

**TESIS DE PREGRADO**

**ESTUDIO SOBRE EL PROBLEMA DE ESPUMAS EN LAS TUBERÍAS DE  
AGUA RESIDUAL DE EDIFICACIONES**

**Sebastián Caicedo Vela**

**Asesor: Juan G. Saldarriaga Valderrama**



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
PREGRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.  
2021**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por su consejo oportuno, su educación acertada y su amor incondicional

A mis hermanas por ser mis compañeras de vida

A los ingenieros Enrique Gonzáles y Orlando Polo por ser gestores de la temática en el estudio de espumas en las tuberías de drenaje de edificios

---

## TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción .....	1
1.1	Objetivos .....	2
1.1.1	Objetivo General .....	2
1.1.2	Objetivos Específicos .....	2
2	Justificación .....	3
3	Contexto y descripción del problema .....	5
4	Metodología .....	9
5	Comparación de normas técnicas de fontanería en un ámbito internacional y nacional .....	11
6	Crítica y análisis de la investigación .....	30
7	Conclusiones y recomendaciones .....	34
8	Bibliografía .....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes Sistemas de Drenaje y Ventilación .....	7
Figura 2 Tipos más comunes de trampas en edificios residenciales.....	8
Figura 3 Zonas de presión de espumas en sección de tubería de drenaje tomado de (Officials, New York Plumbing Code, 2014) .....	12
Figura 4 Zonas de presión de espumas en sección de tubería de drenaje .....	13
Figura 5 Zona 1: En cambios mayores de 45 grados en el alineamiento de la bajante .....	13
Figura 6 Zona 2: Por encima de la base de la bajante .....	14
Figura 7 Zona 3: En la parte horizontal donde entrega la bajante .....	14
Figura 8 Zona 3: En cambios mayores a 45 grados en el ramal horizontal .....	15
Figura 9 Zona 4: En la ventilación principal .....	15
Figura 10 Perfil de presión para estado inestable en tubería de drenaje tomado de (White, Above ground drainage and vent systems , 2017) .....	17
Figura 11 Disposición de ventilación de alivio tomado de (Carmona, 2010) .....	19
Figura 12 Primera configuración de ventilación de alivio en cambio de dirección de bajante tomado de (Steele, 1982).....	20
Figura 13 Segunda configuración de ventilación de alivio en cambio de dirección de bajante tomado de (Steele, 1982).....	20
Figura 14 Tercera configuración de ventilación de alivio en cambio de dirección de bajante tomado de (Steele, 1982).....	21
Figura 15 Primera configuración en cambio de dirección de bajante tomado de (Carmona, 2010) .....	21
Figura 16 Segunda configuración en cambio de dirección de bajante tomado de (Carmona, 2010) .....	21
Figura 17 Tercera configuración en cambio de dirección de bajante tomado de (Carmona, 2010).....	22
Figura 18 Separación de la bajante principal tomado de (Officials, National Standard Plumbing Code, 2018)23	
Figura 19 Categoría más común para un sistema de drenaje tomado de (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004) .....	24
Figura 20 Configuración más común para sistema de ventilación tomado de (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004) .....	25
Figura 21 Sistema de drenaje y ventilación tipo 1 tomado de (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004) .....	26
Figura 22 Sistema de drenaje y ventilación tipo 2 tomado de (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004) .....	26
Figura 23 Sistema de drenaje y ventilación tipo 3 tomado de (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004) .....	27

---

Figura 24 Sistema de drenaje y ventilación tipo 4 tomado de (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004) .....	27
Figura 25 Sistema de drenaje y ventilación tipo 5 tomado de (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004) .....	28
Figura 26 Sistema de drenaje y ventilación tipo 6 tomado de (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004) .....	28
Figura 27 Válvulas de admisión de aire tomado de (Aliaxis, 2021) .....	32
Figura 28 Atenuadores de presión positiva de aire tomado de (Aliaxis, 2021).....	33

## 1 INTRODUCCIÓN

En el presente documento se desarrolla una aproximación al problema de las espumas que se generan por el uso de detergentes y jabones en aparatos sanitarios como lavadoras automáticas de ropa, lavavajillas, lavaderos y fregaderos principalmente en edificios altos. Estas espumas entran en el sistema de drenaje y ventilación de las edificaciones y por sus características diferenciales de peso y composición en relación con otras sustancias como el agua, residuos sólidos o aire, transitan y permanecen dentro del sistema ocasionando desbalance de presiones, zonas de alta presión de espuma y reflujo y afloración de estas por sifones de piso y/o drenajes de aparatos sanitarios de los pisos inferiores de este tipo de edificaciones.

Con la presente situación se realiza el proceso de entender, estudiar e investigar la bibliografía afín disponible. Este proceso se desarrolla mediante una selección, revisión y análisis bibliográfico cuidadoso y detallado de normas técnicas nacionales e internacionales, de artículos relacionados con el problema y de libros de autores, de igual forma nacionales e internacionales, que incluyen en su contenido información relevante para esta investigación. Se realizó una descripción general del contenido e importancia de la bibliografía estudiada, así como también una comparación más minuciosa entre normativas técnicas y complementada con artículos y libros. En la última etapa de esta aproximación se realizó una crítica y análisis de la investigación para, finalmente, recoger sugerencias e indicaciones valiosas que confluyan hacia la prevención y eliminación del reflujo y afloración de espumas.

Dentro de los resultados encontrados se tiene la necesidad urgente de una actualización del código técnico colombiano con el propósito de que se incluya a las espumas como un inconveniente importante en el diseño e instalación de sistemas de drenaje y ventilación de edificios altos. Este aspecto lo incluyen las normas y artículos internacionales, pero surge el menester de revisar estas normas y desarrollar nuevos métodos que especifiquen la concepción y el diseño de sistemas de desagüe y ventilación específicamente para edificios de gran altura ya que actualmente es un reto extrapolar las demandas de los códigos vigentes en la construcción de estos sistemas.

Finalmente, este proyecto dispone de recomendaciones a universidades, asociaciones de ingeniería civil y empresas afines al tema con el fin de instar las correspondientes actualizaciones de normas nacionales y locales en Colombia. Además, se abre el camino para futuras investigaciones que ahonden en el problema y la naturaleza de las espumas dentro de los sistemas de drenaje y ventilación y se permita la creación de modelos físicos a escala que permitan un estudio y entendimiento más profundo de este problema.

---

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo General

Entender, estudiar y proponer recomendaciones en cuanto al problema de reflujo de espumas en sistemas de redes de agua residuales en edificaciones.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Establecer la naturaleza del problema.
- Entender y apreciar la importancia e impacto del problema para la sociedad.
- Brindar una descripción y contexto de los elementos que están relacionados con la investigación.
- Proponer recomendaciones en el diseño e instalación de redes de agua residual en edificaciones que alivien el problema de espumas.

## 2 JUSTIFICACIÓN

Las espumas son un producto generado por el uso diario de jabones y detergentes en distintos aparatos sanitarios como lavadoras automáticas de ropa, lavavajillas, bañeras y fregaderos por los residentes de edificaciones en las ciudades. Estas espumas se ubican y transitan día a día por las tuberías de los sistemas de drenaje de los edificios y causan principalmente reflujos de estas, por los sifones de piso y/o por los desagües de los aparatos sanitarios, zonas de alta presión de espuma en determinadas ubicaciones, desbalance de presiones a lo largo del sistema de drenaje y también pueden permanecer periodos prolongados de tiempo en las tuberías; situación que conlleva a no favorecer la higiene y posiblemente a promover infecciones. Lo anteriormente planteado va encaminado a estudiar, entender e investigar de forma más detallada el problema de la generación de espumas y el reflujo consecuente.

Respondiendo al llamado conjunto de aunar esfuerzos de empresas como Pavco Wavin e instituciones educativas como la Universidad de Los Andes, se presentan los siguientes cuatro aspectos provenientes de distintos ámbitos de la sociedad. En primer lugar, el sector de normativa técnica en el área de fontanería, el cual se encarga de regular y controlar el diseño e instalación de elementos hidrosanitarios en el país. En segundo lugar, la alta densidad poblacional y de construcción en las ciudades de Colombia. En tercer lugar, las necesidades y experiencias propias de ciudadanos que han sufrido con el problema en cuestión y, por último, la coyuntura actual causada por el Covid-19.

En un primer punto, la falta de especificaciones y recomendaciones por parte de la norma técnica colombiana en el ámbito de la fontanería y específicamente en lo referente al problema de reflujo de espumas en las tuberías de edificios altos lanza un llamado de alerta con el fin de investigar y profundizar en esta situación que residentes de este tipo de edificaciones han tenido que experimentar.

En una segunda instancia, se ubica el crecimiento poblacional de Colombia, pero aún más importante, el crecimiento en la construcción de edificios cada vez más altos en las principales ciudades del país. Lo anterior, por los grandes movimientos de personas hacia las ciudades capitales debido a diversas causas, lo cual obliga un aumento en la densidad poblacional localizada en centros urbanos, consecuentemente se genera una limitación espacial para la expansión y finalmente, surge la necesidad de construir de forma vertical.

El tercer aspecto corresponde a las experiencias de ciudadanos en general que han sufrido situaciones de reflujo de espumas por medio de sifones de piso y/o desagües de aparatos sanitarios en los pisos inferiores de edificios altos. Esto constituye la necesidad urgente de la

---

revisión de la norma con el fin de exponer lo que actualmente dicta la misma y propender por una actualización que incluya las espumas y su comportamiento en el diseño e instalación de redes en edificios.

Por último y de forma coyuntural, se encuentra la pandemia del SARS-CoV-2, la cual ha provocado un sinnúmero de problemas sociales, económicos y de salud pública para los países. Este también es el caso de Colombia y, por tanto, existe una relación entre la situación de salud actual y la investigación realizada en el documento proveniente del estudio presentado por Michael Gormley *Wastewater systems in the time of Covid-19: surveillance, epidemiology and design* donde se menciona que, aunque la transmisión de los virus por vía de desechos netamente humanos dentro de los sistemas de drenaje no ha sido probada, estos mismos sistemas de desagüe forman una parte importante en el origen y en el destino de los virus (Gormley, *Wastewater systems in the time of Covid-19: Surveillance, epidemiology and design*, 2020). Por lo cual, es determinante atender todos los elementos necesarios para comprender el problema de espumas y aguas residuales dentro de los sistemas de drenaje de edificios para que no se constituya como un foco de contaminación y propagación.

En resumen, los elementos y razones presentados anteriormente confluyen hacia el objetivo de entender y estudiar la situación actual del problema de espumas, cuál es su comportamiento, cuáles son los elementos relacionados con estas y qué recomendaciones de diseño e instalación de redes de drenaje pueden proponerse para posibles investigaciones experimentales que permitan la recolección de datos veraces y útiles que se puedan implementar.

### 3 CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Este capítulo tiene como objetivo llevar al lector a la ubicación específica donde se desarrolla el problema que se estudia en el presente documento. Para tal fin, se realizará un recorrido por una serie de elementos y definiciones que enmarcan espacialmente el problema en cuestión.

Un aspecto importante en el desarrollo de este documento es la clasificación de altura en edificios ya que dependiendo de esta altura se tiene más o menos información con respecto a las espumas que transitan en el sistema y esta misma altura define el alcance que tenga cada norma técnica ya sea nacional o internacional en cuanto al diseño e instalación de redes residuales. Antes de presentar esta clasificación se definen los conceptos de Edificación y Edificios Altos según documentos técnicos encontrados. Por su parte, la Edificación se define como “cualquier estructura ocupada o proyectada para soportar o albergar cualquier uso” según la NTC – 1500 en su tercera actualización. También se encuentra la definición de Edificio por parte de EMCALI, la cual lo presenta como “Construcción de uno o varios pisos levantados sobre el lote de terreno, cuya estructura comprende un número plural de unidades independientes aptas para ser usadas de acuerdo con su destino natural o convencional además de áreas o servicios de uso y utilidad general” (EMCALI, 2016). En cuanto a Edificios Altos no se encontró una definición precisa en la normativa técnica colombiana, por cuanto, se presenta la definición propuesta por el *International Building Code* del año 2012 que dicta que un edificio alto es “*A building with an occupied floor located more than 75 feet (22860 mm) above the lowest level of fire department vehicle access*”. [Un edificio con un piso ocupado situado a más de 75 pies por encima del nivel más bajo de acceso de los vehículos del cuerpo de bomberos] (Council, 2012). La clasificación de altura en edificios corresponde a que un edificio alto se constituye como aquel que supere los 50 metros de alto o aproximadamente 14 pisos. Un edificio super alto es aquel que supere los 300 metros, que aproximadamente son 84 pisos y se tiene la clasificación de edificios mega altos, los cuales superan los 600 metros o equivalentemente los 168 pisos (Gormley, Kelly, Campbell, Xue , & Stewart, 2021).

Pasando a un plano más específico y localizado es crucial definir los sistemas de drenaje y sus componentes. La instalación interna de alcantarillado del inmueble o edificio se constituye como “El conjunto de tuberías, accesorios y equipos que integran el sistema de tratamiento, evacuación y ventilación de los residuos líquidos instalados en un inmueble hasta la caja de inspección que se conecta a la red de alcantarillado” (EMCALI, 2016). Ahora bien, este conjunto de tuberías parte desde cada uno de los orificios de los aparatos sanitarios hasta la bajante principal que se conecta en el piso inferior o sótanos con el alcantarillado matriz de la ciudad. Su objetivo es, además, eliminar adecuadamente cualquier tipo de residuo, ya sea líquido o sólido, fuera del inmueble, protegiendo de esta manera a los residentes de los edificios de la contaminación cruzada entre los

gases del alcantarillado y los agentes patógenos del sistema de drenaje. Por otra parte, los sistemas deben requerir un mínimo mantenimiento ya que se rigen bajo un diseño de drenaje por gravedad y deben ser lo más silencioso posible para evitar el ruido a los ocupantes proveniente de las descargas por encima y por debajo de estos. Cabe aclarar que este objetivo fundamental de los sistemas de drenaje también incluye el tratamiento adecuado de las espumas que circulan por el sistema.

Las redes de drenaje o evacuación de los edificios constan de los siguientes elementos: tuberías de evacuación, sifones o trampas y tuberías de ventilación. Las tuberías de evacuación, por su parte, se pueden dividir en derivaciones, las cuales enlazan los aparatos sanitarios con la bajante principal y pueden ser simples cuando sirven a un solo aparato y compuestas cuando sirven a varios aparatos. Las bajantes, las cuales son las tuberías de drenaje vertical del sistema, llevan cada descarga de piso hacia el colector. Estas bajantes en su parte superior se prolongan hasta la azotea del edificio para permitir la entrada de aire en el sistema. Por último, los colectores son las tuberías horizontales que recogen los desechos al pie de la bajante y los transportan a la red de alcantarillado público. Esta descripción anterior se esquematiza en la Figura 1 donde resaltan los elementos mencionados.

En cuanto a los sifones o trampas son elementos que evitan el paso de emanaciones y malos olores provenientes de la red de drenaje de los edificios hacia el interior de las viviendas y, además, constituyen el lugar por donde se espera el refluo de espumas en caso de su ocurrencia. El sistema funciona mediante un sello hidráulico. En la Figura 2 se presentan los tipos de trampas más utilizadas en edificios residenciales de las ciudades. Finalmente, las tuberías de ventilación corresponden a una serie de tuberías adyacentes al sistema de desagüe tanto vertical como horizontalmente y establecen la relación con el aire exterior. El tamaño de las bajantes de ventilación verticales debe ser el mismo que la bajante principal de drenaje y deben proveerse conexiones intervaladas en toda su longitud cuando se trate de un edificio de gran altura. Este punto se desarrollará con más profundidad en la siguiente sección del documento.

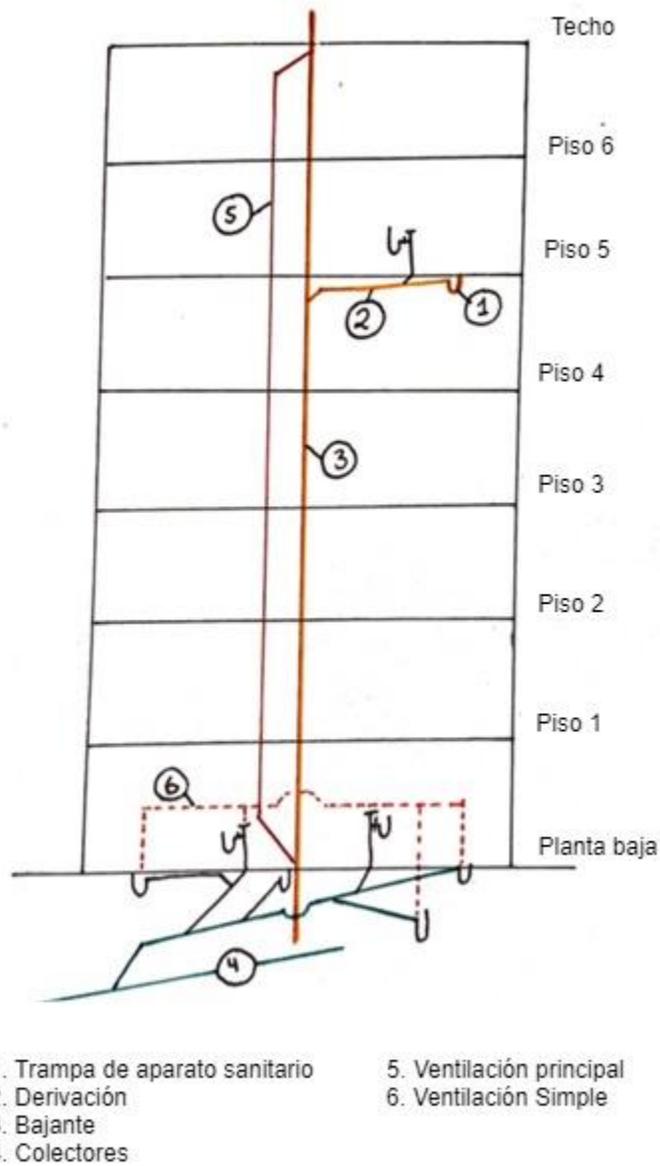


Figura 1 Componentes Sistemas de Drenaje y Ventilación

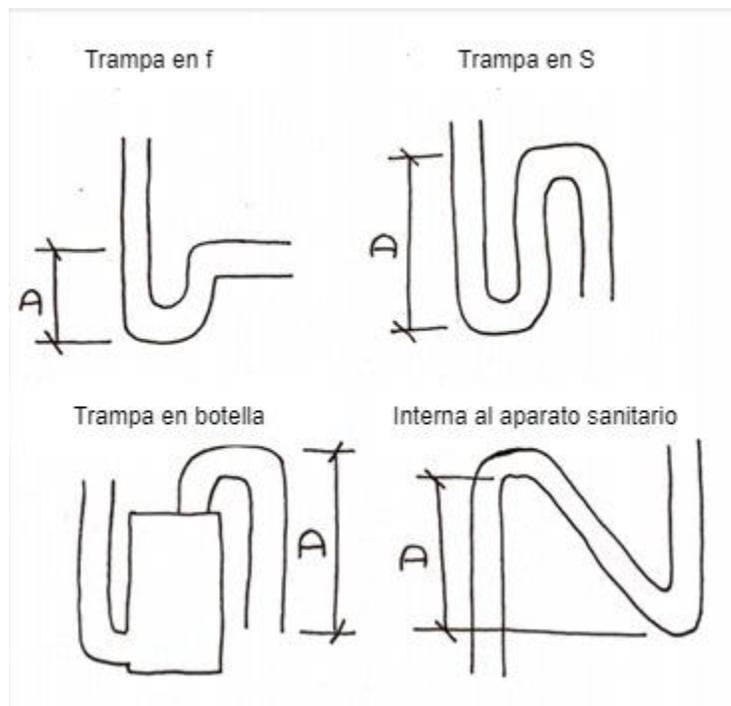


Figura 2 Tipos más comunes de trampas en edificios residenciales

Una vez se define la clasificación de altura en edificios, el concepto de edificación o edificio como tal, una vez se define también el foco localizador del problema de espumas, el cual lo constituye los sistemas de drenaje y sus componentes, es importante presentar los aspectos relacionados directamente con la producción de espumas en el sistema y qué aparatos sanitarios tienen mayor probabilidad de producirla. La espuma proviene de jabones y detergentes que se utilizan constantemente en el día a día en casas y edificios, pero que genera un impacto mayor en edificios de gran altura. Existen documentos técnicos nacionales e internacionales como, por ejemplo, Lineamientos para la elaboración y presentación de diseños hidrosanitarios de redes internas de EMCALI como también códigos de fontanería internacional como el *Uniform Plumbing Code* o el *California Plumbing Code* o el *Oregon Plumbing Specialty Code* o el *New York Plumbing Code* que confluyen en que existen aparatos sanitarios productores de espuma que son: las bañeras, lavanderías, lavadoras, fregaderos y lavavajillas. De esta forma, la investigación se concentra especialmente en el tramo de sistema comprendido por estos aparatos sanitarios, sus desagües, sus ramales, la bajante principal y su correspondiente sistema de ventilación.

Todo este conjunto de elementos y definiciones presentado representa la ubicación, el contexto y la descripción del problema de espumas y constituye el lugar donde se desarrolla la metodología y cuerpo de la investigación realizada.

## 4 METODOLOGÍA

En el desarrollo de esta investigación se realizó un procedimiento de búsqueda bibliográfica referente y relacionada con el tema de espumas en las tuberías de agua residual de las edificaciones. Esta búsqueda estuvo centrada en la revisión y análisis de normativa técnica en el área de fontanería cubriendo los ámbitos nacional e internacional, además se incluyeron artículos publicados en revistas indexadas que brindaron información valiosa para el análisis, crítica y el desarrollo en sí del problema. Cabe resaltar que el propósito de este capítulo es presentar el contenido relevante de cada documento revisado, sin embargo, no se pretende generar comparación y análisis.

El documento de normativa técnica colombiana revisado corresponde a la NTC – 1500 denominada Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en su actualización número 3. Este código rige los requisitos, las restricciones, el diseño y la instalación tanto de aparatos de fontanería como redes hidrosanitarias y de ventilación para cualquier tipo de edificación en Colombia. Dentro del contenido de la norma se incluyen definiciones de conceptos utilizados a lo largo de esta y que constituyen un marco de referencia para comprender su contenido. Se presentan las pruebas que se deben realizar dentro de un sistema de drenaje para corroborar su correcto funcionamiento, dentro de las que se encuentran las pruebas de agua, aire y final para la tubería de desagüe de aguas residuales y de ventilación. Como se mencionó en la sección anterior del documento, dentro de los aparatos sanitarios productores de espuma se encuentran las lavadoras automáticas de ropa que, además son las más utilizadas en edificios residenciales en Colombia, por lo que la norma incluye las características necesarias que deben tener para su conexión de agua y desagüe, especificando que deben cumplir con la ASSE 1007. Igualmente, se determinan las características de conexiones y requisitos para otros aparatos sanitarios.

La sección referente a los desagües sanitarios y las diferentes consideraciones y restricciones para el diseño e instalación de los sistemas forma parte fundamental de la revisión de esta norma colombiana. En esta sección se tratan los materiales aprobados para tubería de drenaje y ventilación, los accesorios apropiados de acuerdo con el material escogido, se presentan consideraciones como la no reducción de diámetro en la dirección de flujo y se especifica el proceso para el dimensionamiento de los elementos de drenaje siguiendo el método de Hunter, el cual se basa en determinar el número mínimo de aparatos sanitarios, posteriormente asignarles las unidades de desagüe correspondientes, luego identificar los caudales de diseño y finalmente asignar el diámetro de la tubería. Lo anterior, corresponde a una descripción general pero concreta del método de Hunter.

Otra sección relevante de la norma es la correspondiente a las ventilaciones. En esta se consideran los requisitos de los sistemas de ventilación, la limitación en su uso, cuáles son los materiales apropiados para este sistema (generalmente es el mismo material que la tubería de drenaje), se especifica la extensión de la ventilación y su dimensionamiento. Se presentan las conexiones con la tubería de desagüe y la ventilación de los aparatos sanitarios.

En la norma NTC – 1500 no se tienen consideraciones especiales para las espumas generadas y que transitan por las redes de los edificios tanto en las tuberías de drenaje como en las tuberías de ventilación.

Otro punto revisado en el ámbito de normativa técnica lo conforman varios códigos internacionales de países como Estados Unidos, España, Inglaterra, Australia y Nueva Zelanda. Dentro de estos se destacan consideraciones más precisas en cuanto a la situación de las espumas dentro de los sistemas de drenaje y ventilación de los edificios. Algunas de estas son: los cambios en la dirección del flujo, las conexiones a ciertas áreas denominadas como zonas de presión de espuma, el dimensionamiento tanto de las tuberías de agua residual como de ventilación, mencionan los respiraderos de alivio que deben disponerse para aligerar la estada de espumas en el sistema y hacen un recuento de la formación de estas, su recorrido y lo que posiblemente pueden llevar a causar.

Por otra parte, se revisaron artículos y libros relacionados con el tema de fontanería, sistemas de drenaje y ventilación en edificios altos, entre otros. Estos brindaron información adicional sustancial en la investigación ya que tratan puntos de crítica y análisis a los procedimientos seguidos por las normas de fontanería en los diferentes países y, además, analizan y proponen nuevas alternativas de diseño e instalación de sistemas de drenaje y ventilación para edificaciones con una altura mayor.

Con esta compilación de documentos se procede a realizar una comparación detallada a partir de informaciones, afirmaciones, consideraciones y restricciones estipuladas en cada grupo de bibliografía con el propósito de entregar al lector un panorama más completo del problema base en el desarrollo de este proyecto.

## 5 COMPARACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS DE FONTANERÍA EN UN ÁMBITO INTERNACIONAL Y NACIONAL

Este capítulo se concentrará en la correspondiente comparación entre normativas técnicas estudiadas y se complementará con artículos y libros relacionados con el tema propio de la investigación presente para entregar una aproximación adecuada de la situación de espumas en sistemas de drenaje y ventilación de edificios altos. El contenido seguirá el recorrido seguido por las espumas dentro del sistema, es decir, desde su formación en aparatos sanitarios específicos, su mezcla con agua y residuos sólidos y posterior tránsito por derivaciones, bajantes, colectores y tuberías de ventilación del sistema.

El problema comienza con la generación de espumas proveniente del uso de jabones y detergentes de aparatos sanitarios como lavavajillas, lavaderos, lavadoras automáticas de ropa y fregaderos. Este producto entra en el desagüe propio de cada aparato y es en esta ubicación donde ocurre la primera mezcla con agua, residuos sólidos y aire que entra a la bajante principal desde pisos superiores, una segunda mezcla ocurre cuando las descargas de los ramales de cada piso entran en la bajante principal. Esta mezcla se mueve por la bajante y se acumula en las partes bajas del sistema y en cambios de dirección de la bajante principal. Esto se evidencia con mayor exactitud en el libro de Rafael Pérez Carmona titulado *Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones* y también en el libro de Alfred Steele denominado *Engineered Plumbing Design II* donde menciona que “los lugares de almacenamiento de las espumas son las partes más bajas del sistema y los cambios de alineamiento mayores de 45 grados” (Carmona, 2010). Ahora bien, es preciso en este punto aclarar la diferencia de peso entre las espumas y el aire, por lo que, la permanencia prolongada de estas en el sistema es debida a esta característica. Según la literatura, las espumas pueden pesar desde 2 hasta 19 libras por pie cúbico; la variación de rango está relacionada con el periodo de tiempo en que la espuma permanezca en las tuberías y el tipo de detergente o jabón utilizado (Officials, National Standard Plumbing Code, 2018). Por su característica de peso descrita, es complicado para el agua drenar satisfactoriamente la acumulación de espumas y, consecuentemente, se desencadenan fenómenos de altas presiones a lo largo del sistema de drenaje y ventilación, fomentando la formación de las denominadas zonas de presión de espuma.

Las zonas de presión de espuma son concebidas como ciertas ubicaciones del sistema de drenaje donde se generan altas presiones cuando el aire comprime los rezagos de espumas. Generalmente, las espumas no encuentran un camino viable para drenar, por lo cual, dan lugar a la formación de cuatro zonas de presión de espuma que se especificarán a continuación.

La NTC – 1500 no concibe la inclusión de la situación de espumas dentro de los sistemas de drenaje, sin embargo, normas internacionales como el *New York Plumbing Code*, el *National Standard Plumbing Code* y autores como Pérez Carmona y Steele, confluyen en la concepción y descripción detallada de las cuatro zonas en cuestión. Se presenta la esquematización simplificada de las cuatro zonas de presión tanto la versión encontrada en el *New York Plumbing Code* como la versión adaptada manualmente, posteriormente, esquemas detallados de cada zona y finalmente su descripción precisa.

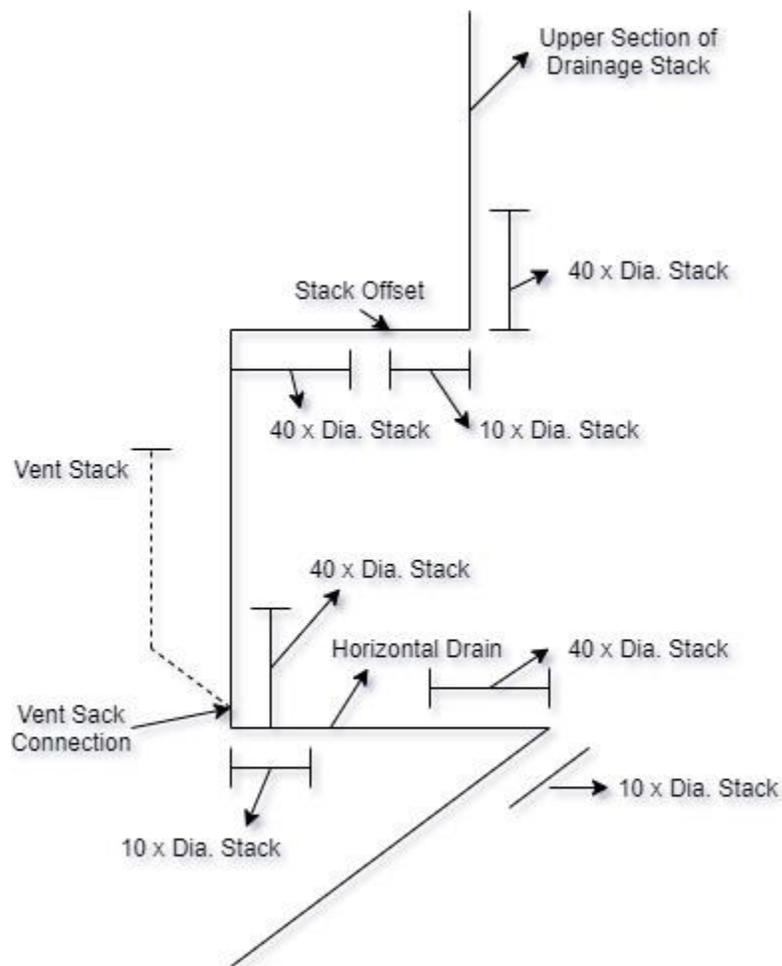


Figura 3 Zonas de presión de espumas en sección de tubería de drenaje tomado de (Officials, *New York Plumbing Code*, 2014)

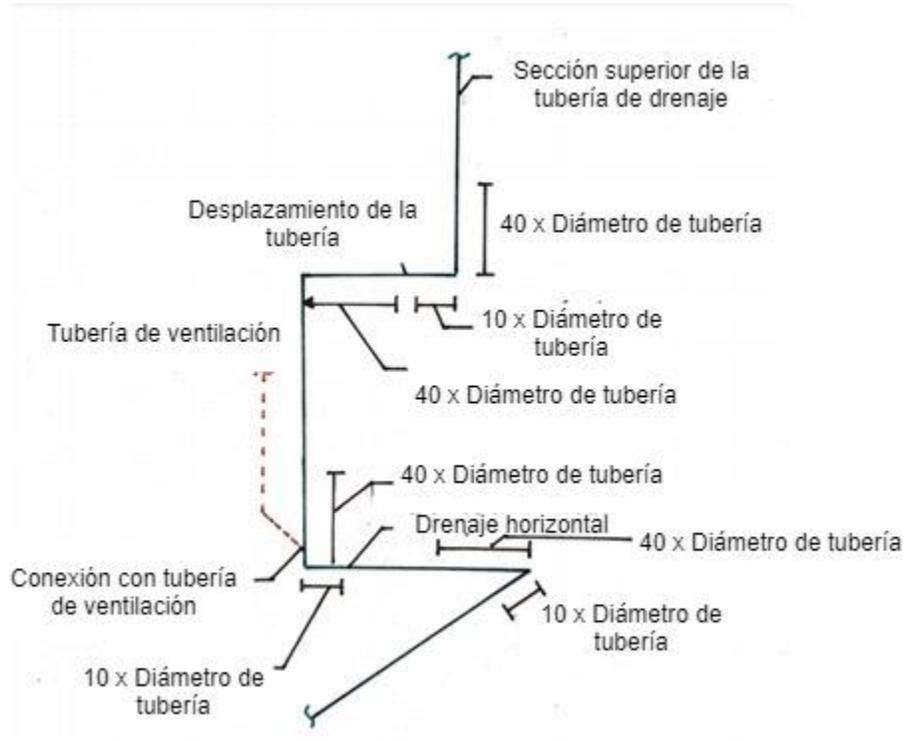


Figura 4 Zonas de presión de espumas en sección de tubería de drenaje

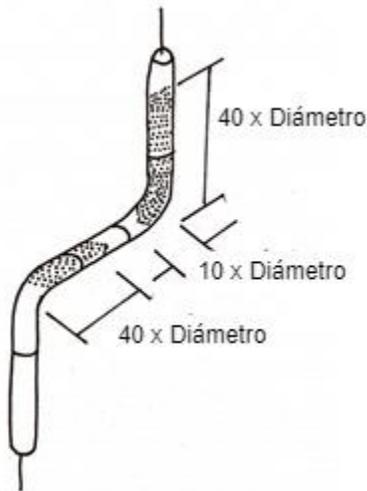


Figura 5 Zona 1: En cambios mayores de 45 grados en el alineamiento de la bajante

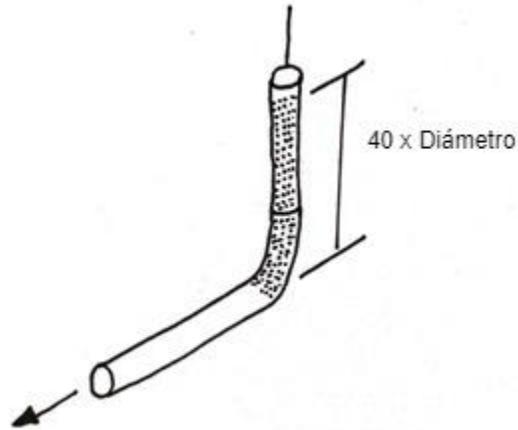


Figura 6 Zona 2: Por encima de la base de la bajante

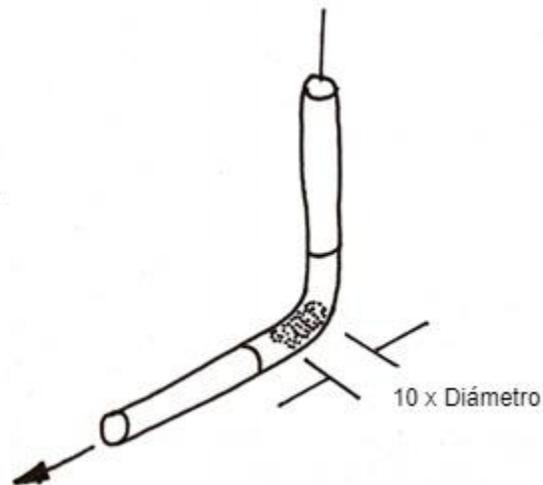


Figura 7 Zona 3: En la parte horizontal donde entrega la bajante

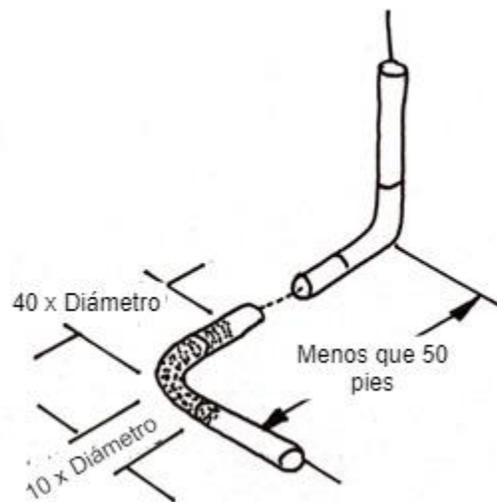


Figura 8 Zona 3: En cambios mayores a 45 grados en el ramal horizontal

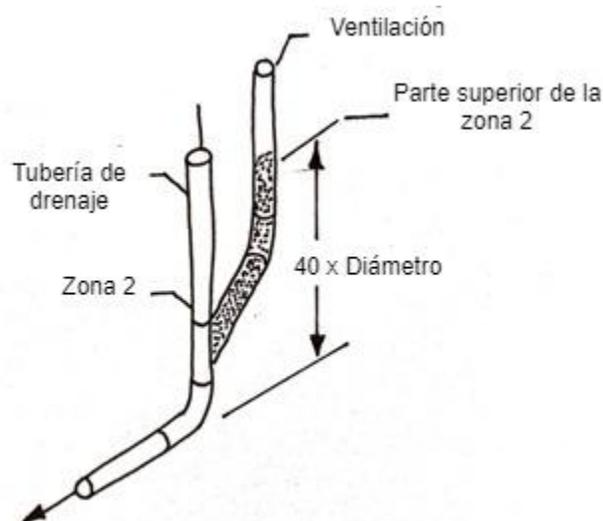


Figura 9 Zona 4: En la ventilación principal

Teniendo presente los esquemas anteriores, y las zonas sombreadas de las figuras, las cuatro zonas de presión de espuma corresponden a:

- Zona 1: En cambios mayores de 45 grados en el alineamiento de la bajante, donde se dan 40 veces el diámetro de tubería verticalmente y 10 veces el diámetro de tubería horizontalmente del cambio. En el mismo tramo horizontal, se da 40 veces el diámetro de tubería aguas arriba del nuevo cambio vertical.
- Zona 2: En la base de la bajante, donde se desarrollan 40 veces el diámetro de tubería verticalmente.

- Zona 3: En la parte horizontal donde entrega la bajante y se desarrollan 10 veces el diámetro de tubería aguas abajo del accesorio que reciba la bajante. Se da otro caso de zona de presión de espuma cuando existen cambios mayores de 45 grados en el ramal horizontal, donde se dan 40 veces el diámetro de tubería aguas arriba y 10 veces el diámetro de tubería aguas abajo.
- Zona 4: En la ventilación principal, donde la influencia alcanza la misma altura que en la bajante.

Una vez presentadas y descritas las zonas de presión de espumas, las cuales representan las ubicaciones a lo largo de las tuberías de los sistemas de drenaje y ventilación donde permanecen las espumas, es recomendación unánime de códigos y textos relacionados con el tema que, no se realicen conexiones directas tanto de tubería de agua residual como tubería de ventilación en las cuatro zonas, por cuanto, promoverían el reflujó y afloración de espumas por los sifones de piso y/o desagües de aparatos sanitarios de apartamentos ubicados en pisos inferiores principalmente de los edificios altos.

Adicionalmente a la constitución de las cuatro zonas de presión de espuma, la presencia de este producto generado dentro del sistema también produce un desbalance de presión, el cual, mediante la práctica de la ingeniería en fontanería, se trata de equilibrar. Por naturaleza los sistemas de drenaje y ventilación en edificios de gran altura, que se constituyen como sistemas complejos, son de estado inestable por la dependencia del tiempo y las condiciones cambiantes debido a los flujos multifásicos y multicomponentes que se vierten en él (White, Above ground drainage and vent systems , 2017). De forma complementaria, se presenta el siguiente perfil de presión de flujo inestable a lo largo de la tubería de drenaje, donde se presenta el comportamiento cambiante en cada etapa o porción de tubería. Se puede decir también que, en su gran mayoría el sistema trabaja con presiones negativas y cerca de la entrega al alcantarillado principal se vuelve positiva. Sin embargo, la porción positiva de presión es insignificante comparada con la presión negativa presente en el resto del sistema.

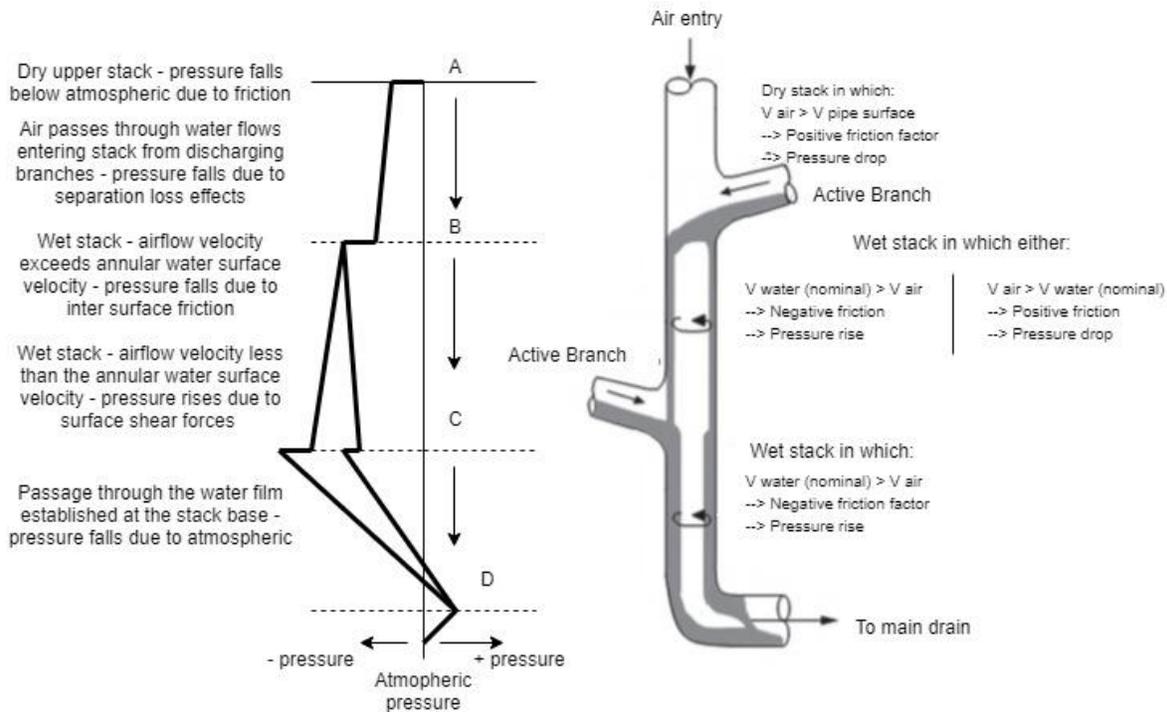


Figura 10 Perfil de presión para estado inestable en tubería de drenaje tomado de (White, Above ground drainage and vent systems , 2017)

Teniendo presente la figura anterior, se tiene que en el segmento de tubería A-B, la tubería está seca, la velocidad del aire es mayor que la velocidad en la superficie de la tubería, por lo que se crea un factor de fricción positivo y de forma consecuente, la presión cae. En el punto B de la tubería, el aire pasa por los flujos de agua que entran a la bajante por los ramales de descarga y ocurre una caída de presión debido a efectos de la pérdida por separación. En el segmento de tubería B-C, la tubería ya se encuentra mojada y pueden ocurrir dos escenarios. El primero, donde la velocidad del flujo de aire excede la velocidad terminal del agua provocando una caída de presión debido a una fricción positiva entre superficies. El segundo escenario, corresponde a una velocidad de flujo de aire menor que la velocidad terminal del agua, lo cual conlleva a un incremento en la presión debido a una fricción negativa. Finalmente, en el segmento C-D, la velocidad terminal del agua es mayor que la velocidad del flujo de aire generando un factor de fricción negativo y consecuentemente, la presión se incrementa hasta sobrepasar la presión atmosférica.

Ahora bien, dentro de la literatura estudiada se proponen distintas recomendaciones con el único propósito de aliviar las zonas de presión de espuma, equilibrar el estado de presiones en los sistemas de drenaje y ventilación de edificios de gran altura y evitar el reflujo y afloramiento de espumas por los sifones de piso y/o desagües de aparatos sanitarios.

Para el caso colombiano se cuenta con especificaciones propuestas por la empresa EMCALI con su documento normativo titulado Lineamientos para la Elaboración y Presentación de Diseños Hidrosanitarios de Redes Internas, donde se menciona que no se deben realizar conexiones de desagüe a un colector horizontal en una distancia menor que 2.4 metros del punto de conexión de una bajante que trae la descarga de aparatos que producen espuma (EMCALI, 2016). Esto también lo comparten normativas internacionales como el *Uniform Plumbing Code* y códigos de fontanería de estados norteamericanos como California, Oregon y Nueva York. Para cumplir con requisitos de normativa técnica y de acuerdo con el documento de EMCALI, deben proveerse tuberías de desagüe y ventilación que se extiendan hasta la cubierta de la edificación sin disminuir su diámetro original, ramales horizontales de ventilación que sirvan al conjunto de aparatos sanitarios de cada piso y por último, EMCALI, declara textualmente que “las bajantes que se extiendan por más de cuatro pisos deben tener un conducto de ventilación paralelo, el cual debe mantener el mismo diámetro en toda su altura. Este conducto debe conectarse a la bajante cada tres pisos por medio de una junta o ventilación de alivio de igual diámetro al menor entre el diámetro de la bajante y el diámetro del conducto de ventilación, pero nunca menor que estos dos” (EMCALI, 2016). En este punto, el autor colombiano Rafael Pérez Carmona, apoyado por Alfred Steele, difiere en cuanto al intervalo donde deben disponerse los respiraderos de alivio entre la bajante de desagüe y la tubería de ventilación paralela. En su caso, Pérez Carmona y Steele mencionan que, en edificios altos deben disponerse respiraderos de alivio cada diez intervalos verticales contados de arriba hacia abajo.

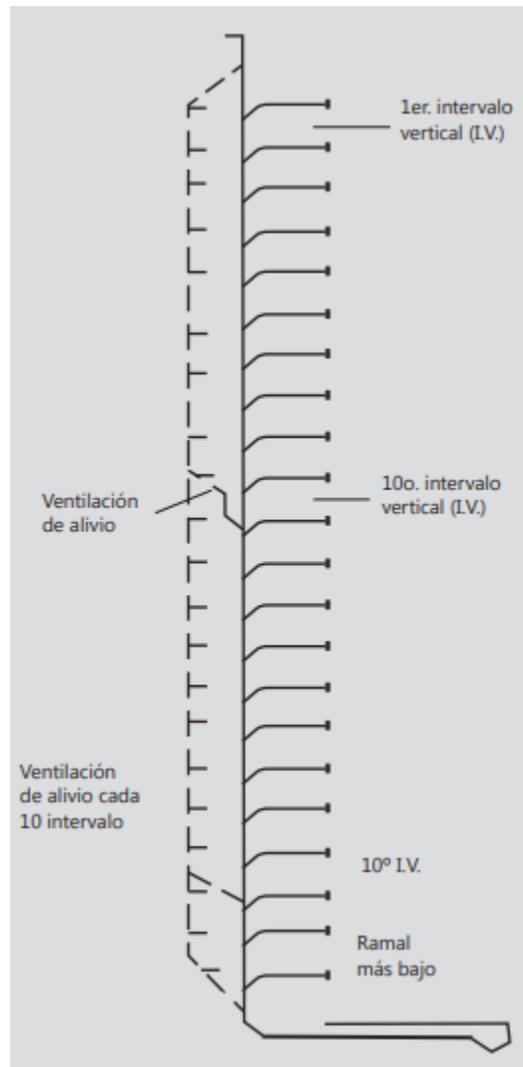


Figura 11 Disposición de ventilación de alivio tomado de (Carmona, 2010)

Lo anterior, se esclarece con la Figura 11 donde se presenta el esquema propuesto para las ventilaciones de alivio en cada décimo intervalo. Siguiendo con la disposición de las ventilaciones de alivio, el *Uniform Plumbing Code* y otros códigos norteamericanos señalan otra configuración. Estos códigos mencionan que estos respiraderos deben ubicarse cada quinto piso comenzando desde la parte superior de la tubería de drenaje.

En cuanto al tamaño de la tubería de ventilación paralela, el autor Pérez Carmona concuerda con la empresa EMCALI ya que expresa que “El diámetro de la ventilación de alivio es igual al menor diámetro entre la ventilación principal y la bajante” (Carmona, 2010). Uno de los códigos internacionales mencionados (*New York Plumbing Code*) difiere en lo referente al tamaño de los respiraderos de alivio que deben disponerse ya que afirma que el diámetro de estos deberá ser “al

menos tres cuartos del diámetro de la tubería en la que se encuentra la zona de presión” (Officials, New York Plumbing Code, 2014). Sin embargo, los códigos como el *Uniform Plumbing Code*, *California Plumbig Code* y *Oregon Plumbing Specialty Code* comparten las posturas de EMCALI, Pérez Carmona y Steele. Cabe mencionar que, el *National Standard Plumbing Code* y el *New York Plumbing Code* establecen que el diámetro mínimo de una tubería de ventilación y de alivio debe ser de 2 pulgadas.

Un punto importante que incluye Pérez Carmona y lo comparte con el autor Alfred Steele es la ventilación en cambios de dirección de la bajante ya que estos cambios de dirección se establecen como zonas de presión de espuma, por lo que, es indispensable contar con ventilación de alivio. Los dos autores proponen tres configuraciones en el diseño de estos cambios de dirección de la bajante, cuando el cambio, cabe aclarar, es mayor de 45 grados. Para establecer el punto de comparación se presentan en seguida los esquemas realizados por los autores Pérez Carmona y Steele, posteriormente se describen los detalles propuestos por los autores.

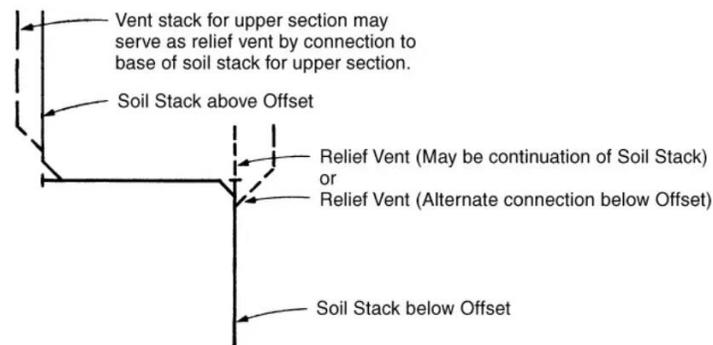


Figura 12 Primera configuración de ventilación de alivio en cambio de dirección de bajante tomado de (Steele, 1982)

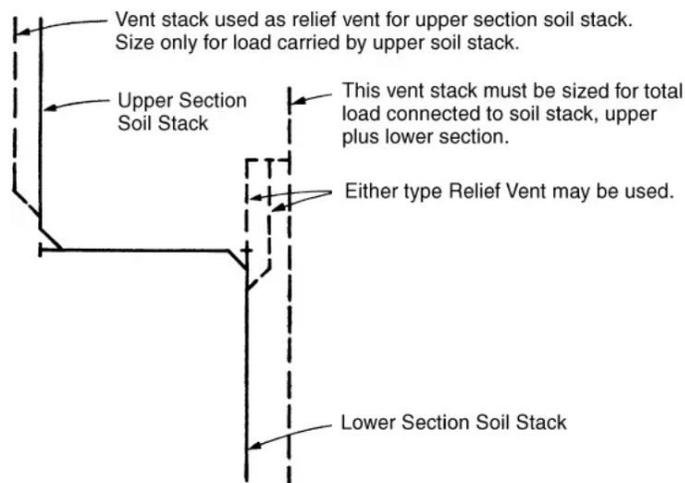


Figura 13 Segunda configuración de ventilación de alivio en cambio de dirección de bajante tomado de (Steele, 1982)

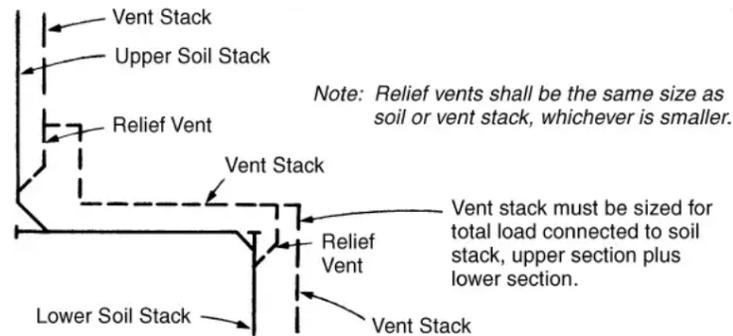


Figura 14 Tercera configuración de ventilación de alivio en cambio de dirección de bajante tomado de (Steele, 1982)

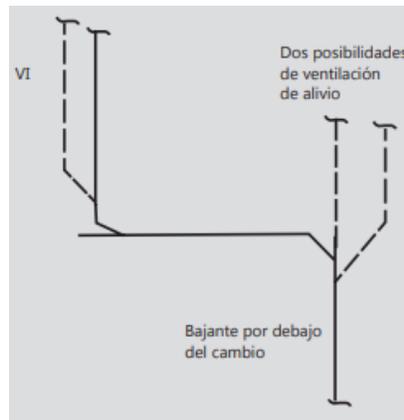


Figura 15 Primera configuración en cambio de dirección de bajante tomado de (Carmona, 2010)

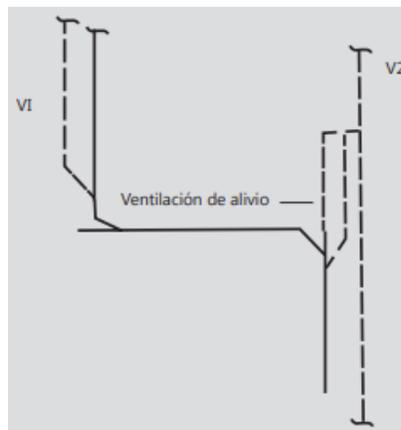


Figura 16 Segunda configuración en cambio de dirección de bajante tomado de (Carmona, 2010)

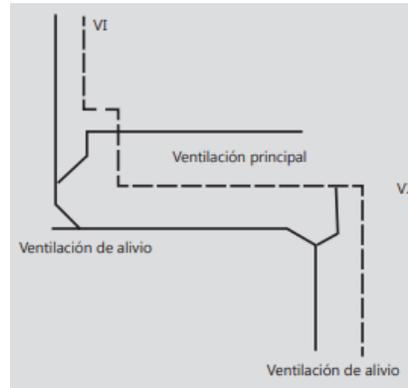


Figura 17 Tercera configuración en cambio de dirección de bajante tomado de (Carmona, 2010)

Las tres últimas figuras, corresponden a la adaptación al español realizada por Pérez Carmona a partir del libro de Alfred Steele. Las tres configuraciones son:

- La ventilación V1 sirve de alivio, y está conectada a la base de la bajante con el diámetro adecuado para ventilar las unidades de ese tramo, el cual corresponde a la bajante que se extiende aguas arriba. Para la parte inferior o parte derecha en la Figura 15, se puede instalar de dos formas la ventilación de alivio: como prolongación de la bajante o en un punto por debajo del cambio.
- La ventilación V1 sigue cumpliendo la misma función que se describió con la configuración anterior. Por su parte, la ventilación V2 corresponde a la tubería de ventilación principal dimensionada para el total de unidades, tanto de la sección aguas arriba como de la sección aguas abajo, y debe disponerse de una ventilación de alivio entre la ventilación principal y el cambio de dirección de la bajante. Esta ventilación de alivio puede disponerse de las dos formas presentadas en el punto anterior.
- Para esta última configuración se mezclan las dos anteriores ya que se tienen las mismas ventilaciones de alivio del lado derecho e izquierdo de la figura y se presenta, adicionalmente, una conexión de tubería de ventilación que sirva de alivio para la sección aguas arriba y aguas debajo del cambio de dirección de la bajante.

Dentro del camino hacia el alivio de espumas y su no ocurrencia en los sistemas de drenaje y ventilación de edificaciones de gran tamaño, se encuentra una recomendación particular en cuanto a la concepción y diseño de los sistemas de drenaje. Esta recomendación la realiza el profesor *Drew R. McFadden* y el *National Standard Plumbing Code*, compartiendo la misma especificación técnica. La recomendación mencionada hace referencia a la separación de bajantes cuando el edificio supera cierta cantidad de pisos. Por su parte, el profesor *McFadden* propone en su presentación en el *ASPE Plumbing Trade Exhibition and Technical Symposium* que, para edificaciones con seis pisos o más, los cuatro pisos inferiores se drenen por una bajante independiente y el resto de los pisos se drenen por una bajante simple hasta llegar al nivel de piso

(McFadden, 2019). Por su parte, el *National Standard Plumbing Code* especifica que esta condición de separación en la bajante debe cumplirse tanto en una bajante simple de seis pisos o más o cuando después de un cambio en la dirección de la bajante ocurra la misma situación en la cantidad de pisos servidos por la bajante. Este código internacional también presenta un esquema de la separación en la bajante incluyendo la aclaración en caso de ocurrir un cambio de dirección de esta en la Figura 18.

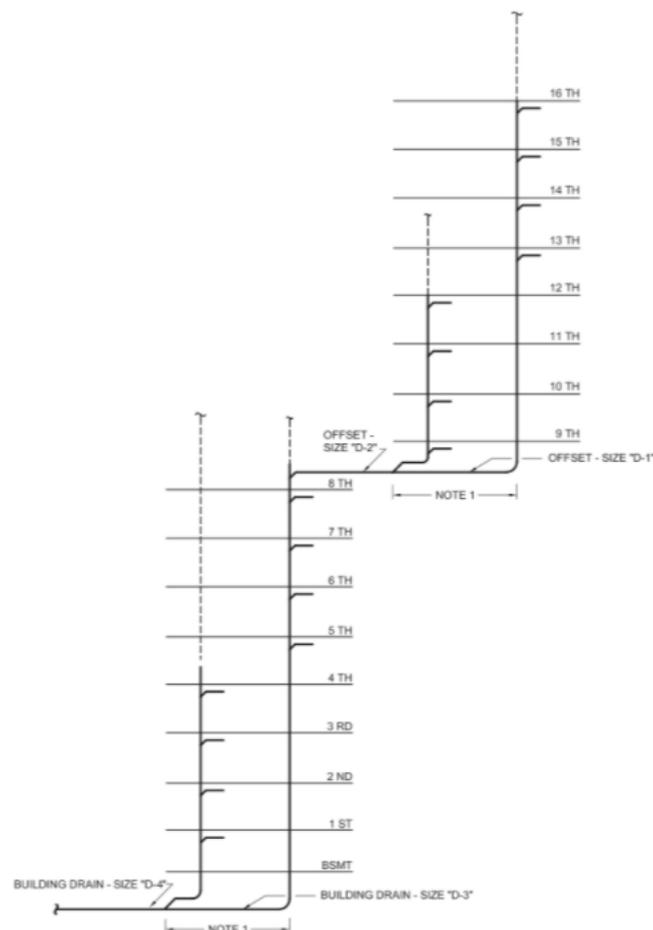


Figura 18 Separación de la bajante principal tomado de (Officials, *National Standard Plumbing Code*, 2018)

Una vez presentada la figura especificando la separación en la bajante de edificios altos cabe mencionar que el dimensionamiento de las porciones horizontales de tubería ubicadas justamente después de la base que sirven a cada bajante vertical debe realizarse teniendo en cuenta el total de unidades de desagüe solamente de esa sección vertical de la tubería de drenaje.

Un último estudio que se desea incluir dentro de este capítulo es el realizado en Taiwan, el cual propone una serie de configuraciones en el diseño de sistemas de drenaje y ventilación de

edificios altos que se pueden implementar para que estos sistemas trabajen satisfactoriamente y evitar, de esta manera, la variación en la presión de aire a lo largo de las tuberías de drenaje y ventilación. La investigación se denomina *Current design on high-rise building drainage System in Taiwan* y pretende estudiar la situación actual de los sistemas de drenaje y ventilación que tienen los edificios altos en ese país. Presenta los resultados de las categorías de sistemas de drenaje y ventilación más comunes y finalmente, proponen seis tipos de categorías de construcción de drenajes para edificaciones de gran altura.

Entrando un poco más en detalle sobre el estudio realizado en Taiwan, fue llevado a cabo sobre una muestra de 354 edificios de gran altura, donde se encontró que la categoría más común para un sistema de drenaje corresponde a la denominada en inglés como “*Separated double-barreled*”. Esta configuración se muestra en la Figura 19. Por su parte, la ventilación más común dentro de la muestra estudiada corresponde a una ventilación tipo 3 (denominada de esta forma en la investigación) y la cual se muestra en la Figura 20.

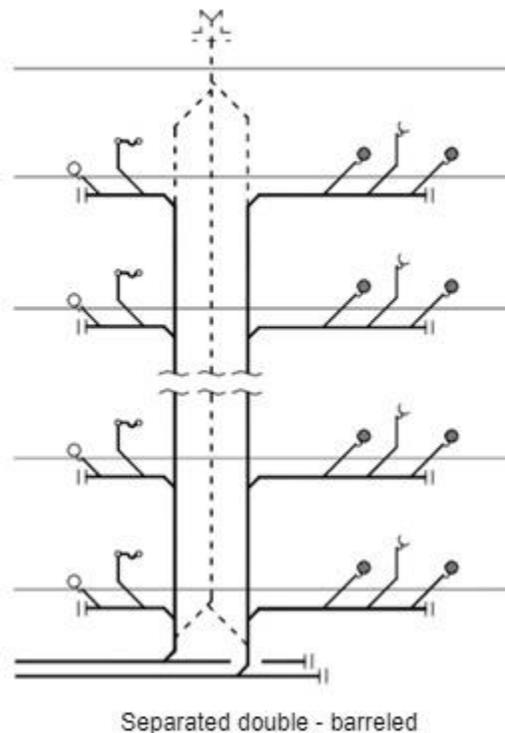


Figura 19 Categoría más común para un sistema de drenaje tomado de (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004)

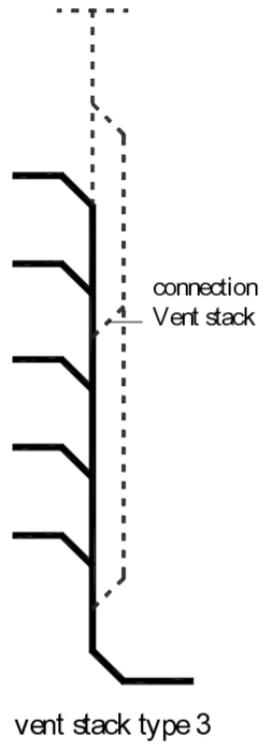
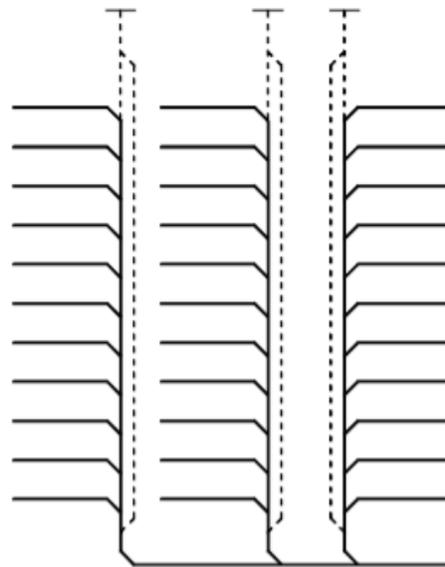


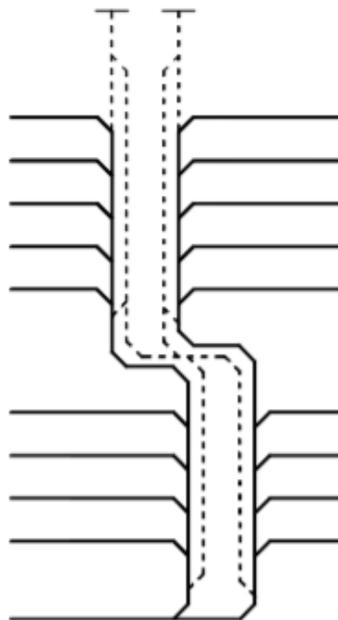
Figura 20 Configuración más común para sistema de ventilación tomado de (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004)

Finalmente, se presentan las siguientes figuras que hacen referencia a las recomendaciones en la concepción, diseño e instalación de sistemas de desagüe y ventilación de edificios altos propuestas por la investigación realizada en Taiwan por el autor principal Cheng-Li Cheng.



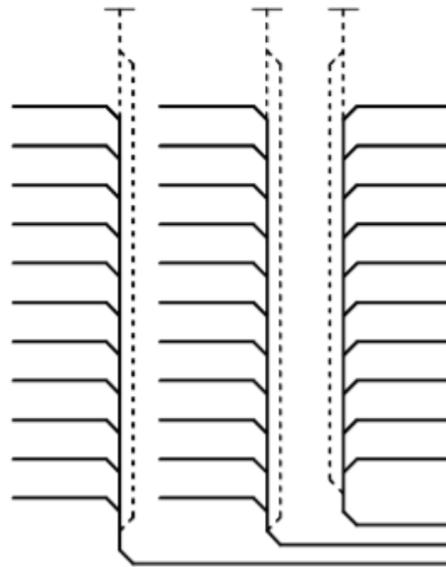
TYPE-1

Figura 21 Sistema de drenaje y ventilación tipo 1 tomado de (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004)



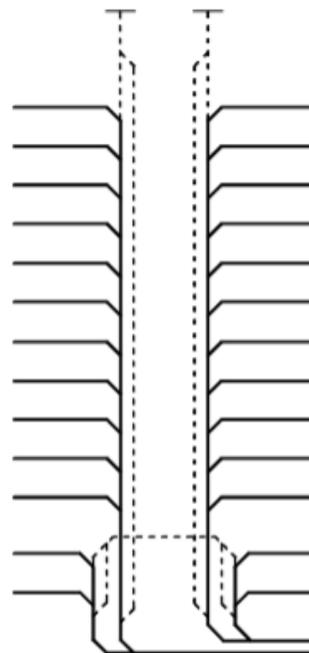
TYPE-2

Figura 22 Sistema de drenaje y ventilación tipo 2 tomado de (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004)



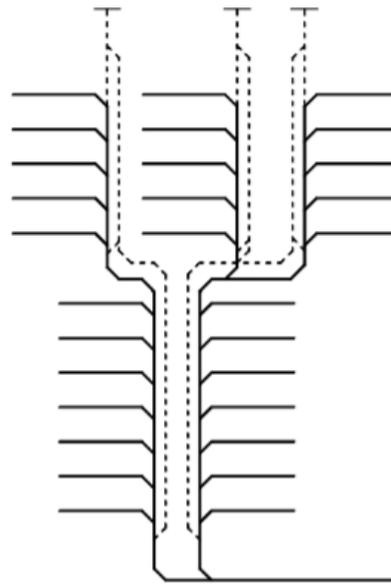
TYPE-3

Figura 23 Sistema de drenaje y ventilación tipo 3 tomado de (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004)



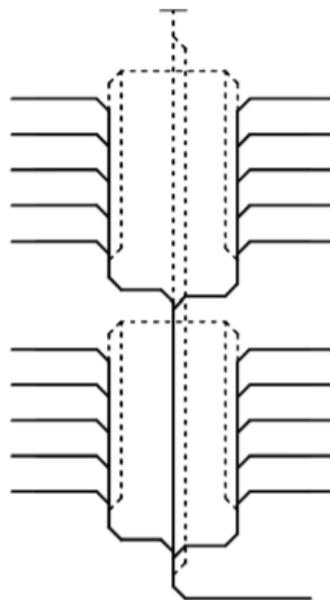
TYPE-4

Figura 24 Sistema de drenaje y ventilación tipo 4 tomado de (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004)



TYPE-5

Figura 25 Sistema de drenaje y ventilación tipo 5 tomado de (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004)



TYPE-6

Figura 26 Sistema de drenaje y ventilación tipo 6 tomado de (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004)

---

Este conjunto de recomendaciones y especificaciones compiladas en este capítulo son fundamentales por cuanto sientan las bases para que en un futuro se puedan implementar modelos experimentales que incluyan, ya sea una recomendación o una combinación de estas, para estudiar el comportamiento de un producto como la espuma dentro de estos sistemas de drenaje y ventilación.

## 6 CRÍTICA Y ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN

El ejercicio de investigación y revisión bibliográfica conduce a realizar y presentar comparaciones encontradas entre los documentos, normas, libros y artículos seleccionados para tal propósito. Estas comparaciones pueden ser semejanzas o diferencias de recomendaciones o especificaciones que cada bibliografía condensa en su contenido. Ese fue el proceso realizado y concentrado en el capítulo anterior del presente proyecto. Ahora bien, aparte de comparar y diferenciar afirmaciones e información en general, la investigación y revisión bibliográfica también conduce a criticar y analizar las recomendaciones, especificaciones o, de forma general, el contenido de la bibliografía relacionada con el tema de este documento.

Un punto importante de crítica y tal vez una de las razones para el desarrollo de este proyecto de grado es el atraso de la normativa colombiana en fontanería con respecto a la inclusión de las espumas dentro de las sugerencias e indicaciones de obligatorio seguimiento. Dentro de la norma NTC – 1500 no se presenta la definición de espumas, su generación y el lugar de producción de esta, no incluye su comportamiento, constitución y comparación con sustancias inherentes a los sistemas de drenaje y ventilación de edificaciones de gran altura. El código no sugiere causas ni consecuencias del tránsito y permanencia de las espumas dentro de las tuberías de desagüe y ventilación y naturalmente, tampoco indica condiciones favorables para evitar el refluo y afloración de espumas por sifones de piso y/o desagües propios de aparatos sanitarios. Lo anteriormente mencionado, es una falencia en la norma ya que este producto de jabones y detergentes es usado, de forma frecuente, cada día por los habitantes en las ciudades y, específicamente, por residentes de edificios altos que, generalmente, forman una muestra considerable dentro de un espacio reducido.

En el marco colombiano es importante resaltar el trabajo realizado por EMCALI y Rafael Pérez Carmona ya que por medio de sus aportes técnicos brindan a la comunidad académica, técnica y a ciudadanos del corriente información valiosa con respecto a las espumas dentro de los sistemas de drenaje y ventilación que puede ser implementada en la concepción, diseño e instalación de estos.

En el ámbito internacional, existe mayor conocimiento y estudio sobre el tema en cuestión, lo cual implica mayor detalle y precisión al momento de indicar recomendaciones y especificaciones que tanto ingenieros hidráulicos como arquitectos deben tener en cuenta cuando se construyen edificios altos. Dentro de las normas internacionales, Estados Unidos es el país con mayor concentración de información, estudios e investigaciones realizadas. Las normativas estatales incluyen la posibilidad de la presencia y permanencia de las espumas en tuberías de agua residual, pero son códigos nacionales como el *Uniform Plumbing Code* o el *National Standard Plumbing*

*Code*, los que contemplan con mayor detalle el fenómeno de reflujos y afloración de espumas y cómo se puede, de alguna forma, combatirlo.

Continuando con el tema de normativa técnica, específicamente en el dimensionamiento de sistemas de ventilación, los cuales representan un alivio importante para las zonas de presión de espumas y para evacuar, en general, este producto fuera de los sistemas de desagüe, varios artículos revisados afirman que, dentro de la concepción de la norma, el dimensionamiento o, mejor dicho, el cálculo para determinar el tamaño de la tubería de ventilación es equivocado. Además, mencionan que existen limitaciones en el diseño de tuberías de drenaje y ventilación para edificios de gran altura debido a la no actualización de las normas y porque fueron concebidas para edificaciones de altura baja y media. Una primera evidencia se encuentra en el libro de Alfred Steele donde se dice textualmente que “Las tablas de dimensionamiento de las tuberías de ventilación de prácticamente todos los códigos se calculan en función de la capacidad del flujo de aire y no contemplan en modo alguno el flujo más exigente de la espuma. Los tamaños que se basan en esas tablas de códigos son inadecuados para acomodar el flujo de espuma y, por lo tanto, son incapaces de proporcionar un alivio de presión de espuma adecuado” (Steele, 1982). Lo anterior, constituye un buen llamado de atención con el fin de actualizar la normativa técnica en lo referente a la situación de espumas en tuberías de desagüe y ventilación y su correcto dimensionamiento ya que la naturaleza de las espumas, en peso y comportamiento, es diferente a el agua, los residuos sólidos y el aire. Esta posición también la comparte el autor Cheng-Li Cheng en su estudio titulado *Current design on high-rise building drainage System in Taiwan* donde afirma que “*Owing to Insufficient guideline for building drainage vent construction, the current design is mostly not under regulation. It is obvious that stricter regulation needs to be conducted for refine this situation especially for high-rise building*” (C.L. Cheng, W.H. Lu, & K.C. Ho, 2004). Es claro que, también en el caso de Taiwan, la norma es insuficiente al momento de brindar condiciones para el correcto diseño de sistemas de drenaje y ventilación para edificios de gran tamaño.

En otro artículo, esta vez titulado *Building Drainage System Design for Tall Buildings: Current Limitations and Public Health Implications* de Michael Gormley se expone que actualmente no existen guías de diseño que cubran el diseño de sistemas de drenaje para edificios altos y, además, no hay suficiente ciencia de base o comprensión en cuanto al funcionamiento de estos sistemas en edificios de gran altura (Gormley, Kelly, Campbell, Xue, & Stewart, 2021). A partir de este mismo documento se puede decir que por la falta de un entendimiento más detallado acerca del diseño de sistemas de desagüe en edificios altos, no se puede pretender extrapolar las recomendaciones y especificaciones de las normas al diseño de estos sistemas en las nuevas construcciones de edificaciones. Finalmente, como conclusión del artículo, llaman a “actuar urgentemente para producir metodologías de diseño actualizadas con el fin de tratar las dificultades particulares

asociadas a los diseños de los sistemas de drenaje de los edificios altos y garantizar que dichos sistemas salvaguarden a salud pública” (Gormley, Kelly, Campbell, Xue , & Stewart, 2021).

Un análisis final vital para este proyecto es la inclusión de innovaciones actuales que propendan por un mejor funcionamiento de los sistemas de drenaje y ventilación y, consecuentemente, aliviar la presión de espuma en el sistema, mantener un equilibrio de presiones en el drenaje de edificios altos, facilitar la ventilación principal y de alivio del sistema y eliminar el reflujos y afloración de espumas por los sifones de piso y/o desagües de aparatos sanitarios. Estas innovaciones se centran en la ventilación de los edificios altos que, como se ha presentado a lo largo de este documento, forma parte fundamental en la resolución del problema. Algunos textos proponen la denominada ventilación activa.

La ventilación activa se refiere a la inclusión de válvulas de admisión de aire (AVV’s por sus siglas en inglés) y atenuadores de presión positiva de aire (PAPA’s por sus siglas en inglés), los cuales han sido probados satisfactoriamente en edificaciones de más de 100 plantas. Adicionalmente, brindan una serie de ventajas como, por ejemplo: reducción de la complejidad del sistema de ventilación, reducción del tiempo de instalación y mano de obra, reducción del material utilizado en el sistema aportando sostenibilidad al diseño y mayor previsibilidad del funcionamiento del sistema. Por su parte, las válvulas de admisión de aire funcionan introduciendo aire en un solo sentido y activándose al percibir niveles de presión negativos. Además, protege las trampas o sellos de agua de los sifones, manteniendo las presiones balanceadas. Las válvulas se ubican, generalmente, en las derivaciones entre aparatos sanitarios y bajante principal y se aprecia en la Figura 27. Los atenuadores de presión positiva de aire proporcionan una protección efectiva y completa contra presiones positivas y es un método viable para reemplazar las tuberías de ventilación existentes. Estos atenuadores suelen ubicarse en la base de la bajante principal y se muestra un ejemplo en la Figura 28.



Figura 27 Válvulas de admisión de aire tomado de (Aliaxis, 2021)



Figura 28 Atenuadores de presión positiva de aire tomado de (Aliaxis, 2021)

Estas soluciones presentadas y junto con las recomendaciones realizadas por autores y analizadas en este capítulo pueden ser un buen impulso hacia un estudio más detallado y profundo de las espumas dentro de los sistemas de drenaje y ventilación. Son, además, el primer paso para conseguir una buena creación de modelos físicos experimentales a escala, donde se puedan hacer pruebas con el fin de observar y seguir el comportamiento de este producto tan cotidiano en las tuberías de agua residual de edificios de gran tamaño.

## 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizado el proceso de entender, estudiar e investigar el problema de las espumas en las tuberías de agua residual y ventilación de las edificaciones de gran altura y realizar una comparación, crítica y análisis de la bibliografía afín al tema, se puede presentar algunas conclusiones. En primer lugar, el atraso en Colombia en lo referente a norma técnica de fontanería es considerable. La norma no incluye en todo su contenido la situación tan cotidiana de espumas, su reflujo y afloramiento por sifones de piso y/o desagües de aparatos sanitarios que, aflige e incómoda a los residentes de edificios altos. En contraste, se resalta el trabajo de la empresa EMCALI y del autor Pérez Carmona por brindar a la ciudadanía y a profesionales del área implicada con definiciones, recomendaciones e indicaciones con respecto a la formación de espumas, su comportamiento y sus consecuencias dentro de los sistemas de drenaje y ventilación. Adicionalmente, y teniendo en cuenta que, si bien es un problema que puede llegar a ser frecuente por el elevado uso de jabones y detergentes en edificios altos, no existen demasiadas quejas o reclamos de usuarios con respecto al reflujo y afloramiento de espumas en Colombia.

Fuera del país se concluye que se han llevado a cabo más estudios en lo referente al tema del presente trabajo de grado. En primera instancia, la normativa técnica incluye el término, brinda recomendaciones y sugerencias para evitar su formación y permanencia dentro del sistema de drenaje y, de alguno u otra forma, regula el problema de las espumas a lo largo de los diferentes estados y del país en general. En segunda instancia, existen experiencias de usuarios y residentes de edificios de gran altura que han alertado a las autoridades competentes sobre este problema y situación en particular, lo que acelera trámites y la necesidad de proponer una solución urgente. Cabe resaltar que, en este marco internacional el país con más avance e inclusión del problema es Estados Unidos ya que cuenta no solo con parámetros nacionales sino con especificaciones propias para muchos estados. Lo anterior, conduce a obtener información detallada y útil sobre el tema planteado en este proyecto.

Finalmente, es importante mencionar que, después de haber llevado a cabo esta revisión bibliográfica y a pesar de la valiosa información encontrada y cuidadosamente seleccionada, queda mucho por descubrir en lo referente a las espumas que se generan, transitan y permanecen en las tuberías de drenaje y ventilación y que, indudablemente, se constituyen como una situación incómoda para residentes de edificios altos.

Por esta razón, es urgente la debida actualización de las normas técnicas en el área de fontanería que se aplican en los distintos países. En el caso colombiano esta inclusión y actualización del contenido de la norma en este aspecto en particular se hace aún más urgente ya que año tras año se están construyendo edificaciones cada vez más grandes, las cuales no deberían tener un

---

sistema de drenaje y ventilación obsoleto sino uno que esté un paso adelante y que salvaguarde tanto la salud pública como su correcto funcionamiento.

En este punto se hace un llamado a universidades, asociaciones de ingeniería civil, empresas interesadas en esta temática en particular, entre otros para que se inste a las autoridades competentes en iniciar un proceso de actualización o inclusión de las espumas en la normativa vigente. Desde su definición, proveniencia, comportamiento y consecuencias hacia los sistemas de drenaje y ventilación de edificaciones de gran altura. Por otra parte, se deja abierto el camino para futuras investigaciones que complementen esta aproximación al problema de las espumas y que, en lo posible, se implemente algunas de las recomendaciones y especificaciones presentadas en este proyecto con el fin de crear modelos experimentales a escala que arrojen datos veraces y útiles en el entendimiento y solución del reflujos y afloración de espumas por sifones de piso y/o drenajes de aparatos sanitarios de pisos inferiores en estructuras de gran altura.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

Aliaxis. (8 de Julio de 2021). *Studor*. Obtenido de <https://studor.net/es>

C.L. Cheng, D., W.H. Lu, M., & K.C. Ho, M. (2004). *Current Design of High-Rise Building Drainage System in Taiwan*. National Taiwan University of Science and Technology , Department of Architecture, Taipei. Obtenido de <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB10559.pdf>

Carmona, R. P. (2010). *Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones* (Sexta ed.). Bogotá: Ecoe Ediciones.

Council, I. C. (2012). *International Building Code*. Interntional Code Council. Obtenido de [http://tyrone.org/wp-content/uploads/2017/05/icc.ibc\\_.2012.pdf](http://tyrone.org/wp-content/uploads/2017/05/icc.ibc_.2012.pdf)

De Miranda Santos, B. (2020). *Principios de Cálculo de Tuberías*. [www.ingenierosindustriales.com](http://www.ingenierosindustriales.com).

EMCALI. (2016). *Lineamientos para la elaboración y presentación de diseños hidrosanitarios de redes internas*. Cali: EMCALI. Obtenido de <https://www.emcali.com.co/documents/107516/125170/NDI-SE-AA-046.pdf>

Gormley, M. (2020). *Wastewater systems in the time of Covid-19: Surveillance, epidemiology and design*. Proceedings of the Institute of Civil Engineers - Water Management. Edinburgh: ICE Publishing. Obtenido de <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/10.1680/jwama.2020.173.6.271>

Gormley, M., Kelly, D., Campbell, D., Xue , Y., & Stewart, C. (2021). *Building Drainage System Design for Tall Buildings: Current Limitations and Public Health Implications*. Heriot-Watt University, Institute for Sustainable Building Design. Edinburgh: Buildings. Obtenido de <https://doi.org/buildings11020070>

ICONTEC. (2017). *Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC - 1500* (Tercera ed.). Bogotá: ICONTEC.

McFadden, D. R. (2019). *High Rise Plumbing Design*. ASPE Plumbing Trade Exhibition and Technical Symposium.

Officials, I. A. (2014). *New York Plumbing Code*. International Association of Plumbing and Mechanical Officials. Obtenido de [https://up.codes/viewer/new\\_york\\_city/nyc-plumbing-code-2014/chapter/7/sanitary-drainage#704.6](https://up.codes/viewer/new_york_city/nyc-plumbing-code-2014/chapter/7/sanitary-drainage#704.6)

- 
- Officials, I. A. (2017). *Oregon Plumbing Specialty Code*. International Association of Plumbing and Mechanical Officials. Obtenido de <http://epubs.iapmo.org/2017/Oregon/mobile/index.html#p=2>
- Officials, I. A. (2018). *National Standard Plumbing Code*. International Association of Plumbing and Mechanical Officials. Obtenido de <http://epubs.iapmo.org/NSPC/2018/#p=294>
- Officials, I. A. (2019). *California Plumbing Code*. International Association of Plumbing and Mechanical Officials. Obtenido de <http://epubs.iapmo.org/2019/CPC/#p=2>
- Officials, I. A. (2021). *Uniform Plumbing Code (29 ed.)*. International Association of Plumbing and Mechanical Officials. Obtenido de <http://epubs.iapmo.org/2021/UPC/#p=6>
- Steele, A. (1982). *Engineered Plumbing Design II (Segunda ed.)*. Chicago: American Society of Plumbing Engineers.
- White, S. (2017). *Above ground drainage and vent systems* . United Kingdom: Aliaxis High-Rise Building Solutions.
- White, S. (2017). *High-rise design practice and codes for drainage and ventilation systems*. United Kingdom: Aliaxis High-Rise Building Solutions.
- White, S. (2017). *Purpose of High-Rise Drainage and Ventilation System*. United Kingdom: Aliaxis High-Rise Building Solutions.