



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
FACULTAD DE CONSTRUCCIONES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

TRABAJO DE DIPLOMA

Título:

Diseño de Instalaciones Hidrosanitarias en Edificaciones.
Material Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura.

Autor: Jorge Luis Góngora Arias

Tutor: MSc. Fernando Álvarez Vega

Santiago de Cuba

Curso: 2019 – 2020

PENSAMIENTO

“Porque al igual que hay una voluntad hidráulica, hay una voluntad de la Revolución, hay la voluntad del pueblo, hay la voluntad de vencer, hay la voluntad de marchar adelante, hay la voluntad de combatir y salvar obstáculos...”

Fidel Castro Ruz

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de diploma con mucho amor y respeto a:

Mis padres Jorge Luis Góngora Correa y Aleida Arias Aguila por todo el apoyo y cariño que me han brindado, como solo lo saben hacer los padres, ya que comprendí que mi agradecimiento tendría un hipervínculo perpetuo en cada tropiezo y victoria de mi vida.

Mi hermano que me prestó ayuda incondicional, seguridad y confianza en todo momento.

Mis queridas abuelas y queridos abuelos por su inmenso amor, comprensión y ayuda acertada.

Mis tíos y tías como primos en general por motivarme y acompañarme en todos los años de mi carrera.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por las capacidades y dones otorgados, por las oportunidades que me ha brindado y su firme y notoria presencia en mi vida, ya que el mismo es la fuente de toda sabiduría.

A mis padres que estuvieron ahí desde el primer latido de mi corazón, en cada franco que me quitaron, en cada reconocimiento que obtuve. Por lo que se merecen un gran agradecimiento por lo que soy y seré, una deuda que, sin intereses adicionales, pagaré con placer toda mi vida.

A mi hermano quien siempre dio el paso al frente, para que esto fuese posible.

A mi tutor por brindarme su inmensa ayuda y experiencia en guiarme y exigirme, durante todo el proceso para lograr el presente trabajo.

A todos los profesores que respeto y admiro de la facultad, quienes me han aportado gran dedicación durante todo este periodo que, de una forma u otra, siempre supieron inculcarme buenos valores para el presente y el futuro, los cuales considero mi otra familia.

A mis queridas abuelas, tíos y primos, los cuales han estado siempre ayudándome en todo momento.

Mis compañeros y amigos de la universidad que me ofrecieron todo su apoyo desde mi primer año, personas con las que compartí buenos y malos momentos de mi vida, y sin importar recibir nada a cambio me brindaron su ayuda en todo ese período.

Mi novia Grisel Escalona Suarez por la gran amistad y amor que ha construido entre nosotros además de sus oportunas sugerencias y dedicación para que pueda terminar satisfactoriamente este trabajo.

A la Revolución por permitir mi formación como profesional para la carrera de Ingeniería Hidráulica.

A todos ustedes

GRACIAS ETERNAMENTE.

RESUMEN

En este trabajo de investigación se hace una monografía que colecciona la mayoría de los aspectos relacionados sobre la temática del *Diseño las instalaciones hidrosanitarias en edificaciones*, que sirva de gran ayuda como una sólida herramienta de educación para la asignatura Instalaciones Hidrosanitarias del plan de estudio E y desarrolle las capacidades profesionales de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Hidráulica. El mismo contiene los tipos de sistemas hidrosanitarios en edificaciones, los tipos de materiales y accesorios que se necesitan para su instalación, resumiendo la lectura y comprensión de los planos, así como su simbología; se podrá apreciar además de lo referido anteriormente, requisitos y criterios basados en temas necesarios y de buen uso para los servicios. De ahí la necesidad de tener una guía actualizada que nos muestre los materiales a utilizar para poder recopilar la mayor fuente de información posible que nos permita poder realizar los cálculos de forma ordenada y consecuente teniendo en cuenta las necesidades actuales mediante métodos y ejemplos de ejercicios en cada materia posible con resultados satisfactorios. Se podría afirmar que se logró recopilar una amplia descripción sobre los aspectos teóricos y prácticos relacionados con el tema, por lo que los estudiantes o profesionales dedicados a esta ingeniería podrán disfrutar de un claro contenido de conocimientos.

SUMMARY

A monograph does itself in this research work that you collect the majority of the aspects related on the subject matter of the Design installations hidrosanitarias at edificaciones, that Instalaciones Hidrosanitarias of the study program suit someone's purposes of great help like a solid tool of education for the subject of study And and develop the professional capacities of the students of Hydraulic Ingeniería's race. The same you contain the types of systems hidrosanitarios at edificaciones, the types of materials and accessories that they take the reading and understanding of the diagrams, as well as his symbology to his installation , summing-up; it will be able to be appreciated in addition to what referred previously , requirements and criteria based in necessary and good use themes for the services. From there the need to have an updated guide that show us the materials to utilize stops to be able to compile the older possible source of information that allow us to be able to accomplish the calculations of orderly and consequent form taking into account the present-day intervening needs methods and examples of exercises in each possible matter with satisfactory results. It would be able to be said that it was managed to compile an ample description on the theoretic aspects and pilots related with the theme , for that students or professionals dedicated they will be able to enjoy an obvious contents of knowledge to this engineering.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: Generalidades de los Sistemas Hidrosanitarios en Edificaciones	5
1.1 Instalaciones hidrosanitarias.....	5
1.2 Finalidad de las instalaciones hidrosanitarias.....	6
1.3 Clasificación de las instalaciones hidrosanitarias.....	6
1.3.1 Instalaciones de suministro de agua.....	7
1.3.2 Instalaciones sanitarias.....	7
1.3.3 Instalaciones de evacuación de aguas pluviales	7
1.4 Requisitos para la ubicación de las áreas de servicios o zonas húmedas.....	7
1.5 Representación e interpretación de planos de instalaciones hidrosanitarias.....	8
1.5.1 Los símbolos.....	9
1.5.2 Planos de planta.....	12
1.5.3 Dibujos esquemáticos.....	13
1.5.4 Planos isométricos.....	14
1.6 Normativas vigentes.....	16
CAPÍTULO 2: Sistemas Hidráulicos en Edificaciones	18
2.1 Redes hidráulicas de agua fría.....	20
2.1.1 Clasificación de los sistemas de distribución de agua fría a edificaciones.....	20
2.1.2 Elementos componentes de los sistemas hidráulicos en edificaciones.....	26
2.1.3 Proyecto del sistema de distribución de agua fría.....	27
2.1.4 Dimensionamiento de los componentes del sistema de distribución.....	29
2.1.4.1 Definición del esquema de distribución y ubicación de sus componentes.....	29
2.1.4.2 Cálculo de las tuberías interiores y exteriores.....	29
2.1.4.3 Definir el almacenamiento y determinar volumen en tanques y cisternas.....	35
2.1.4.4 Dimensionar el sistema de elevación del agua.....	38
2.1.4.5 Cálculo del diámetro de la acometida.....	42
2.2 Materiales y componentes utilizados.....	42
2.2.1 Principales tipos de válvulas.....	44
2.2.2 Principales tipos de accesorios.....	47

2.3	Ejemplo de cálculo de un sistema hidráulico.....	48
2.3.1	Aplicando el método de la fórmula francesa (Simultaneidad).....	49
2.3.2	Aplicando el Método de Hunter.....	50
2.3.3	Cálculo del volumen del tanque elevado.....	52
CAPÍTULO 3: Sistemas Sanitarios y Pluviales en Edificaciones.....		53
3.1	Configuraciones de los sistemas sanitarios en edificaciones.....	54
3.2	Clasificación de las redes de evacuación.....	56
3.3	Redes de evacuación de aguas residuales en edificaciones.....	57
3.3.1	Elementos componentes.....	57
3.3.2	Requisitos para el proyecto de la red de evacuación de aguas residuales.....	59
3.3.3	Dimensionamiento de la red sanitaria.....	59
3.3.3.1	Método de cálculo.....	60
3.4	Red de ventilación.....	64
3.4.1	Clasificación de los sistemas de ventilación.....	64
3.4.2	Elementos componentes.....	66
3.4.3	Requisitos para el proyecto de la red de ventilación.....	66
3.4.4	Dimensionamiento de la red de ventilación.....	67
3.5	Red de evacuación de aguas pluviales.....	69
3.5.1	Elementos componentes.....	70
3.5.2	Requisitos para el proyecto de la red de drenaje pluvial.....	71
3.5.3	Dimensionamiento del sistema pluvial.....	71
3.6	Materiales utilizados en las redes sanitarias de evacuación.....	79
3.6.1	Principales tipos de accesorios.....	80
3.7	Ejemplo de cálculo y diseño de un sistema sanitario.....	81
CONCLUSIONES.....		87
RECOMENDACIONES.....		88
BIBLIOGRAFÍA.....		89

INTRODUCCIÓN

Las instalaciones hidrosanitarias en los edificios se ejecutaron durante largo tiempo en forma empírica, siendo hasta la década de 1930 a 1940 cuando empezó a desarrollarse una técnica especial que establecía normas de cálculo para proyectos y construcciones acordes con los tipos de edificaciones urbanas que por su altura requirieron la intervención de especialistas o profesionales, en lugar del maestro plomero que realizaba su trabajo al grado permitido por su experiencia y posibilidades.

Es difícil estimar la cantidad de agua que se necesita para mantener estándares de vida aceptables o mínimos. Además, las diferentes fuentes de información emplean distintas cifras para el consumo total de agua y para el uso del agua por sector de la economía. El nivel de desarrollo económico de un país se refleja en el volumen de agua dulce que éste consume.

Es una realidad que en nuestro entorno existe un déficit hídrico que afecta tanto al consumo agrícola de agua dulce como al consumo urbano de agua potable, el cual se agravará en los próximos años debido a las condiciones ambientales de cambio climático.

Es por ello que la gestión eficiente de los recursos hídricos es, y será, un tema importante para la sociedad, que debe ser abordado desde un punto de vista social y tecnológico. Aunque el consumo no agrícola supone sólo un 30% de la demanda total de agua dulce, es el uso urbano de esta el que consume la mayor parte de ese porcentaje, el más preocupante por cuanto afecta directamente a las condiciones de vida de las personas.

Desde el punto de vista del confort, entre las instalaciones que deben tener las edificaciones, ya sean viviendas, hoteles, oficinas, centros comerciales, terminales,

aeropuertos y áreas industriales se encuentran: la calefacción, los servicios de electricidad, teléfono, tv – cable y gas, y muy especialmente los servicios básicos de agua potable y alcantarillado.

En la construcción de las edificaciones, uno de los aspectos más importantes es el diseño de la red de instalaciones hidrosanitarias, debido a que deben satisfacer las necesidades básicas del ser humano, como son el agua potable para la preparación de alimentos, el aseo personal y la limpieza del hogar, y además eliminar los desechos orgánicos, etc.

En la actualidad se ha comprobado mediante estudios estadísticos realizados, que de todas las instalaciones en una edificación las que mayor número de problemas presentan son las redes hidráulicas y las sanitarias, ya sea por la realización de un proyecto insuficiente, como consecuencia de una mala ejecución en la obra, o por la falta de mantenimiento a dichas instalaciones.

Ya sea en el diseño o en la construcción a pie de obra, una buena parte de los Ingenieros Hidráulicos graduados tienen que realizar actividades relacionadas con las instalaciones hidrosanitarias en edificaciones. Hasta la actualidad en los planes de estudio de la carrera de Ingeniería Hidráulica, el tema se imparte de modo muy breve en la disciplina Ingeniería Sanitaria como parte de las asignaturas Abastecimiento de Agua y Alcantarillado Sanitario, dejándose de impartir una gran parte del conocimiento necesario por falta de tiempo, dedicándose la mayor parte de este a las redes exteriores.

En el Plan de Estudios E, por su importancia y necesidad en la formación de los ingenieros hidráulicos, el tema se incluyó como una nueva asignatura “**Instalaciones Hidrosanitarias**”, que tiene como objetivo general: *Diseñar redes hidrosanitarias de agua fría, agua caliente y de evacuación de aguas residuales y pluviales en edificaciones de hasta 5 niveles y dimensionar calentadores de agua, tanques, cisternas y equipos de bombeo asociados a estos sistemas, aplicando las normas y regulaciones vigentes en el país. Así como describir los fundamentos y principios de las redes interiores contra incendios.*

Esta es una de las temáticas de la ingeniería hidráulica que cuenta con la mayor cantidad de normas y regulaciones en nuestro país, que además con el tiempo se van adecuando al desarrollo tecnológico. También se han publicado algunos textos como, por ejemplo: *Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias. Rubén Bancroft y Manuel Escariz. 1986*, el cual constituyó la sustitución de folletos que se utilizaron como documentación básica desde 1976 y un material docente con enfoques muy contemporáneos.

Es cierto que en la actualidad existe mucha bibliografía sobre esta vasta temática, que hoy día, con el acceso a internet se encuentra mucho más cerca de profesionales y personas que de manera general se dedican a su estudio.

Sin embargo, en todos los países no se utilizan los mismos principios y métodos para su diseño y construcción, es por ello que consideramos una imperiosa necesidad para la formación de la generación actual de ingenieros hidráulicos, contar con un manual desarrollado de manera gráfica con la finalidad de ser usado como material didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura Instalaciones Hidrosanitarias y además para la capacitación de técnicos y personas involucradas en la práctica de la construcción en general, cuyo objetivo sea contribuir al conocimiento de los principios rectores que rigen el diseño de las instalaciones hidrosanitarias en las edificaciones, su funcionamiento, los materiales con que se construyen y los aditamentos que se utilizan.

Diseño metodológico de la investigación

Problema de la Investigación:

La necesidad de la asignatura Instalaciones Hidrosanitarias del Plan de Estudios E, de contar con un material didáctico actualizado para la formación de ingenieros hidráulicos en consecuencia con las necesidades actuales.

Objeto de investigación:

Las Instalaciones en edificaciones.

Campo de Investigación:

Diseño de instalaciones hidrosanitarias en edificios socioeconómicos.

Objetivo General:

Confeccionar una monografía que recopile y ordene los aspectos relacionados con el diseño de las instalaciones hidrosanitarias en las edificaciones, que sirva como material didáctico para la enseñanza y el aprendizaje del tema en la formación de ingenieros hidráulicos.

Objetivos Específicos:

1. Resumir el estado del arte respecto al diseño de las instalaciones hidrosanitarias en edificaciones.
2. Analizar y revisar los métodos propuestos por la NC para el diseño de las instalaciones hidrosanitarias en edificaciones.
3. Desarrollar ejemplos de cálculo de mediana complejidad.
4. Generar una monografía con los criterios, requisitos y métodos de diseño de las Instalaciones hidrosanitarias, que sirva como texto básico de la asignatura.

Hipótesis:

Si se cuenta con un material de consulta como texto básico para la asignatura de Instalaciones Hidrosanitarias del Plan de Estudios E, se contribuye a mejorar la formación del ingeniero hidráulico y de otros profesionales que requieran capacitación sobre el tema.

Aportes:

Metodológicos: Se realiza un profundo estudio sobre la temática, analizando los métodos de cálculo y los materiales utilizados en la actualidad. Además, se confecciona un material bibliográfico en soporte magnético para el uso docente y para consulta en la elaboración de proyectos.

Práctico: Se cuenta con un documento bibliográfico, en el que se resumen y unifican los contenidos encontrados en la bibliografía consultada, el cual servirá a estudiantes y profesionales. Se desarrollan ejemplos aplicando los procedimientos de cálculo actuales descritos.

CAPITULO 1

Generalidades de los Sistemas Hidrosanitarios en Edificaciones

El agua es indispensable para la vida, es por ello que el hombre ha procurado tener cerca una fuente de abastecimiento de agua, por lo que surgió la idea de conducirla a lugares apartados, ya sea diseñando obras o ideando procedimientos que permitan la consecución del líquido vital, basándose con la agrupación de las diversas obras que tienen por objeto suministrar agua a una población en cantidad suficiente, calidad adecuada, presión necesaria y en forma continua; además contar con una adecuada disposición sanitaria de las aguas servidas y una eficiente disposición de las aguas lluvias (Valle, 2009).

En cualquier edificación, el suministro de agua potable y la evacuación de las aguas pluviales y servidas representa uno de los problemas más importantes para el ingeniero, ya que debe tomar difíciles decisiones; pues siempre será imprescindible un buen sistema hidrosanitario tanto para el abastecimiento de agua, como para la evacuación de las aguas negras y pluviales, seguro, eficiente y adaptable a las condiciones arquitectónicas y de servicio de la edificación. Para ello estos sistemas deben de regirse por una serie de requisitos y normas adaptadas para su buen funcionamiento.

A continuación, se expone información general sobre el tema, relacionadas con los tipos de instalaciones hidrosanitarias, la ubicación de los servicios, la representación gráfica y la interpretación de los planos y se relacionan además las normativas y regulaciones de la construcción utilizadas.

1.1. Instalaciones hidrosanitarias

Es el conjunto de obras, equipos y muebles sanitarios que se encuentran dentro del límite de propiedad de la edificación y que son destinados a suministrar agua libre de contaminación (instalaciones hidráulicas) desde la salida de la llave de paso

colocada a continuación del medidor hasta los aparatos sanitarios o puntos de consumo y a retirar las aguas servidas y pluviales (sistemas sanitarios) desde los aparatos sanitarios o puntos de descarga, hasta el último registro domiciliario, o hasta los sistemas propios de disposición, ver figura 1.1 (CTCM, 2012).



Figura 1.1. Instalaciones hidrosanitarias. (Fuente: Biblioteca Atrium de la construcción, Instalaciones de una vivienda)

1.2. Finalidad de las instalaciones hidrosanitarias

Las instalaciones hidrosanitarias en una edificación socioeconómica tienen como objetivos:

- Dotar de agua en cantidad y calidad suficiente para abastecer a todos los servicios sanitarios dentro de la edificación.
- Evitar que el agua usada se mezcle con el agua que ingresa a la edificación por el peligro de la contaminación.
- Eliminar en forma rápida y segura las aguas servidas; evitando que las aguas que salen del edificio reingresen a él y controlando el ingreso de insectos y roedores en la red (CTCM, 2012).

1.3. Clasificación de las instalaciones hidrosanitarias

Las instalaciones hidrosanitarias en una edificación se pueden clasificar de diferentes formas, según el tipo de fluido que transportan.

- Instalaciones de suministro de agua (fría, caliente, contra incendios).
- Instalaciones sanitarias (desagüe, ventilación).

- Instalaciones de evacuación de aguas pluviales.

1.3.1. Instalaciones de suministro de agua

Es un conjunto de tuberías y conexiones de diferentes diámetros y materiales que se encargan de alimentar y distribuir agua dentro de una construcción, esta instalación surtirá de agua a todos los puntos y lugares de la obra arquitectónica que lo requiera, de manera que este líquido llegue en cantidad y presión adecuada a todas las zonas húmedas de la edificación también constará de muebles y equipos (Becerril, 2009).

Las instalaciones de suministro de agua fría, la constituyen redes generalmente ramificadas que distribuyen agua potable desde una fuente los puntos de consumo.

Las instalaciones de suministro de agua caliente, la constituyen redes que pueden ser ramificadas o malladas que distribuyen agua a una temperatura superior a los 40°C, desde la fuente de generación hasta los puntos de consumo.

Las instalaciones contraincendios, están constituidas por diferentes elementos, las redes pueden ser ramificadas o malladas. Solo se utilizan en edificaciones o instalaciones socio económicas que lo requieran, no suelen utilizarse en viviendas.

1.3.2. Instalaciones sanitarias

Es el conjunto de tuberías de conducción, conexiones, obturadores hidráulicos y muebles sanitarios que se encargan de retirar de forma segura, aunque no necesariamente económica, las aguas negras y grises procedentes de una edificación (Becerril, 2009).

Las instalaciones sanitarias de desagüe presentan obturaciones o trampas hidráulicas, para evitar que los gases y malos olores producidos por la descomposición de las materias orgánicas acarradas, salgan a los espacios sanitarios.

Las instalaciones de ventilación se relacionan con las redes de desagües y están constituidas fundamentalmente por una red de tuberías que tienen como función conducir los gases producidos en estas redes a la atmósfera.

1.3.3. Instalaciones de evacuación de aguas pluviales

Es el conjunto de tuberías, canales y obras que permiten coleccionar las aguas pluviales recogidas en las distintas áreas de las edificaciones y conducir las a los puntos de evacuación.

1.4. Requisitos para la ubicación de las áreas de servicios o zonas húmedas

La ubicación de las áreas de servicios en una edificación debe siempre permitir la mínima longitud posible de tuberías desde cada salida hasta las conexiones domiciliarias, siendo además deseable que su recorrido no cruce los ambientes

principales (sala, comedor, hall). Las menores distancias incidirán en la presión del sistema, disminuyendo las pérdidas de carga y facilitando usar diámetros más pequeños, con la consiguiente reducción de costos.

Siempre que sea posible es recomendable concentrar los servicios sanitarios, puesto que además de simplificar el diseño de las instalaciones y facilitar su montaje, se posibilita reunir en una sola área, casi siempre la de servicio, los trabajos de mantenimiento y reparación o reposición de elementos.

En cuanto a la ubicación de las instalaciones con relación a la estructura de la edificación, por lo general suele preferirse el empotramiento en muros. Si bien es importante considerar las instalaciones sanitarias por sus diámetros relativamente mayores y porque requieren de un periódico control y registro.

Las instalaciones sanitarias deben ubicarse de tal manera que no comprometan los elementos estructurales. Lo recomendable es utilizar ductos para los tramos verticales y colocar los tramos horizontales en contrapisos u ocultos en falso techo (Avilos, 2013).

1.5. Representación e interpretación de planos de instalaciones hidrosanitarias

Los planos de instalaciones hidráulicas y sanitarias y las especificaciones que en estos se plasman constituyen un elemento importante y no son más que los trabajos de dibujo y las instrucciones escritas que indican como los ingenieros que intervienen en su diseño, desean que se haga su construcción (Gómez, 2012).

Para la mayoría de las edificaciones, la documentación gráfica de proyecto (planos), se dividen en tres grupos:

- Planos estructurales

Muestran la estructura de soporte de la edificación, incluye en la cimentación, los muros de carga, columnas, así como los refuerzos del piso.

- Planos arquitectónicos

Son los planos completos de una construcción, muestran las dimensiones generales, indicación de áreas, detalles, dimensiones de muros, etc.

- Planos de instalaciones o mecánicos

Estos muestran los sistemas de plomería (agua limpia y desagües), de aire acondicionado y calefacción y los sistemas eléctricos de la edificación.

1.5.1. Los símbolos

Los arquitectos e ingenieros utilizan los símbolos en los planos, para la representación de: tubos, conexiones y juegos de conexiones en elevación y en planta, accesorios de plomería y eléctricos, válvulas, etc.

En las tablas 1.1 hasta la 1.6, se muestra la simbología típica utilizada en la confección de planos de instalaciones hidrosanitarias (Gómez, 2012):

Tabla 1.1. Representación gráfica de tuberías

	Tubería de agua fría		Tubería de desagües
	Tubería de agua caliente		Tubería de ventilación
	Tubería de retorno de agua caliente		Unión con tubos de hierro fundido de bocina y espiga
	Tubería de agua destilada		Tubería de albañal de barro vitrificado
	Tubería de sistema contraincendios		Unión con tubos de asbesto cemento de bocina y espiga
	Tuberías unidas con brida		Tuberías unidas con soldaduras

Tabla 1.2. Accesorios y conexiones

CONEXIONES HIDRÁULICAS		CONEXIONES SANITARIAS	
	Codo de 45°		Conexión YEE
	Codo de 90°		Codo de 45°
	Codo con salida hacia arriba		Codo sanitario de 90°



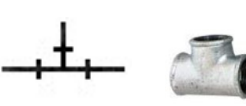

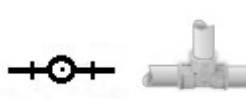

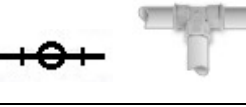

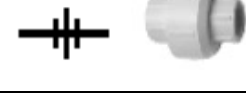
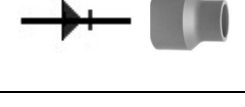
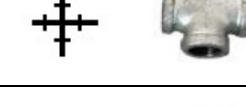

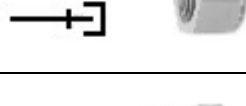
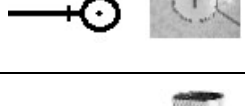


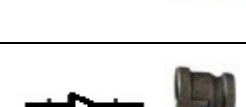
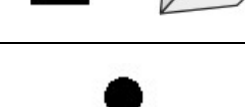
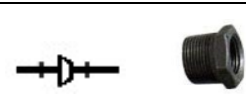

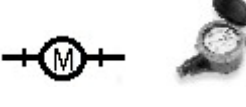


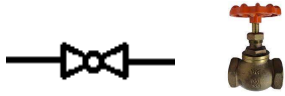
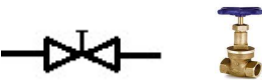

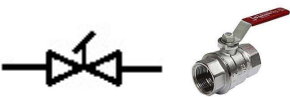

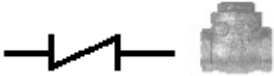

	Codo con salida hacia abajo		Conexión YEE doble
	Conexión TEE		TEE sanitaria
	TEE con salida hacia arriba		Cruz
	TEE con salida hacia abajo		Sifa "P"
	Unión universal		Reducido
	Conexión en cruz		Sumidero
	Tapón hembra		Registro de cabecera en piso
	Tapón macho		Codo de 90° con ventilación
	Unión anilla		Caja de registro
	Reducido		Punto de descarga de aparatos sanitarios
	Busing		Columna de descarga o bajante sanitario
	Medidor de agua		

Tabla 1.3. Juegos de conexiones hidráulicas vistas en elevación y en planta

VISTA EN ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN	VISTA EN PLANTA
	Juego de codo hacia arriba con derivación al frente	
	Juego de codo hacia abajo con derivación al frente	
	Juego de codo hacia abajo con derivación a la derecha	
	Juego de codo hacia abajo con derivación a la izquierda	
	Juego de codo hacia arriba con derivación a la derecha	
	Juego de codo hacia arriba con derivación a la izquierda	
	TEE con salida hacia arriba con derivación con codo a la derecha	
	TEE con salida hacia arriba con derivación con codo a la izquierda	
	TEE con salida hacia abajo con derivación con codo a la derecha	
	TEE con salida hacia abajo con derivación con codo a la izquierda	
	TEE con salida hacia arriba con derivación con codo al frente	

Nota: Las puntas de flechas, en los juegos de conexiones vistas en elevación y en planta indican el sentido del flujo, de acuerdo a la posición del observador.

Tabla 1.4. Válvulas

	Válvula de globo (Roscada o soldable)
	Válvula de compuerta (Roscada o soldable)
	Válvula de compuerta (Símbolo utilizado para proyectos en planta, en los casos donde dicha válvula deba marcarse en tuberías verticales)
	Válvula de compuerta de cierre y apertura rápida
	Válvula de flotador
	Válvula de check de línea
	Válvula de check de pie

1.5.2. Planos de planta

La elaboración, lectura e interpretación de planos y sus especificaciones, es uno de los elementos importantes para el diseño y construcción de redes hidrosanitarias.

Estos constituyen los trabajos de dibujo y las instrucciones escritas (diámetros de tuberías, material, tipo de fluido que conduce, longitudes, cotas de las salidas hidráulicas y de descargas de aparatos con relación a muros o ejes de columnas, especificaciones técnicas relacionadas con las unidades de medida, listado de materiales y alguna otra información necesaria que indican a los constructores (inversionistas, ejecutores y suministradores) como se deben ejecutar las obras, con que materiales y sus dimensiones.

En ellos se plasman las vistas en planta de los accesorios de plomería o instalación hidráulica, mostrando la forma cómo van a ser instalados, así como dibujos esquemáticos e isométricos de las trayectorias de las de las tuberías.

En la figura 1.2 se pueden observar planos sencillos en planta de instalaciones hidráulicas y sanitarias. Generalmente estos planos se realizan en plantas separadas sobre todo cuando son muy complejas. En instalaciones sencillas, como por ejemplo la de una vivienda, se pueden realizar en la misma planta.

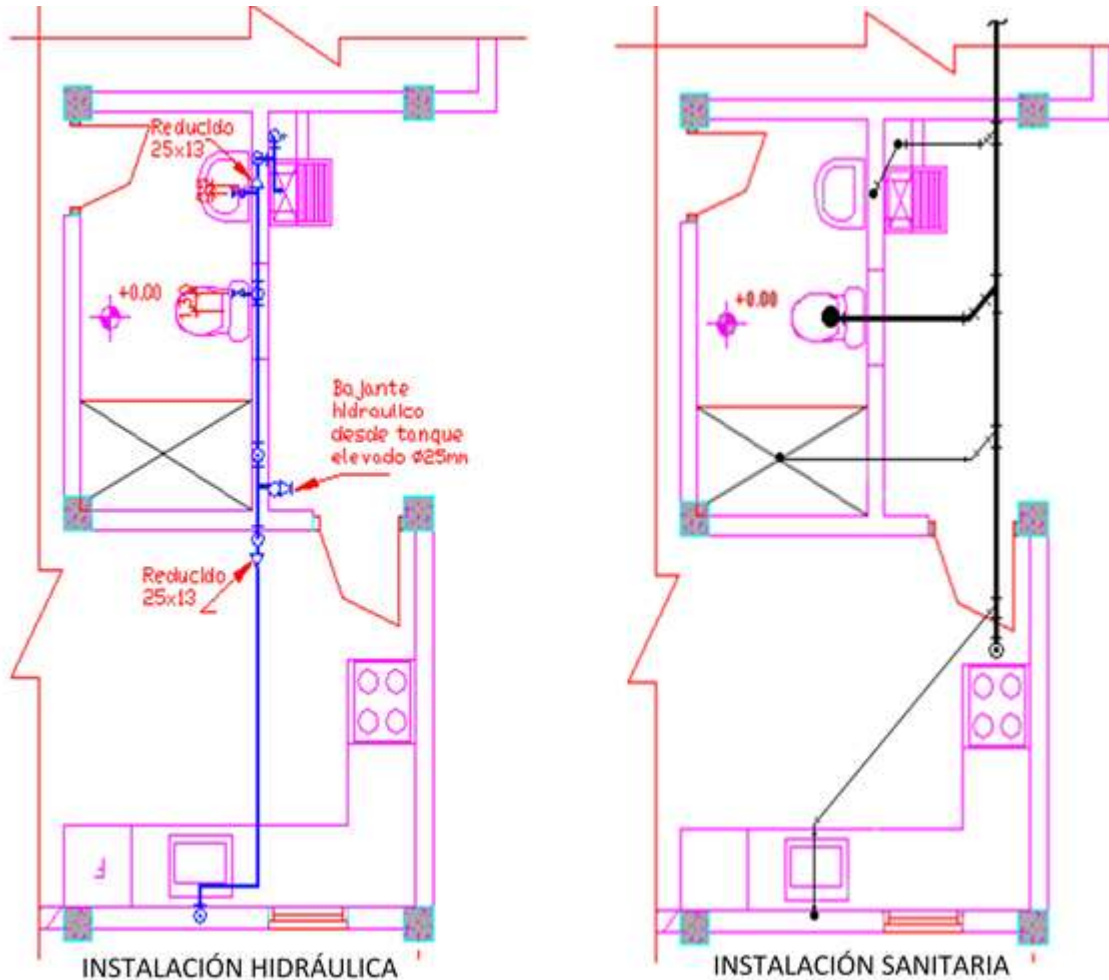


Figura 1.2. Plano de vista en planta de instalaciones hidrosanitarias

1.5.3. Dibujos esquemáticos

Un dibujo esquemático o diagrama de una instalación hidrosanitaria, es el dibujo de un sistema completo de tuberías sin hacer referencia a una escala o localización exacta de los conceptos o elementos que muestra el dibujo.

En la figura 1.3 se muestra un esquema de una instalación hidráulica completa (redes de agua fría y caliente, acometida, cisterna, equipo de bombeo y calentadores de agua) en una edificación de varios niveles.

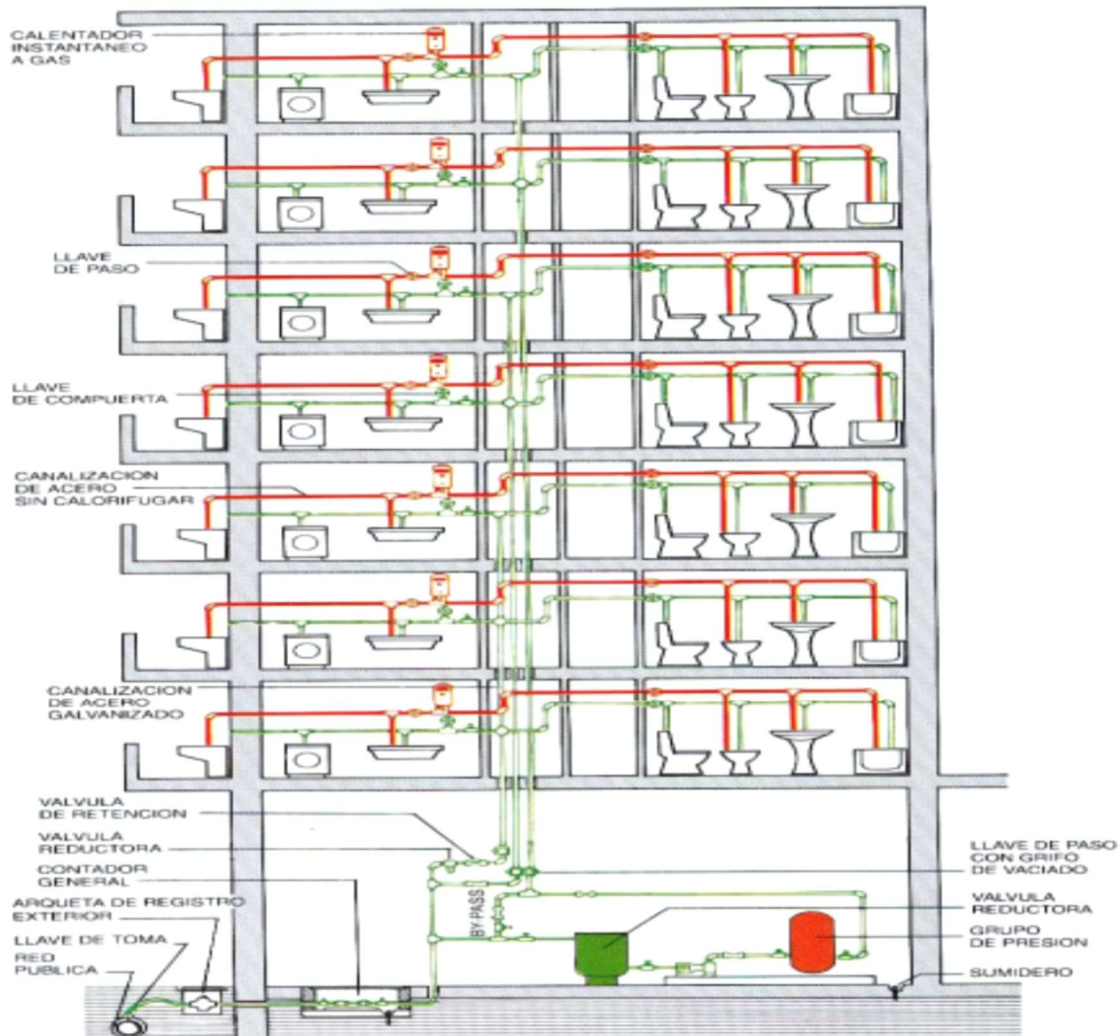


Figura 1.3. Dibujo esquemático de instalación hidráulica (Fuente: Almaraz Torrico, R. 2008)

1.5.4. Planos isométricos

Una vez realizado el plano de planta de la instalación de se procede a dibujar su isometría.

Un esquema en isométrico, es un dibujo con perspectiva de volumen, es decir, se aprecian las tres dimensiones y por si sólo es más detallado que un plano. No es más que la representación de las longitudes de las tuberías y su trazado.

En estos no es necesario agregar especificaciones de materiales, resistencias, componentes, etc., aunque se deben indicar los diámetros de las tuberías y los aparatos sanitarios servidos. No es necesario que se realicen a escala, deberán representarse las medidas de los tramos de las tuberías para su instalación.

Los dibujos en isométrico, se realizan en ángulos de 30° . Todos los tubos que se van a instalar en posición horizontal, se dibujan con líneas a 30° con respecto a una línea horizontal tomada como referencia; mientras que todos los tubos verticales se dibujan con líneas verticales (Gómez, 2012).

En la figura 1.4, se muestra un esquema en isométrico de una instalación hidráulica de una edificación.

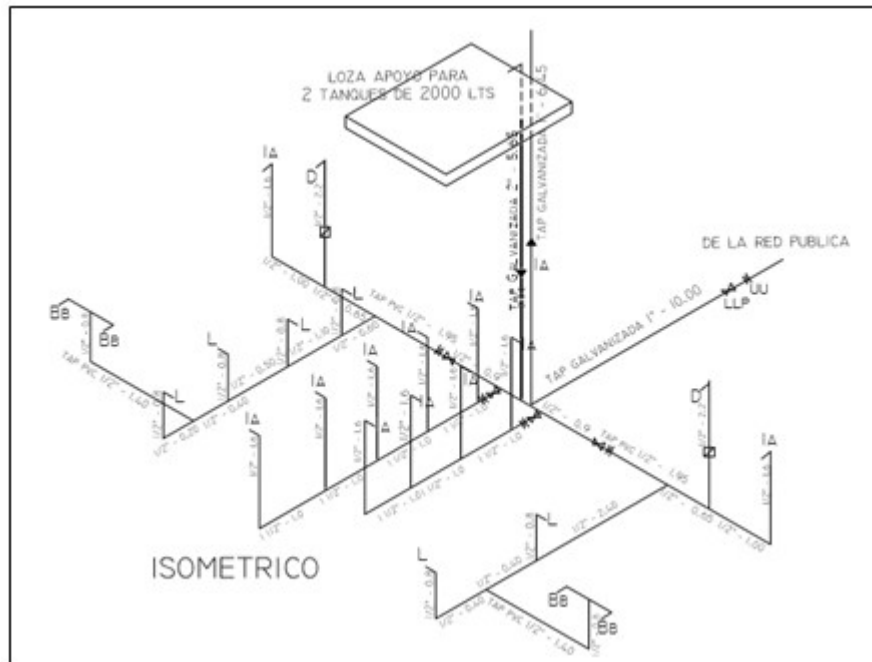


Figura 1.4. Dibujo isométrico (Fuente: Carrasco Flores, R; 2004)

Para el dibujo de isométricos, el observador siempre deberá ubicarse formando un ángulo de 45° con respecto a las tuberías que se tomen como punto de partida para tal fin, ver figura 1.5.

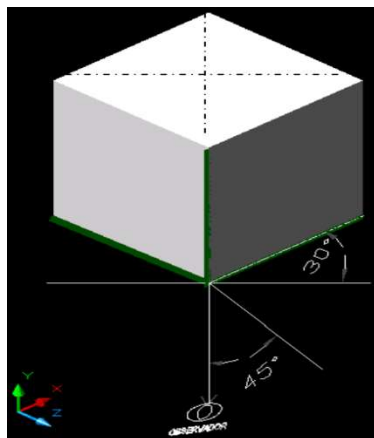


Figura 1.5. Cubo en isométrico, conservando el observador su posición (Fuente: Becerril, D., 2009)

1.6. Normativas vigentes

Como en la mayoría de los países, en Cuba existe un sistema de normas y regulaciones de la construcción que estandarizan las especificaciones y requisitos técnicos a seguir para el diseño y la construcción de instalaciones hidrosanitarias en edificaciones.

En la tabla 1.5, se muestra un listado de las más representativas.

Tabla 1.5 Normas y regulaciones de la construcción

No de la Norma	Nombre de la Norma
NC-45-9:1999	Bases para el diseño y Construcción de Inversiones Turísticas-Parte 9: Requisitos de Hidráulica y Sanitaria.
NC-48-14:1984*	Drenaje Pluvial de Cubiertas. Especificaciones de proyecto.
NC-48-15:1984*	Redes Interiores Hidráulicas y Sanitarias de Edificios Industriales. Especificaciones de proyecto
NC-53-100:1983*	Instalaciones Sagitarias para Edificio de Vivienda. Especificaciones de Proyecto.
NC-53-146:1985*	Instalaciones Sanitarias y Pluviales en Interiores de Edificios. Método de Cálculo.
NC-53-162:1985	Instalaciones Hidrosanitarias. Términos y Definiciones.
NC-93-12:1986	Instalaciones Hidrosanitarias. Requisitos Sanitarios Generales.
NC-176:2002.	Sistema de Abasto de Agua en Edificios Sociales. Requisitos de Proyecto.
NC-212: 2017	Protección Contra Incendios. Suministro de Agua Contra Incendios. Requisitos Generales.
NC-336:2004	Sistemas de Ventilación en las Instalaciones de las Edificaciones. Especificaciones de Proyecto
NC-600:2008	Edificaciones — Requisitos de Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial.
NC-683:2009	Edificaciones — Requisitos Técnicos para el Diseño y Construcción de las Redes Hidráulicas y Sanitarias
NC-1074:2015	Elaboración de Proyectos de Construcción. Instalaciones Sanitarias en Interiores de Edificios. Método de Cálculo.
Regulación de la Construcción	Nombre de la Regulación
RC-1021: 1984	Instalaciones Hidrosanitarias y Pluviales en Edificios. Método de Cálculo.
RC-3107: 1981	Instalaciones Sanitarias y Pluviales. Instalación en Edificios.
RC-3530: 1990	Mantenimiento y Reparación. Instalaciones Hidrosanitarias
RC-3531: 1990	Mantenimiento y Reparación. Instalaciones Hidrosanitarias. Conductos Sanitarios
RC-3532: 1990	Mantenimiento y Reparación. Instalaciones Hidrosanitarias. Instalaciones hidráulicas.
RTC-No.3:2005	Exigencias para el diseño y montaje de las instalaciones hidráulicas y sanitarias en las edificaciones.

(*) Normas derogadas

De manera general estas normas y regulaciones de la construcción, establecen los términos y definiciones de uso más frecuente en la elaboración de proyectos de las instalaciones hidrosanitarias interiores y exteriores, así como las indicaciones técnicas para el cálculo y diseño, ejecución, reparación, mantenimiento y remodelación de las instalaciones hidráulicas y sanitarias en las edificaciones.

En las Regulaciones de la Construcción, se establecen además las especificaciones de uso de las tuberías de distintos materiales y, además el procedimiento para las pruebas de hermeticidad de dichas instalaciones.

CAPÍTULO 2

Sistemas Hidráulicos en Edificaciones

El sistema de abastecimiento a una edificación, establece la forma en la cual llega el agua a los distintos muebles sanitarios que la conforman (lavaderos, lavatorios, inodoros, duchas, etc.) y pueden ser más o menos complejos dependiendo de la presión del agua y del tipo de edificación.

Estas instalaciones deben diseñadas y construidas de modo que preserven y garanticen la calidad, la cantidad de agua y la presión del servicio en todos los puntos de distribución o consumo.

Los sistemas hidráulicos de abastecimiento de agua se definen como el conjunto de obras, equipos y muebles sanitarios que se encuentran dentro del límite de propiedad de la edificación y que son destinados a suministrar agua libre de contaminación, con la presión, el caudal y la temperatura requeridos desde la salida de la llave de paso colocada a continuación del medidor hasta los distintos puntos de consumo de un edificio o varios edificios (NC 176: 2002).

Toda instalación de suministro de agua, debe cumplir las siguientes exigencias:

- ✓ Ser estancas.
- ✓ Las utilizadas para agua de consumo no deben producir modificaciones de las propiedades del agua que afecten su aptitud para el consumo.
- ✓ Impedir la inversión del sentido del flujo en todos los puntos.
- ✓ Proporcionar caudales adecuados al equipamiento higiénico para que pueda funcionar correctamente.
- ✓ Ubicarse de forma tal que su mantenimiento sea accesible.

De manera general, los sistemas de abastecimiento de agua en una edificación se pueden clasificar según la función que realizan de diferentes formas, ver figura 2.1.

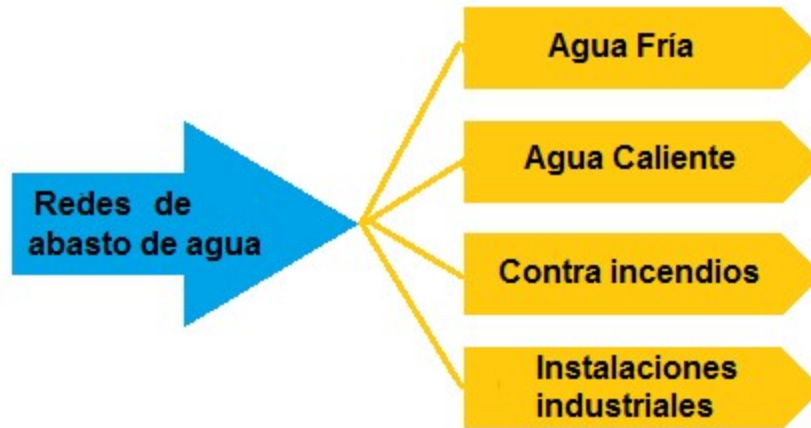


Figura 2.1: Redes de abastecimiento de agua a una edificación

Para que las redes de abastecimiento de agua en una edificación tengan un buen funcionamiento, es necesario que cumplan con los siguientes requisitos que (Gerardo, 2010).

a) En el diseño

Las tuberías se deben diseñar para que no sean ruidosas debido a presiones excesivas, además de que tampoco se reduzca el gasto cuando se utilice otro mueble.

b) Tuberías y válvulas

Evitar el contacto con otra instalación, sobre todo la de drenaje. Lo recomendable es que la tubería de alimentación general tenga cuando menos una separación con las líneas de drenaje de 1m.

Después de la toma de la red municipal, más adelante del medidor, deben instalarse una llave de globo.

Las tuberías de agua fría y agua caliente deben tener una separación de 20cm; las salidas del agua caliente siempre se colocan del lado izquierdo y las de agua fría del lado derecho.

Es recomendable que todos los muebles cuenten con una llave de paso para que, en un futuro, si llegase a haber una fuga o se requiera cambiar el mueble, no se tenga que cerrar la llave general de la instalación, sino sólo la llave de paso del mueble en cuestión.

El baño y la cocina deben construirse cercanos entre sí, para que toda la tubería corra en la misma trayectoria. Esto evitará mayores gastos, pérdidas de energía y ahorro de material.

c) Elementos de almacenamiento

El tanque debe colocarse cuando menos a 50 cm del piso de la azotea para facilitar su instalación y cuando menos a 2 m de por encima del mueble más alto para lograr una presión adecuada en la instalación.

d) El calentador

El calentador de agua debe instalarse en un lugar abierto, nunca dentro de la habitación; además, debe tener una válvula de seguridad o jarro de aire.

e) Validación de la instalación

Al finalizar la instalación se hace una prueba de presión para comprobar si no hay fugas o si existe la presión adecuada, para confirmarlo se realizan las pruebas de hermeticidad que se establecen en las normas.

2.1. Redes hidráulicas de agua fría

Es la instalación que recibe el agua del exterior para usarla en el edificio a la temperatura que llega. Se le denomina “agua fría” únicamente para diferenciarla de la de agua caliente. El agua se hace llegar a varios lugares del edificio distintamente condicionados para sus diferentes usos. La tubería de llegada se ramifica en varias derivaciones para llevar el agua a los distintos muebles sanitarios en los que se usa (Soza, 2007).

2.1.1. Clasificación de los sistemas de distribución de agua fría a edificaciones

La calidad del servicio de todo sistema urbano de distribución de agua potable, debe cumplir con las siguientes condiciones esenciales:

Continuidad del servicio: La disponibilidad de entrega de agua debe producirse las 24 horas del día, excepto donde las fuentes no puedan garantizar el caudal y la demanda se realiza de forma intermitente.

Cantidad de agua: La capacidad de los conductos se establecen para la entrega de la demanda máxima horaria (QMH) de la población.

Presión de entrega: La presión en cualquier punto de la red no será menor que el valor fijado para asegurar la entrega a las edificaciones hasta un número determinado de plantas.

Calidad del agua: Se exige que toda el agua en el sistema de distribución tenga las condiciones de potabilidad que se establecen por las autoridades sanitarias.

Para el servicio de suministro de agua dentro de una edificación se exigen las mismas condiciones, solo que en función de las particularidades de la edificación.

Una instalación de agua fría se realiza de acuerdo con los requisitos del proyecto; además, el proyectista decidirá qué sistema de distribución empleará según las condiciones de entrega del acueducto de la localidad donde está la edificación, de la edificación en sí y de las especificaciones que establezcan los reglamentos.

Los sistemas de distribución de agua fría a una edificación, se clasifican:

1. Según las condiciones de servicio en la red urbana, ver figura 2.2:

- **sistema directo** cuando se conecta la red de distribución de la edificación a la red urbana mediante la acometida.

Ventajas:

- No se requieren reservorios
- Menor costo estructural.
- Se dispone de mayor área útil.
- Garantiza mejor calidad del agua.

Desventajas:

- Queda inoperante cuando falta agua en la red pública.
- Necesita una red pública continua con caudal y presiones adecuadas.
- Los sistemas con aumento de presión requieren energía eléctrica y pueden quedar inoperantes si esta falta.
- **sistema indirecto** cuando no se dispone de servicio de suministro continuo y se coloca un depósito al final de la acometida, desde la cual se entrega agua a la red interna de la edificación.

Ventajas:

- Se tiene un sistema menos expuesto a fallas en la red pública ya que cuenta con reservas para dar continuidad.
- Debido al reservorio elevado, el sistema de bombeo no requiere trabajar de forma continua.

Desventajas:

- Posibilidad de contaminación del agua en reservorios.
- Mayor costo estructural.

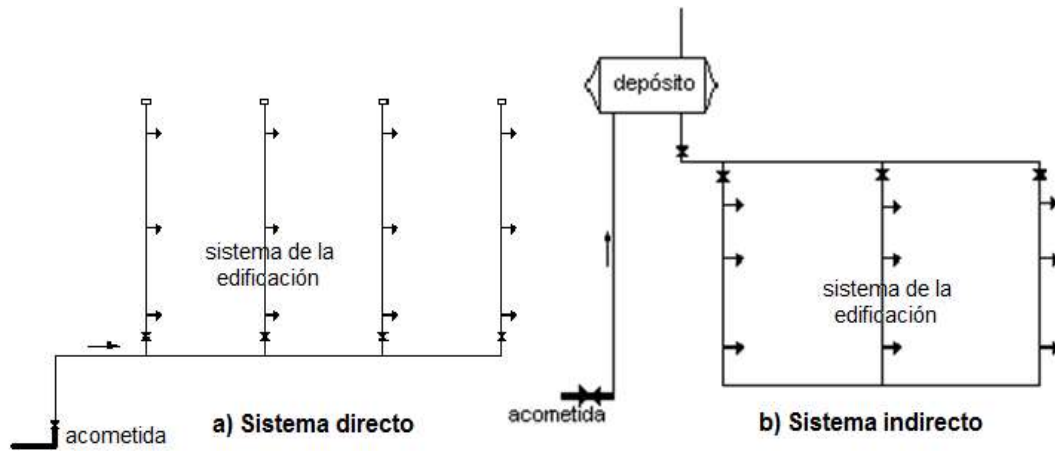


Figura 2.2. Sistema de distribución, según las condiciones de servicio de la red urbana

2. Según las presiones disponibles o la necesidad de la edificación, ver figura 2.3:

- **sin aumento de presión** cuando en la red urbana se dispone de presión para llevar el agua hasta los puntos más altos de la edificación.
- **con aumento de presión** si la presión disponible es insuficiente o si el servicio es indirecto se requiere dotar a la red de la edificación de un sistema de bombeo.

3. Según las concepciones para la distribución interna en la edificación, ver figura 2.4:

- **sin reserva** cuando las irregularidades del consumo de agua en la edificación se pueden tomar desde la red urbana o por el sistema de bombeo.
- **con reserva** cuando es necesario compensar las irregularidades del consumo interno de la edificación mediante un volumen acumulado en un depósito.

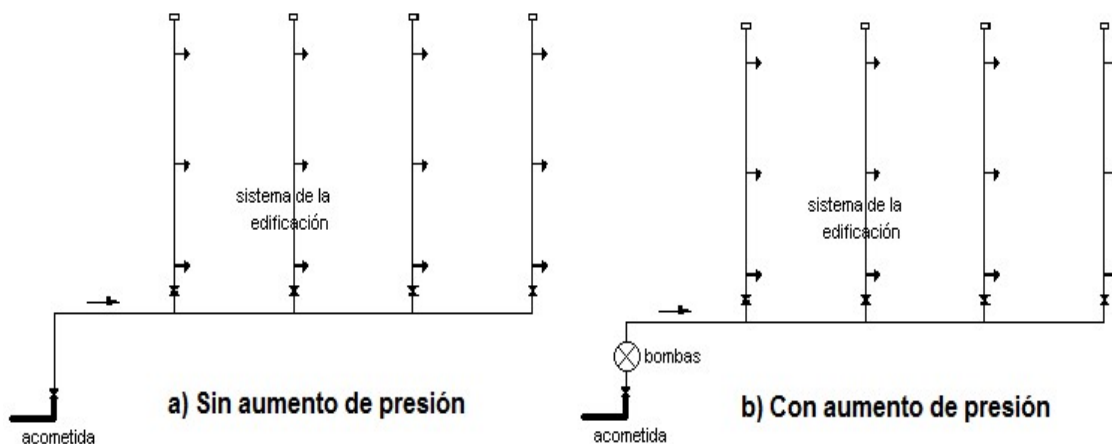


Figura 2.3. Sistema de distribución según las presiones disponibles

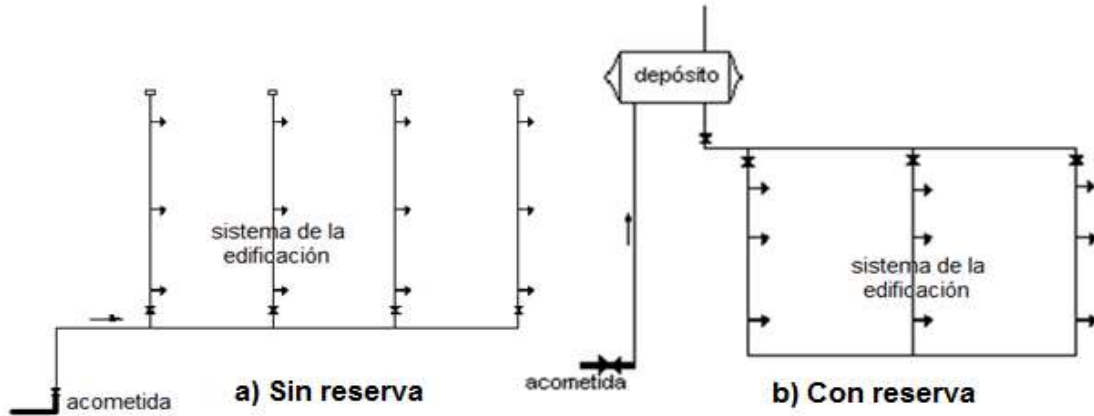


Figura 2.4. Sistema de distribución según las concepciones en la edificación

Atendiendo a las condiciones particulares de las instalaciones de cualquier edificación, se pueden obtener las siguientes variantes o combinaciones para los sistemas de distribución de agua a las edificaciones:

a) Sistema directo sin aumento de presión sin reserva. Se utiliza cuando la red pública ofrece condiciones de continuidad del servicio y caudal y presión suficiente para llegar a los puntos más altos de la edificación. Está formado por la acometida y las redes interiores y exteriores, ver figura 2.5 a.

b) Sistema directo con aumento de presión sin reserva. Se utiliza en zonas donde el suministro de agua de la red pública no tiene presión suficiente para llegar a los puntos más altos de la edificación y el suministro es continuo. Está formado por una estación de bombeo de relevo intercalada entre la acometida y el sistema de distribución interno, ver figura 2.5b.

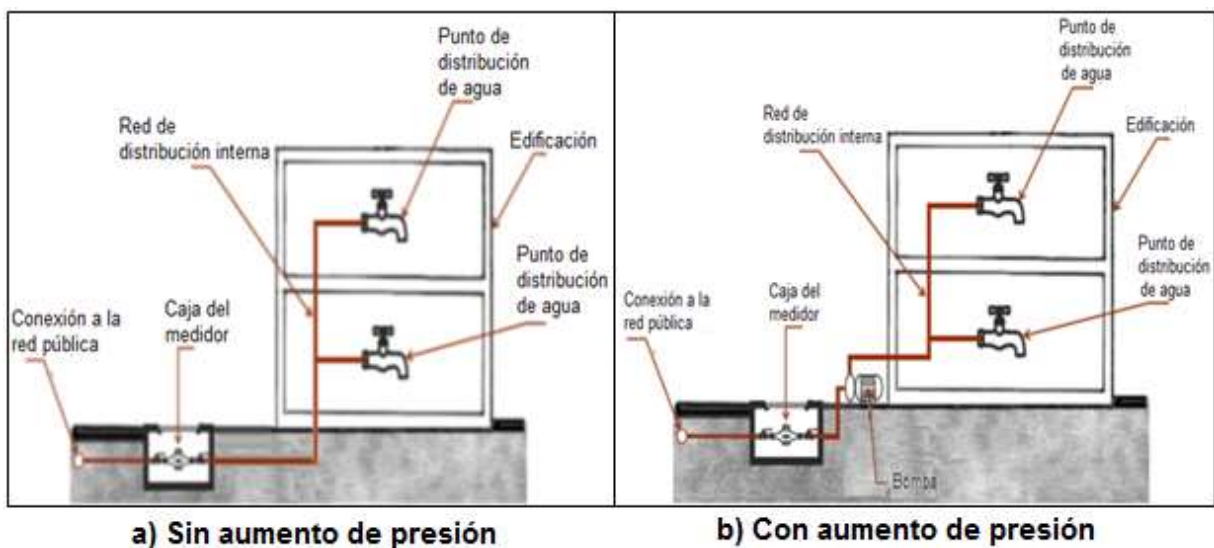


Figura 2.5. Sistema directo sin reserva

c) Sistema indirecto sin aumento de presión con depósito de reserva. Se utiliza cuando hay presión suficiente en la red pública para llegar a todas las partes de la edificación, pero la distribución es solo unas horas al día. La acometida sube directo a cubierta donde hay uno o varios depósitos situados a una altura adecuada desde donde se hace la distribución a las diferentes áreas de la edificación, ver figura 2.6 a.

d) Sistema indirecto con aumento de presión con depósito de reserva. Se utiliza cuando la red pública no tiene presión suficiente y el agua es solo por unas horas al día. Se compone de una estación de bombeo entre la acometida y uno o varios depósitos situados a una altura adecuada desde donde se hace la distribución a las diferentes áreas de la edificación, ver figura 2.6 b.

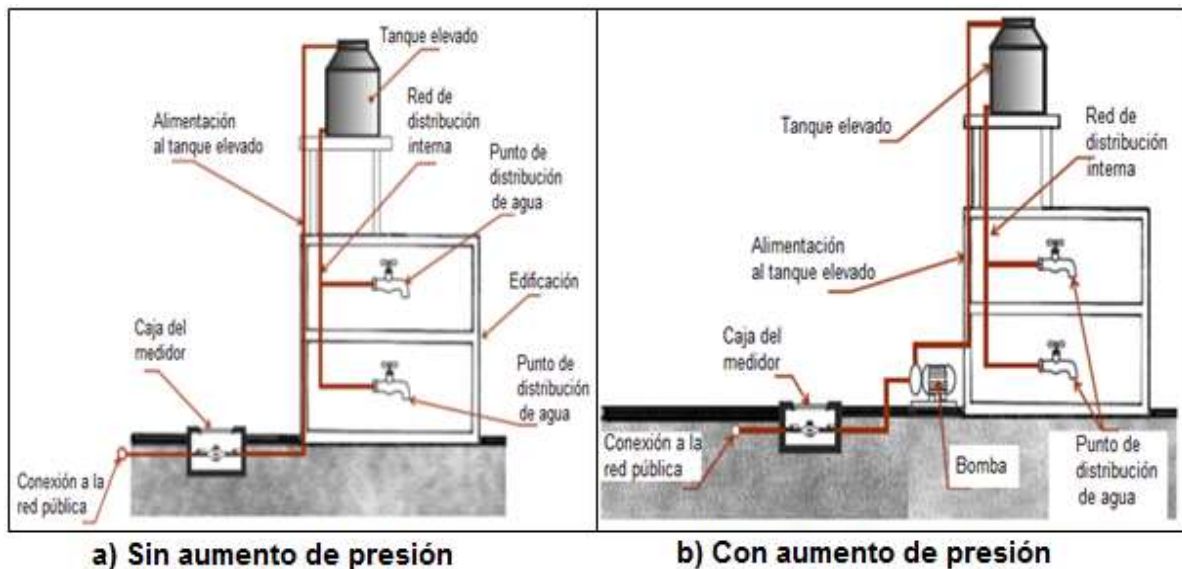


Figura 2.6. Sistema indirecto con depósito de reserva

e) Sistema indirecto con cisterna, con aumento de presión y tanque elevado. Se utiliza cuando la red pública no tiene presión suficiente para llegar a todos los puntos del edificio y además el ciclo de distribución de agua es de varios días. Consiste en una cisterna después de la acometida y un sistema de bombas entrega agua a uno o varios depósitos situados a una altura adecuada desde donde se hace la distribución a las diferentes áreas de la edificación, ver figura 2.7.

f) Sistema con hidroneumático. Se utiliza cuando no hay presión suficiente en la red pública para llegar a los puntos más altos de la edificación y en edificaciones muy altas. Están formados por un depósito, una estación de bombeo, un panel de control y un tanque de presión. La bomba toma agua del depósito y la acumula en el tanque de presión en función de la demanda en cada momento, ver figura 2.8.

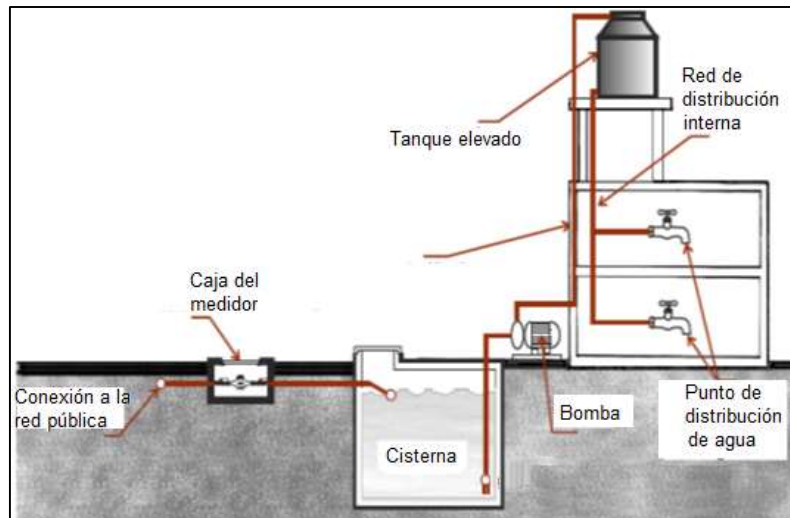


Figura 2.7. Sistema indirecto con cisterna, con aumento de presión y tanque elevado

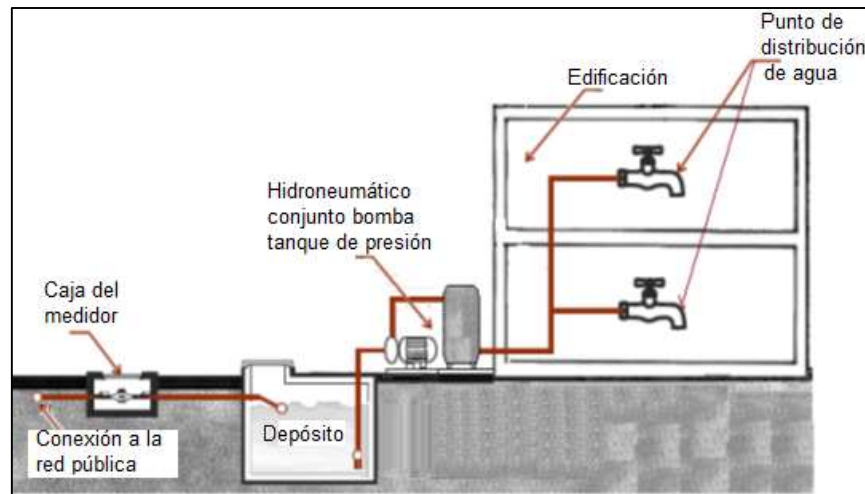


Figura 2.8. Sistema con hidroneumático

Para decidir cuál es el mejor sistema de abastecimiento para una determinada edificación, se debe considerar:

- ✓ La presión de agua en la red pública de la zona.
- ✓ Si el servicio de agua de la red pública es continuo o por ciclos.
- ✓ La altura del edificio.
- ✓ El número de personas que ocupan la edificación.

En la figura 2.9, se muestra un esquema que puede servir de ayuda a decisión del sistema de distribución de agua a una edificación.

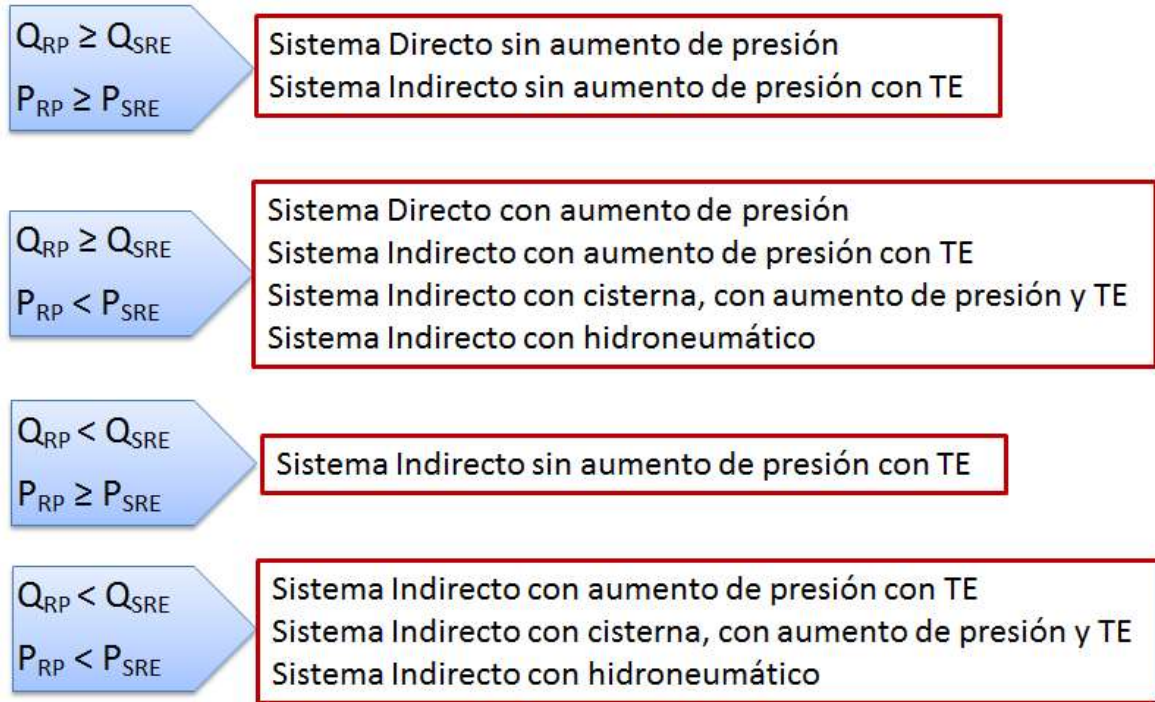


Figura 2.9. Esquema para la selección del sistema de distribución

2.1.2. Elementos componentes de los sistemas hidráulicos en edificaciones

En la figura 2.10, se muestran los principales elementos que componen el sistema de distribución de agua a una edificación.

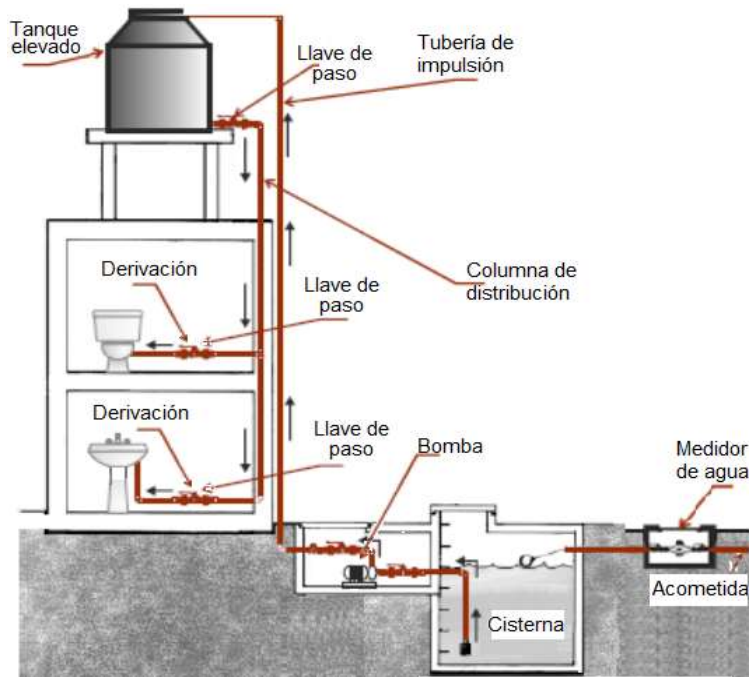


Figura 2.10. Elementos componentes de una red

Acometida: Es la tubería que enlaza la instalación general interior del edificio con la red pública. Su instalación va a cargo del suministrador y sus características se fijan según la presión de agua, el consumo previsible y el tipo de instalación. Para la instalación de la acometida se utiliza preferentemente tubería de PEAD, ver figura 2.11. Las partes componentes de esta instalación son: collarín de derivación, llave de toma, tubería de PEAD o cobre, caja de registro con acople, el medidor y la válvula de corte (URALITA, 2004).

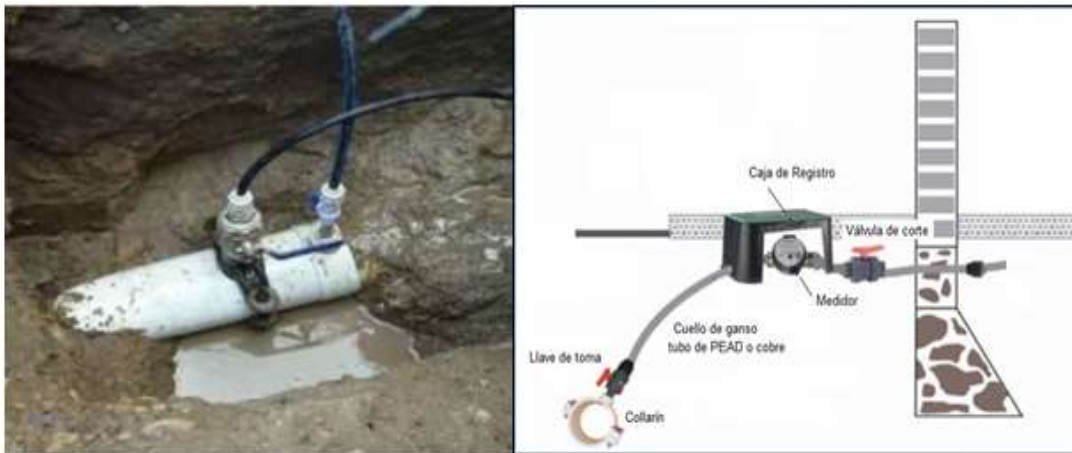


Figura 2.11. Instalación de acometida

Instalación general exterior: Es realizada por un instalador autorizado. Se localiza en las áreas comunes de la edificación. Para esta instalación se pueden utilizar tubería de PEAD, PVC, Polipropileno o hierro galvanizado. Sus partes componentes son: tuberías de succión e impulsión, equipo de bombeo, distribuidoras, columnas de distribución, cisternas y depósitos y calentadores de agua (URALITA, 2004).

Instalación interior: Estas constituyen las instalaciones en el interior de la edificación a partir de la válvula que se coloca en la derivación de entrada a cada edificación. Deben ser realizadas por un instalador autorizado. Estas redes pueden ser de agua fría y agua caliente. Se realizan con tuberías de diversos materiales. Sus partes componentes son: derivadoras, llaves de paso, redes de agua fría y caliente, puntos de salidas de agua y los muebles sanitarios (URALITA, 2004).

2.1.3. Proyecto del sistema de distribución de agua fría

El sistema de abasto de agua en las edificaciones garantizará la entrega de agua a las distintas tomas instaladas en el mismo con la presión, el caudal y la temperatura requerida en cada caso.

En la Norma Cubana 176:2002, se establecen los requisitos generales necesarios a cumplir para la elaboración de un buen sistema de distribución de agua.

1. Las redes de abasto de agua serán proyectadas utilizando tubos y conexiones de materiales con características similares, con características diferentes o combinaciones de los mismos.
2. Presiones estáticas máximas admisibles de 0,3MPa (3,0kgf/cm²) (30,0mca). En caso de presiones estáticas mayores, se colocarán en puntos apropiados de la red válvulas reductoras de presión. La presión mínima será de 0,015Mpa (0,15kgf/cm²) (1,5mca).
3. La red de abasto podrá ser ramificada, mallada o mixta.
4. Las tuberías que conforman la red, podrán proyectarse expuestas, colgadas, empotradas, soterradas, por relleno de piso o dentro de conductos.
5. En la red de abasto no se emplearán conductos con diámetro nominal menor de 15mm.
6. Las alturas y los desplazamientos respecto al eje vertical de las salidas hidráulicas y los diámetros mínimos de los muebles sanitarios, se indican en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Alturas, desplazamientos y diámetros mínimos de las tomas de los muebles sanitarios

Muebla sanitario	Diámetro de toma (mm)	Altura de salida de la toma (mm)	Desplazamiento (mm)	
			Izquierda	Derecha
Lavabo	15	550	55	55
Lavacabeza	15	500	100	100
Inodoro de tanque bajo	15	220	130	-
Inodoro de válvula (Flush)	25	550	-	120
Ducha toma de regadera	15	1950	Centro	
Ducha llave o mezcladora	15	1100	75	75
Bañadera toma de regadera	15	1950	Centro	
Bañadera toma de mezcladora	15	660	75	75
Bidé	15	220	75	75
Fregadero doméstico, salida de pared	15	1200	75	75
Fregadero de laboratorio con toma de agua fría y agua caliente sobre meseta	15	1200	100	100
Fregadero cocina centralizada toma de agua caliente en pared	20	400	Centro	
Lavadero	15	1200	Centro	
Urinario de válvula (Flush)	20	1200	Centro	
Urinario de colgar con sifón expuesto	15	1100	Centro	
Urinario de colgar con sifón integral	15	1300	Centro	
Urinario de pedestal	15	1050	Centro	
Vertedero de limpieza	15	700	Centro	

Nota: las tomas de la izquierda corresponden a agua caliente, excepto en el inodoro de tanque

Fuente: NC 176:2002

2.1.4. Dimensionamiento de los componentes del sistema de distribución

El dimensionamiento de todos los componentes que conforman un sistema de distribución de agua a una edificación, debe cumplir con los criterios y regulaciones vigentes.

Para el cálculo y diseño del sistema se recomienda establecer el siguiente orden:

1. Definición del trazado de la red y la ubicación de todos los componentes del sistema de distribución (planos de planta, elevación, isométricos).
2. Dimensionar (determinar diámetro) todos los conductos.
3. Dimensionar depósitos soterrados y/o elevados.
4. Definir y dimensionar el sistema de elevación del agua (conjunto de bombeo o hidroneumático).
5. Dimensionar (determinar diámetro) la acometida.

2.1.4.1. Definición del esquema de distribución y ubicación de sus componentes

Antes de comenzar a calcular una red de distribución de un edificio, el primer paso es definir el sistema de distribución; luego ubicar los elementos principales (tanque, cisterna, columna de distribución, etc.) y finalmente realizar el trazado de la red.

Para iniciar el esbozo del esquema es necesario disponer de los planos de arquitectura de la edificación en la etapa de anteproyecto en la que se pueden plantear algunas modificaciones o reubicación de locales si se requiere, de acuerdo con las exigencias del proyecto hidráulico.

Como el sistema de conductos se desarrolla en tres dimensiones, debe considerarse realizar un esquema en isométrico del sistema donde se observa mejor su desarrollo tanto en el plano horizontal como vertical.

2.1.4.2. Cálculo de las tuberías interiores y exteriores

El cálculo de un conducto de agua consiste en la determinación del diámetro que es capaz de conducir a una determinada velocidad el caudal necesario para satisfacer las demandas del usuario. Esta relación se satisface con la ecuación de continuidad:

$$D = 35,7 \sqrt{\frac{Q}{V}} \quad (2.1)$$

Donde:

D = es el diámetro del conducto, mm

Q = es la demanda máxima probable, L /s

V = es la velocidad de circulación del agua en el conducto, m/s

Se tomarán valores de velocidad entre 0,6 y 2,0 m/s. No se admiten velocidades mayores de 2,0 m/s. Una vez calculado el diámetro por la expresión dada, se seleccionará el diámetro comercial igual o superior al obtenido.

Para evitar que se produzcan sonidos y vibraciones debe limitarse la velocidad del agua a valores no superiores a las indicadas en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Velocidad máxima admisible según diámetro de las tuberías

Diámetro Nominal (mm)	Velocidad (m/s)
15	0,9
20	1,3
25	1,6
32 ó más	2,0

Fuente: NC 176:2002

Para la determinación de la demanda máxima instantánea probable en ramales de distribución, derivaciones y columnas de distribución, existen diferentes métodos que pueden agruparse de la siguiente forma (Castro L. Et al, 2006; Pancorbo, 2011):

- *Métodos empíricos:* método británico y el método de Dawson Bowman.
- *Métodos semiempíricos:* método de la raíz cuadrada, método de la norma francesa, método de la norma española.
- *Métodos probabilísticos:* método de Hunter original, método de Hunter modificado.

La NC 176:2002 establece para el cálculo de las demandas máximas probables, el método de Hunter modificado y como alternativa el método de la fórmula francesa en su versión actualizada (modificada), principalmente en pequeñas redes interiores.

Ambos métodos se basan en la hipótesis de la simultaneidad de uso de los diferentes muebles sanitarios que son abastecidos por una derivación, columna o maestra.

El método de Hunter es ampliamente utilizado en casi todos los países de América, mientras que el método de la fórmula francesa es ampliamente utilizado en países europeos.

- **Método de la fórmula francesa**

En Francia el cálculo para las instalaciones de fontanería para todos los edificios está recogidas en los “Documents Techniques Unifiés sur les réseaux d’eaux immobilières. DTU 60.11”, y en la Norme Francaise NF P 40-202 (Pancorbo, 2011 ; NC48-15:1983).

El procedimiento para la evaluación del caudal de cálculo consiste en multiplicar la suma de los caudales instantáneos mínimos especificados para cada mueble sanitario que son abastecidos por una línea por un coeficiente K, inferior a la unidad denominado coeficiente de simultaneidad.

El caudal máximo probable se determina entonces por la ecuación:

$$Q_p = K * \sum q_{\min} \quad (2.2)$$

Donde:

Q_p=caudal máximo probable L/s

q_{min}=caudal mínimo instantáneo de cada mueble sanitario L/s

K=coeficiente de simultaneidad, (0,2 < K < 1)

Inicialmente la expresión era:

$$K = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \quad (2.3)$$

Posteriormente el método se modificó y la fórmula se sustituyó por:

$$K = \frac{0.8}{\sqrt{n-1}} \quad (2.4)$$

Siendo n el número de puntos de consumo abastecidos por una línea de agua.

La tabla 2.3 establece los caudales mínimos instantáneos en los muebles sanitarios, los cuales se han estimado con condiciones óptimas de funcionamiento en la red: altura piezométrica sobre el punto más alto en el inmueble de 3,0mca y velocidad de circulación de 0,4 – 0,8m/s (URALITA, 2004; NC 176:20202).

Tabla 2.3. Caudales unitarios mínimos en los muebles sanitarios de mayor uso

Mueble sanitario	Caudal unitario mínimo q _{min} (L/s)
Lavabo	0,15
Inodoro, Tanque	0,15
Inodoro, Válvula Flush	1,5 a 2,0
Urinario, Lavabo controlado	0,10 a 0,15
Urinario, Válvula Flush	0,50
Urinario, Pedestal, válvula Flush	1,0
Ducha	0,20
Bañadera	0,20
Bidé	0,15
Fregadero pantry	0,15
Fregadero privado	0,20
Fregadero cocina industrial	0,25
Vertedero	0,20

Fuente: NC 176:2002; URALITA, 2004

- **Método de Hunter modificado**

Este método fue desarrollado e introducido por el Dr. Roy Hunter del National Bureau of Standards de USA en 1924.

En el año 1940 la Oficina Nacional de Normas del Departamento de Comercio de los Estados Unidos publicó el método de Roy B. Hunter, con el título “Methods of estimating load in Plumbing systems”, ver figura 2.12. Se trata de la primera aplicación de la teoría de la probabilidad, en la determinación de los caudales probables en sistemas hidráulicos y sanitarios y aunque desde entonces se han producido importantes cambios en el diseño de los aparatos sanitarios utilizados y en las griferías que los alimentan, orientados a reducir drásticamente los consumos de agua, la metodología utilizada es precisa y válida y, en consecuencia, es la más aceptada no solo por los diseñadores norteamericanos sino también, aunque con modificaciones, por los profesionales de su área de influencia tecnológica (Pancorbo, 2011).

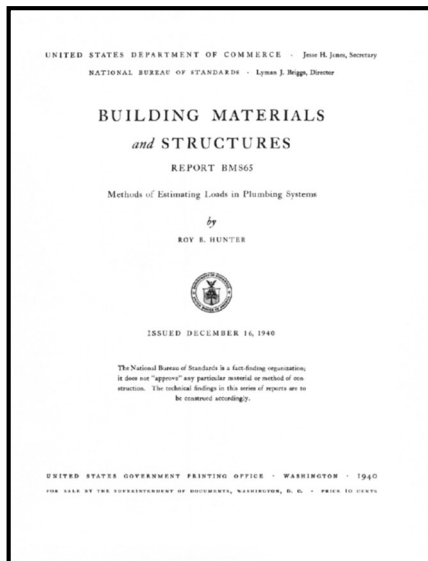


Figura 2.12. Portada original del texto de Hunter (Fuente: Pancorbo, 2011)

El método se basa en la estimación de la demanda máxima probable en los distintos tramos de la red, según la cantidad, clase y tipo de uso (privado o público) de los muebles sanitarios instalados, la simultaneidad de su uso y los consumos puntuales correspondientes a aquellos muebles sanitarios o equipos que presentan un régimen de consumo que pueden ser simultáneos; a partir de dar valores relativos “unidades de consumo” (UC) a cada mueble, cuya unidad equivale a un gasto de aproximadamente 28,32 L/min.

La demanda máxima probable en cada tramo de la red se determinará aplicando la siguiente fórmula:

$$Q_m = f(\sum UC) + Q_p \quad (2.5)$$

Donde:

Q_m = demanda máxima probable en el tramo considerado, L/s. En la mayoría de los países se utilizan tablas de correlación acorde a las normativas locales: las peruanas no son las mismas que las utilizadas en Brasil, Colombia, México o Cuba, ni por supuesto que las de EEUU o las europeas.

ΣUC = suma de las UC correspondientes a los muebles sanitarios que abastece el tramo. Los valores de UC se muestran en la tabla 2.4.

f = es la función que expresa la demanda máxima probable teniendo en cuenta la simultaneidad de uso. La misma fue determinada mediante el procesamiento estadístico de datos obtenidos a partir de observaciones reales. La tabla 2.5 contiene los valores que relacionan caudales con unidades de consumo.

Q_p = es el caudal correspondiente a los muebles sanitarios que funcionan de forma simultánea y cuyo consumo puede coincidir (sumándose) a la demanda máxima probable de otros equipos o artefactos instalados en el sistema. Para su cálculo se considerarán como valor inicial los valores contenidos en la tabla 2.3.

Aunque se entiende que dichas tablas se correlacionan con cualquiera de los métodos probabilísticos (chi cuadrado, Gumbel, Pearson) y que los gastos probables son acordes al número de aparatos sanitarios, se han realizado estudios a fin de actualizar las curvas de los gastos de diseño asignados a cada uno de ellos.

Tabla 2.4. Determinación de las unidades de consumo

Tipo de Mueble Sanitario	Unidades de consumo		
	T	AF	AC
Uso Privado			
Lavabo	1	0,75	0,75
Inodoro de tanque	3	3	-
Inodoro de válvula Flush	6	6	-
Bidé	2	1,5	1,5
Ducha	2	1,5	1,5
Bañadera	2	1,5	1,5
Fregadero	3	2,25	2,25
Lavadero	3	3	-
Toma de manguera para riego o limpieza DN, 15	3	3	-
Vertedero de limpieza DN, 15	3	3	-
Grupo de baño tanque	6	4,5	-
Grupo de baño válvula Flush	8	7,5	-
Uso Público			
Lavabo	2	1,5	1,5
Inodoro de tanque	5	5	-
Inodoro de válvula Flush	10	10	-

Urinario de tanque, lavado controlado	3	3	-
Urinario de válvula Flush	5	3	-
Urinario de pedestal con válvula Flush	10	10	-
Ducha	4	3	3
Fregadero de pantry	3	2,25	2,25
Fregadero de cocina	4	3	3
Bebedero	0,5	0,5	-
Caja de agua	1	1	-
Toma de manguera para riego o limpieza, DN 15	2	1,5	1,5
Toma de manguera para riego o limpieza, DN 20	4	4	-
Vertedero de limpieza DN 20	3	3	-
Vertedero de limpieza DN 20	4	4	-
NOTA: En las columnas que contienen los valores correspondientes a las UC se les dará la interpretación siguiente: T: Consumo total del mueble sanitario. AF: Consumo de agua fría. AC: Consumo de agua caliente.			

Fuente: NC 176:2002

Se considera uso privado cuando el mueble sanitario es usado por una persona o una familia, como en viviendas y habitaciones de hoteles. Se considera uso público cuando el mueble sanitario no tiene limitaciones en el número de usuarios, como en estaciones de ómnibus, salas de espera de hospitales y otros casos semejantes.

Tabla 2.5. Relación entre la cantidad de (UC) y demanda máxima probable

UC	Caudal según sistema L/s		UC	Caudal según sistema L/s	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
6	0,315	-	225	4,416	6,120
8	0,410	-	250	4,732	6,372
10	0,505	1,703	275	5,047	6,669
12	0,580	1,804	300	5,363	6,940
14	0,656	1,905	400	6,624	7,949
16	0,732	2,006	500	7,886	8,959
18	0,808	2,107	750	10,725	1,230
20	0,883	2,208	850	11,749	11,978
25	1,073	2,397	1000	13,123	13,123
30	1,262	2,587	1250	15,142	15,142
35	1,420	2,763	1500	16,845	,548
40	1,565	2,934	1750	18,548	18,548
45	1,703	3,091	2000	20,252	20,252
50	1,830	3,249	2250	21,955	21,955
60	2,019	3,470	2500	23,659	23,659
70	2,208	3,691	2750	25,362	25,362
80	2,397	3,912	3000	27,255	27,255
90	2,587	4,088	4000	33,122	33,122

100	2,744	4,259	5000	37,412	37,412
120	3,028	4,574	6000	40,567	40,567
140	3,312	4,889	7000	43,217	43,217
160	3,596	5,205	8000	45,299	45,299
180	3,848	5,489	9000	47,002	47,002
200	4,101	5,773	10000	48,516	48,516

Fuente: NC 176:2002

Una vez determinados los caudales máximos probables en cada tramo de la red, utilizando la ecuación 2.1, se determina el diámetro del tramo considerando las velocidades admisibles. En este proceso es importante destacar que:

- El diseño se comienza desde el punto más alejado de la fuente hasta esta.
- Al determinar la demanda del tramo aguas arriba, se deben considerar todos los muebles al que este le sirve aguas abajo.

Determinados todos los diámetros, se deben comprobar las presiones en los puntos críticos de la red, o sea que no se sobrepase la presión máxima y que esta sea suficiente para garantizar la demanda del mueble. Estos puntos son los más alejados de la fuente y los que están en desventaja respecto a la diferencia de nivel entre este y la fuente (los más altos), ya sea el suministro a gravedad o a bombeo.

Este cálculo permite definir:

- La cota de solera del tanque elevado si el sistema es a gravedad desde un depósito.
- Las características del equipo de bombeo (carga, caudal), si el sistema es por bombeo directo.
- Si las presiones en la red pública son suficientes para suministrar la demanda a los puntos críticos de la edificación si el sistema directo.

Estos cálculos de comprobación se realizan aplicando la ecuación de Bernoulli, lo cual implica determinar las pérdidas de carga en el tramo en estudio. La NC 176:2002 recomienda la ecuación de Darcy- Weysbach para determinar las pérdidas.

2.1.4.3. Definir el almacenamiento y determinar volumen en tanques y cisternas

Toda edificación que se encuentre ubicada en un sitio donde el abastecimiento de agua pública no sea continuo o carezca de presión suficiente, deberá estar provista de uno o varios depósitos de almacenamiento, que permitan el suministro de agua en forma adecuada a todos muebles sanitarios o instalaciones previstas.

Tales depósitos podrán instalarse en la parte baja (cisterna) en pisos intermedios o en la parte alta del edificio (elevados).

Cuando el servicio de suministro de agua (acueducto) no garantice el buen funcionamiento del sistema abasto debido a presión o caudal insuficiente o servicio de entrega discontinuo, se proyectará cisterna, tanque elevado o ambos (NC 176:2002).

Volumen de tanque elevado

El tanque elevado es el depósito de agua destinado a regular y alimentar las redes de distribución de agua potable de un inmueble. Es componente de un sistema de alimentación indirecto.

Para calcular el volumen de los tanques debe tenerse en cuenta que 1 m³ de agua pesa 1 tonelada lo cual es una razón para reducir cargas en las azoteas de los diferentes edificios, ver figura 2.13.



Figura 2.13. Tanques elevados sobre la cubierta de una edificación

Dado que, al utilizarse tanques elevados en el sistema, es posible que se requiera de bombas, estas deben usarse al máximo posible para reducir el tamaño del tanque todo lo que se pueda, excepto en ciertos edificios como hospitales y círculos infantiles, en los cuales es conveniente disponer de volúmenes apreciables de agua en los tanques. En estos casos se indica ubicar un día de consumo en los tanques (Micó, 2001).

Para determinar el volumen del tanque elevado se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Las exigencias de protección contra incendios (si resulta o no necesario acumular la reserva en el tanque).
- Garantizar las demandas de máximo consumo.
- Lograr el volumen mínimo necesario.

La NC 176:2002, establece que el tanque elevado contendrá la reserva de agua destinada a consumo social y la destinada a combatir incendios si se requiere esta última. La capacidad del tanque no será menor que la calculada por la siguiente expresión:

$$V_{Te} = V_{ci} + V_2 + V_3 \quad (2.6)$$

Donde:

V_{Te} = volumen del tanque elevado, m³

V_{ci} = reserva de agua destinada a incendios. Se determinará según lo establecido en el Sistema de Normas de Protección contra Incendios, m³.

V_2 = corresponde a la reserva de agua destinada a asegurar el consumo social en el intervalo de tiempo (10 minutos) en que se produce la demanda máxima probable (Q_m), determinada por el método de Hunter o la fórmula francesa, m³.

V_3 = corresponde a la reserva de agua destinada a asegurar el consumo social fuera de los intervalos de tiempo en que se produce la demanda máxima, será como mínimo el 15% del consumo diario, m³.

En los *sistemas de abastecimiento indirecto sin aumento de presión* (figura 2.6 a), donde la distribución en la red pública es de algunas horas al día, el volumen del tanque elevado, en ningún caso deberá ser inferior al consumo diario del inmueble (MMAyA, 2011).

Se podrá determinar mediante la siguiente ecuación:

$$V_{Te} = V_{ci} + 0,167 * Q_m + CD \quad (2.7)$$

En los *sistemas de abastecimiento indirecto con aumento de presión*, Los volúmenes de almacenamiento serán establecidos en función de las necesidades de reserva contra incendios y del consumo diario, del cual será como mínimo el 15%, aunque en los casos donde estructuralmente sea posible, podrá ser entre el 25% y el 30%.

Se podrá determinar mediante la siguiente ecuación:

$$V_{Te} = V_{ci} + 0,167 * Q_m + 0,15 * CD \quad (2.8)$$

Donde:

Q_m = demanda máxima probable de la edificación en (m³/h) determinada por el método de Hunter o la fórmula francesa.

CD = consumo diario, m³.

$$CD = I_c * UM \quad (2.9)$$

I_c = índice de consumo per cápita en ($m^3/UM/d$), el cual estará en función del uso de la edificación. Este valor se puede determinar a partir de la Resolución 287/2015, “**Índices de Consumo de Agua**”, publicada en la Gaceta Oficial de República de Cuba (GOC, 2016).

Para el diseño de tanques elevados en edificios de viviendas, se pueden tomar como índice de consumo para determinar el consumo diario de 80 – 120 Lppd, en función del lugar donde se encuentre la vivienda.

UM = unidad de medida que se establece en función del tipo de consumidor a que abastecerá el tanque de la edificación (habitantes, camas, habitación, etc.).

Volumen de cisternas

Las cisternas se definen con un depósito de agua situado entre el medidor y el conjunto motor bomba, ubicado en la planta baja o sótano de un edificio, destinado al almacenamiento de agua para su posterior distribución mediante un sistema de alimentación indirecto de agua potable (tanque elevado, sistemas hidroneumáticos) (Almaraz, 2008).

Su volumen depende de las condiciones de suministro de agua que exista en la zona y del tipo de edificio (escuelas, hospitales, vivienda, etc.). Se aconseja dar el menor volumen posible sin afectar el consumo.

En el caso de edificios que requieran volúmenes de almacenamiento especiales como hoteles, hospitales y otros, se determinará el volumen de almacenamiento de acuerdo con las condiciones de suministro locales. El almacenamiento de agua se limitará a un máximo de 72 horas (3 días).

El volumen de la cisterna se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$V_c = V_{ci} + DR * CD \quad (2.10)$$

Donde:

V_c = volumen total de la cisterna, m^3 .

V_{ci} = volumen destinado a incendio, m^3 . Se determinará según lo establecido en el Sistema de Normas de Protección contra Incendios, m^3 .

DR = días de reserva que considerará el almacenamiento en la cisterna.

CD = consumo diario, m^3/d . (definido anteriormente).

2.1.4.4. Dimensionar el sistema de elevación del agua

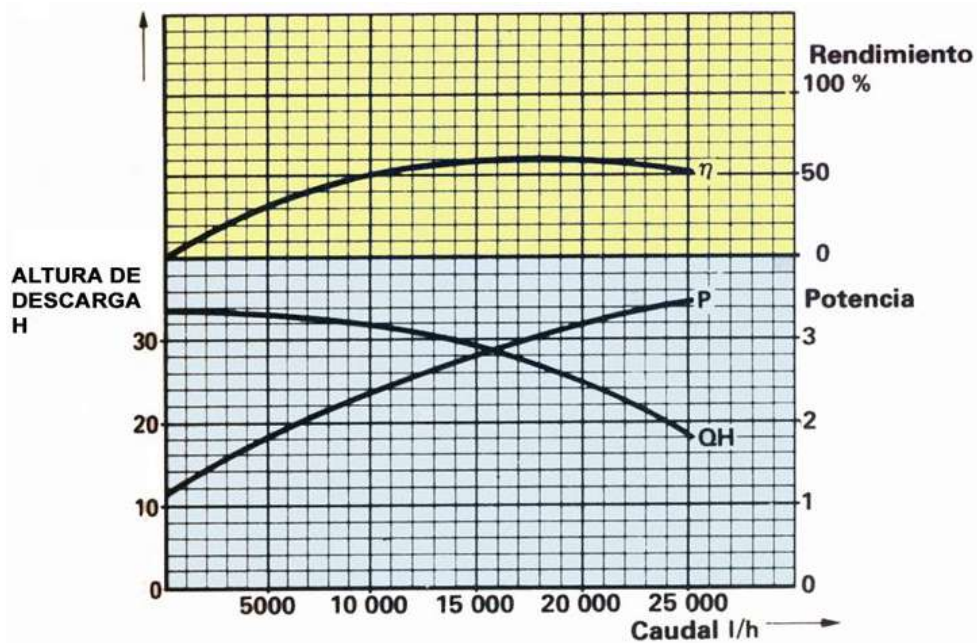
Cuando la presión en la red es insuficiente para garantizar el agua a la planta más alta se necesita de un medio mecánico para elevar el agua, sea por bombeo contra un tanque elevado o mediante un sistema hidroneumático, ver figura 2.14.



Figura 2.14. Sistemas mecánicos para elevar el agua

Selección del equipo de bombeo

Para la selección de la bomba o de las bombas idóneas para un sistema adecuado, así como su conexión se utilizan catálogos, tablas, gráficos etc. que brindan los fabricantes de las bombas. Generalmente cada fabricante ofrece un catálogo de su equipo, el cual incluye las curvas de sus bombas (ver figura 2.15), sus características y una explicación de cómo proceder para seleccionarla usando ese catálogo (Velázquez, 2007).



CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA

Figura 2.15. Curvas características de una bomba centrífuga

La selección del conjunto motor – bomba y la determinación de la potencia de la bomba, se realiza partiendo de los datos de caudal de bombeo QB y la carga dinámica total H_t .

Caudal de bombeo

En los *sistemas indirectos* que cuentan con cisterna y tanque elevado, el caudal de bombeo se calculará teniendo en cuenta el número de horas de bombeo por día y el consumo diario (CD) (MMAyA, 2011).

Este caudal estará en dependencia del lugar y la función que esta va a realizar:

- Cuando la fuente de abasto no pertenece a la instalación, el caudal a entregar por la bomba va ser el consumo máximo horario.
- Cuando la fuente de abasto pertenece a la instalación (cisterna), el caudal a entregar será el caudal instantáneo.

Según la NC 176:2002, el volumen de agua almacenada en el tanque destinado a consumo social, será restituido en un tiempo igual o menor de 2 horas (Almaraz, 2008; NC 176:2002).

Por tanto, el caudal de bombeo (QB) mínimo, se determinará por la expresión:

$$QB = \frac{V_2 + V_3}{2} \quad (2.11)$$

Donde:

QB = caudal de bombeo, (m^3/h).

V_1 y V_2 = volumen de agua destinado a consumo social (m^3), ver ecuación 2.6.

Salvo en el caso de viviendas unifamiliares, todo equipo de bombeo deberá instalarse con un equipo de reserva para casos de emergencia o reparación.

Carga dinámica total

Es la carga dinámica total representa la carga contra la cual debe operar una bomba, o sea, la energía por unidad de peso líquido que debe suministrarle la bomba al mismo para que pueda realizar el trabajo que se pretende, ver figura 2.15.

La carga dinámica total se determina por:

$$H_t = H_s + h_{fs} + H_i + h_{fi} \quad (2.12)$$

Donde:

H_t = carga dinámica total, m.

H_s = altura de succión, m.

h_{fs} = pérdidas de carga por fricción y accesorios en la succión, m.

H_i = altura de impulsión, m.

h_{fi} = pérdida de carga por fricción y accesorios en la rama de impulsión, m.

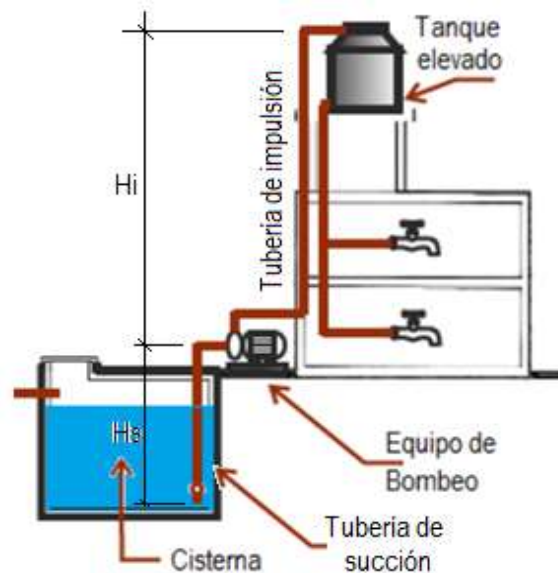


Figura 2.16. Representación de la Carga Dinámica Total

Para la determinación de la potencia de la bomba se deberá contar con las curvas características correspondientes al tipo de bomba a emplearse, tomando en cuenta el rendimiento deseado.

La potencia teórica del equipo de bombeo se podrá determinar por la siguiente expresión:

$$P = \frac{g \cdot Q_B \cdot H_t}{E} \quad (2.13)$$

Donde:

P = potencia a entregar por la bomba, kW

g = aceleración de la gravedad, m/s^2

H_t = Carga dinámica total, m

Q_B = caudal de bombeo m^3/s

E = eficiencia del equipo motor – bomba (0.6 - 0.8)

Tubería de impulsión

Para el cálculo económico de la tubería de impulsión se podrá emplear la fórmula de Bresse (Oliveira y Gonçalves, 2000; MMAy A, 2011):

$$D_i = 1,3 * X^{0,25} * \sqrt{Q_B} \quad (2.14)$$

Donde:

D_i = diámetro de la tubería de impulsión, m.

Q_B = caudal de bombeo, m^3/s .

X = número de horas de funcionamiento de la bomba/número de horas del día.

La velocidad media de circulación a caudal de caudal de diseño en la tubería de impulsión dese estar entre 1,20 - 1,50m/s (siempre menor que 3,0m/s para evitar molestias por ruidos).

Tubería de succión

La Tubería de succión, deberá tener un diámetro comercial igual o superior al diámetro calculado para la tubería de impulsión:

$$D_s \geq D_i$$

Otros criterios plantean que para la tubería de succión se debe buscar un diámetro tal que la carga dinámica de succión ($H_s + h_{fs}$) < 5,0m para el gasto de diseño.

2.1.4.5. Cálculo del diámetro de la acometida

Para el cálculo del diámetro de la acometida, se debe considerar el tiempo que requiere esta para alcanzar su volumen de almacenamiento. Se considera que el llenado de la cisterna debe hacerse en un período máximo de 12 horas y se determina el caudal que debe circular por esta tubería por la expresión:

$$Q_a = \frac{V_c}{43200} \quad (2.15)$$

Donde:

Q_a = caudal que circula por la acometida, L/s

V_c = Volumen de almacenamiento de la cisterna, m^3 . No considera el volumen contra incendios.

Para determinar el diámetro, se fija la velocidad de circulación en 1,5m/s y se obtiene este por la ecuación 2.1.

2.2. Materiales y componentes utilizados

Históricamente se han empleado diferentes materiales de construcción para conducir el agua, primero por gravedad y posteriormente a presión. Se conoce el uso de piedra, barro vitrificado, madera, plomo, hierro fundido, hierro forjado, acero, cemento, hormigón y más recientemente componentes plásticos, así como diversas combinaciones de materiales (Hernández, 2001).

Las instalaciones hidráulicas de agua fría y caliente, precisan de materiales muy resistentes al impacto y a la vibración, entre los cuales se encuentran el P.V.C. y el hierro galvanizado, entre otros.

En la actualidad, existen una gran cantidad de tipos de tuberías que pueden utilizarse en la construcción de redes de suministro de agua. Para la selección de los materiales a utilizar, se deben seguir las siguientes recomendaciones (MICONS, 2003):

- Se deben seleccionar tipos de material para una misma norma de fabricación, velando porque los sistemas contratados incluyan la garantía de piezas de conexión para pasar a otros sistemas.
- Comprar “sistemas de tuberías” y nunca comprar tuberías y conexiones a diferentes suministradores.
- Contratar a suministradores con vinculación directa con fabrica.
- Para la selección del sistema de tuberías se tendrá en cuenta que el más económico no es el más barato, si no el que a más bajo precio resuelve con calidad las especificaciones que se exigen en el proyecto.
- Hacer una correcta descripción técnica de las características de los materiales.

La tabla 2.6 muestra las principales características de las tuberías más utilizadas.

Tabla 2.6. Tipos de materiales de tuberías más utilizados

Materiales de tubería	Observaciones
<p>Cobre rígido y flexible</p> 	<p>El cobre es uno de los materiales más antiguamente utilizados para producir tubos. Su uso ha estado bastante extendido por sus bondades, estando en este momento limitado por su alto costo de importación.</p> <p>Las uniones pueden ser soldadas y roscadas. Se pueden utilizar tanto para agua fría como caliente, en redes interiores y exteriores. Presenta una alta resistencia mecánica. Buen comportamiento ante el fuego.</p> <p>Son muy resistentes a la corrosión, creándose ella misma una capa protectora llamada verdín. Poseen un coeficiente de fricción muy bajo solo comparado con las tuberías de plástico.</p> <p>Son muy óptimas en los lugares donde exista un ambiente agresivo en aumento, por ejemplo, cerca de la costa.</p> <p>Tiene como inconveniente que se deben garantizar las dilataciones del material.</p>
<p>Acero galvanizado</p> 	<p>Estos se galvanizan para protegerlos de la oxidación, se fabrican de muchos diámetros, pero no mayores de 102mm. Sus características son muy similares a los de hierro forjado.</p> <p>Las uniones son roscadas. Se utilizan preferiblemente para edificios de viviendas, edificios industriales, en instalaciones de protección contra incendios, en reparaciones donde sea el material que estaba instalado y en instalaciones expuestas al intemperismo, evitando ambiente salino.</p> <p>Se pueden tanto para agua fría como caliente, en redes interiores y exteriores.</p> <p>Presenta una alta resistencia mecánica. Buen comportamiento ante el fuego y su costo es medio.</p>

<p>Poli cloruro de Vinilo PVC</p> 	<p>Solo se pueden utilizar en redes de agua fría, tanto en interiores como en exteriores, enterradas o sobre terreno. Su montaje es muy sencillo con uniones pegadas con cemento solvente o con junta de goma. Si es posible no utilizar expuestas en exteriores, en este caso proteger contra radiación UV. Ante el fuego produce combustión tóxica. Su costo es de medio a bajo y su resistencia mecánica no es muy buena. Es muy resistente a la corrosión. Presentan el coeficiente de rugosidad más bajo, y lo mantienen durante toda su vida útil, son aislantes térmicos, eléctricos y acústicos.</p>
<p>Poli cloruro de Vinilo Clorado CPVC</p> 	<p>Uniones soldadas o roscadas. Sirven para conducir agua fría o caliente y en instalaciones contra incendios. Presenta muy buen comportamiento ante el fuego. Si se utiliza expuestas en exteriores, proteger contra radiación UV. Presenta buena resistencia mecánica y es muy resistente a la corrosión, pero su costo es muy alto. Presentan el coeficiente de rugosidad más bajo, y lo mantienen durante toda su vida útil, son aislantes térmicos, eléctricos y acústicos.</p>
<p>Polipropileno PP</p> 	<p>Las uniones pueden ser por polifusión o roscadas. Sirven para conducir agua fría o caliente. Presenta muy mal comportamiento ante el fuego. Si se utiliza expuestas en exteriores, proteger contra radiación UV. Presenta buena resistencia mecánica y es muy resistente a la corrosión, pero su costo es de medio a alto. Tiene como inconveniente que se deben garantizar las dilataciones del material. Presentan el coeficiente de rugosidad más bajo, y lo mantienen durante toda su vida útil, son aislantes térmicos, eléctricos y acústicos.</p>

Fuente: Adaptado, NC 683:2009; Reglamento Técnico de la Construcción No.3; Indicaciones técnicas para el diseño, ejecución, reparación y remodelación de las instalaciones hidráulicas y sanitarias en las edificaciones del MICONS.

2.2.1. Principales tipos de válvulas

Una válvula es un elemento o accesorio instalado en los sistemas de tuberías para controlar el flujo de un fluido dentro de tal sistema. Se pueden usar para permitir o no permitir el paso del flujo y/o para controlar el flujo.



Para cumplir con estas funciones se pueden instalar distintos tipos de válvulas, las más empleadas en las instalaciones hidrosanitarias de las edificaciones son las que en forma esquemática se indican a continuación (Flores, 2004):

En la tabla 2.7 se describen los principales tipos de válvulas utilizados en las instalaciones de agua.

Tabla 2.7. Tipos de válvulas

Tipo de Válvula	Descripción
<p>Válvula de compuerta</p> 	<p>Llamadas también de corte. Son los más utilizadas como válvulas de paso y las que se emplean con mayor frecuencia; pueden ser de cierre rápido o normales.</p> <p>Consiste en una compuerta en forma de cuña que se desplaza por medio de un tornillo y al bajar se introduce entre dos anillos de latón.</p> <p>Su función es cerrar el paso de fluido en la tubería, pero no se utilizan para la regulación de caudal. Generan poca pérdida de carga.</p> <p>No deben emplearse en lugares de uso frecuente ni con aguas en las que se prevean incrustaciones importantes, pero sí a la salida de motores para regular la presión.</p>
<p>Válvula de globo</p> 	<p>El mecanismo de esta válvula consiste en un disco, accionado por un tornillo, que se empuja hacia abajo contra un asiento circular.</p> <p>Es recomendada para estrangulación o regulación de flujo, es de accionamiento frecuente y es de vueltas múltiples, en la cual el cierre se logra por medio de un disco o tapón que cierra o corta el paso del fluido.</p> <p>Generan altas pérdidas de carga.</p> <p>Deben ir montadas de forma que el líquido atraviese la válvula de abajo arriba y se usan en diámetros pequeños desde 3/8" a 3".</p> <p>Existen de diferentes tipos:</p> <p>Asiento paralelo: la descrita anteriormente</p> <p>Asiento inclinado: Con el fin de que las pérdidas de carga sean las menos posibles en estas válvulas el paso del agua a penas cambia de dirección en su interior.</p> <p>De escuadra. Son una variante de las válvulas de asiento en la cual la tubería de entrada y la de salida del agua forman un ángulo de 90°, siendo en estas condiciones donde actúa el pistón de cierre. Sus pérdidas de carga son considerables. También se les llaman llaves de ángulo.</p>
<p>Válvula de bola o esfera</p> 	<p>Se utilizan fundamentalmente en corte de circuitos y de columnas de distribución, sin estrangulación y es de 1/4 de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90°.</p> <p>Son las válvulas más rápidas de accionar. Son accionadas manualmente por un eje de mando perpendicular al taladro de la bola o esfera. La indicación de apertura es la de la propia palanca de mando (abierto con palanca paralela a la línea de tubería y "cerrado" o 90°).</p> <p>Son válvulas de paso cuyo elemento de cierre lo constituye una esfera taladrada o disco con su diámetro en el sentido del eje del mismo. No produce pérdida de carga cuando está abierta, pero sí produce un gran impacto, cuando se cierra debido a su rapidez (pudiéndose provocar fuertes y peligrosos golpe de ariete). El problema mayor es el de su debilidad frente a un uso continuado, pues los asientos de teflón se acaban desgastando. Pueden ser roscadas o con bridas en todo tipo de diámetros.</p> <p>La tendencia va a usarlas de forma exclusiva en los circuitos interiores de viviendas e incluso en elementos de la instalación general.</p>

<p>Válvula de mariposa</p> 	<p>Es recomendada cuando se requiere servicio con apertura total o cierre total y es de ¼ de vuelta y controla la circulación por medio de un disco circular.</p> <p>Su accionamiento requiere menos esfuerzo que las llaves de compuerta, siendo el mecanismo de cierre, un disco que gira sobre un eje vertical, y utilizando asientos de neopreno que aseguran una perfecta estanqueidad. Permite la regulación del paso de agua, con un giro máximo de 90° al igual que las válvulas de esfera. Llevan exteriormente un disco graduado de 0 a 90°, que permite en todo momento conocer su posición.</p> <p>Estas válvulas se ven sometidas a grandes esfuerzos en el eje de la mariposa, obligando para grandes caudales la instalación complementaria de reductores, que permitan un cierre lento y progresivo.</p>
<p>Válvula reductora de presión</p> 	<p>Se utilizan en aquellas partes de la red donde hay excesiva presión o por necesidad no se debe superar un determinado valor.</p> <p>Han de conseguir y mantener agua abajo una presión inferior a la que se tiene arriba del punto en el que se instalan.</p> <p>Son válvulas que regulan la presión mediante un obturador, que regula el paso del caudal y, por tanto, su presión, de tal forma que las presiones, reducida y normal, actúan en cámara de equilibrio que mueve el émbolo que, a su vez deja mayor o menor paso al obturador.</p> <p>Requieren un mantenimiento periódico.</p>
<p>Válvula de retención</p> 	<p>Estas válvulas se utilizan para dejar pasar el flujo en un solo sentido y se abren o cierran por sí solas en función de la dirección y presión del fluido.</p> <p>Se colocan aguas abajo de una llave de paso con la finalidad de retener el agua contenida en una tubería después de abrir dicha llave. Es utilizada en las tuberías de succión de los equipos de bombeo para evitar la descarga de la tubería que absorbe el fluido.</p> <p>En general se dispondrán en la tubería de impulsión de las bombas de abastecimiento de agua, donde al interrumpirse bruscamente el paso del fluido se producen golpes de ariete de más o menos intensidad.</p> <p>Se debe utilizar en aquellos puntos donde puede haber retornos o bien donde queramos evitar, contacto entre aguas de diferente temperatura, con la red de evacuación o la acometida del edificio.</p> <p>Su accionamiento es automático, por la misma presión que la acomete.</p>
<p>Fluxores</p> 	<p>Es una válvula de descarga a un grifo de cierre automático que se coloca sobre la derivación de una instalación interior de agua para ser utilizado en los inodoros, urinarios y vertederos, en sustitución de los tanques de descarga altos y/o bajos, siendo aconsejable su emplazamiento en lugares de carácter público.</p> <p>Su diseño es estético, ocupan menos espacio que los habituales depósitos de descarga, con lo cual, en algunos casos, el inodoro se puede colocar más cerca de la pared ganando espacio útil en los baños.</p> <p>A su vez, la duración del ruido es menor en comparación con el que se origina en las instalaciones corrientes cuando se almacena agua para la siguiente descarga.</p> <p>Tiene la ventaja de que a los pocos segundos de haberse efectuado la descarga puede volver a usarse nuevamente.</p>

<p>Válvula de flotador</p> 	<p>Se utiliza en la entrada de tanques y cisternas.</p> <p>La válvula de flotador de acción directa abrirá o cerrará en proporción directa a la subida o bajada del nivel del agua. Cuando se alcanza el nivel máximo predeterminado la válvula cerrará por completo para evitar el rebosamiento.</p> <p>El obturador o cierre es de tipo pistón perfectamente equilibrado de manera que la presión de entrada no empuja al pistón al cierre ni a la apertura permitiendo gobernarlas con esfuerzos muy pequeños sobre la boya flotante.</p>
<p>Válvula de expulsión de aire</p> 	<p>Las válvulas de expulsión de aire, como su nombre lo indica, se usan para dejar salir el aire acumulado en líneas de agua tanto de agua fría como de agua caliente, en especial en esta última son imprescindibles, en líneas de succión de bombas, tanques de mezclado, líneas de retorno de condensados, líneas de agua de enfriamiento para compresores de aire, tanques de almacenamiento.</p>

Fuente: Adaptado de la NC 176:2002

2.2.2. Principales tipos de accesorios

Normalmente una tubería consta de tramos rectos y continuos llamados tubos, y de otros elementos llamados accesorios, los cuales se utilizan para acoplar secciones o tramos de tubos, producir cambios de dirección, reducir o aumentar el diámetro en una conducción, coleccionar en una las aguas de varis tuberías, entre otros usos (Flores, 2004).

Entre los accesorios más utilizados en las instalaciones hidráulicas están: las T, los codos de varias curvaturas, las uniones o empalmes, tapas, tapones, reducidos, etc.

Las uniones entre los tramos de tubos entre sí, y entre estos y los accesorios, se producen mediante rosca, encolado, soldaduras metálica y plástica, platillos y pernos, y otros medios mecánicos que garanticen la efectividad de la unión.

Uno de los elementos de unión más importante en cualquier instalación hidráulica, es la unión universal, ya que permiten desarmar el sistema y sustituir o reparar tramos y accesorios, fundamentalmente las válvulas.

Se sugiere colocar después de válvulas, en redes cerradas y en tramos de tubos muy largos.

En la figura 2.16 se muestran estos tipos de elementos, los cuales se fabrican también de diferentes materiales y tienen que coincidir en norma con las tuberías de los mismos materiales.

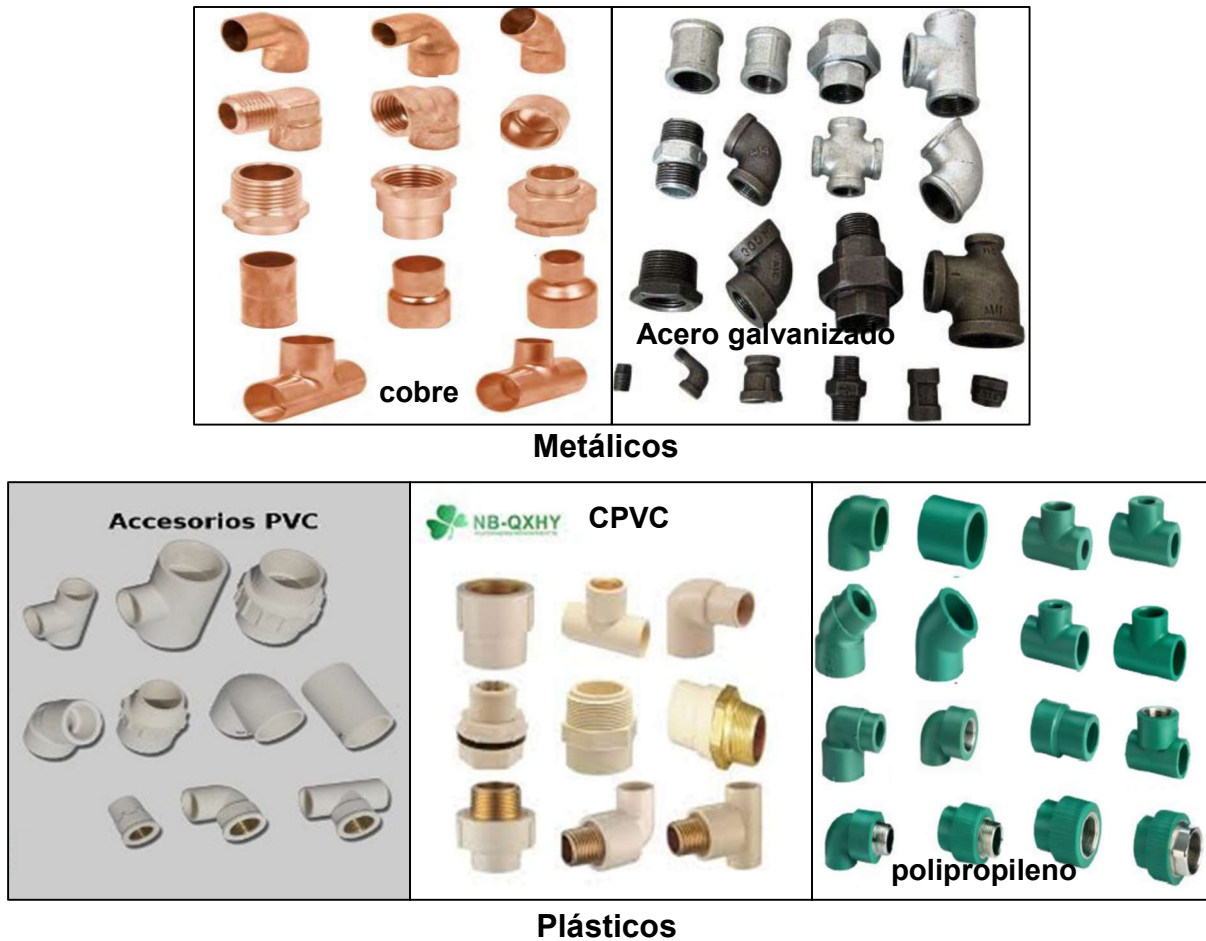


Figura 2.17: Accesorios fundamentales para lograr cambios de dirección

2.3. Ejemplo de cálculo de un sistema hidráulico

En este epígrafe se realizará un ejemplo mediante los dos métodos de cálculo encontrados para instalaciones hidráulicas en interiores de edificios, y de esta forma demostrar las diferencias que puede traer la utilización de uno u otro método.

Ejemplo resuelto

Realizar el cálculo de las instalaciones hidráulicas a un edificio de vivienda de 5 apartamentos, uno por piso, done su índice de habitabilidad es de 5 personas por apartamento, con un índice de consumo de 100 Lppd, el suministro de agua se realizará mediante sistema con tanque elevado.

En la figura 2.18 se muestra un esquema de la red con los muebles sanitarios instalados en cada piso.

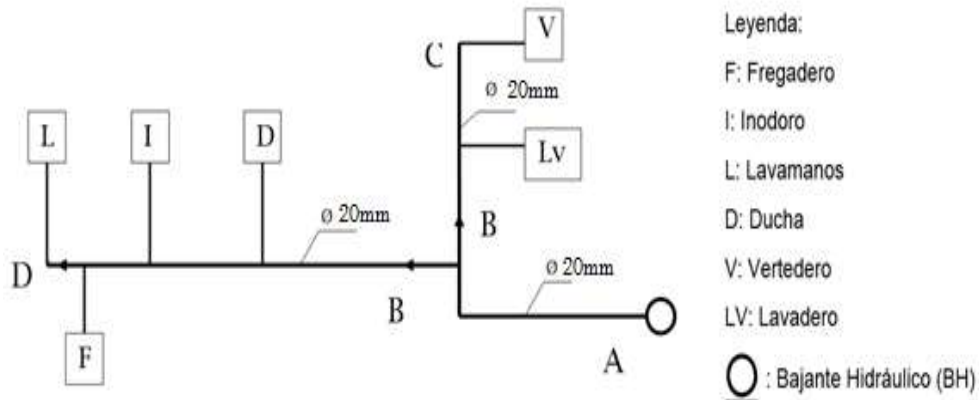


Figura 2.18: Esquema de red interior de cada piso

En la resolución del ejemplo se utilizaron los dos métodos que propone la NC 176:2002, el de Hunter y el de la fórmula francesa, con el fin de comparar los resultados.

2.3.1. Aplicando el método de la fórmula francesa (Simultaneidad)

1. Cálculo de la interna de cada apartamento, ver tabla 2.8.

Tabla 2.8. Cuadro resumen de los tramos de la maestra

Tra mo	Muebles sanitarios	q unitario (L/s)	Φsalida (mm)	Σq (tramo) (L/s)	K	Qp (L/s)	Vasum (m/s)	D (mm)	Dc (mm)	Vr (m/s)
BD	Ducha	0,2	15	0,75	0,462	0,346	1,5	17,16	20	1,10
	Fregadero	0,25	15							
	Inodoro	0,15	15							
	Lavamanos	0,15	15							
n	4									
BC	Vertedero	0,2	15	0,35	0,8	0,28	1,5	15,42	15	1,59
	Lavadero	0,15	15							
n	2									
AB	Ducha	0,2	15	1,1	0,358	0,394	1,5	18,29	20	1,25
	Fregadero	0,25	15							
	Inodoro	0,15	15							
	Lavamanos	0,15	15							
	Vertedero	0,2	15							
	Lavadero	0,15	15							
n	6									

3. Cálculo de los diámetros de la columna de distribución.

En este caso, la columna de distribución es descendente desde el tanque elevado hasta el primer piso, ver tabla 2.9.

En la figura 2.19, se muestra el esquema de cálculo de la columna de distribución.

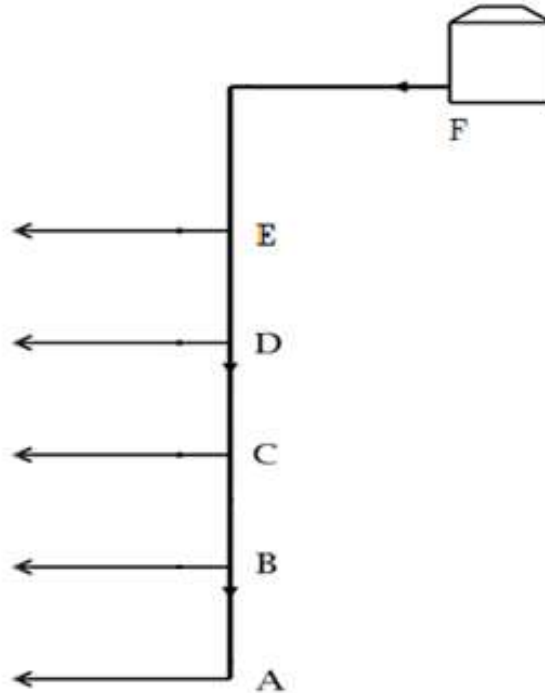


Figura 2.19. Esquema de la columna de distribución

Tabla 2.9. Resumen del cálculo de la columna de distribución

Tramo	Muebles sanitarios	Q (tramo) (L/s)	K	Qm (L/s)	Vasumida (m/s)	D (mm)	Dc (mm)	V (m/s)
AB	6	1,1	0,358	0,394	1,3	19,64	20	1,25
BC	12	2,2	0,241	0,531	1,3	22,81	25	1,08
CD	18	3,3	0,194 (0,2)	0,660	1,3	25,44	25	1,35
DE	24	4,4	0,167 (0,2)	0,880	1,3	29,37	32	1,10
EF	30	5,5	0,149 (0,2)	1,100	1,3	32,84	32	1,37

2.3.2. Aplicando el Método de Hunter

2. Cálculo de la red interior a cada piso.

Al ser un edificio de vivienda el consumo es de tipo privado. En la tabla 2.10 se muestra el resumen de cálculo para este método.

Tabla 2.10. Cuadro resumen de la red interior a cada piso

Tramo	Muebles sanitarios	Cantidad de UC	Total de UC	Qm (L/s)	Vasum (m/s)	D (mm)	Dc (mm)	V (m/s)
BD	Ducha	2	9	0,505	1,5	20,71	20	1,61
	Fregadero	3						
	Inodoro	3						
	Lavamanos	1						
BC	Vertedero	3	6	0,315	1,5	16,36	15	1,78
	Lavadero	3						
AB	Ducha	2	15	0,732	1,5	24,94	25	1,49
	Fregadero	3						
	Inodoro	3						
	Lavamanos	1						
	Vertedero	3						
	Lavadero	3						

2. Cálculo de la columna de distribución

El resumen de los cálculos se muestra en la tabla 2.11

Tabla 2.11. Resumen del cálculo de la columna de distribución

Tramo	Muebles sanitarios	Total de UC	Qm (L/s)	Vasum (m/s)	D (mm)	Dc (mm)	V (m/s)
AB	6	15	0,732	1,3	26,79	25	1,49
BC	12	30	1,262	1,3	35,17	40	1,01
CD	18	45	1,703	1,3	40,86	40	1,36
DE	24	60	2,019	1,3	44,49	50	1,03
EF	30	75	2,397	1,3	48,48	50	1,22

Comparación entre los dos métodos utilizados

Mediante el ejemplo ejecutado en este epígrafe, se puede apreciar, que por el método de la fórmula francesa se obtienen menores diámetros que por el de Hunter. Es por ello que la NC lo recomienda para que sea utilizado en redes pequeñas.

A continuación, en la tabla 2.12, se muestra un cuadro en el que se hace un resumen comparativo de todos los resultados de los diámetros obtenidos por ambos métodos.

Tabla 2.12. Cuadro resumen comparativo de diámetros

Tramos	Ø del Bajante Hidráulico		Tramos	Ø de la red interior	
	Método de Hunter	Fórmula Francesa		Método Hunter	Fórmula Francesa
AB	25	20	AB	25	20
BC	40	25	BC	15	15
CD	40	25	BD	20	20
DE	50	32			
EF	50	32			

2.3.3. Cálculo del volumen del tanque elevado

Para el cálculo del volumen del tanque se tomó caudal máximo probable (Q_m) obtenido por el método de Hunter.

$$V_{Te} = V_{ci} + 0,167 * Q_m + 0,15 * CD$$

En edificios de vivienda, no se considera el volumen contraincendios en los depósitos elevados.

1. Consumo máximo probable $Q_m=2,397L/s=8,63m^3/h$
2. Cálculo del consumo diario.

Como se trata de un edificio de apartamentos, se tomará como índice de consumo 100Lppd. Para un total de habitantes de 25 personas.

$$CD = I_c * UM = 100lppd * 25hab = 2500 L/d = 2,5m^3/d$$

2. Cálculo del V de los tanques.

$$V_{Te} = 0,167 * 8,63 + 0,15 * 2,5 = 1,82m^3$$

3. Cálculo del caudal de la bomba.

El volumen de agua almacenada en el tanque, debe ser restituido en un tiempo igual o menor de 2 horas. Para este cálculo se emplea la fórmula:

$$QB = \frac{V_2 + V_3}{2}$$

Siendo:

$$V_1 = 0,167 * 8,63 = 1,44m^3$$

$$V_2 = 0,15 * 2,5 = 0,375m^3$$

Sustituyendo:

$$QB = \frac{1,44 + 0,375}{2} = 0,9 m^3/h$$

CAPÍTULO 3

Sistemas Sanitarios y Pluviales en Edificaciones

Los sistemas sanitarios son la parte del sistema hidrosanitario constituido por el conjunto de obras, equipos y muebles sanitarios que se encuentran dentro del límite de propiedad de la edificación que son destinados a retirar las aguas servidas y pluviales desde los puntos de descarga de los aparatos sanitarios, hasta el último registro domiciliario, o hasta los sistemas propios de disposición, ver figura 3.1.

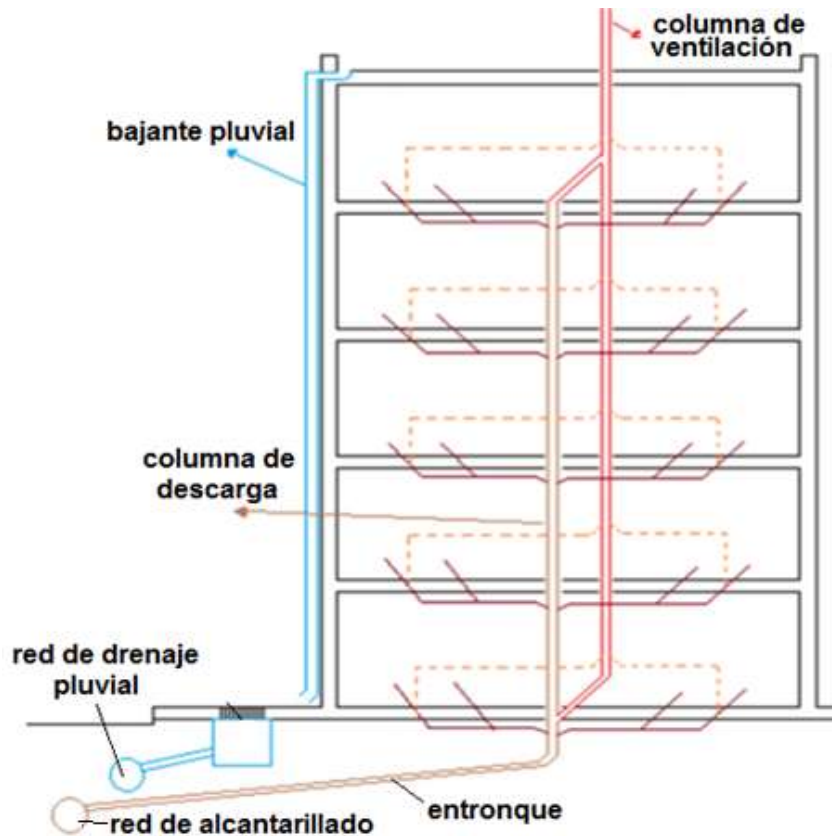


Figura 3.1. Componentes de un sistema sanitario (Fuente: Olvera Rodríguez, 2016.)

Su propósito es desalojar de las construcciones en forma rápida y segura, aunque no necesariamente económica, las aguas negras y pluviales, del lugar en donde se esté realizando dicho servicio.

Estos sistemas deben cumplir las siguientes condiciones:

1. Evacuar rápidamente las aguas alejándolas de los aparatos sanitarios.
2. Impedir el paso del agua, gases, olores y organismos patógenos desde las tuberías al interior de la edificación.
3. Presentar uniones estancas.
4. Estar constituidas por materiales durables, instalados de tal forma que no provoquen daños a la edificación.

Las instalaciones sanitarias, deben proyectarse y principalmente construirse, procurando sacar el máximo provecho de las cualidades de los materiales empleados, e instalarse en forma lo más práctica posible, de modo que se eviten reparaciones constantes e injustificadas, previendo un mínimo mantenimiento, el cual consistirá en condiciones normales de funcionamiento, en dar la limpieza periódica requerida, a través de los registros (Becerril, 2009).

Lo referido anteriormente quiere decir, que independientemente de que se proyecten y construyan las instalaciones sanitarias en forma práctica y en ocasiones hasta cierto punto económica, no debe olvidarse de cumplir con las necesidades higiénicas y que, además, la eficiencia y funcionalidad sean las requeridas en las construcciones actuales planeadas y ejecutadas con estricto apego a lo establecido en las normas y reglamentos sanitarios, que son los que determinan los requisitos mínimos que deben cumplirse, para garantizar el correcto funcionamiento de las instalaciones particulares, que redundan en un óptimo servicio de las redes, de drenaje general (Becerril, 2009).

3.1. Configuraciones de los sistemas sanitarios en edificaciones

Las configuraciones de los sistemas sanitarios dependen tanto del lugar de implantación como del tipo de construcción; lo cual obliga al proyectista a escogerlos correctamente cumpliendo con los requisitos correspondientes (URALITA, 2004).

Los sistemas sanitarios en edificaciones se pueden configurar de la siguiente manera:

Sistema unitario: Es la red de saneamiento que se dimensiona con capacidad suficiente para permitir las aguas residuales y pluviales conjuntamente, ver figura 3.2.

Sistema separativo: Es aquel que posee dos redes distintas, una para aguas pluviales y la otra para aguas residuales, ver figura 3.3.

Sistema semiseparativo o mixto: En este caso los bajantes son diferentes para aguas residuales y pluviales, pero existe un único colector por el que fluyen ambas, ver figura 3.4.

Sistema doblemente separativo: Este sistema se observa en edificaciones industriales, donde las aguas residuales sanitarias y las aguas residuales industriales pueden discurren por redes independientes.

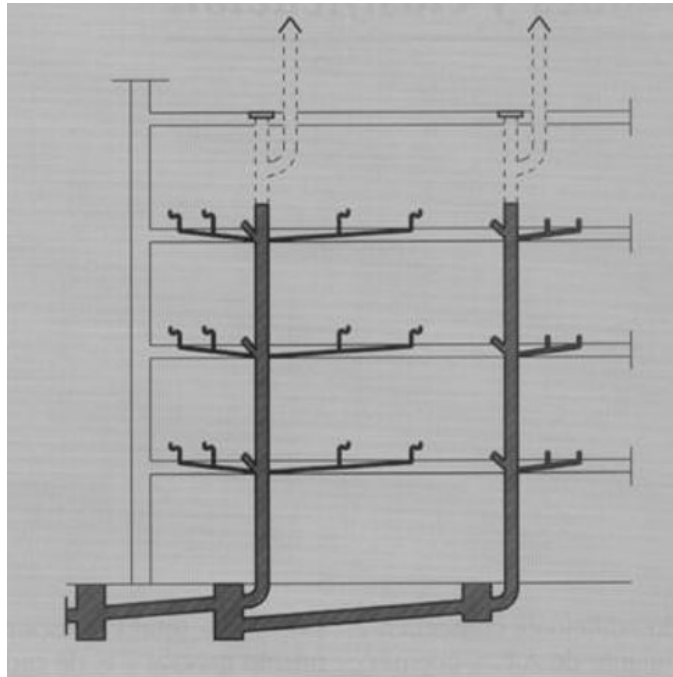


Figura 3.2. Sistema sanitario unitario (Fuente: Iglesias, 2006)

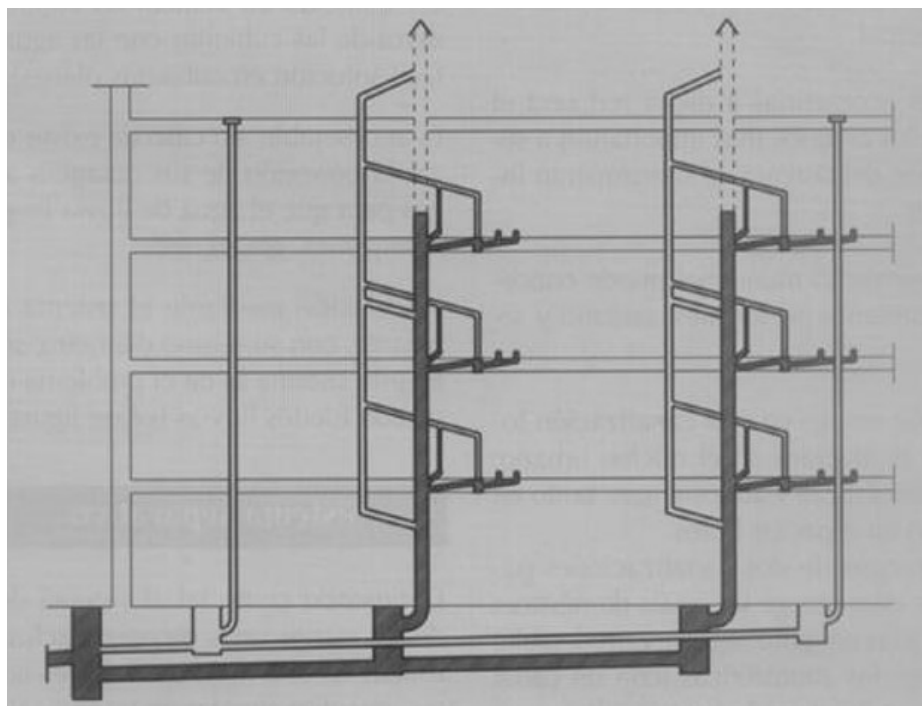


Figura 3.3. Sistema sanitario separativo (Fuente: Iglesias, 2006)

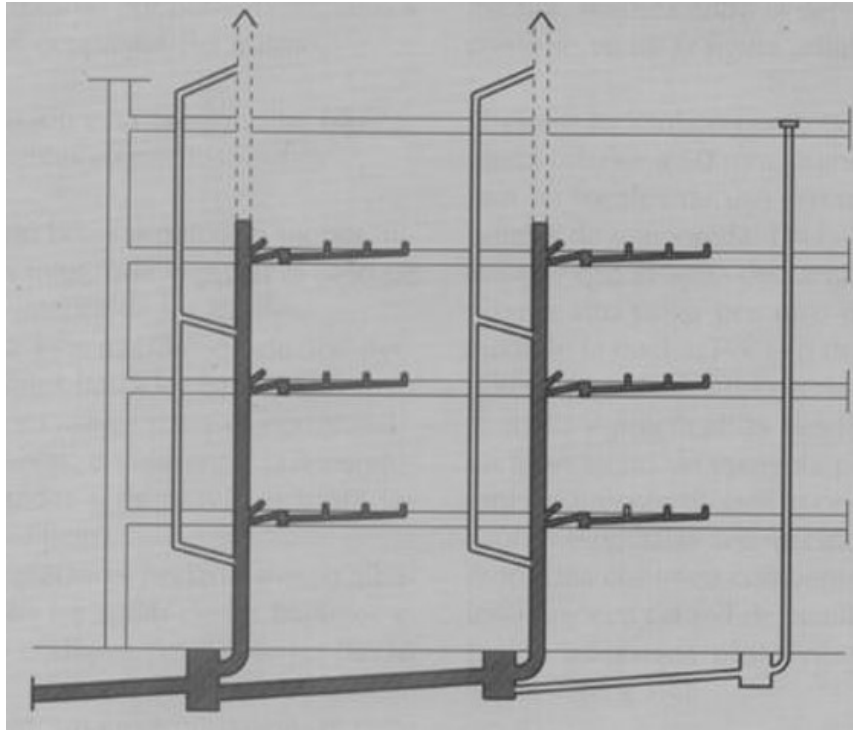


Figura 3.4. Sistema sanitario mixto (Fuente: Iglesias, 2006)

3.2. Clasificación de las redes de evacuación

Las redes de evacuación sanitarias pueden clasificarse de la siguiente manera (RTC No.3, 2005):

a) Redes de evacuación de aguas residuales

Esta red evacúa las aguas residuales propias del proceso que se lleva a cabo en una edificación hasta el alcantarillado o hasta la disposición final y no deben causar peligro para el personal de mantenimiento de los sistemas de evacuación y tratamiento.

En algunos casos, se podrá considerar la ventaja de hacer redes separadas, por ejemplo, una red de desagüe fecal (aguas negras) y una de desagüe de desperdicios (aguas grises).

b) Redes de evacuación de aguas pluviales

Esta red evacúa las aguas generadas por el escurrimiento de las precipitaciones (lluvia). Incluye la evacuación de las aguas pluviales de la cubierta, terrazas, patios interiores, áreas exteriores y viales que forman parte del conjunto de la edificación. Según sea el caso se dispondrán a las redes pluviales del servicio público o a la disposición final especificada. En caso de que no exista la infraestructura adecuada, la red de aguas pluviales también protegerá a la edificación de las aguas pluviales producidas por el escurrimiento del terreno aledaño aguas arriba de la edificación.

c) Redes de ventilación

Esta red está constituida por columnas de ventilación y en algunos casos por pequeñas redes. Su función básica es mantener la presión atmosférica en el interior del sistema, permitiendo que los gases y olores que se generan en la red sanitaria, escapen a la atmósfera por encima del edificio, evitando la aparición de subpresiones que puedan ocasionar la pérdida del sello hidráulico en las sifas o la acumulación gases en los conductos.

3.3. Redes de evacuación de aguas residuales en edificaciones

Estas surgen como una necesidad complementaria a la red de agua fría, ya que después de introducir el agua en el edificio y cumplimentada su misión higienizadora en las distintas funciones del mismo, es preciso darles salida al exterior, lo cual implica la necesidad de una red interior de evacuación que a nivel local de aparato sanitario y progresivamente a nivel de conjunto de aparatos (vivienda) y grupos de viviendas (edificio) va aumentando, hasta constituir toda una instalación, que va recogiendo, los distintos vertidos y los unifica en un punto, para darles salida a otra red a nivel urbano (red de alcantarillado).

Una red de evacuación sanitaria, está constituida por el conjunto de tuberías y accesorios encargados de canalizar las aguas servidas, sucias, fecales de los edificios, incluyendo los elementos necesarios para proteger los locales de los malos olores que se generan en el interior de los conductos y para mantener una presión atmosférica normal dentro de ella. Se parte del principio de utilizar la gravedad para la conducción de dichas aguas por razones económicas, siempre que sea posible. Estos son construidos tanto en las plantas bajas como en las altas, y tienen sus peculiaridades en cuanto a los materiales para su construcción, las condiciones de trabajo y los procesos tecnológicos (Hidalgo, 1986; Armando, 2007).

3.3.1. Elementos componentes

- **Aparatos sanitarios**

Se denominan aparatos o muebles sanitarios a los equipos que se utilizan para la realización de funciones higiénicas mediante el uso del agua, estos cumplen diferentes funciones a partir de las cuales se ha realizado su correcta clasificación, (Inodoros, urinarios, bañeras, lavabos, duchas, bidés, lavandería, etc.) (Flores, 2004).

- **Cierres hidráulicos colectivos e individuales**

Los cierres hidráulicos son dispositivos que retienen una determinada cantidad de agua que impide el paso de malos olores e insectos a los locales donde están instalados los aparatos sanitarios sin afectar al flujo de agua sucia a través de ellos, (Flores, 2004) estos pueden ser:

Sifones: El sifón es el cierre hidráulico que impide la comunicación del aire viciado de la red de evacuación con el aire de los locales habitados donde se encuentran instalados los distintos aparatos sanitarios. Deben permitir el paso fácil de todas las materias sólidas que puedan arrastrar las aguas residuales.

Bote sifónico: Se utiliza para la acumulación de varios desagües. Por lo general, agrupa los desagües de bañera, lavabo y bidé, quedando enrasado con el piso y siendo registrable mediante tapa de cierre hermético.

Sumideros: Tienen una rejilla de entrada y salida horizontal o vertical, y sirven para la recogida de aguas a ras de pisos (terrazas, azoteas, patios, garajes, etc.).

- **Colectores o maestras**

Son tuberías horizontales que recogen las aguas de las columnas en la planta baja. Los diversos colectores que forman la red se unen a su vez en un colector final que lleva el agua hasta el sistema de alcantarillado o al sistema de tratamiento.

- **Bajantes o columnas de descarga**

Son las tuberías de evacuación vertical que conducen las aguas captadas a cada nivel o planta hasta la base de la edificación donde conecta con el colector general, mientras que su extremo superior se prolonga por encima del techo de la planta más alta con el fin de contribuir a la ventilación del sistema.

- **Derivaciones**

Son tuberías, generalmente las de menor diámetro del sistema, encargadas de evacuar el agua servida desde los aparatos sanitarios hasta los colectores en planta o directamente a las columnas de evacuación. (Sirven de evacuación a un solo aparato.)

- **Ramales**

Son tuberías horizontales, colocadas en cada planta o nivel, que coleccionan las aguas de los aparatos sanitarios a través de sus derivaciones y las conducen hasta las columnas o bajantes. Estas tuberías tendrán una pendiente mínima de un 2,5 % y máxima de 10 %.

- **Elementos de conexión**

Los accesorios o piezas de conexión de un sistema de evacuación tienen como finalidad (Armando, 2007): acoplar tramos o secciones de tubo, producir cambios de dirección, facilitar cambios de diámetros en la construcción y reunir en una dirección aguas de varias tuberías.

- **Registros**

Elementos de cierre hermético, que facilita el mantenimiento y la limpieza de un ramal o colector de aguas servidas, evitando la salida de gases.

La figura 3.5 muestra elementos componentes de las redes de evacuación de aguas residuales.

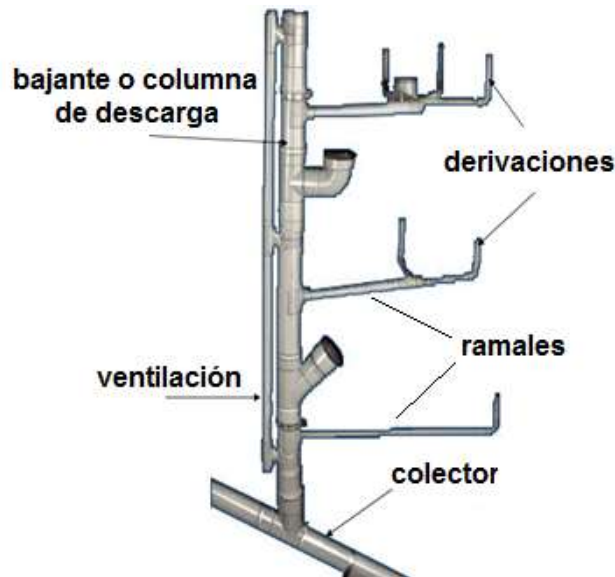


Figura 3.5. Elementos componentes de las redes sanitarias (Fuente: Vicente J., 2008)

3.3.2. Requisitos para el proyecto de la red de evacuación de aguas residuales

Los sistemas de tubería de aguas negras y jabonosas deben contener la menor cantidad posible de tubos para sacar el agua sucia de la construcción de manera rápida y silenciosa. No deben constituir una molestia o un riesgo para la salud de las personas, ni dañar el edificio. En cualquier condición de trabajo, deben impedir que el aire del desagüe o alcantarillado penetre al edificio (NC 53-146, 1985; NC 1074, 2015).

Requisitos de diseño que deben cumplir:

- Evacuar rápidamente las aguas residuales conduciéndolas hasta los colectores.
- Impedir el paso de malos olores, insectos y vectores al interior del edificio.
- Ser herméticas, duraderas y resistentes a las ligeras oscilaciones del edificio.
- Las tuberías deberán resistir la corrosión producida por las aguas vertidas en ellas.
- Permitir con facilidad la limpieza mediante la colocación de registros.
- Instalar un adecuado sistema de ventilación que permita la extracción de los gases.

3.3.3. Dimensionamiento de la red sanitaria

Las características de los componentes de una red de evacuación, tales como diámetro, pendiente y accesorios obligados, dependen necesariamente del tipo de descarga que realice cada aparato sanitario. Para establecerlas, es necesario en primer lugar determinar el caudal a evacuar en función del gasto de desagüe de cada aparato instalado.

3.3.3.1. Método de cálculo

El método de cálculo más utilizado en el continente americano y en algunos países europeos para determinar el diámetro de los conductos de desagüe sanitario, se basa en determinar el gasto relativo que puede descargar cada aparato sanitario. Como referencia para determinar estos gastos se utilizan el concepto de Unidad de Descarga (UD), que como base unitaria se escoge la descarga de un lavamanos consistente en 28,5L/min (NC 1074, 2015; Almaraz y Tapia 2008; Vázquez, 2011).

Las UD, de cada mueble sanitario estarán en función del tipo de instalación a que sirvan, sean estas privadas, públicas o semipúblicas:

Descarga privada (Tipo 1): Se aplicarán a instalaciones en viviendas, cuarto de baños privados en hoteles o instalaciones similares destinadas al uso por pocas personas o por una familia.

Descarga semipública (Tipo 2): Se aplicará a las instalaciones en oficinas fábricas, hospitales, ministerios y otros, donde los muebles sanitarios son usados por un número limitado de personas que ocupan el edificio.

Descarga pública (Tipo 3): Se aplicará a las instalaciones donde no hay limitaciones de número de personas, y numero de uso como: ferrocarriles, terminales de ómnibus, escuelas, campamentos, círculos sociales, baños públicos y otros.

La tabla 3.1 muestra las UD por mueble sanitario y los diámetros mínimos de las derivaciones y sifones de descarga.

Tabla 3.1. Unidades de descarga y diámetros mínimos de las derivaciones y sifones

Muebles sanitarios	Unidades de descarga por aparatos			Diámetro mínimo de derivaciones y sifones (mm)		
	Tipos de descarga			Tipos de descarga		
	Privada	Semipública	Pública	Privada	Semipública	Pública
Lavamanos	1	2	2	32	32	32
Lavamanos clínicos	-	2	-	-	32	-
Inodoro de tanque	4	5	6	100	100	100
Inodoro turco	-	8	8	-	100	100
Inodoro de válvula (Flush)	6	8	8	100	100	100
Bidet	2	3	-	32 - 40	50	-
Tragante de ducha	2	3	4	40 - 50	50	75
Bañadera	3	4	4	40 - 50	50	75
Bañadera de quemados	-	8	-	-	75	-
Baño Hubbart	-	8	-	-	100	-
Urinario colgado	2	3	3	40	40	40
Urinario de válvula (Flush)	-	6	6	-	50	50
Urinario de pedestal	-	6	6	-	75	75
Urinario colectivo		2	2		50	50
Fregadero de vivienda	2			40		

Diseño de Instalaciones Hidrosanitarias en Edificaciones

Fregadero restaurante y cocina central	-	4	4	-	50	50
Fregadero laboratorio	-	2	2	-	40	40
Fregadero de pantry	3	3	3	50	50	50
Lavaplatos	3	6	6	40	50	50
Tragante de piso	2	3	3	40 - 50	40 - 50	50 - 75
Vertedero	8	8	8	75	75	75
Vertedero clínico	-	8	-	-	100	-
Bebederero	1	1	1	32	32	32
Caja de agua	-	2	2	-	50	50
Lavadero	2	-	3	40	-	50
Lavadora	3	6	6	40	50	50
Lavacuchas	-	4	4	-	75	75
Baño politraumatizados	-	8	-	-	100	-
Baño colónico	-	8	-	-	100	-
Baño completo con inodoro de tanque	7	-	-	100	-	-
Baño completo con inodoro de válvula (Flush)	8	8	10	100	100	100

Fuente: NC 1074:2015

Para los muebles o equipos que no aparezcan en la tabla 3.1 se usará la tabla 3.2

Tabla 3.2. Unidades de descarga para otros los muebles o equipos

Diámetro del orificio del mueble o equipo (mm)	Unidades de descarga
32	1
40	2
50	3
65	4
75	5
100	6

NOTA: Se aumentarán 2 UD por cada 0,6 m de longitud de uso.

Fuente: NC 1074:2015

Procedimiento de cálculo

1. *Elaborar esquemas simplificados de las tuberías a fin de facilitar el proceso de cálculo.*

Estos esquemas se realizan a partir del diseño de la red realizado anteriormente y deben ser como mínimo de, ver figura 3.6:

Todas las derivaciones o ramales diferentes que existan en el núcleo, en planta.

Todas las columnas de descarga diferentes que existan, en elevación.

Todos los colectores o maestras diferentes.

2. *Asignar unidades de descarga y diámetro a los aparatos sanitarios, así como a derivaciones de diferentes zonas y pisos a calcular.*

Se realiza según la tabla 3.1 y depende del tipo de descarga (pública, semipública o privada) y los tipos de muebles a utilizar.

3. Calcular los diámetros de los ramales de las diferentes zonas y pisos a calcular.

Este proceso se realiza paso a paso según el esquema definido anteriormente. Se considera que hay un cambio de tramo cuando a la tubería se incorpora el flujo de uno o varios aparatos provenientes de alguna derivación individual o colectiva. Se debe ir siempre desde los extremos de los ramales hasta el o los bajantes.

Para el cálculo se necesita conocer la pendiente del ramal y las UD que se incorporan a este. El diámetro del ramal se obtiene a partir de la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Diámetro del ramal para distintas pendientes

Diámetro del Ramal (mm)	Número máximo de UD			
	Pendiente %.			
	1%	2%	3%	4%
32	1	1	1	1
38	2	2	2	2
50	5	6	7	8
75(sin inodoro)	24	27	31	36
100	84	96	105	114
150	330	340	510	580
200	870	1150	1350	1680
250	1740	2500	3000	3600
300	3000	4200	5400	6500
350	6000	8500	11000	13500

Nota: Se utilizarán pendientes del 1% al 2% para garantizar el arrastre de los sólidos y se podrán utilizar hasta un 4% en líneas donde no se descarguen sólidos.

Fuente: NC 1074:2015

4. Calcular el diámetro de las columnas de descarga.

El diámetro de la columna de descarga se define por el número de UD recogidas por la columna en cada planta y la altura de la columna desde el punto en que se conecta el ramal más bajo, hasta el punto en que sale al exterior, ver tabla 3.4.

Tabla 3.4. Diámetro de las columnas de descarga

Diámetro de las columnas de descarga (mm)	Columna de descarga		Longitud máxima de la columna (mm)
	# Máximo de UD		
	Por planta	Por columna	
50 (sin inodoro)	8	18	27
75(sin inodoro)	45	72	64
100	190	384	92
150	540	2070	153
200	1200	5400	225

Fuente: NC 1074:2015

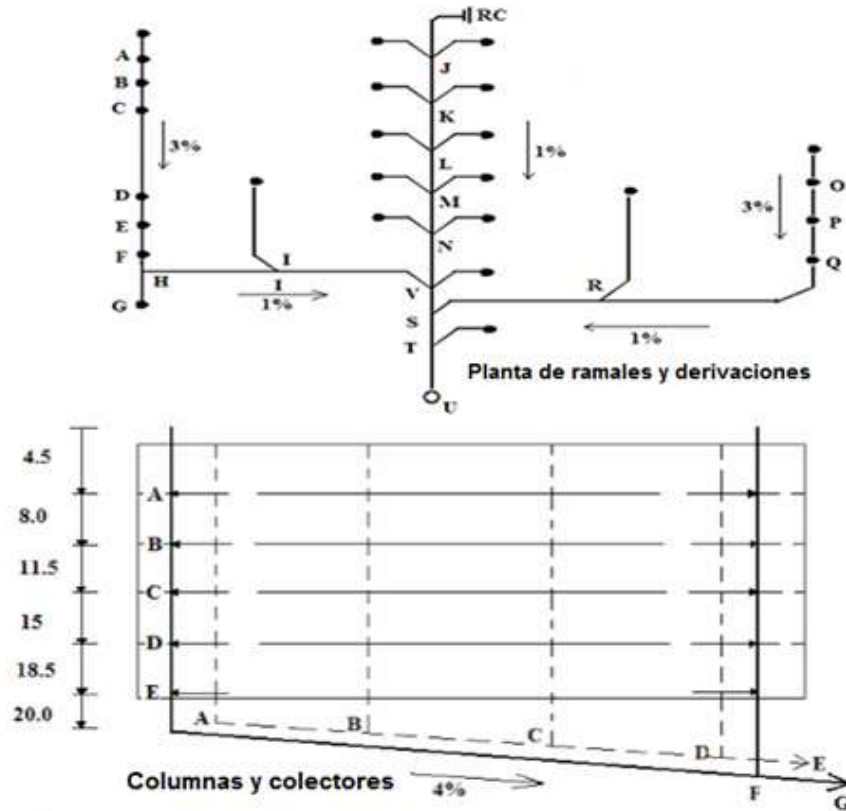


Figura 3.6. Esquemas simplificados para el cálculo de red sanitaria

(Fuente: Velázquez, et al, 2007)

5. Calcular el diámetro de los colectores.

El diámetro se define por el número de UD a evacuar por el colector según la pendiente escogida, este diámetro nunca será menor que el de la columna de descarga. El diámetro del colector se obtiene a partir de la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Diámetro de los colectores

Diámetro del colector (mm)	Unidades de descarga				
	Pendientes				
	0,007%	1%	2%	3%	4%
50 (sin inodoro)		1	9		12
75(sin inodoro)		27	36	42	43
100		114	150	180	210
150	422	510	720	875	1050
200	1098	1290	1800	2170	2640
250	2114	2520	3600	4300	5250
300	3695	4390	6300	7100	9300

Nota: Los valores de la tabla garantizan que el agua residual tenga un rango de velocidad entre 0.60 y 2.00 m/s. y un tirante relativo entre el 30 y el 70 % del diámetro del tubo.

Fuente: NC 1074:2015

3.4. Red de ventilación

Los sistemas de ventilación de las instalaciones sanitarias están constituidos por las redes de tuberías y conductos que proporcionan el volumen de aire, necesariamente balanceado, para que no se produzcan excesos de presiones, positivas o negativas, sobre los sellos de los sifones de salida de las instalaciones sanitarias, garantizando con ello que no se produzcan olores o ruidos desagradables, así como defectos de funcionamiento o deterioro de las redes sanitarias o de ventilación (NC 336:2004; URALITA, 2004).

Con el fin de asegurar un buen funcionamiento en el sistema de evacuación es fundamental tener un cuidado especial a la hora de dimensionar la ventilación.

Es una práctica habitual descuidar la instalación del sistema de ventilación, cosa no recomendable, ya que la salida de malos olores de los aparatos sanitarios depende en su totalidad del buen funcionamiento del mismo.

Tiene como objetivo, evitar problemas de cambios de presión en las tuberías y mantener la presión atmosférica, equilibrando las presiones en ambos lados de los obturadores o cierres hidráulicos.

Durante la etapa de proyecto debe tenerse en cuenta que una ventilación inadecuada o la no ventilación de un sistema sanitario puede traer como consecuencia (NC 336: 2004).

- Deterioro de las redes sanitarias del sistema instalado
- Pérdida del sello hidráulico de los sifones
- Aparición de malos olores
- Contrapresiones positivas y negativas
- Ruido en las instalaciones
- Retardo o entorpecimiento del flujo sanitario.

Por lo que se hace necesario cumplir con lo establecido en las normas y regulaciones respecto al tema.

3.4.1. Clasificación de los sistemas de ventilación

Existen dos sistemas de ventilación:

- ✓ Ventilación húmeda, constituida por:
 - la ventilación primaria.
 - la ventilación unitaria o común.
 - desagüe-ventilación.
- ✓ Ventilación seca, constituida por:

- la ventilación secundaria (alivio al ramal y al bajante fecal, la unitaria y la de horquilla).
- la ventilación terciaria (la de circuito al ramal, la de circuito a los sifones, la de gancho y la de lazo).

Dependiendo de la demanda de aire necesaria en el sistema de evacuación existen tres redes de ventilación diferentes (NC 336:2004; URALITA, 2004; Rodríguez, 2016):

Ventilación primaria: Es la prolongación hacia el exterior del bajante de evacuación hasta comunicar el sistema con el exterior, o sea es un mismo conducto con desarrollo vertical como desagüe y ventilador, ver figura 3.7.

Esta ofrece la ventaja de acelerar el movimiento de las aguas y evitar hasta cierto punto, la obstrucción de las tuberías, además, la ventilación de los bajantes es una gran ventaja higiénica ya que ayuda a la ventilación del alcantarillado público, siempre y cuando no existan trampas de acometida.

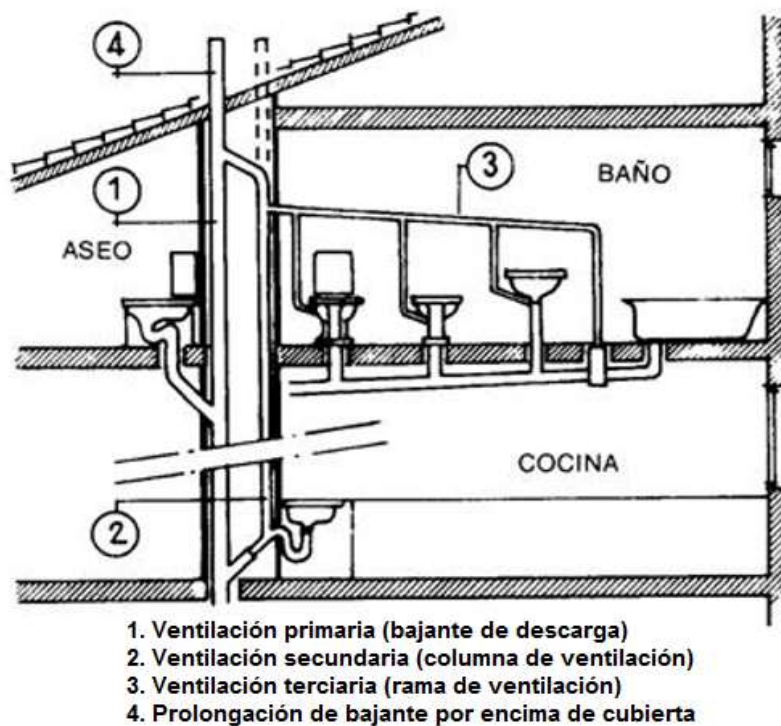


Figura 3.7. Esquema general de red de ventilación (Fuente: Iglesias Rey, 2006)

Ventilación secundaria: Es la columna que corre paralela al bajante y que se conecta a ella al menos en sus extremos, ver figura 3.7. Tiene como propósito evitar el exceso de presión en la base del bajante, permitiendo la salida de aire comprimido en la base de este.

Se pueden ventilar en grupo, en serie o baterías, accesorios o muebles sanitarios en un mismo nivel, como es común encontrar el fregadero con los muebles del baño en

construcciones de un solo piso o en pisos superiores de varios niveles, a condición de que las descargas por nivel queden conectadas en forma individual con bajadas de aguas negras.

Ventilación terciaria: Es la red horizontal, que comunica los cierres hidráulicos (sifones), o los ramales de desagüe con la columna de ventilación secundaria. Los tramos horizontales de las tuberías de ventilación terciaria deben estar por lo menos 200 mm por encima de rebosadero del aparato sanitario, ver figura 3.7.

Se dispondrá de ventilación terciaria cuando la longitud de los ramales de desagüe sea superior a 5m, o si el edificio tiene una altura superior a 14 plantas.

3.4.2. Elementos componentes

- **Columnas de ventilación**

Principal arteria del sistema de ventilación a la cual se unen los distintos ramales de ventilación.

- **Ramal de ventilación**

Tubería que conecta uno o más ventiladores a la columna de ventilación auxiliar o a la general.

3.4.3. Requisitos para el proyecto de la red de ventilación (NC 336: 2004; Rodríguez, 2016)

- El sistema de ventilación de una edificación se diseña considerando la utilización de materiales y productos idóneos para las condiciones específicas.
- Las uniones entre tubos y piezas de conexión serán herméticas.
- La disposición de los elementos destinados a la ventilación sanitaria en una edificación puede resultar la combinación de varios métodos de ventilación.
- La ventilación primaria será de uso obligatorio en todas las edificaciones que tengan núcleos sanitarios.
- No se ventilarán las tuberías que reciben tragantes de piso cuando los mismos se encuentran a menos de 4.50 m de un ventilador de línea.
- Cuando existan muebles sanitarios con unidades de descarga menores que los inodoros descargando a un bajante sanitario común, pero aguas abajo pueden perder su sello por arrastres debido a la diferencia de presiones, en estos casos se hace necesario ventilar individualmente los muebles sanitarios referidos.
- Los terminales de ventilación deben ser emplazados adecuadamente para evitar molestias a los vecinos, instalándolas a unos 3 m de cualquier abertura del edificio, a menos que se encuentren a 0.60 m por encima de estas.

- La salida de la ventilación en la cubierta debe estar a 0.15 m mínimo por encima del nivel de cubierta, para que no queden sujetas a inundación, si la misma es accesible debe ser como mínimo de 1.80 m.
- El 20% de la longitud de la columna de ventilación puede ser instalada en posición horizontal.
- Para lograr un mejor funcionamiento del sistema sanitario las columnas de ventilación deben conectarse en su extremo inferior con las columnas de descargas sanitarias o por debajo del ramal sanitario más bajo que se encuentra unido con la columna de descarga.
- Las columnas de ventilación pueden salir individualmente a través de la cubierta de los edificios o ser pueden unir en la última planta con la ventilación de las columnas de descarga sanitaria y salir a la atmósfera con una sola columna de ventilación.
- Las columnas de descargas al final deben continuar como ventilación sin reducir el diámetro.

3.4.4. Dimensionamiento de la red de ventilación

El dimensionamiento de la red de ventilación implica determinar el diámetro de las columnas de ventilación (primaria o secundaria) y los ramales de la ventilación terciaria.

Para el dimensionamiento de los conductos componentes del sistema de ventilación de un edificio se tomarán como referencia el número de unidades de descarga (UD) relacionado con cada conducto de ventilación.

Procedimiento de cálculo

1. *Elaborar esquemas simplificados de las tuberías a fin de facilitar el proceso de cálculo.*

Estos esquemas se realizan a partir del diseño de la red realizado anteriormente y deben ser como mínimo de todas las derivaciones, ramales y columnas ya sea en planta o en elevación, ver figura 3.8.

2. *Definir el diámetro de la ventilación primaria.*

La ventilación primaria debe tener un diámetro igual al del bajante que sirve.

3. *Definir de los diámetros de las derivaciones o ramales de la ventilación secundaria.*

El diámetro de la derivación de ventilación se define según la tabla 3.6

Tabla 3.6. Diámetro de la derivación de ventilación

Diámetro de la derivación (mm)	Unidades de descarga (U.D.)
32	1
40	De 1 a 8
50	De 9 a 18
75	De 19 a 72
100	De 73 a 384

Nota: A los ramales de ventilación horizontal se les fijara una pendiente el 0.5 % para permitir el drenaje del agua de condensación que se produce en su interior. El diámetro de la derivación de ventilación nunca podrá ser mayor o igual que el del ramal de evacuación.

Fuente: NC 1074:2015

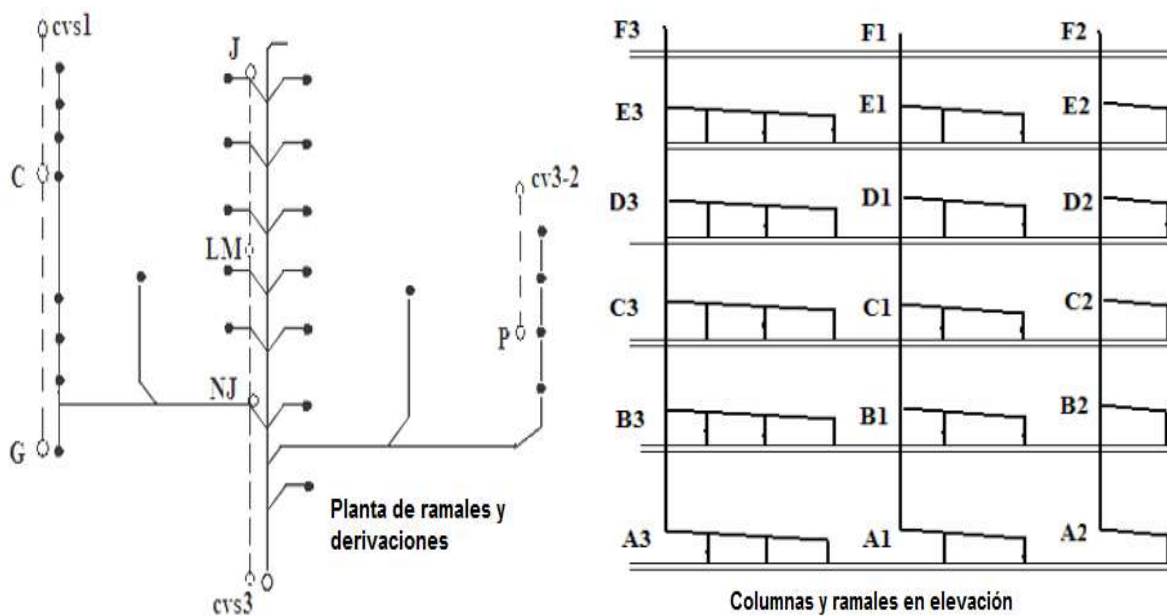


Figura 3.8. Esquemas simplificados para el cálculo de red de ventilación

(Fuente: Velázquez, et al, 2007)

4. *Definición de los diámetros de las columnas de ventilación secundaria.*

En este caso es necesario considerar además de los cálculos de ventilación realizados hasta el momento, la longitud de las columnas de ventilación decididas en el diseño. En algunos casos se puede emplear los datos utilizados en las columnas de evacuación.

El diámetro de la derivación de ventilación se define según la tabla 3.7.

Tabla 3.7. Diámetro de las columnas de ventilación

ϕ de la columna (mm)	Número de UD	Diámetro de la ventilación				
		50	75	100	150	200
		Longitud de la columna (m)				
Hasta 50	18	27.5	-	-	-	-
75	12	36.6	64.7	-	-	-
75	18	21.3	64.7	-	-	-
75	24	15.2	64.7	-	-	-
75	36	10.7	64.7	-	-	-
75	48	9.8	64.7	-	-	-
75	72	7.6	64.7	-	-	-
100	24	7.6	61.0	91.5	-	-
100	48	4.9	35.1	91.5	-	-
100	96	3.7	25.6	91.5	-	-
100	144	2.7	22.0	91.5	-	-
100	192	2.4	19.5	86.5	-	-
100	264	2.1	17.1	74.7	-	-
100	384	1.5	14.3	62.8	-	-
150	144	-	8.2	32.9	155.0	-
150	288	-	4.6	21.3	155.0	192.0
150	576	-	3.0	13.1	130.0	192.0
150	864	-	2.1	10.1	97.6	192.0
150	1296	-	1.8	7.6	73.2	192.0
150	2070	-	1.2	6.4	56.7	192.0
200	320	-	-	12.8	122.0	229.0
200	640	-	-	9.1	79.3	229.0
200	960	-	-	6.7	58.0	229.0
200	1600	-	-	4.9	37.0	160.0
200	2500	-	-	3.7	27.7	113.0
200	4160	-	-	2.1	18.9	76.9
200	5400	-	-	1.5	15.9	64.7

Fuente: NC 1074:2015

3.5. Red de evacuación de aguas pluviales

La red drenaje pluvial de una edificación, es el conjunto de tubos y accesorios que tienen como objetivo coleccionar las aguas de lluvia o el baldeo desde patios, techos, terrazas y exteriores inmediatos de las distintas áreas de las edificaciones y conducirlas a los puntos de evacuación, impidiendo la ocurrencia de inundaciones en el interior del inmueble o las áreas aledañas a esta (NC 600:2008; Almaraz y Tapia, 2008; Velázquez et al, 2007).

El agua pluvial deberá ser coleccionada mediante sistemas de canaletas y/o redes horizontales de tuberías y sumideros, y de allí deberán ser conducidas a través de bajantes hasta nivel de terreno, desde donde mediante sistemas colectores puedan ser evacuadas hacia el alcantarillado público.

Los sistemas de drenaje pluvial pueden ser mediante una red separativa, o una red unitaria.

Entre las formas de evacuación de las aguas pluviales una vez colectadas podemos señalar:

- Salida libre al terreno
- Salida al contén de la acera, cunetas o canales
- Salida al alcantarillado pluvial

3.5.1. Elementos componentes

El sistema de drenaje pluvial comprende los siguientes componentes (NC 600, 2008; MMAyA, 2011).

- **Sumideros de piso**

Dispositivo dotado de rejilla destinado a recolectar las aguas pluviales del escurrimiento superficial en patios, terrazas y similares.

- **Canal colector de cubierta**

Conducto abierto en su parte superior, por donde circula el agua con una superficie libre; sirve para recolectar el agua de lluvia que cae sobre la cubierta y conducirla a un punto de descarga o bajante pluvial, ver figura 3.9.



Figura 3.9. Componentes del sistema de drenaje pluvial (Fuente: URALITA, 2004)

- **Bajante pluvial**

Tubería de drenaje vertical para conducir el agua de lluvia desde una cubierta hasta el colector pluvial o punto de vertimiento, ver figura 3.9.

- **Colectores pluviales**

Conducto cerrado con diámetro y pendiente necesarios, que se construyen en los edificios para dar salida a las aguas pluviales hasta la red pública.

- **Cámaras de Inspección**

Cámara que permite realizar las tareas de inspección y mantenimiento de los colectores pluviales, así como facilitar los cambios de dirección, pendiente y tipo de material.

3.5.2. Requisitos para el proyecto de la red de drenaje pluvial (NC 600:2008)

Para el diseño del drenaje pluvial se tendrán en cuenta los aspectos siguientes:

- Características físicas de los componentes o elementos del sistema del drenaje pluvial.
- Pluviometría que influye en el sistema.
- El sistema de drenaje pluvial en las edificaciones será totalmente independiente del sistema de evacuación de las aguas residuales.
- No se emplearán canales colectores con ancho o diámetro menor de 150mm.
- Los bajantes pluviales tendrán una separación máxima de 24 m.
- Se recomienda una pendiente en los conductos entre 0,008 m/m y 0,01 m/m.
- Generalmente el diámetro mínimo de los bajantes pluviales de las edificaciones es de 100 mm; se admite el empleo de bajantes con otros diámetros de acuerdo a la categoría que ocupa y si cumple el requisito de caudal.
- La pendiente de los canales colectores de aguas pluviales procedentes de cubiertas se fijará entre 0,004 m/m y 0,04 m/m. Se preferirán las pequeñas pendientes.
- Las tuberías de aguas pluviales no podrán pasar por los locales principales de electricidad y corrientes débiles.
- Se colocará una conexión accesible para limpieza en la base de cada bajada de aguas pluviales.
- Donde quiera que el agua de lluvia incida directamente sobre paredes verticales, se considerará el 40 % de la superficie de las mismas como área tributaria.

3.5.3. Dimensionamiento del sistema pluvial

En este manual se tratará solamente del sistema de colección y evacuación de aguas de lluvia interior, es decir, el que corresponde al drenaje y evacuación de las aguas de

techos, azoteas y terrazas, dejando la disposición final, que entra en el campo de las redes exteriores.

Previamente al diseño y cálculo de un sistema de colección y evacuación de agua de lluvia, es importante analizar, si es necesario o conveniente considerarlo en el proyecto de instalaciones sanitarias de una edificación. Para ello hay que tener en cuenta los siguientes factores que influyen en la decisión (Rodríguez Soza, 2007):

- La intensidad de la lluvia y su duración.
- Frecuencia de ocurrencia.
- Área de la edificación expuesta a la lluvia y su relación con el escurrimiento.
- Sistema de disposición final con que cuenta la ciudad o lugar donde se encuentra la edificación.
- Costo del sistema.

El análisis de todos estos factores combinados, llevará a decidir la implantación o no el sistema de evacuación de agua de lluvia.

En los lugares donde se produzcan lluvias de alta precipitación y frecuencia, es indispensable diseñar el sistema en las edificaciones. Si se cuenta con red para evacuación de agua de lluvia, el sistema de la edificación se conectará a esta. Si el lugar no cuenta con red, las aguas de lluvia colectadas en la edificación se evacúan a las cunetas.

En los lugares donde se produzcan altas lluvias de baja frecuencia, deberá instalarse sistemas de agua de lluvia, conectados a jardines o a la red de alcantarillado, tomando las precauciones necesarias para no obstruir los colectores, instalando interceptores de sólidos.

En los lugares donde se produzcan bajas precipitaciones con frecuencia muy bajas (15, 20, 30 años), no es económico instalar un sistema de agua de lluvia separado, pudiendo en todo caso, tomar las precauciones dando pendientes a los techos y conectando la parte más baja a alguna bajada de desagüe con su respectivo interceptor de sólidos.

Para el diseño será necesario, estudiar detenidamente el proyecto arquitectónico de la edificación, a fin de determinar las áreas expuestas a lluvia, ya sean techos, azoteas, patios, terrazas, ingresos (rampas), garajes, estacionamientos, etc., donde será indispensable instalar los accesorios necesarios (sumideros) que colectarán el agua de lluvia a través de las superficies consideradas, diseñando la pendiente apropiada para cada área o secciones de área si es muy extensa.

Debe recordarse, que se denomina intensidad de lluvia de diseño a aquella para la cual el área está aportando un escurrimiento uniforme al punto de concentración del

área considerada, por lo que se toma una lluvia con duración igual al tiempo de concentración.

Procedimiento de cálculo

El método de cálculo se basa en determinar el escurrimiento que se genera debido a una determinada lluvia sobre una superficie. Para el cálculo del caudal de escurrimiento se utiliza de forma general fórmula racional (NC 600:2008; Flores, 2004).

1. *Cálculo del caudal (Q) que aportan las superficies receptoras con las características pluviométricas definidas y que corresponden al grado de protección que se quiere dar al edificio en estudio.*

$$\text{Ecuación de cálculo: } Q = 0,0167 * C * I * A \quad (3.1)$$

Donde:

Q = caudal del escurrimiento provocado por la lluvia, (L/s).

C = coeficiente de escurrimiento (adimensional), ver tabla 3.8.

I = intensidad de la lluvia, (mm/min).

A = área de la superficie a drenar, (m²).

Tabla 3.8. Coeficiente de encubrimiento según tipo de superficie

Tipo de Superficie	Coeficiente C
Cubierta metálica o de láminas de aluminio	0,98
Cubierta de tejas plásticas	0,98
Cubierta de tejas de asbesto cemento	0,97
Cubierta de tejas de barro cocido	0,96
Cubierta de soladura	0,96
Cubierta de gravilla	0,95
Cubierta sometida a tratamiento impermeabilizante	0,90 – 0,95
Pavimento de asfalto en buen estado	0,85 – 0,90
Pavimento de piedra o ladrillos con juntas cementadas	0,75 – 0,85
Pavimento de grava	0,15 – 0,30
Azoteas	1
Patios y estacionamientos de asfalto o concreto	0,95

Fuente: NC 600:2008; MMAyA, 2011; Rodríguez S., 2007

La determinación de la intensidad de la lluvia, estará en función de varios factores:

- ✓ El lugar geográfico donde se encuentre ubicada la edificación;
- ✓ La probabilidad de la lluvia para el diseño, según la categoría del edificio (ver tabla 3.9);

Tabla 3.9. Probabilidad de la lluvia para el diseño, según la categoría del edificio estudiado

Tipo de edificación	Categoría de la edificación	Probabilidad de diseño (%)
- Termonuclear. - Termoeléctricas. - Edificios de especial importancia. - Almacenes de gran importancia.	A	1
-Hospitales. - Hoteles, Museos. -Edificios de centro de ciudad. -Industria de primer orden. - Centros de investigación. -Tiendas por departamento.	B	2 a 5
- Almacenes menores. -Edificios altos de vivienda. - Moteles y hostales. - Industrias menores. -Edificios sociales y agropecuarios	C	10
- Viviendas bajas. -Edificios sociales y agropecuarios de menos importancia. - Mercados.	D	20

NOTA: Cuando se diseñe un sistema de evacuación de aguas pluviales para un tipo de edificio no incluido en esta tabla, se considera uno con características semejante y que se requiera un grado de protección equivalente.

Fuente: NC 600:2008

- ✓ El tiempo de duración de la lluvia, según la NC 600:2008, se toma un tiempo mínimo de duración de la lluvia de 5 minutos.
- ✓ La lámina máxima diaria al 1% de probabilidad que se obtiene del “Mapa isoyético de las precipitaciones máximas diarias del 1 % de probabilidad”, ver figura 3.10.

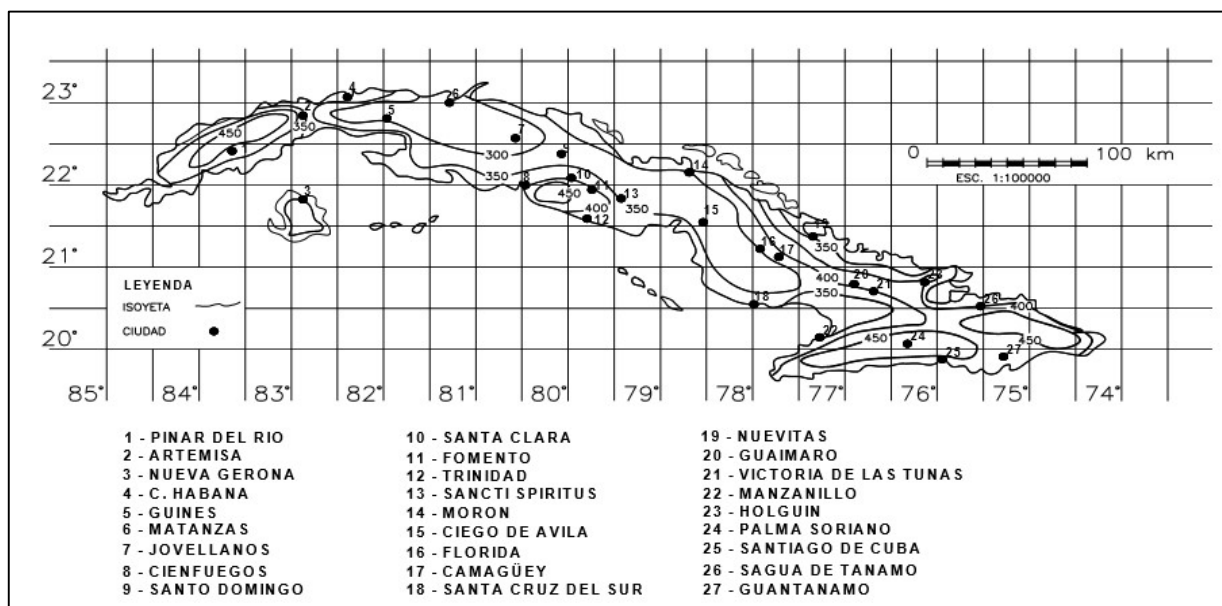


Figura 3.10. Mapa isoyético de las precipitaciones máximas diarias del 1 % de probabilidad (Fuente: NC 600:2008)

- ✓ Con esta información se entra al “Nomograma para el cálculo de la intensidad de la lluvia para diferentes probabilidades y duración para cualquier punto de la República de Cuba”, ver figura 3.11.

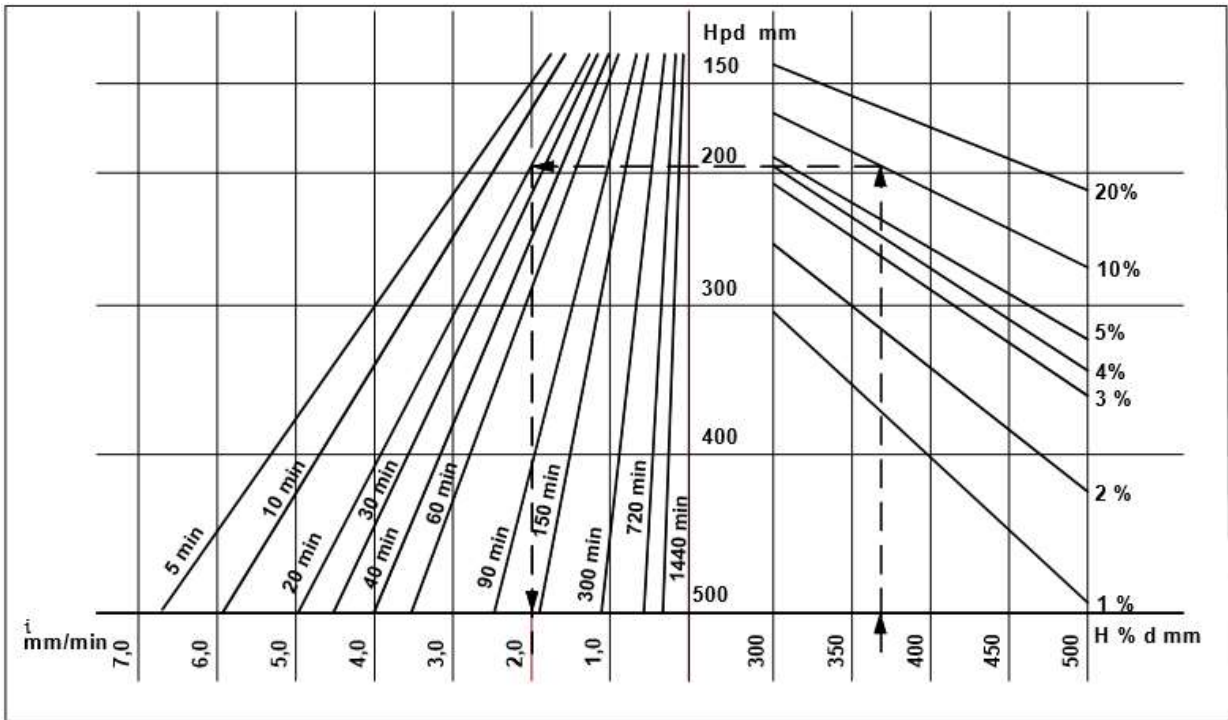


Figura 3.11. Nomograma para el cálculo de la intensidad de la lluvia de diferentes probabilidades y duración para cualquier punto de la República de Cuba (Fuente: NC 600:2008)

En la tabla 3.10, se presenta la Intensidad de la lluvia para un tiempo de duración de 5 minutos, para distintas probabilidades y para la isoyeta correspondiente a la precipitación máxima diaria del 1 % de probabilidad.

Tabla 3.10. Intensidad de la lluvia estimada a partir del nomograma de la figura 3.11

Probabilidad (%)	Frecuencia (años)	Intensidad de la lluvia (Estimado) (mm/min)				
20	5	1,8	2,0	2,1	2,25	2,4
10	10	2,3	2,6	3,3	3,4	3,6
5	20	2,7	3,1	3,6	3,8	4,0
2	50	3,6	4,0	4,6	4,9	5,2
1	100	4,1	4,8	5,5	5,8	6,1
Lámina de lluvia diaria al 1% (mm / min)		300	350	400	425	450

Una vez determinada el área que aporta cada superficie a drenar (C depende del tipo de superficie), se aplica la ecuación (2.1) de la fórmula racional y se determina el caudal para cada caso.

2. Calcular el diámetro de los bajantes pluviales.

Se escogerá el bajante pluvial de menor diámetro posible, según la tabla 3.11.

Tabla 3.11. Caudal máximo (Qa) admisible para bajantes pluviales de sección circular

DN (Diámetro Nominal) (mm)	Caudal admisible Qa (L/s)
50	1,3
75	4,2
100	9,0
150	27,0
200	57,0

Fuente: NC 600:2008

Para escoger el diámetro se compara el caudal calculado con el caudal admisible, el bajante debe ser capaz de evacuar el caudal calculado.

3. Ubicación de sumideros de piso tipo rejillas.

Los sumideros de piso tipo rejilla, instalados en una terraza o patio, deberán tener un área libre igual o mayor a dos veces el área de la tubería de descarga a la que se conectan.

Las superficies de terrazas y patios deberán tener pendientes no menores al 1% con dirección a los sumideros o rejillas de piso.

La cantidad de rejillas a ubicar en una superficie a drenar, estará en función del caudal que esta sea capaz de evacuar. El pronóstico del caudal máximo de agua pluvial que permite evacuar un tragante (rejilla) estará en función de la siguiente ecuación:

$$Q_t = C_t * F * A * 2g * H \quad (3.2)$$

Donde:

Q_t = caudal máximo de agua que permite desalojar el tragante pluvial (m³/s),

C_t = coeficiente relacionado con la geometría de la rejilla del tragante,

F = factor de obstrucción,

A = área de huecos de la rejilla (m²).

H = diferencia de elevación entre la superficie de la rejilla y la superficie del agua (m). Este valor estará definido por la altura máxima admisible de la lámina de agua sobre rejilla.

La tabla 3.12 muestra el caudal máximo a evacuar por un sumidero tipo rejilla para las condiciones de funcionamiento fijadas por los siguientes parámetros; F = 0,70 y C_t = 0,60.

Conocido el caudal de escurrimiento a drenar por una determinada superficie y la lámina de agua máxima permitida sobre la rejilla del tragante, se compara con los valores de la tabla 3.12 y se determina el tamaño necesario de la rejilla. Se puede subdividir la superficie y colocar más de una rejilla.

Tabla 3.12. Caudal máximo a evacuar por tragantes de rejillas

Lado de la rejilla (mm)	Carga sobre rejilla H (mm)			
	100	60	50	40
	Caudal máximo a evacuar por la rejilla Q (L/s)			
200	8,5	6,6	5,6	5,4
300	19,1	14,8	13,5	12,0
400	33,9	26,3	24,0	21,4
500	52,9	41,0	37,2	33,5
600	76,2	59,1	53,9	48,2

Fuente: NC 600:2008

4. Dimensionamiento de los canales colectores.

Se acepta el empleo de la fórmula de Manning para determinar el caudal en canales colectores de aguas pluviales provenientes de cubiertas.

$$Q_c = n * A * R^{2/3} * S^{1/2} \quad (3.3)$$

Donde:

Q_c = caudal medio en el canal en (m^3/s),

n = coeficiente de rugosidad de Manning 0,17 para superficies metálicas y 0,01 para PVC,

R = radio hidráulico en (m), $R = \frac{A}{P}$ (3.4)

P = perímetro mojado en (m),

A = es el área de la sección del agua en el canal en (m^2),

S = pendiente de la canaleta en (m/m).

Teniendo en cuenta el caudal tributario (Q) de una cubierta determinado por la expresión 3.1, se fijarán las dimensiones del canal considerando las condiciones que se muestran en las tablas 3.13 y 3.14.

Tabla 3.13. Características de los canales de mayor uso

Secciones válidas de canal	Rectangular	Semicircular
Sección transversal		
Factor de tirante Ft (b/B) (d/D)	0,5	0,3
Tirante	$b=0,5*B$	$d=0,3*D$
Nota: la velocidad mínima del agua en el canal será de 0,6 m/s.		

Fuente: NC 600:2008

Tabla 3.14. Comportamiento hidráulico de los canales de mayor uso para la selección rápida inicial

Surtido	Sección semicircular			
	D (mm)	Ft	S (m/m)	Qc (L/s)
150	0,3	0,009	2,67	0,60
200		0,007	5,05	0,64
250		0,005	7,73	0,62
300		0,004	11,20	0,63
				Máximo

Fuente: NC 600:2008

La tabla 3.15 debe utilizarse con la finalidad de seleccionar el conjunto compuesto por canal y bajante.

Tabla 3.15. Selección de canal de sección semicircular y bajante de sección circular a partir del caudal tributario

Diámetro del canal D (mm)	150	200	250	300	
Qc (L/s)	2,67	5,05	7,73	11,20	
Diámetro del bajante d (mm)	75	100	100	150	
Qa (L/s)	4,2	9,0	9,0	27,0	
Caudal máximo admisible por el conjunto (L/s)	2,67	2,67	5,05	7,73	11,20
NOTA: Los valores de caudales máximos Qc y Qa, representan los establecidos en las tabla 12 y 16					

Fuente: NC 600:2008

5. Calcular el diámetro de los colectores o maestras

El diámetro del colector se determinará por el área que recoge el tragante para una intensidad de lluvia de 10 cm/h (NC 53-146, 1985).

Para otra intensidad se multiplicarán los valores de la superficie de la cubierta representados en la tabla 3.16 por la relación R/10, donde R es la nueva intensidad de lluvia determina mediante el mapa isoyético.

Tabla 3.16. Diámetro de los colectores de drenaje pluvial

Diámetro del colector (mm)	Pendientes				
	0,007 m/m	1%	2%	3%	4%
	Área recogida (m ²)				
50	-	28	41	50	58
75	-	80	116	149	163
100	-	173	246	321	352
150	329	488	697	874	995
200	846	1023	1488	1875	2065
250	1533	1814	2557	3402	3720
300	2494	3022	4231	5508	6090

Fuente: (NC 53-146, 1985)

3.6. Materiales utilizados en las redes sanitarias de evacuación

En la actualidad, existen una gran cantidad de tipos de tuberías que pueden utilizarse en la construcción de redes de evacuación. Para la selección de los materiales a utilizar, se deben seguir las siguientes recomendaciones (MICONS, 2003):

- Se deben seleccionar tipos de material para una misma norma de fabricación, velando porque los sistemas contratados incluyan la garantía de piezas de conexión para pasar a otros sistemas.
- Comprar “sistemas de tuberías” y nunca comprar tuberías y conexiones a diferentes suministradores.
- Contratar a suministradores con vinculación directa con fabrica.
- Para la selección del sistema de tuberías se tendrá en cuenta que el más económico no es el más barato, si no el que a más bajo precio resuelve con calidad las especificaciones que se exigen en el proyecto.

En la tabla 3.17 se muestran las principales características y los criterios de aceptación de uso de los sistemas de tuberías utilizados en redes de evacuación (NC 683:2009; RTC No.3, 2005; MICONS, 2003).

Tabla 3.17. Tipos de materiales de tuberías más utilizados y criterios de aceptación

Materiales de tubería	Observaciones
<p>Hierro fundido</p> 	<p>Son tuberías que resisten bien las presiones, son frágiles y pocos resistentes a la corrosión. Son pesadas en comparación con otros tipos y poseen un coeficiente de fricción considerado normal. Ya no se usan en instalaciones interiores por su alto costo y peso elevado.</p> <p>Se utilizan para cualquier tipo de red de evacuación, tanto en interiores como en exteriores, excepto para cuándo deben desalojarse fluidos corrosivos o compuestos químicos.</p> <p>Se colocan expuestas sobre terreno o colgadas y bajo terreno. Son de bocina y espiga con unión emplomada o con junta de goma. Tiene buen comportamiento ante el fuego y buena resistencia mecánica. Costo es medio.</p>
<p>Barro Vitrificado</p> 	<p>Reciben este nombre, porque durante el proceso de cocido en los hornos a altas temperaturas, poco antes de terminar el proceso de cocción, se le aplica una sustancia a base de sílice, la que reacciona con el barro y forma una capa dura sobre la superficie del tubo. En estos tubos el grado de absorción es mínimo, son resistentes a los agentes de corrosión que contienen las aguas residuales y al terreno donde son colocados.</p> <p>No se permite su uso sobre el terreno, ni sobre placa, no usar como columnas de descarga, ni en la ventilación. Solo utilizar en planta baja y bajo terreno. Son de fácil montaje con juntas de mortero o de goma. Su resistencia mecánica es regular y su costo es bajo. Por todas estas características son los preferidos para plantas bajas.</p>

<p>Asbesto cemento sanitario</p> 	<p>Estos tubos y piezas son fabricados a base de una mezcla de cemento Portland y de fibras de asbesto en proporciones adecuadas. En los tubos de este material se tiene los mismos requisitos técnicos que en las tuberías de barro en cuanto a resistencia, absorción, lisura e impermeabilidad se trata.</p> <p>Se puede utilizar en redes interiores o exteriores, pero solo en planta baja. No se permite su uso sobre el terreno. Son de fácil instalación con uniones de mortero y muy manuales a pesar de su longitud. Su costo medio es bajo.</p>
<p>Poli cloruro de Vinilo PVC Sanitario</p> 	<p>Estos son menos costosos que otros tipos, resiste el agrietamiento y no es afectado por los ácidos. Se fabrica en blanco, gris y claro; puede ser rígido o flexible.</p> <p>Debido a su fuerza y resistencia, el PVC se utiliza para muchas cosas. Dependiendo de su anchura, puede ser utilizado para transportar líquidos y gases de forma segura. Debido a su composición, el PVC se limita a transportar líquidos a temperaturas de menos de 60°C, haciéndolo inadecuado para transportar agua caliente.</p> <p>Se pueden utilizar en cualquier tipo de red de evacuación y en cualquier parte de esta, tanto en interiores como en exteriores, enterradas o sobre terreno.</p> <p>Su montaje es muy sencillo con uniones pegadas con cemento solvente o con junta de goma. Si es posible no utilizar expuestas en exteriores, en este caso proteger contra radiación UV. Ante el fuego produce combustión tóxica. Su costo es medio con buena resistencia mecánica.</p> <p>En la actualidad, constituye el material más ampliamente utilizado para la construcción de redes de evacuación.</p>
<p>Acrylnitrile-Butadiene-Styrene (ABS)</p> 	<p>El ABS es completamente inocuo y sus características le confieren una gran resistencia tanto a los impactos como a una amplia gama de productos químicos y que junto a su facilidad de manejo e instalación es un producto ideal para canalizaciones. Son resistentes y duraderos, ligeros, conexiones rápidas y fiables, dúctiles con temperaturas de hasta 40° C, incorrosibles, pared interior lisa y reducción de las incrustaciones.</p> <p>Se pueden utilizar en cualquier tipo de red de evacuación, tanto en interior como exterior, enterradas o sobre terreno. Las uniones son pegadas con cemento solvente.</p> <p>En exteriores expuestas se deben proteger contra radiación UV. Su costo es de medio a alto.</p>

Fuente: Adaptado, NC 683:2009; Reglamento Técnico de la Construcción No.3; Indicaciones técnicas para el diseño, ejecución, reparación y remodelación de las instalaciones hidráulicas y sanitarias en las edificaciones del MICONS.

3.6.1. Principales tipos de accesorios

Los accesorios son los elementos necesarios para acoplar secciones o tramos de tubos, producir cambios de dirección, reducir o aumentar el diámetro en una conducción, colectar en una las aguas de varis tuberías, entre otros usos (Flores, 2004). Entre los accesorios más utilizados en las instalaciones hidráulicas están: las T, las Y, los codos de 45° y 90°, reducidos, sifas, etc. Las uniones entre los tramos de

tubos entre sí, y entre estos y los accesorios, se realizan con cemento solvente el cual debe garantizar la hermeticidad de la unión.

En la figura 3.12 se muestran estos tipos de elementos, los cuales se fabrican también de diferentes materiales y tienen que coincidir en norma con las tuberías de los mismos materiales.



Figura 3.12: Accesorios fundamentales para redes sanitarias

3.7. Ejemplo de cálculo y diseño de un sistema sanitario

A continuación, se desarrollará un ejemplo de cálculo de una red sanitaria y pluvial de un edificio de 3 niveles dedicado a oficinas. En cada nivel se cuenta con una batería de servicios sanitarios con la misma cantidad de aparatos sanitarios. Se cuenta con los planos de planta y elevación de la edificación, ver figura 3.13 y 3.114.

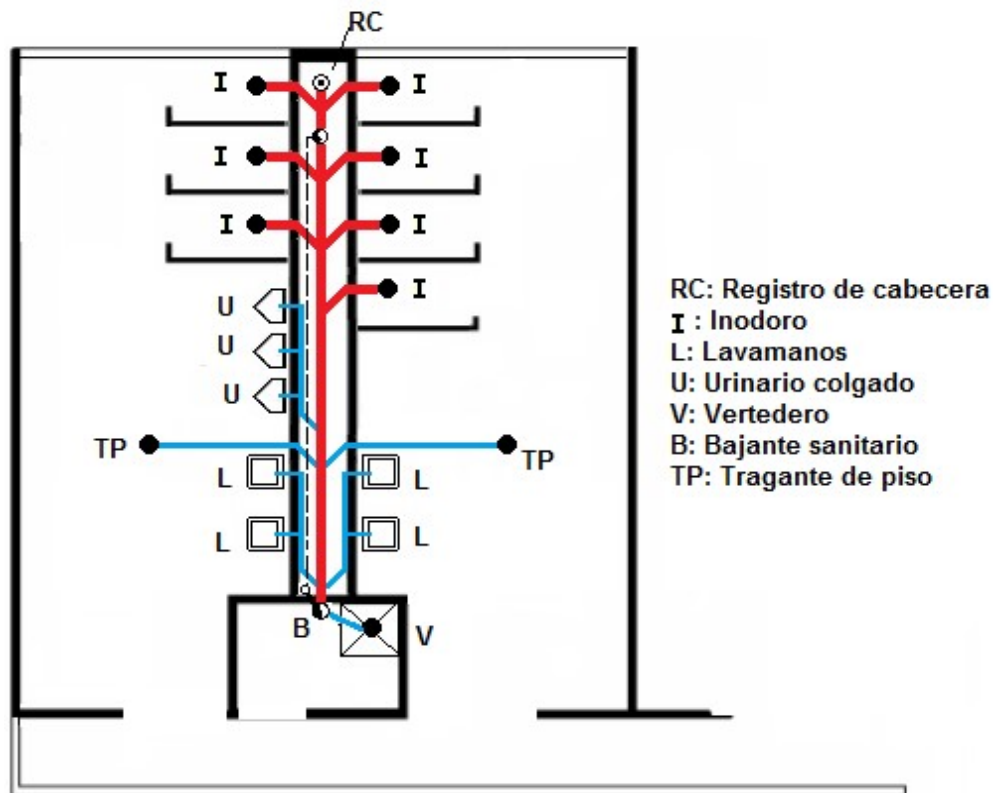


Figura 3.13. Planta típica de la batería de baños

1. Elaborar un esquema simplificado de la tubería a fin de facilitar el proceso de cálculo, figura 3.14.

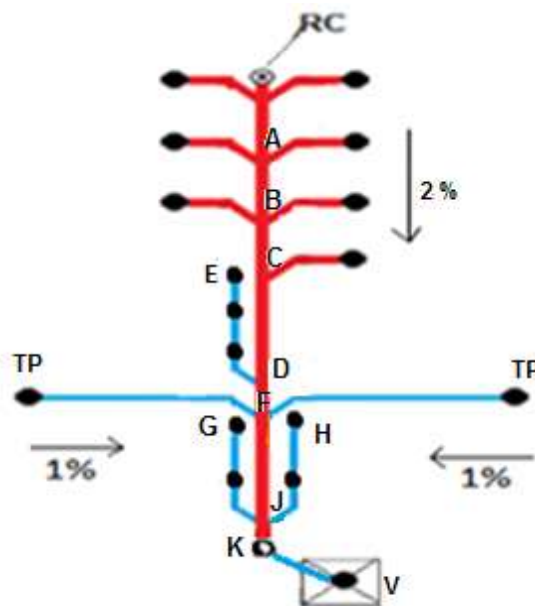


Figura 3.14. Esquema de cálculo en planta de los ramales y derivaciones

2. Asignar de unidades de descarga y diámetro a los aparatos sanitarios, ver tabla 3.18.

Tabla 3.18. Unidades de descarga y diámetro de salida de los aparatos sanitarios

Mueble sanitario	Unidades de descarga	Diámetro de descarga del mueble (mm)
Inodoro de fluxómetro	8	100
Urinario colgado	3	40
Lavamanos	2	32
Tragante de piso	3	50
Vertedero	8	75

3. Calcular el diámetro de los ramales o derivaciones.

Debe observarse que el cálculo se inicia desde el punto más alejado de la columna de descarga. La pendiente empleada en la rama principal es de 2% y en los otros ramales del 1%, ver tabla 3.19.

Tabla 3.19. Cálculo del diámetro de los ramales en cada piso

Tramo	Muebles que descargan al tramo	Cantidad	UD unitaria	UD incorporadas	UD en el tramo	Diámetro tramo
1	2	3	4	5=3 x 4	6	7
RC-A	Inodoro flux	2	8	16	16	100
A-B	Inodoro flux	2	8	16	32	100
B-C	Inodoro flux	2	8	16	48	100
C-D	Inodoro flux	1	8	8	56	100
D-F	Urinario colgado	3	3	9	65	100
F-J	Tragante de piso	2	3	6	71	100
J-K	Lavamanos	4	2	8	79	100
E-D	Urinario colgado	3	3	9	9	50
TP-F	Tragante de piso	1	3	3	3	50
G-J	Lavamanos	2	2	4	4	50
H-J	Lavamanos	2	2	4	4	50
V-K	Vertedero	1	8	8	8	75

4. Calcular los diámetros de las columnas o bajantes de aguas residuales.

Como se observa en el plano, el vertedero descarga directamente a la columna, por tanto, por cada piso se descargan al bajante 87 unidades de descarga.

En la figura 3.15 se muestra un plano en elevación de la columna de descarga y colector sanitario.

El resumen de los cálculos se muestra en la tabla 3.20.

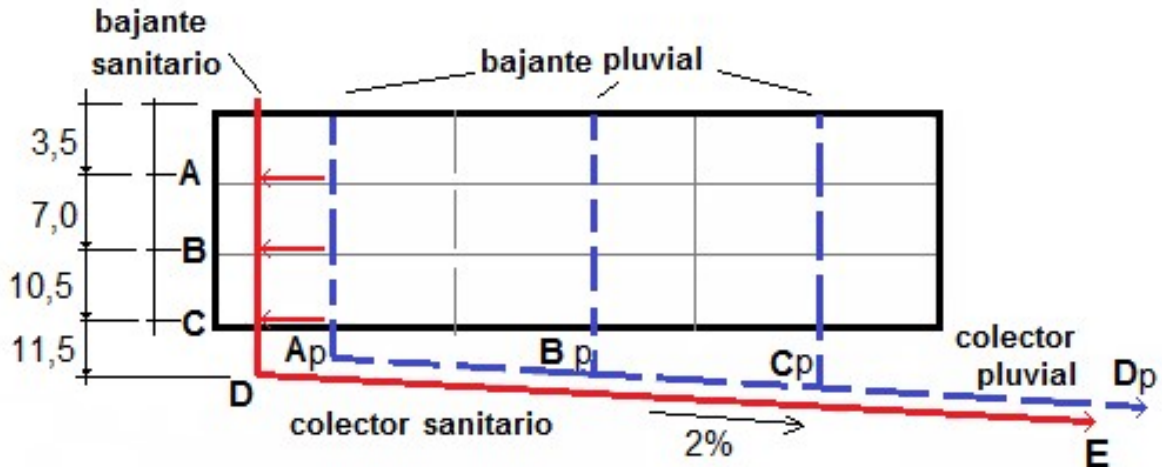


Figura 3.15. Esquema en elevación para el cálculo de columnas y maestras

Tabla 3.20. Resumen del cálculo del diámetro de la columna de descarga

Tramo	Unidades de Descarga		Chequeo de la longitud de la columna	Diámetro de bajante (mm)
	Por planta	Por columna		
A-B	87	87	7 < 92	100
B-C	87	174	10,5 < 92	100
C-D	87	261	11,5 < 92	100

5. Calcular el diámetro del colector o maestra.

Se escoge una pendiente para el colector del 2%. El resumen del cálculo se muestra en la tabla 3.21.

Tabla 3.21. Cálculo del diámetro del colector de las aguas residuales

Tramo	Pendiente en %	UD que pasan por el tramo	Diámetro de maestra (mm)
D-E	2%	261	150

6. Cálculo del diámetro de la derivación y la columna de ventilación secundaria.

En la figura 3.16, se muestra el esquema en planta y elevación de la red de ventilación. Dada la cantidad de muebles sanitarios que tiene la instalación, el sistema contará con:

- Ventilación primaria: la propia columna de descarga que sube por encima de la cubierta de la edificación.
- Ventilación secundaria: un ramal de ventilación que conecta desde el ramal sanitario principal hasta la columna de ventilación secundaria (cvs), la que a su vez se conecta al bajante fecal antes de salir a cubierta y por debajo del primer nivel.

El resumen de los cálculos se muestra en las tablas 3.22 y 3.23.

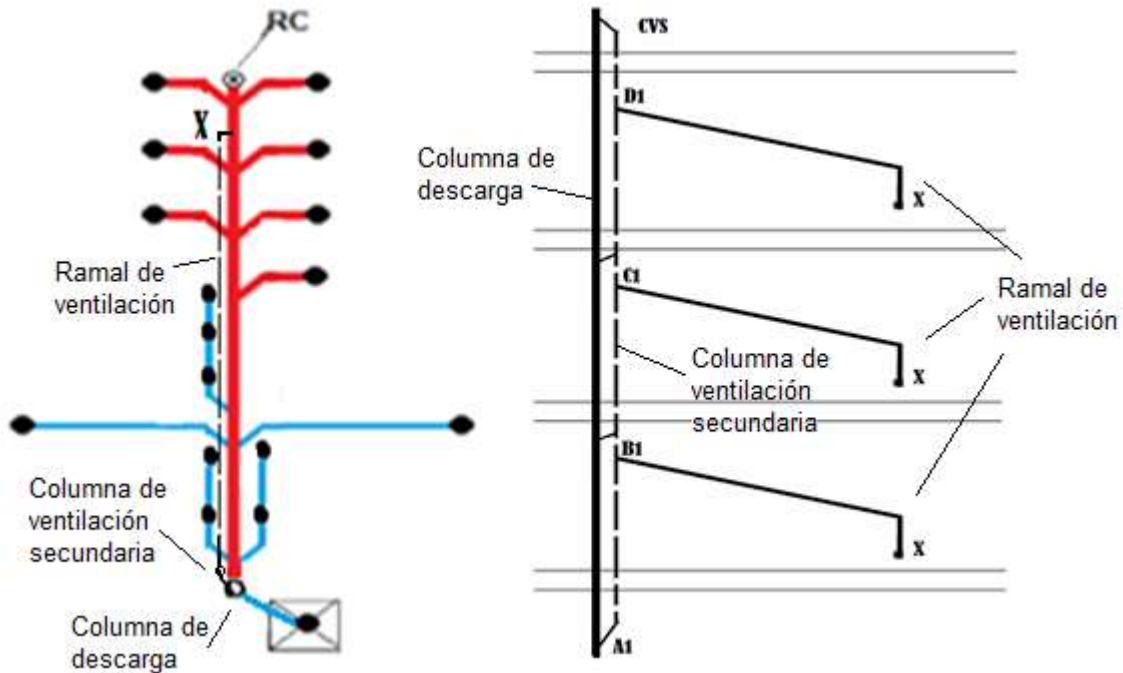


Figura 3.16. Esquema en planta y elevación de derivación y columna de ventilación

Por cada piso descargan al tramo de derivación de ventilación secundaria 79 unidades de descarga ya que el vertedero evacúa directamente en la columna de descarga.

Tabla 3.22. Cálculo del diámetro de la derivación de ventilación

Tramo	UD que tributan al tramo	Diámetro de la derivación (mm)
X – A1	79	75

Tabla 3.23. Cálculo del diámetro de la columna de ventilación secundaria

Tramo	Diámetro de columna de descarga (mm)	UD ventiladas por el tramo	Longitud de la columna vertical (m)	Diámetro de la columna de ventilación (mm)
A1 – B1	100	79	11,5 < 25,6	75
B1 – C1	100	158	11,5 < 19,5	75
C1 – D1	100	237	11,5 < 17,1	75

7. Calcular el diámetro de los bajantes y maestra de evacuación de aguas pluviales. La cubierta está dividida en 3 partes cada una con la misma superficie de 96m². Se han colocado rejillas y un bajante pluvial en cada una. En la figura 3.17, se muestra la planta de la cubierta.

El edificio se ubica en la ciudad de Santiago de Cuba y la cubierta del mismo esta impermeabilizada con soladura.

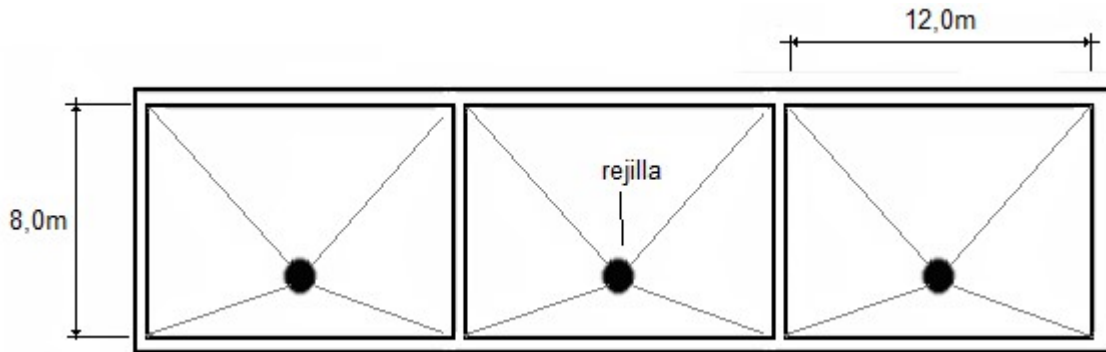


Figura 3.17. Esquema de planta de cubierta de la edificación

Calculo del caudal de aporte:

- Superficie = 96m²
- Lámina al 1% de probabilidad (según mapa isoyético) = 450mm
- Coeficiente C = 0,96
- Tiempo de concentración = 5min
- Probabilidad de la lluvia de diseño = 10%
- Intensidad de la lluvia = 2,4mm/min

$$Q = 0,0167 * C * I * A = 0,0167 * 0,96 * 3,5 * 96 = 5,38L/s$$

Con este caudal y de acuerdo con lo que plantea la NC 600:2008, un bajante de 100mm admite un caudal de hasta 9L/s y uno de 75mm hasta 4,2, por tanto, el diámetro de los bajantes pluviales será de 100mm.

En la tabla 3.24, se resume el cálculo de la maestra de drenaje pluvial.

Tabla 24: Resumen del cálculo del diámetro del colector de aguas pluviales

Tramo	Superficie recogida en el tramo (m ²)	Superficie acumulada en el tramo (m ²)	Diámetro (mm)
Ap-Bp	96	96	100
Bp-Cp	96	192	100
Cp-Dp	96	288	150

CONCLUSIONES

1. La temática que abordó este trabajo de tesis, ha sido ampliamente tratada a nivel internacional, se encuentran muchos materiales en internet, aunque muy pocos de nuestro país.
2. Las Normas Cubanas que tratan esta temática, definen los métodos de cálculo para nuestro país, pero no abordan los aspectos teóricos relacionados con estos.
3. El manual presentado aborda los principales aspectos teóricos y prácticos (ecuaciones y criterios de diseño) relacionados con el diseño de las instalaciones hidrosanitarias en edificaciones.
4. En el manual se desarrollan ejemplos de cálculo, siguiendo los procedimientos que se han propuesto para el cálculo de las diferentes redes.
5. El método de la fórmula francesa que presenta la NC como alternativo es válido para pequeñas redes, ya que resulta en diámetros menores que el método de Hunter. Este método se ha actualizado y en el manual se presentan las fórmulas actualizadas.
6. Los estudiantes del Plan de Estudios E contarán con un material bibliográfico que les permita enfrentar la asignatura Instalaciones Hidrosanitarias en edificaciones.

RECOMENDACIONES

El tema de las redes hidráulicas y sanitarias en edificaciones es muy amplio y sin dudas en este trabajo no se han agotado todos los aspectos que se deben considerar en un material para que sirva como texto en una asignatura.

Por lo que recomendamos se amplíe con:

- Los aspectos teóricos y prácticos de las redes de agua caliente.
- La selección de equipos hidroneumáticos para edificaciones.
- Los aspectos fundamentales de las redes contra incendios en edificios.
- Los aspectos relacionados con la ejecución en obra de estas redes.
- Ampliar la guía con más ejercicios resueltos.

Se recomienda, además, profundizar en la aplicación de programas de computación profesionales para el diseño automatizado de las redes hidrosanitarias.

BIBLIOGRAFÍA

- Almaraz Torrico, R. y Tapia, W. (2008). Material de apoyo didáctico de enseñanza y aprendizaje en la asignatura Instalaciones domiciliarias y construcción de obras sanitarias. Trabajo de Diploma. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia.
- Avilos, E. E. (2013). Acerca de Instalaciones Eléctricas y Sanitarias. Obtenido de <http://www.scribd.com>
- Becerril I. D. (2009). Datos prácticos para instalaciones hidráulicas y sanitarias. México.
- Bernardo, I. J. (2014). Conferencia para arquitectos. Colombia.
- Carmona, R. P. (2010). Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones. 6ta edición.
- Casares Castellano, A. (2009). Instalaciones hidráulicas en interiores de edificios. Trabajo de Diploma. Universidad Martha Abreu. Villa Clara, Cuba.
- Castro Ladino, N. et al. (2006). Aplicación de los métodos para el cálculo de caudales máximos probables instantáneos, en edificaciones de diferente tipo. VI Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua. Brasil.
- CTCM. (2012). Instalaciones hidráulicas. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
- Carrasco Flores, R. F. (2004). Material de apoyo didáctico de la enseñanza aprendizaje en la asignatura de instalaciones sanitarias domiciliarias industriales e ingeniería de medio ambiente
- Torres García, D. (2010). Estudio y diseño de instalaciones sanitarias domiciliarias.
- Gerardo. (2010). Instalación hidráulica y sanitaria.
- GOC-2016-471-EX16. (2016). Gaceta Oficial de la República de Cuba. Ministerio de Justicia. Cuba.

- Gómez, L. H. (2012). Instalaciones hidrosanitarias. Bucaramanga.
- Goodwin, P. (2003). Instalaciones de una vivienda.
- Guillermo, Pérez Morales, G. (2010). Apuntes de la instalación hidráulica y sanitaria.
- <http://www.aliaxis-ui.es> (2016). Tubos, accesorios y valvulería en ABS.
- Iglesias Rey, P. y Fuertes Miquel, V. (2006). Instalaciones para evacuación de aguas residuales y pluviales en edificios. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- López R, Luis. (1990). AGUA, Instalaciones sanitarias en los edificios. Venezuela.
- Mariani, Christian. (2008). Manual de albañilería. Las instalaciones sanitarias de la casa. Segunda edición. Perú.
- MICONS. (2003). Indicaciones técnicas para el diseño, ejecución, reparación y remodelación de las instalaciones hidráulicas y sanitarias en las edificaciones. NC/CTN 26. Instalaciones hidráulicas y sanitarias. Dirección de normalización, MICONS.
- MMAyA. (2011). Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Bolivia.
- NC 1074:2015. (2015). Elaboración de proyectos de construcción – Instalaciones sanitarias en interiores de edificios – método de cálculo. ONN, Cuba.
- NC 176:2002. (2002). Sistema de abasto de agua en edificios sociales. Requisitos de proyecto. ONN. Cuba.
- NC 336:2004. (2004). Sistemas de ventilación en las instalaciones de las edificaciones. Especificaciones de proyecto. ONN, Cuba.
- NC 53-146. (1985). Instalaciones sanitarias y pluviales en interiores de edificios. Método de cálculo. ONN. Cuba
- NC 600:2008. (2008). Edificaciones — Requisitos de diseño del sistema de drenaje pluvial. ONN. Cuba.
- Oliveira Ilha, M. y Gonçalves, O. (2000). Sistemas Prediais de Água Fria. Texto Técnico, TT/PCC/08. Escola Politécnica da Universidade de Sao Paulo. Brazil.
- Pancorbo Floristán F. (2011). La simultaneidad en los consumos de agua en las instalaciones de los edificios. Sistemas de cálculo. www.monografias.com. <http://www.wix.com/pancorbo/personal>
- RCT No.3. (2005). Reglamento Técnico de la Construcción No.3. Exigencias para el diseño y montaje de las instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones.

Cuba.

NC 683:2009. (2009). Edificaciones — Requisitos técnicos para el diseño y construcción de las redes hidráulicas y sanitarias. ONN, Cuba.

Rivada Vázquez, M. L. (2001). Algunos criterios para la proyección de redes sanitarias en el interior de las edificaciones.

Rivada Vázquez, M. L. (2004). Manual para diagnóstico, mantenimiento y reparación de sistemas hidráulicos y sanitarios en edificaciones de viviendas. La Habana.

Rodríguez Soza, Luis. (2007). Guía para las Instalaciones Sanitarias en Edificios. Trabajo de Graduación. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Rodríguez Soza, L. C. (octubre 2007). Guía para instalaciones sanitarias en edificios. Guatemala.

Rodríguez, Y. O. (2016). Tecnologías empleadas para las redes sanitarias y pluviales en interiores de Santa Clara, Cuba.

Talavera, José V. (2001). Tema 3. Redes interiores en edificaciones.

URALITA. (2004). Catálogo Técnico. Soluciones para la edificación. España.

Capa Valle, Á. C. (2009). Tesis sobre el monitoreo, rediseño y optimización de la red de agua potable, alcantarillado y diseño hidrosanitario de la UTPL extensión Zamora y Cariamanga y realizar el manual para instalaciones hidrosanitarias. Loja. Ecuador.

Vázquez Arenas, G. (2011). Manual de Instalaciones de fontanería, evacuación y saneamiento y energía solar en edificación. Universidad Politécnica de Cartagena.

Velázquez Rangel, A. *et al.* (2007). Instalaciones Hidráulicas en Edificios.

Velázquez Rangel, A. *et al.* (2007). Instalaciones Sanitarias en Edificios.