, ya que si estuviera más alta que la bomba (succión positiva) retrasaría el escape de burbujas de aire e impediría el proceso de cebado. Para este caso es posible instalar uniones o conectores de manguera cerca de la bomba para facilitar su extracción cuando esta deba guardarse o someterse a mantenimiento o reparación.

Lista de verificación en la tubería de Impulsión y su mecanismo de protección.

- Verificar que el diámetro de la tubería de impulsión sea menor a la tubería de succión de acuerdo al diseño presentado.
- Verificar que la tubería de impulsión cuente con una válvula cheque con el fin de prevenir daños en la bomba cuando el agua se regresa debido al apagado de la bomba y de igual manera evitar la presencia de burbujas de aire en el agua lo cual ocasiona la cavitación en la Bomba.
- Verificar que la tubería de impulsión cuente con una válvula de compuerta, la cual tiene como finalidad servir de reguladora de caudal cuando se requiera, así como impedir que el líquido se derrame cuando se efectúen labores de mantenimiento o reparación de la bomba.
- Verificar que en la tubería de Impulsión generalmente cuente con los siguientes accesorios: Válvula de compuerta, válvula de retención y junta elástica anti-vibratoria.

- Se recomienda que todas las tuberías en PVC ubicadas en la intemperie (terraza, zonas comunes) estén protegidas contra agentes naturales como por ejemplo el agua y sol, en ese sentido se pueden optar mecanismos de protección como cubiertas o pinturas que conservan la compostura del material.
- Verificar que las tuberías expuestas o en buitrón tenga su respectiva fijación para evitar desplazamientos o vibraciones que pueden averiar las tuberías.
- Verificar antes de la válvula de retención exista un elemento como brida o universal para el retiro de la bomba en posibles reparaciones o mantenimiento de la bomba.
- Verificar que la tubería de impulsión en un sistema tanque bajo a tanque superior cuente básicamente con una válvula de compuerta abierta, máximo 2 codos, 1 salida de tubería, válvula de retención.

Lista de verificación en la instalación del sistema de bombeo y sus tipos de control y protección.

- En primer lugar, se debe observar que el espacio alrededor del sistema o cuarto de bombeo sea suficientemente amplio con el fin de tener un adecuado acceso para permitir posteriores inspecciones, mantenimiento y reparaciones de la bomba, y en ese sentido para la limpieza y aseo en general; para ello se recomienda que la bomba este a una distancia mínima de 1,5 metros de dichos obstáculos. De igual manera el lugar seleccionado para la instalación de las bombas deberá estar protegido contra inundaciones.
- Al encender la bomba supervisar que no se escuchen vibraciones y ruidos en esta; esto indica que la bomba actualmente presenta problemas de funcionamiento debido a su mala instalación o en la mayoría de los casos se presenta cavitación.
- Verificar que la bomba se encuentre firmemente instalada sobre una base de concreto apropiadamente rígida como para absorber las vibraciones
- Verificar si la altura de la base de concreto esta entre un valor de 0.30 a 0.50 metros y perforada con sus respectivos pernos, los cuales deben estar sujetos a la base uniforme y firmemente. Finalmente se debe observar que la ubicación del sistema de bombeo este demarcada o limitada por una franja amarilla.
- Verificar si las dimensiones de la base de concreto excedan en 5 y 10 centímetros respectivamente el ancho y la longitud de la base de hierro que sostiene el conjunto motor-bomba.
- Verificar que el sistema de bombeo cuente con una buena alineación entre motor y bomba, ya que es sumamente importante para la vida útil de los rodamientos. Para ello es necesario cuidar dicho conjunto de tal forma que no se transmitan esfuerzos entre el motor y bomba.
- Verificar si el sistema de bombeo cuenta con la protección de juntas elásticas, puesto que son utilizadas con el fin de eliminar la transmisión de vibraciones y esfuerzos de la bomba a la tubería impulsión o de la tubería de succión a la bomba. De igual manera son utilizadas para compensar la dilatación, Disminuir el golpe en el arranque y parada del motor.

- Verificar que toda tubería en el sistema de bombeo, tanto en la tubería de succión e impulsión debe estar perfectamente soportada. En ese orden de ideas realizar una minuciosa verificación en donde estén limpios y totalmente protegidos de cualquier obstrucción.
- Verificar si se utilizan dispositivos o flotadores eléctricos y mecánicos para el encendido y apagado del sistema de bombeo cuando así lo demande el sistema hidroneumático o los respectivos llenados del tanque inferior o superior.
- Verificar la utilización de un interruptor eléctrico; el cual debe estar dimensionado para las características eléctricas del motor e instalado cerca de éste.
- Verificar que los motores, mayores a un 1HP se les proporcionen de la utilización de un circuito eléctrico independiente, con su respectivo tablero eléctrico.

Después de largas interrupciones y ante un nuevo uso hay que asegurarse y verificar que el rotor gire correctamente durante el encendido y apagado encendiendo y apagando la bomba por períodos breves.

Verificar que el sistema de bombeo se encuentre en una zona común la cual sea visible para todos los habitantes del conjunto residencial.

Recomendaciones generales sobre mecanismos de control y protección para los sistemas de bombeo.

Dentro del marco de los sistemas de bombeo los principales métodos de control del punto de operación se tienen los siguientes: control por estrangulamiento, control por derivación o Bypass, control por cambio de velocidad. Todos estos métodos se pueden implementar continuamente. En ese orden de ideas definiremos los tipos de control que se deben supervisar en el sistema de bombeo:

Control por estrangulamiento:

Control por estrangulamiento, básicamente este mecanismo de control se basa en ajustar el punto de operación mediante la estrangulación. Esto se logra instalando una válvula de corte (ya sea del tipo mariposa, de bola, de compuerta, etc.), la cual se estrangula de manera de reducir el caudal.

Control por Derivación o Bypass:

En algunas edificaciones se encuentra este tipo de control, que básicamente es para el cuidado del sistema de bombeo. Su función es abastecer todo el conjunto residencial sin la utilización de la bomba cuando esta se encuentra en reparación, mantenimiento o limpieza. La Derivación por Bypass solo es permitida cuando en el lugar donde se encuentra la edificación cuenta con una presión bastante elevada y así puede abastecer de manera suficiente y en buena calidad todas las viviendas pertenecientes a la edificación.

Control por variadores de velocidad:

Para el control del funcionamiento de encendido- apagado y el ahorro de energía de los sistemas de bombeo son dos de las primordiales razones para el empleo de variadores de velocidad.

De igual manera los variadores de velocidad minimizan la vibración de las tuberías de la edificación con el fin de generar incomodidad en cuanto a ruido, a los habitantes de la urbanización.

Entre las diversas ventajas en el control del proceso proporcionadas por el empleo de variadores de velocidad destacan:

- Operaciones más suaves en la bomba.
- Mecanismo de control de la aceleración de la bomba.
- Control del cuidado del par motor de la bomba.
- Distintas velocidades de operación para cada periodo del proceso.

Con respecto a lo antes planteado para el control de la bomba se expusieron los diferentes objetos necesarios para el cuidado de un sistema de bombeo en general; para continuar con el desarrollo de este manual, abarcaremos los sistemas o equipos hidroneumáticos, su respectiva instalación y mecanismos de protección y control los cuales son muy utilizados en las diferentes edificaciones especialmente para pisos entre 6 y 12 pisos.

Sistemas o Equipos Hidroneumáticos y su respectiva instalación.

Estos sistemas fueron ideados con el fin de mantener el volumen de aire constante dentro del tanque del hidroneumático, al tiempo que se separa el agua del aire comprimido. La separación se hace mediante una membrana o bolsa de neopreno laminado.

La función de estos aparatos, es mantener presurizada la red o sistema hidráulico y satisfacer el suministro en momentos de poca demanda, tiempo durante el cual la bomba permanece apagada. En otras palabras, el tanque permite que el sistema funcione “a demanda”. Sin que la bomba deba ponerse necesariamente en marcha cada vez que abrimos un grifo, como ocurre en el caso de las bombas presurizadoras convencionales.

Una vez en el interior del tanque hidroneumático existe una separación física entre el agua y el aire contenidos allí. Dicha separación física entre aire y agua puede ser de dos tipos: mediante un diafragma que actúa como pared divisoria, o bien incorporando una bolsa o membrana dentro del tanque, la cual está consignada para reservar una cantidad de agua. En la figura que a continuación se presenta, se puede observar un esquema de un tanque hidroneumático con membrana dentro del tanque.

Es importante destacar los parámetros que definen un sistema hidroneumático, especialmente los que son suministrados por el fabricante y su respectivo modelo, los cuales se presentan a continuación:

Presión de Precarga.

Básicamente la presión de precarga corresponde al aire en el interior del tanque cuando este sale de fábrica.

Presión de Corte.

Corresponde al valor máximo de presión realizada por la bolsa de agua contra el aire en el interior del tanque, y de igual manera es la presión a la cual la bomba deja de operar, por ende, para que tenga este tipo de funcionalidad debe ser contralada por un interruptor de presión que indica la presión máxima en la red de acueducto

Presión de Arranque.

La presión de arranque de igual manera es controlada por un interruptor de presión, en donde el valor mínimo de presión ejercida por la bolsa de agua contra el aire en el interior del tanque, en ese sentido es la presión a la cual la bomba comienza a funcionar. Debido a una baja presión generada por la demanda de las unidades de abasto.

Esta condición, se origina básicamente para asegurar de que al abrir los grifos y bajar la presión en la instalación, no permanezca una presión remanente capaz de impedir que el sistema alcance la presión de arranque.

Desde la apertura de un grifo hasta que la bomba comienza a funcionar de nuevo es cuando usamos el tanque como reserva. Este volumen de regulación, que es otro parámetro bastante importante en el equipo Hidroneumático, evita que la bomba deba arrancar y detenerse ante consumos pequeños. Por lo tanto, la bomba no se enciende cada vez que se abre un grifo, sino solamente cuando la presión iguala el valor de la presión de arranque del sistema. Es claro que cuanto mayor sea el Volumen de regulación del tanque, menos ciclos de encendido/apagado tendrá la bomba.

Es importante mencionar que los equipos hidroneumáticos reúnen una serie de ventajas bastante indudables ya que:

- Extienden y protegen la vida útil de la bomba al reducir la cantidad de ciclos de encendido/apagado.
- Representan un ahorro de energía.
- Minimizan en cuestión de tiempo el mantenimiento del sistema.
- Mantienen una reserva de agua a presión, permitiendo que la bomba compense la demanda total del sistema para garantizar un flujo constante de agua.
- Almacenan el agua y la suministran a presión solo cuando se necesita.

Recomendaciones generales sobre los mecanismos de control y protección para el sistema hidroneumático.

- Se recomienda que el equipo hidroneumático este situado sobre una superficie sólida y plana, importante que este lo más cercana posible a la fuente de suministro de agua y esté protegida de la intemperie. Por ejemplo, una buena ubicación es un sótano o un adecuado cuarto de bombeo.
- Se recomienda que el equipo hidroneumático tenga una ventilación adecuada y que la temperatura de sus alrededores no supere los 40°C, ya que el motor podría desconectarse automáticamente por sobrecarga.
- Recordemos que el funcionamiento correcto del tanque depende específicamente de la precarga de aire. Por ello se recomienda lo siguiente:
 - El tanque hidroneumático se debe revisar, inspeccionar y supervisar por lo menos una vez al año con el fin de asegurar la presión de precarga

sea igual a la indicada por el fabricante con una variación de ± 2 %. Para verificarlo, se siguen los pasos a continuación:

- a) Desconectar la alimentación eléctrica del equipo.
- b) Vaciar completamente el tanque por medio del tornillo de drenaje
- c) Verificar la precarga en el manómetro usando un medidor de aire para neumáticos,
- d) Solo si es necesario, ajustar la precarga de aire a 2 psi por debajo de la presión de arranque del interruptor de la bomba.

Para la protección externa del tanque hidroneumático, este se debe limpiar habitualmente por fuera con agua y productos limpiadores; si el equipo no va a usarse por un largo tiempo, o durante los meses de invierno, en ese sentido el tanque debe desmontarse y guardarse. Para ello, debe evacuarse el agua completamente y dejarse secar.

Finalmente, al seguir estas demostraciones y requerimientos, de acuerdo a la normatividad colombiana existente si se tiene en cuenta estas buenas prácticas de ingeniería de diseño y selección de un equipo de bombeo domiciliario se tendrá como resultado una vida útil de este, por tal razón las reclamaciones por parte de los usuarios del servicio se minimizarán en un gran porcentaje y la empresa prestadora del servicio garantizará una buena calidad y cantidad de agua a todas las unidades de abasto pertenecientes a la edificación.

- Como contraparte a lo relacionado con la supervisión, un resultado bastante importante fue el diseño de una herramienta aplicativa que evalúa si la potencia de la bomba revisada en campo por parte de los técnicos supervisores de EPM, cumplía con las necesidades de consumo y suministro a todas las viviendas perteneciente al edificio, tal resultado se dio al agregar a la herramienta aplicativa unos criterios técnicos y variables hidráulicas que se fueron definiendo a lo largo del desarrollo del proyecto. Este aplicativo es de reserva prioritaria por parte de la empresa para sus fines de supervisión para lo cual no se puede profundizar en los criterios técnicos de diseño con los que fue diseñado este aplicativo
- Finalmente, el resultado final de la buena ejecución del proyecto se constituyó básicamente por las diferentes capacitaciones, reuniones y asesorías para el manejo adecuado de la herramienta aplicativa desarrollada y de igual manera por la suficiente, ilustración de las recomendaciones, listas de verificación en las tuberías de succión e impulsión, mecanismos de control y protección de todo lo relacionado a los sistemas de bombeo esto se perpetró entre instaladores, ingenieros, técnicos e interesados en la materia.

Conclusiones

- Una buena selección de un sistema de bombeo depende de los criterios técnicos de diseño, construcción y operación; para consolidar dicha dependencia, a lo largo de estos 6 meses se pudieron establecer los criterios con los que debe contar un Sistema de Bombeo de una edificación gracias a la caracterización de los sistemas existentes y la normatividad vigente, pues fueron garantía para definir los requisitos con los que debe cumplir los Sistemas de Bombeo siempre y cuando EPM atienda los servicios de Acueducto y Alcantarillado de dicha

edificación; en ese sentido se puede concluir que el manual didáctico para las buenas prácticas y la herramienta aplicativa género, en gran magnitud, un impacto bastante positivo para el equipo de supervisión perteneciente a la Unidad de vinculación y desarrollo urbanístico aguas, puesto que, durante un prolongado lazo de tiempo no se tenían los elementos y criterios técnicos de diseño, construcción y operación para la supervisión de los Sistemas Bombeo de las edificaciones del área metropolitana próximas a vincular como clientes.

- Conocer los diferentes casos de edificios y su respectiva instalación de la red interna de acueducto, permitió definir los correctos diseños que se deben realizar para la selección del sistema de bombeo domiciliario. En ese sentido se dejó constancia de que las diferentes entregas ayudaron a minimizar las contrariedades en cuanto a las reclamaciones por algunos usuarios, reclamación que consistía en la irregularidad del servicio de acueducto de algunas unidades de abasto pertenecientes a las viviendas ubicadas en los últimos pisos de un edificio, mal cebado, desgaste en las tuberías, oxidación y cavitación en las bombas.
- En cada reunión y socialización entre instaladores, ingenieros, técnicos pertenecientes a la unidad de trabajo del grupo epm se llegaron acuerdos importantes a la hora de la supervisión por parte de las Empresas Públicas de Medellín, en donde se tomó la decisión de que las constructoras, ingenieros, diseñadores hidráulicos entre otros, estuvieran al tanto de los requerimientos mínimos a cumplir para la supervisión por parte de epm en cuanto al diseño, selección e instalación del equipo de bombeo instalado en los edificios.

Agradecimientos.

- Agradecer en primer lugar, al equipo de trabajo de la Unidad Vinculación y Desarrollo Urbanístico Aguas del grupo EPM E.S.P durante estos 6 meses; en ese sentido especialmente quiero reconocer la colaboración del Jefe de la Unidad **Santiago Wilchez Yepes** y sus colaboradores del equipo supervisión **Olga Patricia Lopez Bedoya, José Oliverio Giraldo Gómez, Estefanía García Benítez y Dalis Stella Marín Velásquez** y del equipo factibilidad y diseño, **Carlos Alberto Vélez Mesa, Juan Fernando Yepes Vélez, Jorge Mario Álzate Meneses y Paula Andrea Marín Zapata** quienes, en todo momento brindaron su cooperación en el proyecto de los Elementos Técnicos de diseño, Construcción y Operación para la Supervisión de los Sistemas de Bombeo de los próximos canales de edificaciones a vincular en el Área Metropolitana.
- Agradecer en gran manera al Doctor **Carlos Gonzales** presidente de la Junta Administrativa y al Gerente Técnico **Victor Manuel Perez Jimenez** pertenecientes a la empresa ByR Ingeniería de Fluidos; por el debido asesoramiento y acompañamiento recibidos en repetidas ocasiones, siendo de gran ayuda que permitió identificar escenarios y anomalías que nos llevaron a tomar las mejores decisiones para la ejecución del Proyecto. De igual manera en ese orden de ideas, desde la academia, agradecer al profesor y tutor **Roberto Mejía Ruiz** quien por medio del asesoramiento y acompañamiento durante este tiempo fue quien nos recomendó tener acercamientos con la empresa ByR Ingeniería de Fluidos para cumplir nuestro objetivo.

Referencias Bibliográficas

- **Revisión Normatividad Colombiana Existente.**

- ✓ Norma Técnica Colombiana. NTC 1500
- ✓ Norma Técnica Colombiana. NTC 1063-1. Medición del Flujo de agua en conductos cerrados a sección llena, Medidores de aguas potable agua fría y agua caliente, Tercera Actualización 2007
- ✓ Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 0330)
- ✓ Decreto 1077 del 2015 Capítulo 3-Sección 2: De la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.
- ✓ Decreto 302 de 2000, por el cual se reglamenta la ley 142 de 1994 en materia de prestación de servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, 2000.
- ✓ Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de las Empresas Públicas de Medellín E. S. P. Empresas Públicas de Medellín E. S. P. 2013
- ✓ Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HS-4 Salubridad. (n.d.). En Gobierno de España, & Ministerio de Fomento. Madrid, España.

- **Revisión Bibliográfica.**

- ✓ Pérez Carmona, R. (2002). *Diseño de instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones*, Eco ediciones.
- ✓ Ramírez, C. (2016 Bogotá DC) *Consideraciones de Diseño y Calculo de las Instalaciones Hidráulicas en una Red de Distribución de Agua Potable*. (Trabajo de Grado Especialización de Recursos hidráulicos y Medio Ambiente), Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- ✓ Ferreccio, N. (Lima, 1985). *Estaciones de Bombeo, Bombas y Motores utilizados en abastecimiento de agua*, CEPIS -Programa de Protección de la Salud Ambiental.
- ✓ Melguizo Ramírez, S. (Medellín,1977) *Fundamentos de hidráulica e instalaciones de abasto en las edificaciones*, Samuel Melguizo Bermúdez. Primera edición.
- ✓ Melguizo Ramírez, S. (Medellín,1980) *Fundamentos de hidráulica e*

instalaciones de abasto en las edificaciones, Samuel Melguizo Bermúdez. segunda edición.

- ✓ Astudillo Guillén, J. C. (2013). *Análisis de métodos empleados en el cálculo de un sistema hidráulico en edificios.* Universidad Católica de Cuenca.
- ✓ Argueta Méndez, E. A. (2011). *Trabajo de grado Implementación de sistemas hidroneumáticos residenciales, ventajas y desventajas.* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- ✓ Castro Ladino, N. Y., Garzón Garzón, J. E., & Ortiz Mosquera, R. (5 al 7 de junio de 2006). *Aplicación De Los Métodos Para El Cálculo De Caudales Máximos Probables Instantáneos, En Edificaciones De Diferente Tipo.* Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua.

