

131
2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

" METODOS DE CALCULO
UTILIZADOS EN LAS INSTALACIONES
HIDROSANITARIAS "

Tesis que para obtener el titulo
de Ingeniero Civil presenta

JORGE ALEJANDRO RANGEL DAVALOS

México, D.F.

1987



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL

AVANCE DE Señor RANGEL DAVALOS JORGE ALEJANDRO
MEXICO P R E S E N T E

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION:
60-I-261

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Jorge Luis Lara González, para que lo desarrolle como TESIS para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO CIVIL.

"METODOS DE CALCULO UTILIZADOS EN LAS INSTALACIONES
HIDROSANITARIAS"

- I. INTRODUCCION
- II. METODOS EMPIRICOS
- III. METODOS PROBABILISTICOS
- IV. EJEMPLO DE APLICACION
- V. CONCLUSIONES

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la TESIS, - el título del trabajo realizado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 10. de diciembre de 1986
EL DIRECTOR

DR. OCTAVIO A. RASCON CHAVEZ

OARCH/GZM/ard.-

I N D I C E

		PAG
CAPITULO I	INTRODUCCION	1
I.1	UTILIDAD EFICIENCIA Y SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES	2
I.2	INSTALACION HIDRAULICA	3
I.3	EQUIPOS Y ACCESORIOS SANITARIOS, INSTALACIONES DE APARATOS	4
I.4	INSTALACION SANITARIA	6
I.5	PLANEACION DE PRESUPUESTOS	7
I.6	GASTOS DE DISEÑO DE UNA INSTALACION HIDRAULICA	9
CAPITULO II	METODOS EMPIRICOS	12
II.1	METODO DE DAWSON Y KALINSKE	12
II.2	METODO ALEMAN DE LA RAIZ CUADRADA	14
II,3	METODO BRITANICO	18
II,4	METODO DE KESSLER	20
II.5	METODO PROPUESTO POR LA SOCIEDAD IMPULSORA DEL COBRE	21

II.6	METODO DE DAWSON Y BOWMAN	25
II.7	METODO AMERICANO PRIMER PROCEDIMIENTO	28
CAPITULO III	METODOS PROBABILISTICOS	33
III.1	METODO AMERICANO SEGUNDO PROCEDIMIENTO	33
III.2	METODO FRANCES	48
III.3	METODO DE WISE Y CROFT	55
III.4	METODO PROBABILISTICO DE HUNTER	61
CAPITULO IV	EJEMPLO DE APLICACION	74
	PLANOS	74
	DIBUJO ISOMETRICO	77
	CRITERIO DE DAWSON Y KALINSKE	78
	CRITERIO ALEMAN DE LA RAIZ CUADRADA	79
	CRITERIO BRITANICO	80
	CRITERIO PROPUESTO POR LA SOCIEDAD	
	IMPULSORA DE COBRE	81
	CRITERIO DE DAWSON Y BOWMAN	82
	CRITERIO AMERICANO PRIMER PROCEDIMIENTO	83
	CRITERIO FRANCES	84
	CRITERIO PROBABILISTICO DE HUNTER	86
	TABLA RESUMEN	87
CAPITULO V	CONCLUSIONES	88
	BIBLIOGRAFIA	90

CAPITULO I

INTRODUCCION

I. INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como objetivo el describir los diversos métodos de cálculo que se aplican a las instalaciones hidrosanitarias para compararlos y poder diferenciar cuando se requiera su aplicación.

Para iniciar el trabajo se dará una pequeña descripción de las instalaciones hidrosanitarias.

Daremos principio haciendo una pequeña, pero útil descripción de las instalaciones de plomería en un edificio.

Para esto, se tomará la definición que para edificios propone el reglamento de ingeniería sanitaria, y además, se establecerán algunos conceptos que se emplean en el desarrollo de este trabajo.

En un edificio se pueden identificar tres partes fundamentales en lo que se refiere a instalación hidrosanitaria, las cuales se encuentran íntimamente relacionadas:

- a) Las instalaciones sanitarias
- b) Las instalaciones hidráulicas
- c) Las instalaciones de aparatos, equipos y accesorios sanitarios.

Estas tres partes permiten transportar dentro de un edificio agua y otros fluídos desde el lugar de suministro hasta los aparatos, los equipos y accesorios donde es utilizada y, a partir de estos, los fluídos o el agua residual que se conduce hasta la red de alcantarillado público o a los sitios donde se pueda disponer sin peligro.

1.1 Utilidad, eficiencia y seguridad de las instalaciones

En general una edificación, tiene en promedio más de 100 m de tubería en sus paredes, en los pisos y en el suelo que la rodea; por todo esto, el fluído debe hacer el recorrido en forma segura, en silencio y sin peligro para los habitantes del lugar.

Al realizar el tendido de la tubería, la colocación de los aparatos sanitarios, la apertura de canales, se debe cuidar

de no afectar elementos estructurales, ya que esto podría repercutir en la propia instalación.

Los trabajos de plomería, así como las reparaciones o ampliaciones, deben quedar incorporadas formando un todo con el edificio.

1.2 Instalación Hidráulica

El sistema de alimentación de agua potable, también llamado instalación hidráulica, se forma por una línea de entrada que comienza en la acometida, nombre que se le da al sitio donde se une la línea particular con el conducto de servicio público <si se abastece de un pozo privado, la línea de entrada comenzara en el pozo mismo>, y termina en el medidor; en seguida se encuentra la válvula principal de entrada, cerca del medidor, después un depósito o cisterna y el sistema de tuberías que lleva el agua a depósitos elevados o directamente a toda la edificación, ya sea que se trate de distribuirla por gravedad o presión, mediante una bomba, entregándola finalmente al usuario a través de los aparatos sanitarios o pagando antes por un calentador para proveer de agua caliente.

Las válvulas son de gran importancia en la instalación hidráulica, ya que con ellas se puede cerrar un tramo de tubería para efectuar posibles reparaciones.

Las columnas forman parte de la llamada tubería de distribución de agua potable, dichas columnas son los tubos por los cuales sube el agua a los tinacos, a continuación van los tubos matrices, estos se colocan de la siguiente forma: uno desde el depósito hasta el calentador y una vez hecho esto se colocan dos, uno para agua fría y otro para agua caliente. El del agua caliente forma un circuito con el calentador para tener la red de distribución de agua caliente. Los tubos ramales vendrían a continuación y también pueden ser de agua fría o caliente, y parten desde los tubos matrices hacia los aparatos sanitarios, proporcionando agua a los aparatos sanitarios.

Las partes de tubo matriz, ramales y columnas que suben por las paredes se llaman tuberías ascendentes.

1.3 Equipos y accesorios sanitarios, instalación de aparatos.

Según al uso al cual se destinen los aparatos pueden dividirse en tres grupos:

- 1) Higiene corporal, tales como los lavabos, tinas de baño o regaderas.
- 2) Evacuadores, como los excusados, mingitorios, bides.
- 3) Limpieza de objetos, como los fregaderos de cocina, lavaderos.

Su doble carácter de terminales para la instalación hidráulica y como origen de la instalación sanitaria o de drenaje es importante en el diseño de los diámetros y tubería y en las características de las bombas y además para determinar el uso del agua de una forma conveniente y para ver el volumen de aguas servidas que deben evacuarse.

Un equipo sanitario podría estar formado por un aparato que purifique o suavice el agua como podría, serlo un filtro.

Estos comúnmente se colocan en edificios de departamentos o casas particulares en lugares donde el agua es alcalina o tiene un cierto grado de dureza. Sucede que a veces por la falta de mantenimiento en la tubería el agua se contamina y es necesario colocar equipos de tratamiento.

Las calderas son de importancia en el equipo sanitario y las más comunes son las de electricidad, diesel, gas y petróleo. El calentador de agua también es importante en este equipo.

Los accesorios sanitarios son todos aquellos elementos que, en general, se colocan en los cuartos de baño, por ejemplo los toalleros, las jaboneras, los tapones para los lavabos o para las tinas de baño, tanto de cadena como de palanca, los accesorios suministradores de jabón, los portapapeles, los ceniceros y muchos más.

1.4 Instalación sanitaria

La instalación sanitaria es aquella constituida por el conjunto de tuberías cuya función es conducir las aguas servidas, ya sea con materia orgánica de rápida descomposición, o bien sin ella, tan pronto como sea posible fuera del edificio llevándolas al alcantarillado público. Los gases producidos por dicha descomposición dentro de ese sistema pueden invadir las habitaciones; por esta razón es necesario establecer una barrera contra el paso de los gases a través de los aparatos, instalando un dispositivo llamado sifón, mediante el cual se retiene una porción del agua descargada, formándose así dicha barrera.

Todas las partes del sistema de drenaje, tales como colectores, bajadas y ramales deben ser de una capacidad sobrada y tener la inclinación apropiada para que arrastren todos los desechos funcionando a gravedad.

En ocasiones, las repentinas y a menudo rápidas descargas de agua en las bajadas pueden dar lugar a presiones y depresiones en el sistema y que arrastran el agua retenida en los sifones; por esta razón las bajadas deben estar abiertas en su extremo superior formando una red de ventilación de manera que penetre por ellos y por los ramales una cantidad suficiente de aire que equilibre la presión, diluya los gases y reduzca la corrosión.

Otra parte de la instalación sanitaria que también es importante se refiere a las bajadas de aguas pluviales y al desagüe de los patios. Es usual unir las a un sólo colector de agua de lluvia que desemboque en el alcantarillado general, debiendo estar provisto de un sifón antes de la acometida, así como de registros de limpieza en toda la sección. Las bajadas pueden instalarse dentro o fuera del muro exterior del edificio, evitando que por ellos se evacuen las aguas servidas o las de desecho, o bien que sirvan de conductos de ventilación.

Una vez que se describieron brevemente los componentes del sistema de plomería de un edificio, se mencionarán dos puntos importantes para el diseño del gasto en las tuberías.

1.5 Planeación de presupuestos.

Para instalar las tuberías de agua potable se deben considerar los detalles que afectan al presupuesto, al adecuado servicio inmediato al probable servicio futuro y a su accesibilidad para la vigilancia, modificaciones y reparaciones.

Tomando en cuenta la importancia que tiene la instalación de redes de agua potable y aguas residuales, la exsecretaría de Salubridad y Asistencia Pública edito un manual de plomería en el cuál especifica que la planeación de una instalación debe considerar escrupulosamente los puntos que a continuación se enlistan:

- 1.- Un diseño cuidadoso que se ajuste a las necesidades del proyecto arquitectónico, procurando agrupamientos compactos de muebles sanitarios, así como alineación vertical de áreas de servicio.
- 2.- Emplear materiales que reúnan las normas oficiales de calidad.
- 3.- Utilizar mano de obra altamente calificada.
- 4.- Protección de las tuberías mediante aislamientos adecuados contra el intemperismo y la acción de suelos corrosivos, (suelos de barro naturalmente ácidos o suelos compuestos que contengan cenizas o escorias, o en el caso del plomo y del zinc, yeso o cemento). La brea el calafateo o forro bituminoso son los medios usuales para lograrlo. También es aconsejable la protección contra congelación en climas fríos, mediante revestimientos de fibra de asbesto.
- 5.- En la instalación se tendrá muy en cuenta su buena aparición, procurando el mayor acceso posible a todos los componentes de la instalación, para posibles reparaciones.
- 6.- Prever que todas las tuberías se puedan vaciar completamente evitando caídas en forma de U o similares,

que son la causa básica de la formación de trampas de aire.

- 7.- Dimensionamiento correcto. Los diámetros de la tubería deben ser tales que la presión disponible exceda la resistencia friccional en ellos en la medida justa, para prever que el flujo adecuado en los muebles permanezca inafectado por el uso simultáneo de otras unidades.
- 8.- Verificar que los trabajos sean debidamente ejecutados.

1.6 Gasto de diseño de una instalación hidráulica

El problema de la determinación del diámetro de tubería requerido para las diferentes partes de un sistema de distribución de agua potable, es un tanto complicado, en especial cuando se refiere a un edificio de departamentos, debido al hecho de que sus aparatos sanitarios se operan de forma intermitente y con frecuencia irregular. El código nacional de plomería de los Estados Unidos de Norteamérica resuelve este problema en dos partes sucesivas:

1. Determinando primero el gasto de diseño que tiene el sistema.

2. Con el gasto de diseño establecido se determina el diámetro de tubería que se utilizará.

Los investigadores, en su mayoría de origen europeo y algunos de norteamérica, coinciden, al desarrollar sus métodos, en que la frecuencia de uso o simultaneidad es un factor determinante.

El análisis para llegar a un valor de dicha frecuencia ha tomado en cuenta que los diferentes tipos de aparatos no están en uso uniforme durante el día.

Los aparatos del cuarto de baño por ejemplo, están comúnmente en uso más frecuente por las mañanas, cuando los ocupantes se levantan; también antes de acostarse en la noche y, recientemente, durante los intermedios de los programas de televisión. El fregadero de cocina es usado intensamente antes y después de la hora de comer. Tanto el lavadero como la lavadora son usados más frecuentemente durante las últimas horas de la mañana.

Después de la media noche y hasta cerca de las 6 de la mañana el uso de los aparatos sanitarios es mínimo; al sumar el tiempo total en que se encuentran operando diariamente, puede observarse que es insignificante comparado con el tiempo en que no están en operación. Esto significa que es innecesario diseñar para el gasto potencial máximo, excepto para pequeños

sistemas o para abastecimiento y drenaje de aparatos individuales, siendo el gasto potencial máximo aquel cuyo flujo se originaría por la operación simultánea de todos los aparatos. Para este caso el diámetro de la tubería sería mucho mayor de lo que en realidad se necesita y el costo demasiado alto.

CAPITULO II

METODOS EMPIRICOS

II. METODOS EMPIRICOS

Los métodos empíricos se han desarrollado para determinar el gasto de diseño. Para cualquier número dado de aparatos sanitarios de un sistema, se supone un número menor o igual en operación simultánea; esta decisión si bien es arbitraria, se basa en la experiencia.

Se obtienen buenos resultados con los métodos empíricos cuando se aplican a sistemas de un reducido número de aparatos.

A continuación se describen los principales métodos empíricos:

II.1 Método de Dawson y Kalinske

Este método es presentado por una publicación de F.M. Dawson y A. A. Kalinske, auspiciada por la Asociación Nacional de Técnicos Plomeros de los Estados Unidos de Norteamérica, y no

explica los criterios en que se basaron para obtener los valores que proporcionan en sus dos tablas. En la primera de ellas, la tabla 1, autores recomiendan su aplicación en la determinación del uso simultáneo máximo probable de aparatos con depósito.

TABLA 1

Número total de aparatos sanitarios semejantes	1	2	3	4	5	7	10	15	20	30	40	50	75	100
Número probable de ellos en uso simultáneo	1	2	2	2	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16

TABLA 2

Gasto Potencial		FACTOR DE FLUJO SIMULTANEO	
gpm	lpm	Grupo A	Grupo B
50	189.25	0.50	0.80
70	264.95	0.40	0.70
100	378.50	0.35	0.60
150	567.75	0.30	0.50
200	757.00	0.25	0.40
300	1,135.50	0.21	0.30
500	1,892.50	0.17	0.25
800	3,028.00	0.14	0.20
1,200	4,542.00	0.12	0.17
2,000	7,570.00	0.10	0.15
3,000	11,355.00	0.09	0.13
5,000	18,925.00	0.08	0.12

La segunda tabla establece factores de flujo simultáneo, número por el cual deberá ser multiplicado el gasto potencial máximo del sistema, dando como resultado el gasto de diseño.

Como se menciono anteriormente, este es un método empírico general, debido a que clasifica a las edificaciones en dos tipos, según se observa en la tabla 2. Se utilizará el factor de flujo del grupo A cuando la edificación corresponda a residencias grandes o pequeñas, a edificios de departamentos y a edificios de oficinas.

El factor de flujo del grupo B se utilizará en el caso de que la edificación se trate de hoteles, hospitales, escuelas, edificios para industrias, teatros, restaurantes y baños públicos.

II. 2 Método alemán de la raíz cuadrada

Este método toma como unidad de gasto la descargá de un grifo de 9.5 mm (3/8 de pulgada), funcionando bajo ciertas condiciones, asignándosele un factor de gasto unitario a este porcentaje de flujo, para cualquier otro aparato con diferente porcentaje de flujo se establece un factor de gasto de acuerdo a una relación de flujo entre los aparatos, con respecto a la llave de 9.5 mm el factor se obtiene elevando al cuadrado el resultado de dicha relación. Después de obtenido el fac-

tor de gasto de las llaves de cada aparato se multiplica por la cantidad de aparatos de cada tipo, se suman los productos y se le saca raíz cuadrada. El resultado se multiplica por la unidad de gasto tomada y de esta forma se llega a la obtención del gasto de diseño.

Para un tubo matriz o distribuidor del sistema de un edificio se tomarán en cuenta sólo los aparatos servidos por este tubo matriz. A continuación se describen los detalles algebraicos del método, paso por paso.

En primer lugar se supone la unidad de gasto y se toma como el flujo normal de una llave de 9.5 mm; se adopta como dicha unidad de gasto 0.25 litros por segundo, el cual equivale en forma aproximada a 4 galones por minuto, valor que se identificara como q_1 , el factor de gasto f_1 que le corresponde a esta llave es, como ya se menciona, unitario. En segundo lugar, se determina la cantidad al de llaves de este mismo tamaño abastecidos por un cierto tubo matriz.

Además, si se supone que hay n_2 llaves de 19 mm (3/4 de pulgada) servidos por tal tubo matriz, y que cada uno de esas llaves requiere de 0.75 l/s (12 gal/min) cuando esta en operación, la relación con respecto al gasto unitario del grifo de 9.5 mm es $0.75/0.25$ igual a 3; por lo que el factor de carga f_2 es $3^2 = 9$.

Por lo tanto el gasto de diseño Q_d para los dos grupos de grifos está dado por:

$$Q_d = q_1 \sqrt{f_1 n_1 + f_2 n_2} \quad \ell/s \quad (1)$$

Si en la expresión anterior se sustituyen los valores obtenidos se tiene:

$$Q_d = 0.25 \sqrt{n_1 + 9 n_2} \quad \ell/s \quad (2)$$

Donde las unidades de Q_d dependen de las que tome q_1 , esto es, si se sabe que 0.25 ℓ/s equivale a 4 gal/min. entonces:

$$Q_d = 4 \sqrt{n_1 + 9 n_2} \quad \text{gal/min} \quad (3)$$

Generalizando, para cualquier número de aparatos de diferentes tipos abastecidos por un tubo matriz, o llegado el caso por una columna del que dependa uno o varios tubos matrices de un sistema, tendremos la fórmula para el gasto de diseño.

$$Q_d = q_1 \sqrt{f_1 n_1 + f_2 n_2 + \dots + f_i n_i} \quad \ell/s \quad (4)$$

El cálculo del gasto de diseño que propone este método pasa por alto la frecuencia de uso de cada tipo de aparato; también ignora el intervalo de tiempo requerido para el uso de un aparato, aunque al obtenerse la raíz cuadrada se tiene de manera

arbitraria, un porcentaje promedio de la demanda de cada tipo de aparato, considerando que no siempre son utilizados en forma simultánea todos los aparatos.

Otro dato que desprecia es el de la diferencia existente entre el servicio público y privado; aún así, presenta la virtud de que es de fácil comprensión, desde el punto de vista de que los complicados conceptos que involucra la aplicación de la teoría de probabilidades se reemplazan por la suposición arbitraria de que tales conceptos se toman en cuenta en una simple relación de raíz cuadrada.

En ocasiones se instalan equipos adicionales que requieren de un gasto continuo de agua, como los de aire acondicionado. Esto mismo sucede con las llaves que se colocan a la entrada de los edificios, así como en algunas instalaciones especiales tales, como baterías de lavabos o de regaderas que se encuentran expuestas a un uso simultáneo total.

En todos estos casos, o en cualquier otro que surja, se tienen los gastos impuestos por n_1' salidas, cada una de las cuales requiere un flujo continuo q_1' en general, si existieran llaves de distinto flujo q_i' y hubiese n_i' aparatos correspondientes, se llega a la siguiente ecuación:

$$Q_d = \sqrt{\sum f_i n_i + \sum n_i q_i} \quad (5)$$

Que es la ecuación general para obtener el gasto total con el cual se hará el diseño del sistema.

II.3 Método Británico

Este método empírico fue desarrollado en un Instituto de Ingeniería de Londres por un grupo de personas con amplia experiencia en el diseño de sistemas de plomería. Producto de su experiencia es la tabla de demanda probable simultánea en la que se consignan diferentes gastos potenciales. A continuación se transcribe dicha tabla.

TABLA 3

PORCENTAJE DE REQUERIDO POR ALGUNOS APARATOS SANITARIOS		
	gpm	lpm ¹
Baño privado	5	22.73
Baño público	8	36.37
Fregadero	4	18.18
Taza	2	9.09
Regadera de rocío	2	9.09
Regadera de 4" (10 cm)	4	18.18
Regadera de 6" (15 cm)	8	36.37

¹ Para la conversión se utilizó el valor del Galón imperial equivalente a 4.55 l

TABLA 4

DEMANDA SIMULTANEA PARA UN DETERMINADO NUMERO DE APARATOS

Gasto potencial máximo		Demanda probable simultánea		Gasto potencial máximo		Demanda probable simultánea	
gpm	lpm	gpm	lpm	gpm	lpm	gpm	lpm
12 ²	54.55	12	54.55	81	368.23	37	168.20
14	63.64	13	59.10	84	381.86	39	177.29
16	72.74	14.5	65.92	107	486.42	42	190.93
18	81.83	16	72.74	123	559.16	45	204.57
20	90.92	17.5	79.56	142	645.53	48	218.21
23	104.56	19	86.37	163	741.00	52	236.39
26	118.20	20.5	93.19	188	854.65	56	254.58
30	136.38	22.5	102.29	216	981.94	61	277.31
35	159.11	24	109.10	248	1,127.41	65	295.49
40	181.84	26	118.20	286	1,300.16	71	322.77
46	209.12	28	127.29	329	1,495.63	77	350.04
53	240.94	30	136.38	378	1,718.39	85	386.41
61	277.31	32	145.47	435	1,977.51	95	431.87
71	322.77	34	154.56	500	2,273.00	104	472.78
				+ de 500	2,273.00	20% del gasto máximo	

² Para gastos potenciales de 12 gpm o menores se diseña con el 100% del gasto máximo

En este método se requiere el gasto potencial máximo de cada elemento del sistema. Para encontrarlo se suman los gastos de todos los aparatos abastecidos por un tubo matriz; se en-

tra a la tabla con esta suma, ya sean en galones por minuto o en litros por minuto, y se lee en la siguiente columna, a la misma altura, la máxima demanda probable. Este flujo será el gasto de diseño que debe transportar ese tubo matriz en particular.

II.4 Método de Kessler

Es un método empírico realizado por Lewis H. Kessler auspiciado por la Sociedad Americana de Ingeniería Sanitaria (A.S.S.E.)

Su desarrollo lo expone en dos publicaciones: la primera en la cual presenta un procedimiento que se restringe a pequeñas casas unifamiliares.

En la segunda publicación efectuada doce años más tarde, no solamente amplía su procedimiento, si no que presenta otros valores para diferentes tipos de edificios.

Si bien Kessler poseía amplia experiencia en este campo, los valores que presenta en su tabla no difieren en mucho con los recomendados por Dawson y Bowman. Es por esta razón que sólo se alude a él, ya que hasta en su desarrollo existe muy poca diferencia.

II. 5 Método propuesto por la sociedad impulsora del cobre.

En este método el objetivo no es la determinación de un gasto de diseño, sino directamente la obtención de diámetros de tuberías, mediante el uso de gráficas y tablas. En el manual de plomería publicado por la Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria de la Exsecretaría de Salubridad y Asistencia se menciona que el método de diseño, el gráfico, el arreglo diagramático y las tablas están debidamente sancionados por la sociedad impulsora del cobre, implicando con esto que se reserva el derecho de la publicación, tanto el método para la obtención de un gasto de diseño como de las fórmulas para el cálculo de las pérdidas de fricción.

Debido a que la Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria desapareció hace tiempo, es imposible deducir el criterio que sirvió de base en la obtención de todo este material.

En el desarrollo de este método se utiliza el término columna para designar a todos los tubos verticales, sean estos montantes, matrices o ramales. También se especifica que las pérdidas de columna están representadas por la columna de agua, expresada en metros, que se pierde por cada cien metros lineales de tubería recta, incluyendo la resistencia que ofrecen las conexiones y las piezas especiales convertidas a longitudes equivalentes de acuerdo con los valores consignados en las tablas 5, 6 y 7 .

Conociendo la cantidad de pérdida de columna dada por la ex--
presión:

$$\frac{\text{COLUMNA DISPÓNIBLE}}{\text{LARGO TOTAL}} \times 100$$

En donde la columna disponible se mide desde un nivel arbitra-
rio, y mediante el uso del gráfico de la figura , es posible
el dimensionamiento de la tubería de tal forma que transporte
el gasto requerido.

TABLA 5

GASTO EN MUEBLES

mueble			l/min
excusado con tanque	9.1	a	18.2
excusado con fluxómetro			120.0
tina	27.2	a	45.5
regadera	22.7	a	36.4
lavabo	13.6	a	22.7
bidé	12.0	a	15.0
fregadero	13.6	a	22.7
lavadero	13.6	a	22.7
llave de jardín	18.9	a	37.9
bebedero	9.0	a	37.9
mingitorio con fluxómetro	90.0	a	100

TABLA 6

RESISTENCIA FRICCIONAL EN CONEXIONES

medida nomi nal	DE COBRE			DE BRONCE						
	codo de 90°	codo de 45°	tee corri da	tee salida late nal	codo de 90°	codo de 45°	corri da	late ral	de globo	com- puerta
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
10	0.15	0.15	0.15	0.30	0.30	0.15	0.15	0.61	0.53	0.09
13	0.15	0.15	0.15	0.30	0.30	0.15	0.15	0.61	0.53	0.10
19	0.30	0.15	0.15	0.61	0.61	0.30	0.15	0.91	0.84	0.20
25	0.30	0.30	0.15	0.91	1.22	0.61	0.15	1.52	0.23	0.30
32	0.61	0.30	0.15	1.22	1.52	0.61	0.30	2.13	16.15	0.30
38	0.61	0.61	0.30	1.52	2.44	0.91	0.30	2.74	20.12	0.61
50	0.61	0.61	0.30	2.13	3.35	1.52	0.61	3.66	27.43	0.61
64	0.61	0.91	0.61	2.74	4.27	2.44	0.61	4.88		0.61
76	0.91	1.22			5.49	3.35	0.61	6.10		0.61

El manual de plomería recomienda también que para la determinación de los diámetros deben observarse las siguientes reglas:

1. Determinese el tramo en el cual la cantidad de columna es menor.
2. Cerciorarse de que esta cantidad no esta excedida en ninguna parte del tramo.
3. Cerciorarse de que la cantidad de columna no decrezca hacia otra salida en ningún tramo.

TABLA 7

DIAMETROS TUBO ^{DEL}	CODO STANDARD	CODO DE RADIO MEDIO	CODO DE RADIO GRANDE	CODO DE 45	TEE	CURVA DE RETORNO	VALVULA DE COMPUERTA ABIERTA	VALVULA GLOBO ABIERTA	DEVALVULA DE ANGULO ABIERTA

mm	pulg.	LONGITUD DE TRAMO RECTO EQUIVALENTE A LA RESISTENCIA AL ESCURRIMIENTO								
13	1/2	0.457	0.427	0.335	0.235	1.036	1.158	0.106	4.877	2.560
19	3/4	0.671	0.548	0.427	0.305	1.372	1.524	0.143	6.705	3.658
25	1	0.823	0.701	0.518	0.396	1.768	1.859	0.183	8.230	4.572
32	1 1/4	1.128	0.914	0.732	0.488	2.377	2.591	0.244	11.278	5.486
38	1 1/2	1.311	1.097	0.853	0.610	2.743	3.048	0.290	13.411	6.705
51	2	1.676	1.402	1.067	0.762	3.353	3.962	0.366	17.374	8.534
64	2 1/2	1.981	1.646	1.280	0.914	4.267	4.572	0.427	20.117	10.058
76	3	2.469	2.073	1.554	1.158	5.182	5.486	0.518	25.908	12.802
89	3 1/2	2.896	2.438	1.829	1.341	5.791	6.401	0.610	30.175	15.240
102	4	3.353	2.774	2.134	1.524	6.706	7.315	0.701	33.528	17.678
114	4 1/2	3.658	3.048	2.408	1.707	7.315	8.230	0.792	39.624	18.593
127	5	4.267	3.658	2.713	1.859	8.230	9.449	0.884	42.672	21.336
152	6	4.877	4.267	3.353	2.347	10.058	11.278	1.067	48.768	25.298
203	8	6.401	5.486	4.267	3.048	13.106	14.935	1.372	67.056	33.528
254	10	7.925	6.706	5.182	3.962	17.069	18.593	1.737	88.392	42.672
305	12	9.754	7.925	6.096	4.572	20.117	22.250	2.042	103.632	51.816
356	14	10.973	9.449	7.010	5.182	23.165	25.908	2.438	118.872	57.912
406	16	12.802	10.668	8.230	5.791	26.518	30.480	2.743	131.064	67.056
457	18	14.021	12.021	9.144	6.401	30.480	33.528	3.109	152.400	76.200
508	20	15.850	13.106	10.363	7.010	33.528	36.528	3.658	170.688	85.344
559	22	17.678	15.240	11.278	7.620	39.624	42.672	3.962	185.928	94.488
610	24	19.202	16.154	12.192	8.534	42.672	45.720	4.267	207.264	103.632
762	30	24.079	20.726	15.240	10.668	50.292	57.912	5.182	262.128	128.016
914	36	28.651	24.079	18.288	13.106	60.960	67.056	6.096	304.800	152.400
1067	42	36.576	28.651	21.946	15.240	73.152	79.248	7.010	365.760	182.880
1219	48	41.148	33.528	24.994	17.678	83.820	91.440	7.925	426.720	207.264

II.6 Método de Dawson y Bowman

Es un método empírico análogo al británico ideado por F. M. Dawson y J. S. Bowman de la Universidad de Wisconsin.

Ellos prepararon una tabla con el número total de aparatos sanitarios, que requieren tanto pequeñas como grandes casas unifamiliares, así también edificios que no tengan más de seis departamentos.

En la preparación de su tabla se basaron en que la teoría de la probabilidad es de dudosa aplicación si el número de aparatos es pequeño, pues entonces dicha teoría determina frecuencias de uso muy grandes. Así, estos investigadores justifican la adopción de un valor empírico obtenido a partir de su experiencia y su criterio. La tabla 8 de su documento se reproduce a continuación.

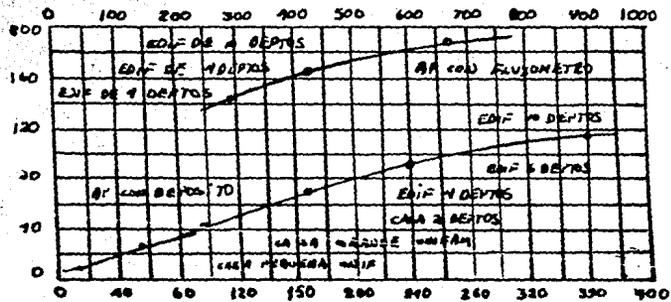
FLUJOS REQUERIDOS PARA USAR EN EL DISEÑO DE SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA EN LAS INSTALACIONES DE RESIDENCIAS PEQUEÑAS

Tipo de edificio o casa	Aparatos sanitarios	Flujo del total de aparatos		Flujo de los aparatos en uso simultáneo	
		gpm	lpm	gpm	lpm
Pequeña casa unifamiliar	2 llaves en la entrada	10.0	37.85	5.0	18.93
	2 lavaderos	16.0	60.56	8.0	30.28
	1 fregadero de cocina	7.5	28.39	-	-
	1 lavabo	5.0	18.93	5.0	18.93
	1 excusado (1)	3.0	11.36	3.0	11.36
	1 tina de baño	10.0	37.85	-	-
		<u>51.5</u>	<u>194.93</u>	<u>21.0</u>	<u>79.49</u>
Casa grande	2 llaves en la entrada	10.0	37.85	5.0	18.93
	2 lavaderos	16.0	60.56	8.0	30.28
	1 fregadero de cocina	7.5	28.39	-	-
	3 lavabos	15.0	56.78	5.0	18.93
	3 excusados	9.0	34.07	3.0	11.36
	2 tinas de baño	20.0	75.70	10.0	37.85
		<u>77.5</u>	<u>293.34</u>	<u>31.0</u>	<u>117.34</u>
Casa de dos departamentos	2 llaves en la entrada	10.0	37.85	5.0	18.93
	4 lavaderos	32.0	121.12	16.0	60.56
	2 fregaderos de cocina	15.0	56.78	7.5	28.39
	2 excusados	6.0	22.71	3.0	11.36
	2 tinas de baño	20.0	75.20	-	-
		<u>93.0</u>	<u>352.01</u>	<u>36.5</u>	<u>138.15</u>
Edificio de cuatro departamentos	2 grifos en la entrada	10.0	37.85	5.0	18.93
	6 lavaderos	48.0	181.68	24.0	90.84
	4 fregaderos de cocina	30.0	113.55	15.0	56.78
	4 lavabos	20.0	75.70	5.0	18.93
	4 excusados	12.0	45.42	6.0	22.71
	4 tinas de baño	40.0	151.0	-	-
		<u>160.0</u>	<u>605.60</u>	<u>55.0</u>	<u>208.18</u>
Edificio de seis departamentos	2 llaves en la entrada	10.0	37.85	5.0	18.93
	8 lavaderos	64.0	242.24	24.0	90.84
	6 fregaderos de cocina	45.0	170.33	21.5	81.38
	6 lavabos	30.0	113.55	15.0	56.78
	6 excusados	18.0	68.13	6.0	22.71
	6 tinas de baño	60.0	227.0	10.0	37.85
		<u>227.0</u>	<u>859.20</u>	<u>76.5</u>	<u>289.55</u>

Se supone que todos los excusados son del tipo de depósito. Si algún fluxómetro es instalado se asignarán 30 gpm (113.55 lpm) por cada uno. Para la conversión de unidades se utilizó el galón americano = 3.785 l.

Si se construye el gráfico de los valores obtenidos en la tabla colocando en el eje horizontal los datos del flujo total de los aparatos, o sea el gasto potencial, y en el eje vertical los datos del flujo de los aparatos operarios simultáneamente, o gasto de diseño, se obtiene las curvas de la figura 1.

CURVAS DE GASTO DE DISEÑO DE DAWSON Y BOWMAN
 Gasto potencial con aparatos
 de fluxómetro en GPM



Gasto de :
 diseño
 en GPM

Gasto potencial con aparatos
 de depósito en GPM

Los autores recomiendan el uso de esta tabla, o del gráfico, diseño de los diámetros de la instalación hidráulica en residencias y pequeños edificios de departamentos.

11.7 *Método americano primer procedimiento*

El método propone la determinación del gasto de diseño por medio de dos procedimientos alternativos. El primero de ellos es de tipo empírico y será objeto del siguiente análisis, mientras que el segundo, más científico y con base en ciertos cálculos probabilísticos será descrito posteriormente.

Para la determinación del gasto de diseño conviene recordar que una instalación hidráulica se compone de columnas, tubos matrices o distribuidores y tubos ramales.

El método indica que el desarrollo de este procedimiento se efectúa en tres pasos; primero se establecen los gastos de las llaves de cada aparato, enseguida los gastos de los tubos matrices y luego los gastos de las columnas los valores del gasto para cada aparato los propone Gallizio como se indica en la tabla 9, la cual sirve de complemento en la determinación de los subsecuentes gastos.

Gasto en los tubos matrices, para estos tubos se consultan dos tablas, advirtiéndose que los valores consignados en ellas se refieren solamente al agua fría; si se tratara del tubo matriz de agua caliente se descuenta el gasto del excusado, siempre y cuando sea del tipo de depósito de agua.

TABLA 9

Gasto mínimo en los grifos de aparatos usuales

APARATO SANITARIO	Gasto mínimo de cada grifo en l/seg
Lavabo	0.10
Baño	0.20
Ducha	0.10
Bidé	0.10
W.C. con depósito	0.10
W.C. con fluxómetro	2.00
Fregadero de vivienda	0.15
" de restaurante	0.30
Lavaderos de ropa	0.20
Hidrante de riego: ϕ 20 mm	0.60
" " ϕ 30 mm	1.00
" de incendio: ϕ 45 mm	3.00
" " ϕ 70 mm	8.00
Urinario de lavado controlado	0.10
" " continuo	0.05
" de descarga automática	0.05

(En este caso el agua está entrando también continuamente en el depósito).

TABLA 10

Gasto mínimo de los matrices para cuartos de baño y cocinas de los pisos o de pequeñas casas

Aparatos servidos por la derivación	Aparatos a considerar en funcionamiento simultáneo	Gasto en l/seg
Un cuarto de baño	Pila del baño y lavabo	0.30
Un cuarto de baño, una cocina y un aseo de servicio.	Pila del baño, fregadero y W. C.	0.45
Dos cuartos de baño	Las pilas de baños	0.40
Dos cuartos de baño, dos cocinas y dos aseos de servicio.	Las pilas de baños, un fregadero y un W.C. de servicio	0.65
Tres cuartos de baño	Dos pilas de baño y dos lavabos.	0.60
Tres cuartos de baño, tres cocinas y tres aseos de servicio	Dos pilas de baño, un lavabo, un fregadero y un W.C. de servicio	0.75

En esta primer tabla 10 se tomó en cuenta el hecho de que en un cuarto de baño es casi imposible que se utilicen en forma simultánea más de dos aparatos. La segunda tabla establece que porcentaje de los aparatos instalados en edificios públicos debe considerarse en uso simultáneo. Para los dos casos definidos por las tablas, el gasto de un tubo matriz nunca debe considerarse inferior al de uno de las llaves del aparato de mayor consumo.

TABLA 11

Porcentaje de flujo para diversos aparatos de uso público

Número de aparatos	2	3	4	5	6	8	10	15	20	25	30	35	40
Clase de aparatos	Tanto por 100 de la suma de gasto de los aparatos												
Lavabos	100	100	75	60	50	50	50	50	50	50	50	20	50
W.C. con depósito	100	67	50	40	37	37	30	30	30	30	30	30	30
W.C. con fluxómetro.	50	33	30	25	25	25	20	20	20	16	15	15	15
Urinarios	100	67	50	40	37	37	30	27	25	24	23	20	20
Duchas	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Gasto en los montantes una vez establecido el gasto en los tubos matrices, esto es, de cada grupo tipo de aparatos, el gasto de las columnas se calcula de un modo aproximado, estableciendo que los montantes tienen un gasto igual a la suma de

Los gastos de los tubos matrices, multiplicado por un porcentaje fijado en la tabla 9 y que esta en relación con el número de grupos servidos. En la suma de los gastos es obvio que debe considerarse el gasto del tubo matriz de agua fría como el de agua caliente.

TABLA 12

Porcentaje de gasto simultáneo para tramos de columna

Número de grupos de aparatos servidos por el tramo.	1	2	3	4	5	6	8	10	20
Tanto por ciento de simultaneidad:									
a) W.C. con depósito	100	90	85	80	75	70	64	55	50
b) W.C. con fluxómetro	100	80	65	55	50	44	35	27	20
Número de grupos de aparatos servidos por el tramo.	50	40	50	75	100	150	200	500	1000
Tanto por ciento de simultaneidad:									
a) W. C. con depósito	43	38	35	33	32	31	30	27	25
b) W. C. con fluxómetro	14	10	9	8	7	5	4	3	2

CAPITULO III

METODOS PROBABILISTICOS

III. METODOS PROBABILISTICOS

Los métodos probabilísticos, en los cuales la teoría de la probabilidad se aplica para la obtención de un cierto factor de simultaneidad, son los más empleados para la determinación del gasto de diseño en sistemas que contengan gran cantidad de aparatos.

Aunque son muy generales, también pueden aplicarse al diseño de pequeños sistemas, obteniéndose resultados análogos a los que se obtendrían si se aplicara cualquiera de los métodos empíricos.

1) *Método americano. Segundo procedimiento.*

Se basa en fórmulas matemáticas para establecer el porcentaje de la suma de los gastos de cada uno de los aparatos que debe

tomarse en cuenta para el diseño de una tubería de distribución de agua, considerando el número máximo de aparatos en servicio simultáneo, en un determinado período de tiempo.

Gallizio menciona que existe una expresión matemática que establece, sobre un grupo de acciones iguales e igualmente sucesivas, cual es el intervalo probable de tiempo que transcurre entre dos sobreposiciones sucesivas de un determinado número de acciones tomadas de entre las del grupo.

La expresión a que hace referencia es la siguiente:

$$P = \frac{A^r - 1}{B \times C_T^n} \quad (6)$$

en donde:

- P Es el período de tiempo probable, en días, durante el cual se presenta la ocasión de que r aparatos, tomados de n, entren en uso simultáneo.
- A Es igual a i/t y representa la probabilidad de que un aparato se encuentre en servicio durante el período de máximo uso.
- i Es el intervalo medio de tiempo que transcurre entre un servicio y el siguiente, durante el período de máximo uso, en minutos.

- t Es el tiempo promedio que tarda un aparato en desalojar el agua, en minutos.
- B Es igual a h/i y representa la probabilidad de que varios aparatos se encuentren en uso simultáneo.
- h Es la duración media diaria del periodo de máximo uso, en minutos.
- C_T^n Es el número de combinaciones posibles de r aparatos, tomados de n que pueden estar en uso simultáneo, o sea.

$$C_r^n = \frac{n(n-1)(n-2)\dots(n-r+1)}{1 \times 2 \times 3 \times \dots \times r}$$

- n Es el número total de aparatos que forman parte del sistema de plomería de un edificio.

A partir de la experimentación se pueden asignar ciertos valores a las variables de la expresión II.6, que dependen del tipo de aparato y del tipo de edificio; por ejemplo, a la variable P es usual asignarle períodos de un día, pues puede que ocurra, durante tal periodo, una cierta cantidad r de los n aparatos entre un funcionamiento simultáneo. Es comprensible que si A P se le asignan valores de 7 días o de 365 días, la fórmula expresará un número r más grande, tomado de n aparatos.

tos, que pueden encontrarse en uso simultáneo; es decir, es muy probable que se presente el caso de que tal número más grande de aparatos se encuentre operando simultáneamente una vez a la semana o una vez al año.

Por otra parte, si se asigna el valor de 1 día a P, no implica que el número r de aparatos, tomados de n, funcionará si--probablemente cada día, si no que es probable que en determina--do instante ocurra tal hecho una vez al día, como máximo.

En la práctica se han obtenido diámetros adecuados al diseñar con este valor, lo que significa que al presentarse el caso de un r mayor el efecto en los grifos de los aparatos se manifiesta en una reducción momentánea del gasto, pero dado que es menos frecuente dicho caso, y además es instántaneo, no perjudica el buen funcionamiento de la instalación.

Considerando lo anterior en la expresión 6 se tendrá:

$$l = \frac{A^{r-1}}{B \times C_r^n}$$

$$C_r^n = \frac{A^{r-1}}{B} \quad (7)$$

Al aplicar las propiedades de los logarítmos en la expresión 7 resulta:

$$\text{LOG } C_r^n = \log A^{r-1} - \log B \quad (8)$$

Ahora, asignando valores a las variables i , t , n , y en consecuencia a A y B , y previo el conocimiento del número total n de aparatos sanitarios, en las fórmulas 7 ó 8 se desconocería sólo el valor de r : pero recordando que r es el número de aparatos tomados del total n , se concluye que los valores de r se encuentran limitados por el intervalo semiabierto por la izquierda $0 < r \leq n$, de tal forma que si se establecen valores para r dentro del intervalo, se puede conocer un porcentaje r/n de aparatos que debe considerarse en servicio simultáneo sobre el total n de aparatos.

Llevando los resultados de este cálculo sobre un sistema de ejes ortogonales, semilogarítmicos con respecto al de las abscisas, sobre este se colocará el número de aparatos n y en el de las ordenadas el porcentaje de aparatos r/n que se considera en uso simultáneo; así, se obtienen las curvas características de simultaneidad.

Gallizio menciona que es necesario preestablecer los valores de i , t y h con mucho criterio, porque de ellos depende el buen éxito del cálculo. A continuación se presentan dichos valores en forma resumida, sin los comentarios que el agrega: para aparatos con fluxómetro, i de 5 a 10 min y t de 8 segundos; lavabos en oficinas, i de 22 min y t de 1 min; lavabos

en viviendas, i de 20 a 30 min y t de 2 min; en tinas de baño, i de 60 min y t de 7 a 10 min y en los aparatos con depósito, i de 20 a 30 min y t de 2 min. Los valores que recomienda para h los agrupa por edificios; para oficinas 8 horas; en hospitales o clínicas de 8 a 16 horas; en edificios de departamentos, viviendas y albergues de 2 a 3 horas; y finalmente para cuarteles, colegios y escuelas de 1 hora, aunque se recomienda para estos últimos diseñar para el cien por ciento en uso simultáneo.

Para resolver en forma expedita los logaritmos de la fórmula 8, de la manera como Gallizio la efectuó, puede recurrirse a las tres tablas que se encuentran en el apéndice anexo.

Después de establecer las variantes de la fórmula, el siguiente paso es el análisis por tramos de tubería, o por grupos de aparatos.

Para sistematizar este análisis se forma una tabla en la primera de cuyas columnas se anota el número de tramo en la siguiente columna el número de aparatos servidos por ese tramo, en la tercera el gasto total de esos aparatos, en la cuarta el porcentaje de simultaneidad y por último, en la quinta, el gasto reducido que resulta de la multiplicación de las 2 anteriores columnas.

Nótese que el gasto reducido es un gasto para el diseño de de
terminado tramo, pues el verdadero gasto de diseño esta dado
por la sumatoria de la quinta columna.

TARIFA A.1 LCA Aⁿ⁻¹

Número de unidades sobrepuestas

A	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
1.5	0.176	0.352	0.528	0.704	0.880	1.057	1.233	1.408	1.585	1.937	2.789	2.641	2.944
2	0.301	0.602	0.903	1.204	1.505	1.806	2.107	2.408	2.709	3.311	3.913	4.515	5.118
3	0.477	0.954	1.431	1.908	2.386	2.863	3.340	3.817	4.294	5.248	6.203	7.157	8.111
4	0.602	1.204	1.806	2.408	3.010	3.612	4.214	4.816	5.419	6.623	7.827	9.031	10.235
5	0.699	1.398	2.097	2.796	3.495	4.194	4.893	5.592	6.291	7.689	9.087	10.485	11.882
6	0.778	1.556	2.334	3.113	3.891	4.669	5.447	6.225	7.003	8.560	10.116	11.672	13.229
8	0.903	1.806	2.709	3.612	4.515	5.419	6.322	7.225	8.128	9.934	11.740	13.546	15.353
10	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	11.000	13.000	15.000	17.000
12	1.079	2.158	3.238	4.317	5.396	6.475	7.554	8.633	9.713	11.871	14.029	16.188	18.346
15	1.176	2.352	3.528	4.704	5.880	7.054	8.233	9.409	10.585	12.937	15.289	17.641	19.994
17	1.230	2.461	3.691	4.922	6.152	7.383	8.613	9.844	11.074	13.535	15.996	18.457	20.918
20	1.301	2.602	3.903	5.204	6.505	7.806	9.107	10.408	11.709	14.311	16.913	19.515	22.118
25	1.398	2.796	4.194	5.592	6.990	8.388	9.786	11.184	12.581	15.377	18.173	20.969	23.765
50	1.477	2.954	4.431	5.908	7.386	8.863	10.340	11.817	13.294	16.248	19.203	22.157	25.111
35	1.544	3.088	4.632	6.176	7.720	9.264	10.808	12.353	13.897	16.985	20.073	23.161	26.249
40	1.602	3.204	4.806	6.408	8.010	9.612	11.214	12.816	14.419	17.623	20.827	24.031	27.235
50	1.699	3.398	5.097	6.796	8.495	10.194	11.893	13.592	15.291	18.689	22.087	25.485	28.882
60	1.778	3.556	5.334	7.113	8.891	10.669	12.447	14.225	16.003	19.560	23.116	26.672	30.229
70	1.845	3.690	5.535	7.380	9.226	11.071	12.916	14.761	16.606	20.296	23.986	27.677	31.567
80	1.903	3.806	5.709	7.612	9.515	11.419	13.322	15.225	17.128	20.934	24.740	28.546	32.353
90	1.954	3.908	5.863	7.817	9.771	11.725	13.680	15.634	17.588	21.497	25.405	29.314	33.222
100	2.000	4.000	6.000	8.000	10.000	12.000	14.000	16.000	18.000	22.000	26.000	30.000	34.000
110	2.041	4.083	6.124	8.166	10.207	12.248	14.290	16.331	18.373	22.455	26.538	30.621	34.704
120	2.079	4.158	6.236	8.317	10.396	12.475	14.554	16.633	18.713	22.871	27.029	31.188	35.346
130	2.114	4.228	6.342	8.456	10.570	12.684	14.798	16.917	19.025	23.253	27.481	31.709	35.937
140	2.146	4.292	6.438	8.585	10.731	12.877	15.023	17.169	19.315	23.607	27.900	32.192	36.484
150	2.176	4.352	6.528	8.704	10.880	13.057	15.233	17.409	19.585	23.937	28.289	32.641	36.994
160	2.204	4.408	6.612	8.816	11.021	13.225	15.429	17.633	19.837	24.245	28.654	33.062	37.470
170	2.230	4.461	6.691	8.922	11.152	13.383	15.613	17.844	20.074	24.535	28.996	33.457	37.918
180	2.255	4.511	6.766	9.021	11.276	13.532	15.787	18.042	20.297	24.808	29.319	33.829	38.340
200	2.301	4.602	6.903	9.204	11.505	13.806	16.107	18.408	20.709	25.311	29.913	34.515	39.118

TABLA A.1 Log Aⁿ⁻¹

Número de unidades sobrepuestas

20	25	30	40	50	75	100	150	200	300	400	500	600	
3.346	4.226	5.107	6.068	8.628	13.031	17.433	26.237	35.042	52.651	70.260	87.869	105.478	155
5.720	7.225	8.730	11.740	14.750	22.276	29.802	44.853	59.905	90.008	120.111	150.214	180.317	2
9.065	11.451	13.836	18.608	23.379	35.307	47.235	71.091	94.947	142.659	190.371	238.038	285.795	3
11.439	14.449	17.460	23.480	29.501	44.552	58.604	89.707	119.810	180.016	240.222	300.428	-	4
13.280	16.775	20.270	27.260	34.244	51.724	69.198	104.147	139.095	208.992	278.889	-	-	5
14.785	18.676	22.566	30.348	38.129	57.583	77.037	115.944	154.852	232.667	-	-	-	6
17.154	21.674	26.190	35.221	44.251	66.828	89.406	134.560	179.715	270.024	-	-	-	8
19.000	24.000	29.000	39.000	49.000	74.000	99.000	149.000	199.000	299.000	-	-	-	10
20.504	25.900	31.296	42.088	52.880	79.854	106.839	160.798	214.757	-	-	-	-	12
22.346	28.226	34.107	45.868	57.628	87.031	116.433	175.237	234.042	-	-	-	-	14
23.379	29.531	35.683	47.990	60.292	91.053	121.815	183.337	244.860	-	-	-	-	17
24.720	31.225	37.730	50.740	63.750	96.276	128.802	193.853	258.905	-	-	-	-	20
26.561	33.551	40.540	54.520	68.495	103.448	136.396	208.293	278.192	-	-	-	-	25
28.061	35.451	42.836	57.608	72.379	109.307	146.235	220.091	293.947	-	-	-	-	30
29.337	37.058	44.778	60.219	75.659	114.261	152.863	230.066	307.276	-	-	-	-	35
30.434	38.444	46.460	62.480	78.501	118.552	158.604	238.707	-	-	-	-	-	40
32.280	40.775	49.270	66.260	83.249	125.724	168.198	253.147	-	-	-	-	-	50
33.785	42.675	51.566	69.348	87.129	131.583	179.037	264.944	-	-	-	-	-	60
35.057	44.282	53.508	71.959	90.410	136.537	182.665	274.920	-	-	-	-	-	70
36.159	45.674	55.190	74.221	93.251	140.828	188.406	283.560	-	-	-	-	-	80
37.131	46.992	56.673	76.215	95.728	144.614	193.470	291.182	-	-	-	-	-	90
38.000	48.000	58.000	78.000	98.000	148.000	198.000	298.000	-	-	-	-	-	100
38.786	48.993	59.200	79.614	100.028	151.063	202.098	-	-	-	-	-	-	110
39.504	49.900	60.296	81.088	101.880	153.859	205.839	-	-	-	-	-	-	120
40.165	50.734	61.304	82.444	103.583	156.432	209.280	-	-	-	-	-	-	130
40.776	51.507	62.238	83.699	105.160	158.814	212.567	-	-	-	-	-	-	140
41.346	52.226	63.107	84.868	106.628	161.031	215.433	-	-	-	-	-	-	150
41.878	52.899	63.919	85.961	108.002	163.105	218.208	-	-	-	-	-	-	160
43.379	53.531	64.683	86.990	109.292	165.053	220.815	-	-	-	-	-	-	170
42.850	54.126	64.403	87.056	110.508	166.890	223.272	-	-	-	-	-	-	180
43.720	55.225	66.730	89.740	112.750	170.276	227.802	-	-	-	-	-	-	190

TABLA A.2 Log B

Intervalo entre dos sucesiva aberturas	h PROMEDIO DE HORAS PICO POR DIA										
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16
3	1,301	1,602	1,778	1,903	2,000	2,079	2,204	2,301	2,380	2,447	2,505
4	1,176	1,477	1,653	1,778	1,875	1,954	2,079	2,176	2,255	2,322	2,380
5	1,079	1,380	1,556	1,681	1,778	1,857	1,982	2,079	2,144	2,225	2,283
6	1,000	1,301	1,477	1,602	1,699	1,778	1,903	2,000	2,079	2,146	2,204
7	0,934	1,230	1,415	1,531	1,633	1,716	1,839	1,934	2,000	2,079	2,137
8	0,875	1,176	1,342	1,477	1,580	1,653	1,778	1,876	1,954	2,021	2,079
9	0,826	1,114	1,301	1,431	1,519	1,602	1,724	1,826	1,903	1,970	2,029
10	0,778	1,079	1,255	1,380	1,477	1,556	1,681	1,778	1,857	1,924	1,982
12	0,699	1,000	1,176	1,301	1,398	1,477	1,602	1,699	1,778	1,845	1,903
14	0,633	0,860	1,114	1,230	1,322	1,415	1,351	1,633	1,708	1,778	1,836
16	0,580	0,875	1,041	1,176	1,279	1,362	1,477	1,580	1,653	1,720	1,778
18	0,519	0,826	1,000	1,114	1,230	1,301	1,431	1,519	1,602	1,669	1,727
20	0,477	0,778	0,954	1,079	1,176	1,255	1,380	1,477	1,556	1,623	1,681
25	0,380	0,681	0,857	0,982	1,079	1,158	1,283	1,380	1,459	1,526	1,584
30	0,301	0,602	0,778	0,903	1,000	1,079	1,204	1,301	1,380	1,447	1,505

Número total de unidades: n	Número de unidades sobrepuestas									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
3	0.477	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-
4	0.778	0.602	0.000	-	-	-	-	-	-	-
5	1.000	1.000	0.699	0.000	-	-	-	-	-	-
6	1.176	1.301	1.176	0.778	0.000	-	-	-	-	-
7	1.322	1.544	1.544	1.322	0.845	0.000	-	-	-	-
8	1.477	1.748	1.845	1.748	1.447	0.903	0.000	-	-	-
9	1.556	1.924	2.100	2.100	1.924	1.556	0.954	0.000	-	-
10	1.653	2.079	2.322	2.401	2.322	2.079	1.653	1.000	0.000	-
12	1.820	2.342	2.695	2.899	2.966	2.899	2.695	2.342	1.820	0.000
14	1.959	2.561	3.000	3,301	3.478	3.536	3.478	3.301	3.000	1.959
16	2.079	2.748	3.260	3.640	3.904	4.058	4.110	4.058	3.904	3.260
18	2.185	2.912	3.486	3.933	4.269	4.503	4.641	4.687	4.641	4.269
20	2.279	3.057	3.685	4.190	4.588	4.889	5.100	5.225	5.225	5.100
25	2.477	3.362	4.102	4.725	5.248	5.682	6.034	6.310	6.514	6.716
30	2.638	3.609	4.438	5.154	5.774	6.309	6.767	7.156	7.478	7.937
35	2.775	3.816	4.719	5.511	6.210	6.828	7.372	7.849	8.264	8.921
40	2.892	3.995	4.961	5.818	6.584	7.271	7.886	8.437	8.928	9.747
50	3.088	4.292	5.362	6.326	7.201	7.999	8.730	9.400	10.012	11.084
75	3.443	4.829	6.085	7.237	8.304	9.230	10.227	11.099	11.919	13.417
100	3.695	5.209	6.593	7.877	9.076	10.204	11.270	12.279	13.238	15.021
150	4.048	5.741	7.307	8.772	10.155	11.469	12.721	13.919	15.068	17.237
200	4.299	6.119	7.811	9.404	10.916	12.359	13.741	15.070	16.351	18.786

TABLA A.3 Log C_Tⁿ

Número total de l.	Número de unidades sobrepujadas:															
	14	11	18	20	25	30	40	50	75	100	150	200	300	400	500	(0)
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	2.079	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	3.486	2.185	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	4.588	3.685	2.278	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	6.644	6.310	5.682	4.725	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	8.163	8.163	7.939	7.478	5.154	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	9.365	9.609	9.657	9.512	8.264	5.511	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	10.366	10.798	11.055	11.139	10.604	8.928	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	11.972	12.692	13.257	13.257	13.673	14.102	13.673	10.012	0.000	-	-	-	-	-	-	-
75	14.749	15.932	16.981	17.905	19.721	20.855	21.464	19.721	0.000	-	-	-	-	-	-	-
100	16.645	18.129	19.487	20.729	23.385	25.468	28.138	29.004	23.385	0.000	-	-	-	-	-	-
150	19.253	21.137	21.137	24.560	28.292	31.508	36.645	40.304	43.968	40.304	0.000	-	-	-	-	-
200	21.072	28.278	25.270	27.208	31.655	35.612	42.317	47.657	56.228	58.957	47.657	0.000	0.00	-	-	-
300	23.606	26.137	28.556	30.875	36.291	41.234	49.991	57.493	71.991	81.619	88.972	81.619	0.000	-	-	-
400	25.383	28.180	30.862	33.445	39.526	45.154	55.295	64.231	82.540	96.351	113.540	119.012	96.351	0.000	-	-
500	26.766	29.758	32.641	35.426	42.019	48.160	59.351	69.365	90.488	107.320	137.237	144.703	144.703	107.320	0.000	-
700	28.834	32.126	35.310	38.397	45.749	52.656	65.399	76.993	102.202	123.312	156.518	180.399	206.090	206.090	180.399	-
1.000	31.020	34.627	38.127	41.531	49.787	57.486	71.845	85.076	114.469	139.905	182.228	215.921	263.835	290.796	299.536	290.796
1.500	-	-	-	-	-	62.732	78.904	93.963	127.995	158.173	210.308	254.266	324.194	376.148	412.992	436.853

FIGURA A .1

Viviendas. Curva característica de simultaneidad para
baños: $f=10$ min

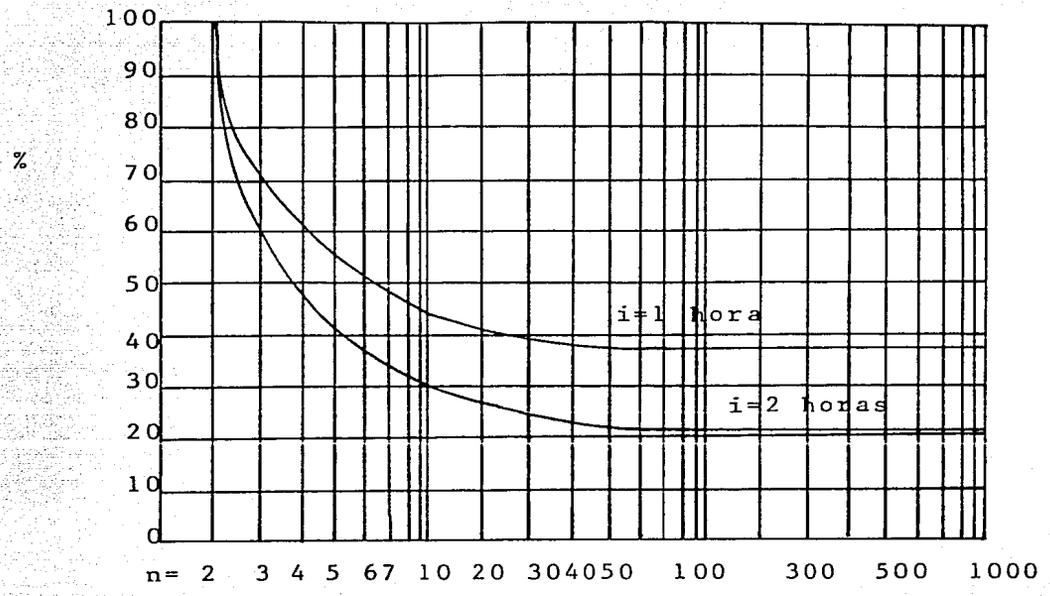


FIGURA A. 2

Viviendas. Curva de simultaneidad para retretes con depósito,
bidés y lavabos: $f=2$ min

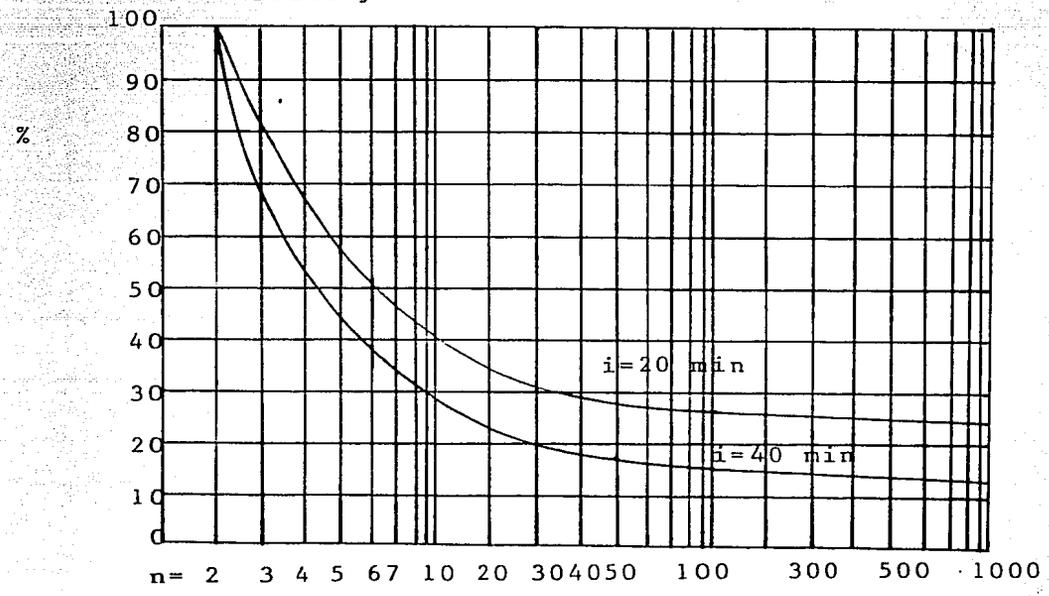


FIGURA A. 3

VIVIENDAS. Curva de simultaneidad para retretes
confluxometro: $f=8$ seg

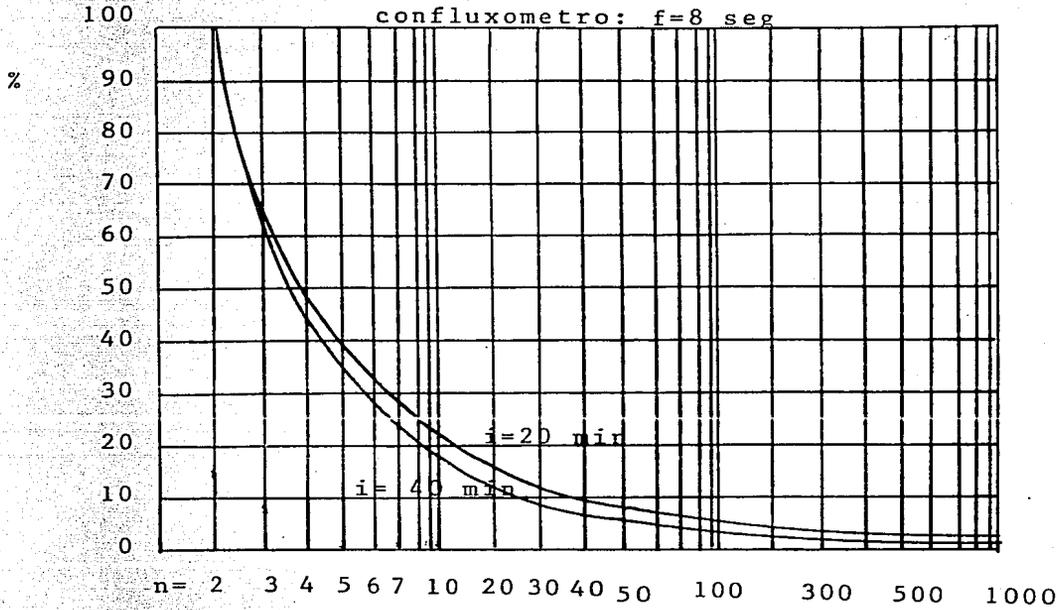


FIGURA A. 4

Oficinas y análogos. Curva de simultaneidad para lavabos: $f=1$ min

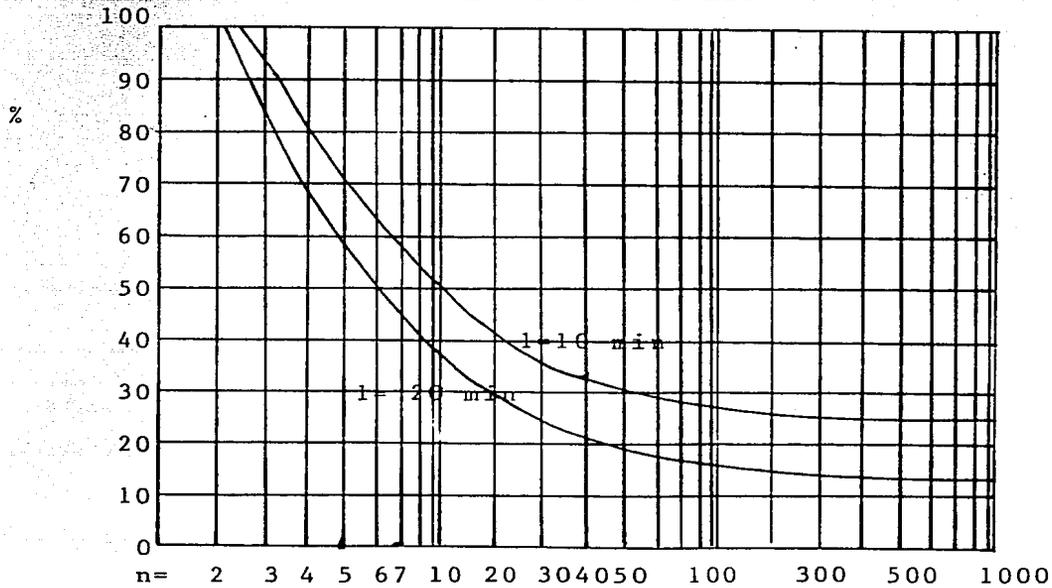


FIGURA A. 5

Oficinas y Análogos. Curva de simultaneidad para retretes con depósito. $f = 2$ min

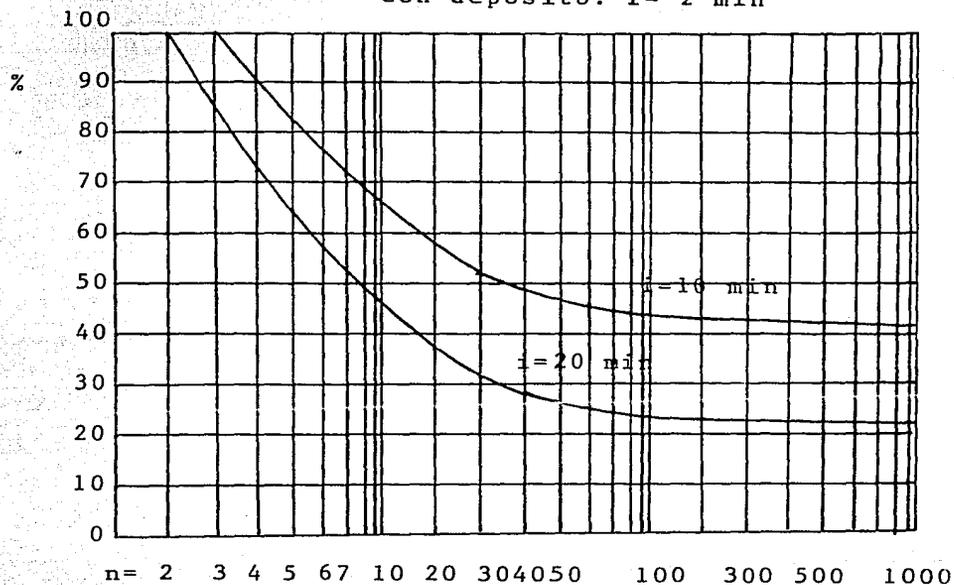
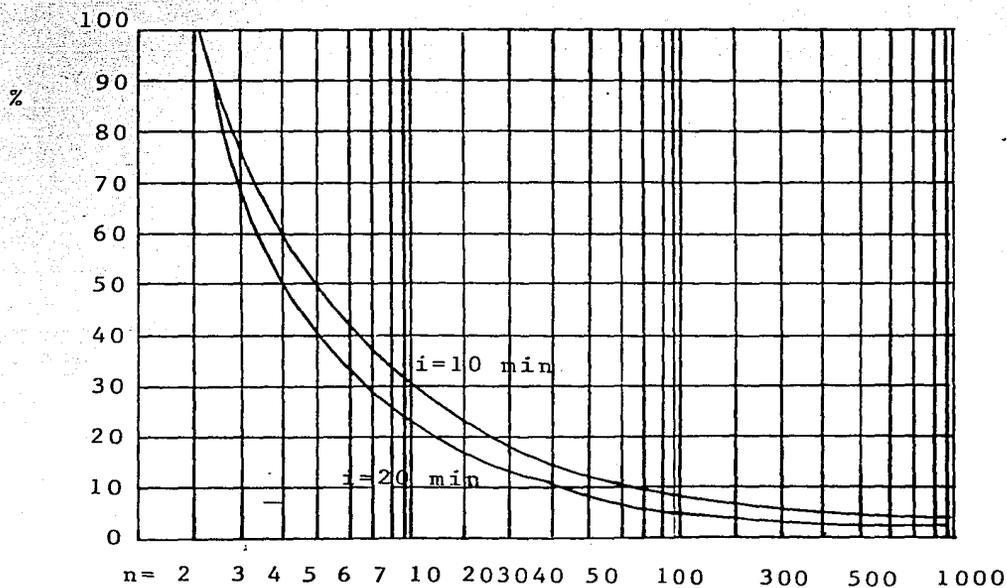


FIGURA A .6

Oficinas y análogos. Curva de simultaneidad para retretes con fluxómetro.



2. METODO FRANCES

Influenciado también por la aplicación de la teoría probabi--
lística el francés R. Bolant presenta, una investigación so--
bre gastos permisibles en los sistemas de conducción de agua
de los edificios. Para el cálculo del gasto de diseño propo--
ne un método que se revisa, se complementa con otros estudios
y, posteriormente, lo reglamenta la association française de
normalisation.

El desarrollo que se presenta a continuación hace referencia,
por lo tanto, a los reglamentos establecidos en Francia a tra--
vés de dicha asociación, por lo cual ya no se mencionará a
ningún otro autor.

Los gastos que se toman en cuenta para el cálculo de una ins--
talación se encuentran definidos por la norma francesa

P 41-204. Estos gastos, consignados en el cuadro que sigue, son aplicables únicamente cuando se trata de instalaciones urbanas.

TABLA 1-3
CONSUMO POR GRIFO DE ALGUNOS APARATOS CORRIENTES

Designación de los aparatos	Gastos l/s	Designación de los aparatos	Gastos l/s
Fregadero, pileta de enjuagado	0,2	Inodoro:	
Lavabo:		a) Con cisterna de descarga	0,1
a) Individual	0,1	b) Con grifo de descarga	1,5
b) Colectivo (por caño)	0,05	Urinarios:	
Bidé	0,1	a) Con cisterna de descarga automática, por plaza	0,005
a) Termoacumulador, o red de agua caliente	0,35	b) Con grifo individual	0,1
b) Calentadores instantáneos	0,25	c) Compartimiento con grifo de descarga	0,5
Ducha (agua fría o mezclada)	0,25	Pilar de lavar	0,4
Fuente	0,15	Grifo para limpieza de patio o boca de riego de 20 mm	0,7

El valor de k se determina con la expresión:

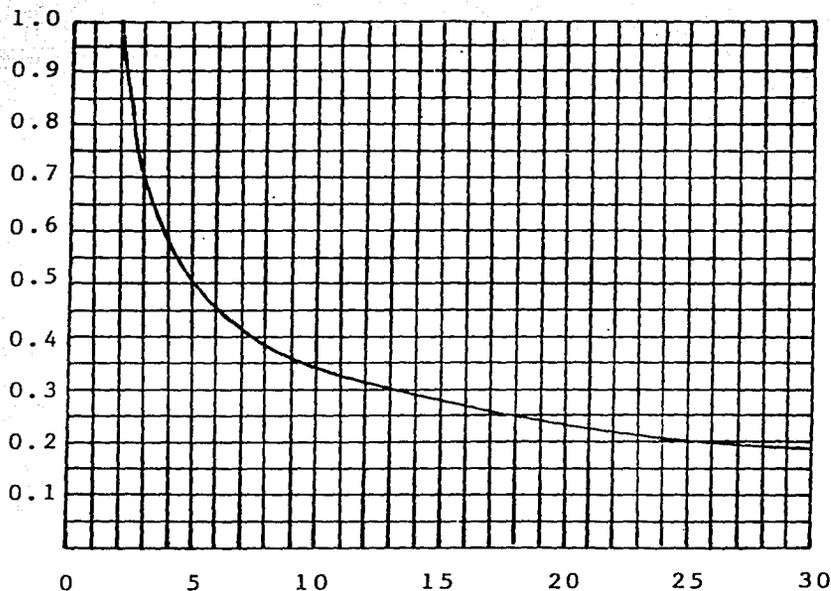
$$k = \frac{1}{\sqrt{X - 1}} \quad (10)$$

En donde X representa el número de llaves instaladas. Esta

expresión es válida para valores de x mayores o iguales que 2, dado que si $x = 2$, entonces $k = 1$, resultado que esta de acuerdo con la práctica, debido a que si una instalación comprende solamente dos grifos, el agua fluirá frecuentemente por ambos a la vez.

NO existe límite superior para x , mientras que el valor de k , no debe, en ningún caso, estar por abajo de 0.20. Este límite fue establecido por los congresos internacionales de plomería, celebrados antes de la redacción de las normas. A los franceses les pareció prudente conservar este límite, adoptándose para toda $x > 26$, tal como se observa en el gráfico de la figura .

Valores del coeficiente de simultaneidad k



Consideraciones bajo las cuales se modifica el valor de k . Los investigadores franceses han visto que la influencia sobre el gasto es mayor cuando se opera una llave grande que otra pequeña; para considerar este efecto convinieron en dar un ligero aumento al valor de k , incremento que se obtiene cambiando x por un valor más reducido, tal como se detalla en seguida.

En primera instancia se convierte el gasto q de cada uno de las diversas llaves de los aparatos a unidades de gasto, por medio del factor $1/10q$, a continuación se suman tales unidades de gasto y el resultado será el nuevo valor de x . La tabla que sigue ilustra esta consideración para un sistema de diez llaves.

TABLA 14

Aparato	$\frac{q}{l/s}$	$\frac{1}{10q}$	ni^1	$\frac{q}{l/s}$	$ni/10q$
1 fregadero c/agua fría y caliente	0.20	0.50	2	0.40	1.00
2 lavabos c/agua fría y caliente	0.10	1.00	4	0.40	4.00
1 tina de baño c/agua fría y caliente	0.35	0.286	2	0.70	0.57
1 excusado con depósito de agua	0.10	1.00	1	0.10	1.00
1 grifo de jardín con boca de 20 mm	0.70	0.14	1	0.70	0.14
(¹)ni = num de grifos por cada aparato			10	2.30	6.71

de esta forma se obtienen dos valores para x ; uno que representa la cantidad de llaves del sistema, $x_1 = 10$ y otro a partir del total de unidades de gasto, $x_2 = 6.71$. El coeficiente de simultaneidad tendrá entonces los valores:

$$k_1 = \frac{1}{\sqrt{10 - 1}} = 0.34$$

$$k_2 = \frac{1}{\sqrt{6.71 - 1}} = 0.42$$

y su aplicación en la fórmula 9 arroja los siguientes gastos.

$$Q_{m1} = 0.34 \times 2.30 = 0.78 \text{ l/s}$$

$$Q_{m2} = 0.42 \times 2.30 = 0.97 \text{ l/s}$$

Estos porcentajes máximos promedio difieren poco entre sí, por lo que las normas recomiendan, en la generalidad de los casos, tomar el valor de x como el número total de llaves del sistema, se ha empleado el término porcentaje máximo promedio Q_m debido a que así se le nombra en las normas francesas. Pero Q_m no es más que el gasto de diseño obtenido mediante los métodos descritos con anterioridad.

Existen algunos sistemas en los que para la determinación del gasto de diseño no puede aplicarse el coeficiente de simultaneidad y son aquellos en los cuales la actividad de sus ocu--

pantes esta estrictamente regulada, de modo que todos tienen en un instante dado el mismo tipo de ocupación. Tal es el caso de los internados escolares, de los cuarteles, de los lavabos - ducha en las fábricas y de los baños públicos. Aún así, la ocupación simultánea de todos los aparatos en las horas pico no siempre resulta cierta y, por lo regular, hay un aumento inútil en el costo de la instalación.

La misma norma P 41-204 establece que en estos casos, para el cálculo del coeficiente de simultaneidad no se contabilizarán los grifos que abastecen los aparatos, ya que serán alimentados por un tubo matriz especial que se diseñará admitiendo el funcionamiento simultáneo de:

1	Llave de descarga cuando la instalación comprenda	Hasta	3
2	" " " " " " " " " " " " " "	de	4 a 12
3	" " " " " " " " " " " " " "	"	13 a 24
4	" " " " " " " " " " " " " "	mas de	24

Después de obtener el gasto de diseño, las normas diversifican el método siguiendo dos caminos para llegar a la determinación de los diámetros. Uno considerando las velocidades máximas admisibles, sin preocuparse por las pérdidas de carga, basándose en la aplicación de una fórmula empírica en la cual debe cumplirse que la presión mínima P en la red general verifique la desigualdad: $\underline{\hspace{1cm}}$

$$P \geq 1.7 h + A \quad (P \text{ en metros}) \quad (11)$$

Siempre que se tenga:

$$\begin{aligned} l_1 &\leq 5 h \\ l_2 &\leq h \end{aligned} \quad (12)$$

y sabiendo que:

h es la altura en metros, desde el nivel de la vía pública hasta el del último piso alimentado.

A es la altura de agua, variable según el equipo del último piso:

$A = 10 \text{ m}_1$, con sólo grifos de toma

$A = 12 \text{ m}_1$, con sólo termo acumuladores para baño

$A = 14 \text{ m}_1$, con calentadores instantáneos de gas

y excusados con fluxómetro.

l_1 Es la distancia, medida en metros según la proyección -- horizontal, entre el aparato del piso bajo más alejado de la red general y esta red.

l_2 Es la misma distancia anterior, pero referida al aparato más alejado situado en los pisos superiores.

El otro camino, usado con más frecuencia, está basado en el cálculo de las pérdidas de carga, sea cual fuere la presión en la red general. Dichas pérdidas deben reducirse por debajo de 0.25 m por cada metro, valor en el cual se basa la desigualdad 11 , de modo que si P no satisface tal desigualdad es porque las pérdidas de carga unitaria son mayores que el valor señalado y, en consecuencia, se adoptarán diámetros superiores a los máximos admisibles para las velocidades de circulación. Aún así, como también deben tomarse en consideración los aspectos económicos y estéticos, los diámetros se limitarán a lo estrictamente necesario. Por esta razón, una vez deducidas las pérdidas de carga que en la presión P de la red general se producen en toda su longitud, dichos diámetros se diseñarán de forma tal que exista una presión residual P_r que presente un valor positivo para que el aparato más alto posea un gasto suficiente.

III.3 *Método de Wise y Croft*

Los británicos no quisieron resagarse por lo que sus instaladores se vieron precisados a cambiar sus antiguos procedimientos empíricos, presionados por las nuevas aplicaciones de la teoría de probabilidades. A.F.E. Wise y J. Croft, investigadores de la Building Research Station de Inglaterra, presentaron recientemente un método probabilístico para la determinación de gastos de diseño para instalaciones hidráulicas y sa-

nitarias de casas unifamiliares y edificios de departamen--
tos.

Su desarrollo se basa en datos de las frecuencias de uso de excusados, lavabos, regaderas y fregaderos de cocina, obtenidos bajo las condiciones de uso normal por una familia. Se llevo a cabo un muestreo en 108 familias que vivían en casas unifamiliares y edificios de departamentos, cuyos datos se registraron entre las 5:30 y las 10:30 h durante todos los días laborables de una semana. Los resultados a los que llegaron los investigadores se concentra en la siguiente tabla:

TABLA 15

FRECUENCIAS DE USO DE LOS APARATOS EN LAS HORAS PICO				
	Promedio en las horas pico de una semana		Promedio para cualquier hora en cualquier día	
	Núm. de usos	Intervalo de tiempo	Núm. de usos	Intervalo de tiempo promedio entre usos en min
excusados	2.3	26	3.1	19
lavabos	1.8	33	2.4	25
fregaderos	1.6	38	2.4	25

En forma complementaria, los mismos investigadores obtuvieron información referente a un promedio de la cantidad de agua usada en la descarga de un aparato, así como a la duración de dicha descarga (véase la tabla 16).

Así la probabilidad de encontrar un excusado cualquiera de 2 Gal (7.5l) desalojando el agua en un instante dado es $5/(19 \times 60) = 0.0044$, cuando mucho.

TABLA 16
PORCENTAJES DE FLUJO Y DURACION DE LA DESCARGA

Aparatos	Porcentaje de descarga en gpm	Duración de la descarga en gpm
Excusado con fluxómetro de piso:		
2 gal	30	5
3 gal	30	7
Lavabo con trampa de 1.25 pulgadas	8	10
Baño con trampa de 1.5 pulgadas	14	75
Fregadero con trampa de 1.5 pulgadas	12	25

Los investigadores exponen que una de las razones por las cuales se tiene un uso aparentemente pequeño de los lavabos, consiste en que solo se registraron aquellas ocasiones en que, después de que se lleno y utilizó el agua, fue quitado el tapón. No descartan el hecho de que se presentaron numero sas ocasiones en que el usuario no utilizara el tapón, dejan do que fluyera el agua; pero los pequeños porcentajes de flujo y los períodos cortos atribuidos a estas ocasiones no influyen en forma determinante debido a que son gastos pequeños.

TABLA 17

PROBABILIDAD DE DESCARGA SIMULTANEA DURANTE EL PICO MATUTINO

Aparato	Duración de la descarga t en s	Intervalo entre descarga T en s	p=t/T	1-t/T	Probabilidad ¹ de encontrar r aparatos desalojando, de un total de 10		
					r=0	r=1	r=2
excusado:							
2 gal	5	1,140	0.0044	0.9956	0.9560	0.0425	0.00084
3 gal	7	1,140	0.0061	0.9939	0.9400	0.0576	0.00159
lavabo	10	1,500	0.0067	0.9933	0.9340	0.0630	0.00190
fregadero	25	1,500	0.0167	0.9833	0.8450	0.1430	0.01100

Wise y Croft supusieron a continuación que el gasto de diseño será el que establezca el aparato que tenga una probabilidad igual o mayor que 0.01 de descarga simultánea. En la tabla 17 se observa que el aparato que cumple con la probabilidad supuesta es el fregadero, con $P = 0.0167$, dato que debe aproximarse a los expuestos en seguida:

TABLA 18

SUMA DE LAS PROBABILIDADES ¹ PARA EL USO SIMULTANEO DE r APARATOS TOMADOS DE UN TOTAL DE 10

r = 0	a	10	probabilidad	=	1,00000
r = 1	a	10	probabilidad	=	0.15340
r = 2	a	10	probabilidad	=	0.01240
r = 3	a	10	probabilidad	=	0.00068
r = 4	a	10	probabilidad	=	0.00002

¹ Los valores de estas probabilidades se obtuvieron con la sumatoria exponencial de Pisson, por lo cual no coinciden exactamente con los valores de la tabla 16.

La tabla 18 muestra que 2 fregaderos es el número más grande para el cual la probabilidad de r fregaderos tomados de 10 se encontrarían en uso simultáneo en más del 0.01 (uno por ciento).

Por lo tanto el gasto de diseño, en estos términos, es el definido de 2 fregaderos. Los autores aplicaron el mismo procedimiento para otros aparatos obteniendo los valores registrados en la tabla 19.

TABLA 19
Número de aparatos que están en uso simultáneo de acuerdo a un pico matutino

Número de aparatos	excusados			
	2 gal $p = 0.0044$	3 gal $p = 0.0061$	lavabos $p = 0.0067$	fregaderos $p = 0.0167$
1 a 8	1	1	1	1
9 a 20	1	1	1	2

En la tabla anterior se observa, por ejemplo, que para un edificio de siete departamentos, contando cada uno con excusado, lavabo, baño y fregadero de cocina, conectados al mismo tubo matriz, el gasto de diseño será establecido por la suma del gasto simultáneo de un excusado, un lavabo y un fregadero tomando en cuenta la hora pico de la mañana. Si ahora se considera un edificio de 10 departamentos, cada uno con los aparatos mencionados y de la misma manera conectados a un tubo ma-

triz, tendrá como gasto de diseño, en la hora pico de la mañana, la suma de los gastos de un excusado, un lavabo y dos fre_gaderos.

TABLA 20

NUMERO DE APARATOS EN USO SIMULTANEO ADMITIENDO UN POSIBLE PICO VESPERTINO

Número de aparatos	excusados p = 0.0044 6 0.0067	regaderas p = 0.042
1 a 4	1	1
5 a 11	1	2
12 a 20	1	3

Los autores han considerado otra hora pico hipotética por la tarde, bajo el supuesto de que cada baño esta desaguando una vez cada 30 min. y cada excusado una vez cada 19 min. En la tabla 20 se dan los resultados que ellos obtuvieron para esta hora pico, en la cual el gasto de diseño puede calcularse en forma similar. Este gasto resulta más pequeño que el obtenido en la hora pico de la mañana.

Finalmente Wise y Croft consideraron la posibilidad de frecuencias de uso algo más grandes a las supuestas anteriormente (para el pico más alto de los observados), demostrando, por la teoría de la probabilidad, que el gasto de diseño no cambia aunque se aumente el valor de las frecuencias de uso - hasta cerca del doble.

III.4 Método probabilístico de Hunter

El Código Nacional de plomería de los Estados Unidos de Norteamérica menciona que la 1^a. aplicación de la teoría de la pro bab ilidad para la determinación de gastos de diseño en instala ciones de plomería, parece haberla efectuado el Dr. Roy B. Hunter, investigador del National Bureau of Standards. A juicio de este Código, es un método bastante preciso y racional, debido a que toma en cuenta que afectan el gasto de diseño, omitidos por otros métodos.

La primera exposición de este método apareció en requerimientos mínimos para la plomería de casas unifamiliares y edificios departamentales, documento publicado en 1924 por el Departamento de Comercio de los Estados Unidos de Norteamérica.

En 1932, el mismo departamento volvió a publicarlo en BH13, re quer imientos mínimos de plomería.

En ambas publicaciones la descripción del método es incompleta y su aplicación no tan directa como lo fue en el tratamiento expuesto por Hunter en una versión posterior, métodos para la estimación de gastos en instalaciones sanitarias, en la cual presenta algunas tablas de gastos característicos de des carga y gráficos de curvas de probabilidad de los aparatos sa nitarios usados con mayor frecuencia, lo cual favoreció la aplicación del método.

Con fecha más reciente apareció una breve y más simple presentación del método de Hunter, determinación de las unidades-mueble utilizadas en el diseño de instalaciones de plomería, con el objeto de hacer más provechosa y sencilla la aplicación de este método; esta es la forma en que actualmente se usa en la determinación de los gastos de diseño.

a) *Fundamentos del método*

En el desarrollo de la teoría de probabilidades para la determinación de gastos de diseño, Hunter supuso, en primer lugar, que la operación de los muebles sanitarios principales puede considerarse como una serie de eventos al azar. Existe ciertas instalaciones que no se apegan a esta hipótesis; no obstante alguno de estos casos pueden admitirse por desviación completamente al azar.

Así pues, la suposición anterior constituye una base firme para aplicar la teoría probabilística a este problema.

Hunter detectó que la frecuencia máxima de uso del mueble principal se manifestó en la instalación de plomería de edificios residenciales que cuentan principalmente con excusados de fluxómetro, excusados de tanque y tinas de baño o regaderas. El valor de la frecuencia record la obtuvo básicamente en hoteles y edificios de departamentos durante los períodos de máximo uso. Así también determinó el valor característico de

un porcentaje promedio del agua usada por los diferentes aparatos y el tiempo de operación de cada uno de ellos.

Al aplicar la teoría de probabilidades en su desarrollo teórico toma en cuenta grupos grandes de aparatos sanitarios, como aquellos instalados en edificios de departamentos, hoteles, edificios de oficinas, etc., pues si bien el gasto de diseño es un gasto cuya probabilidad de ser excedido es mínima, puede ocurrir en raras ocasiones. Si este caso se presenta, no influirá en el servicio o será imperceptible, de tal forma que sigue siendo satisfactorio. Ahora bien, si el gasto de diseño es excedido en una instalación que contenga unos cuantos aparatos sanitarios, cuando el sistema se ha diseñado de acuerdo con la teoría de la probabilidad, el gasto adicional que se excedió puede resultar inconveniente, pues podría provocar interferencias en la operación de la instalación de drenaje a causa de un sobregasto en el sistema.

Hunter establece que un servicio satisfactorio es aquel que los aparatos del sistema proporcionan cuando únicamente es interrumpido por factores controlables, tales como la ampliación o mantenimiento de las tuberías. Pero como estos factores se toman en cuenta al construir los sistemas, cuando ocurren resultan de duración lo suficientemente breve, de modo que no causan interrupción en el uso de los aparatos. El sistema dará también un servicio satisfactorio, cuando la tube-

ría proporcione el gasto que requiera un número n del total n de aparatos sanitarios de un edificio, pensando en que el número n de aparatos se encuentra operando simultáneamente en más del uno por ciento de probabilidad. Hunter escogió arbitrariamente este porcentaje, al aplicar la teoría de probabilidades para el diseño de gastos en instalaciones de plomería. A partir de 1940 lo han usado varias empresas constructoras del gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica con buen éxito, en el sentido de que al aplicarlo no se han observado fallas en los sistemas.

b) *Aplicación de la teoría de probabilidades*

Considerando el caso de un sistema sencillo, se identificará a n como el número total de aparatos de un solo tipo, t será el intervalo de tiempo promedio, en segundos, que transcurre entre un uso y el siguiente y T el intervalo de tiempo promedio que requiere un aparato para desalojar el agua de deshecho. La probabilidad p de que un aparato en particular se encuentre desalojando el agua en cualquier instante arbitrario, es

$$p = t/T \quad (13)$$

Igualmente, la probabilidad de que ese aparato, o de que cualquier otro en particular, no se encuentre desalojando el agua, es

$$1 - p = 1 - t/T \quad (14)$$

Se mostrará más adelante que en excusados operados con fluxómetro, un valor apropiado para T y t es de 5 min (300 s) y 9 s, respectivamente; entonces:

$$p = 9/300 = 0.03 \quad , \quad y$$

$$1 - p = 1 - 0.03 = 0.97$$

El valor encontrado con la primera expresión muestra que existe el 3% de probabilidad de que un excusado operado con fluxómetro se encuentre funcionando en un instante dado, mientras que la probabilidad de que ocurra lo contrario se manifiesta con el segundo valor, para el mismo excusado de fluxómetro. Pero, observése que se está hablando de un solo aparato en particular, haciendo caso omiso de que los otros n^{-1} excusados puedan estar utilizando o no, en el instante en el que el sistema se está observando y, por ende, nada tiene que ver con las probabilidades obtenidas con las ecuaciones 13 y 14.

Para saber si dos excusados en particular se encuentran en servicio simultáneo en el mismo instante, sin tomar en cuenta si los otros n^{-2} excusados puedan estar o no en servicio en tal instante, la probabilidad p se eleva a la potencia 2, según la ley de composición de eventos, esto es, como la probabilidad para encontrar en operación al primero de estos excu-

sados seleccionados es P , e igualmente, la probabilidad de encontrar en operación al segundo de estos dos aparatos seleccionados es p entonces la probabilidad de que ambos excusados en particular se encuentren desalojando el agua es p^2 , lo cual numericamente se expresa como:

$$p^2 = (0.03)^2 = 0.0009$$

Análogamente, la probabilidad de encontrar tres excusados simultáneos es $p^3 = (0.03)^3 = 0.000027$; y así sucesivamente, de modo que la probabilidad de encontrar todos los n excusados desalojando el agua es $P = (0.03)^n$.

Ahora si se considera la probabilidad de que dos excusados en particular, pero ninguno de los otros $n-2$ aparatos, se encuentren en servicio simultáneo en cualquier instante, se hará lo siguiente:

PROBABILIDAD DE ENCONTRAR EL PRIMER EXCUSADO EN SERVICIO	P
" " " " SEGUNDO " " "	P
" " NO " " TERCER " " "	$1 - P$
" " " " CUARTO " " "	$1 - P$
" " " " QUINTO " " "	$1 - P$

PROBABILIDAD DE NO ENCONTRAR EL ENESIMO EXCUSADO EN SERVICIO $1 - P$

Se ha observado que la probabilidad total de esta composición

de eventos, en un cierto instante dado, es el producto de todas ellas entre sí; consecuentemente para el caso de excusados con fluxómetro, que es el que se analiza, se tendrá:

$$P = (1 - P)^{n-2} P^2 \quad (15)$$

Por ejemplo, para una batería de $n = 5$ aparatos de los mencionados, al aplicar la expresión 15 se obtiene:

$$\begin{aligned} P &= (1 - P)^{5-2} P \\ P &= (1 - 0.03)^3 (0.03)^2 \\ P &= 0.00082 \end{aligned}$$

Ahora se analizará el caso general partiendo de que dos cualesquiera de los n inodoros (pero ninguno de los otros $n-2$) se encuentren operando a la vez, en un instante dado, y que se ha demostrado que su probabilidad es $(1-P)^{n-2} P^2$, y teniendo en cuenta que existen tantas formas de seleccionar dos inodoros tomados de los n , como combinaciones de n cosas tomadas de dos en dos. Si se generaliza aun más, habría que determinar cuantas formas pueden presentarse para seleccionar r excusados de un total de n existentes. En cualquier libro de probabilidad se consigna la fórmula que define el número total de estas combinaciones:

$$\binom{n}{r} = \frac{n!}{r! (n-r)!} \quad (16)$$

En donde $\frac{n}{r}$ es el símbolo que expresa las combinaciones de n cosas tomadas de r en r y; es el símbolo que define el factorial de un número; si empleamos los valores de $n = 5$ y $r = 2$ en la expresión 16, se tendrá:

$$\frac{n}{r} = \frac{5}{2} = \frac{5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1}{(2 \times 1) (3 \times 2 \times 1)} = 10$$

Este número indica las posibles combinaciones de un evento, que aplicado a la probabilidad de los otros tres inodoros, se encuentren en servicio simultáneo en algún instante escogido arbitrariamente, se obtiene:

$$10 (0.97)^3 (0.03)^2 = 0.0082$$

Siguiendo este criterio se llega a una expresión general para la probabilidad de que una cantidad r de aparatos sanitarios seleccionados al azar, y solo r sacados de un total de n , se encuentren operando simultáneamente en cualquier instante escogido; esto es:

$$P_r = \frac{n}{r} (1 - P)^{n-r} P^r \quad (17)$$

Pero cuando se observa un sistema de plomería, es cierto que encontraremos algún número r de n aparatos en operación donde r puede tener cualquier valor desde cero hasta n - ; si se suman todas estas probabilidades representadas por la ecua--

ción 17, tal sumatoria será un número unitario, precisamente como lo establece la teoría de probabilidades, obteniéndose así la relación:

$$\sum_{r=0}^{r=n} P_r^n = \sum_{r=0}^{r=n} \binom{n}{r} (1-P)^{n-r} P^r = 1 \quad (18)$$

Se observa que la ecuación 17 representa un término y la ecuación 18 es la suma de todos esos términos, definiéndose de esta forma la expansión binomial entera de $(P + (1-P))^n$, que es la distribución de probabilidad que Hunter emplea para el desarrollo de su método.

Ahora solo falta establecer cual de todos los números r de aparatos sacados de un total n puede suponerse que están en operación simultánea. Si designamos este número con la letra m , entonces el gasto de diseño Q_d se encuentra multiplicando ^m por el porcentaje promedio de flujo de un aparato. En su cálculo se utiliza aquí el criterio que considera Hunter para definir cuando un diseño es adecuado: un sistema de plomería se considerará que opera en forma satisfactoria, cuando abastece proporcionalmente el gasto que demande un cierto número m de n aparatos. Tomando en cuenta que la probabilidad para no encontrar a más de m aparatos no sea mayor que el uno por ciento del tiempo. En este criterio se considera que cada uno de los valores que toma r dentro del intervalo semiabierto $(0, n)$, en

la ecuación 17, es como sigue:

$$P_0^n + P_1^n + P_2^n + \dots + P_{m-1}^n + P_m^n > = 0.99 \quad (19)$$

En donde m es el número entero más pequeño con el cual la relación 19 es válida, para que el sistema pueda diseñarse; pero todo este procedimiento resultaba demasiado laborioso para aquel entonces (1940), como el mismo Hunter explica. En un intento por reducir al mínimo este trabajo, la National Bureau of Standard publicó tablas de la distribución de probabilidad binomial para valores de n hasta de 50 y en otra publicación para hasta el 150.

Utilizando las últimas para el sistema sencillo hipotético que se está analizando, compuesto por una batería de $n = 100$ exclusivos todos del tipo de fluxómetro, con dichas tablas se obtiene la probabilidad para encontrar $r = 0, 1, 2, \dots, 10$ aparatos de los mencionados, que podrían estar funcionando simultáneamente, como se muestra en la tabla 21

Si efectuamos la suma de estas probabilidades, comenzando con P_0^{100} , se observa que el número m más pequeño de aparatos con el cual dicha suma es mayor o igual que 0.99, es 8. Esto indica que se puede asegurar con un 99% de probabilidades que, como máximo, ocho aparatos tomados de cien se encontrarán fun

TABLA 21

VALORES DE p_r^n PARA $n = 100$ Y r en $(0,10)$	
$p_0^{100} = 0.0480$	$p_6^{100} = 0.0496$
$p_1^{100} = 0.1470$	$p_7^{100} = 0.0206$
$p_2^{100} = 0.2250$	$p_8^{100} = 0.0074$
$p_3^{100} = 0.2270$	$p_9^{100} = 0.0023$
$p_4^{100} = 0.1705$	$p_{10}^{100} = 0.00065$
$p_5^{100} = 0.1013$	

cionando simultáneamente en cualquier instante arbitrario que se escoja. Por lo tanto, la tubería principal de este sistema conducirá un gasto de diseño Q_d dado por:

$$Q_d = mq \quad (20)$$

Para el gasto que se está desarrollando, dicho gasto es $Q_d = 87q$ l/s, en donde q es el porcentaje promedio de flujo, en libras por segundo, involucrando en la operación de un aparato de las características establecidas.

Las fracciones de la unidad de consumo-mueble que el Dr. Roy B. Hunter propone para diferentes aparatos sanitarios, con respecto a su demanda en el sistema de suministro de agua, se presentan en la tabla 18.3.5 del Código Nacional de Plomería de los Estados Unidos de Norteamérica y que se transcribe a continuación en la tabla 22.

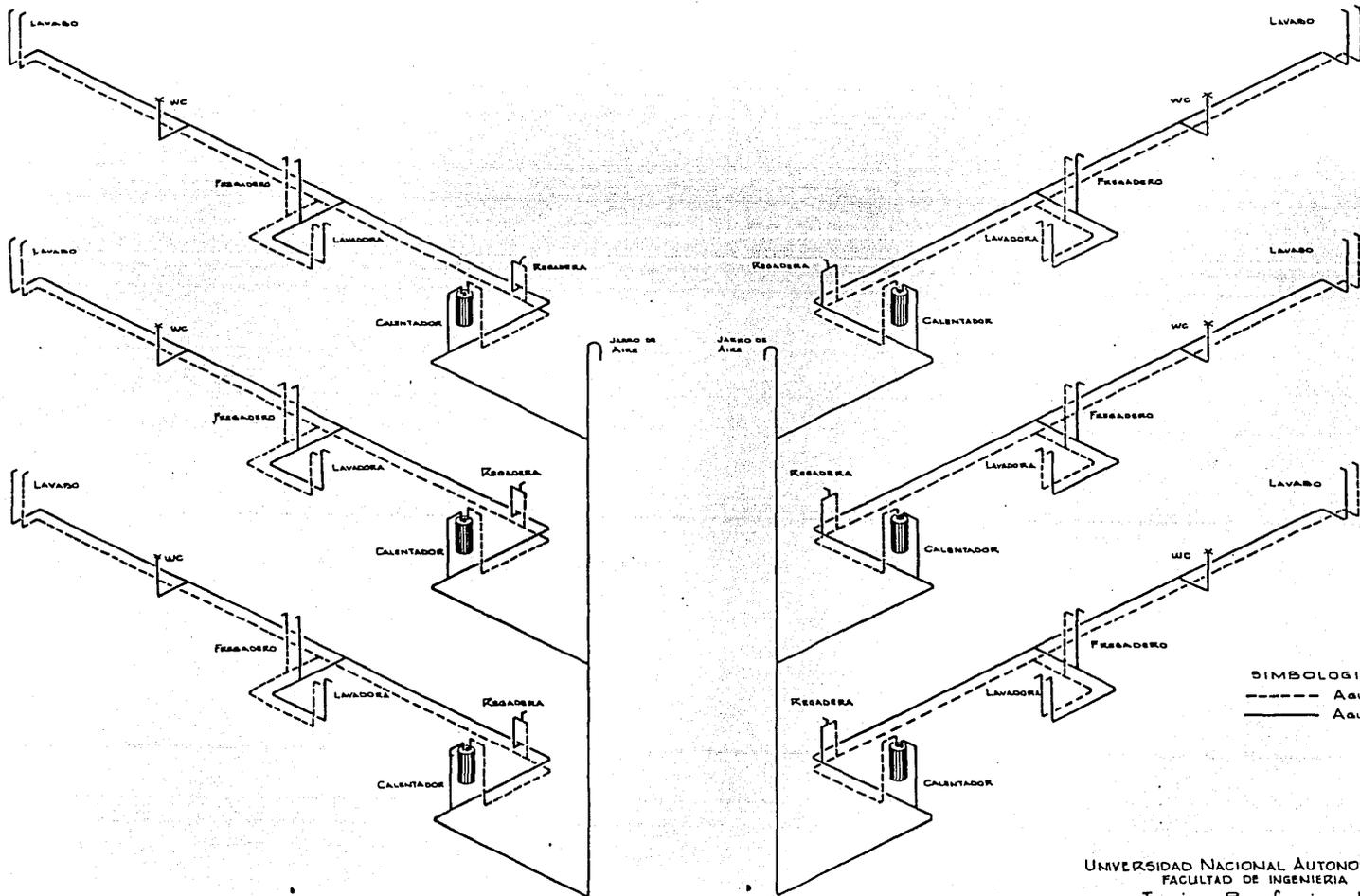
TABLA 22
 DEMANDA DE LOS APARATOS EN UNIDADES DE CONSUMO-MUEBLE¹

Aparatos	Servicio	Control del abastecimiento	Unidad de mueble
Excusado	Público	Fluxómetro	10
Excusado	Público	Tanque	5
Mingitorio	Público	Fluxómetro	10
Mingitorio de pared	Público	Fluxómetro	5
Mingitorio de pared	Público	Tanque	3
Lavabo	Público	Llave	2
Tina de baño	Público	Llave	4
Regadera	Pública	Llave mezcladora	4
Fregadero para lim- pieza	Oficinas, etc.	Llave	3
Fregadero de cocina	Hotel o rest.	Llave	4
Excusado	Privado	Fluxómetro	6
Excusado	Privado	Tanque	3
Lavabo	Privado	Llave	1
Tina de baño	Privado	Llave	2
Regadera	Privado	Llave mezcladora	2
Cuarto de baño	Privado	Con exc de fluxómetro	8
Cuarto de baño	Privado	Con excde tanque	6
Regadera separada	Privado	Llave mezcladora	2
Fregadero de cocina	Privado	Llave	2
Lavadero	Privado	Llave	3
Aparatos combinados	Privado	Llave	3

¹ Para los aparatos que no aparecen en esta lista, se puede suponer la correspondiente parte de la unidad de consumo-mueble, haciendo una comparación con los asignados en dicha lista.

CAPITULO IV

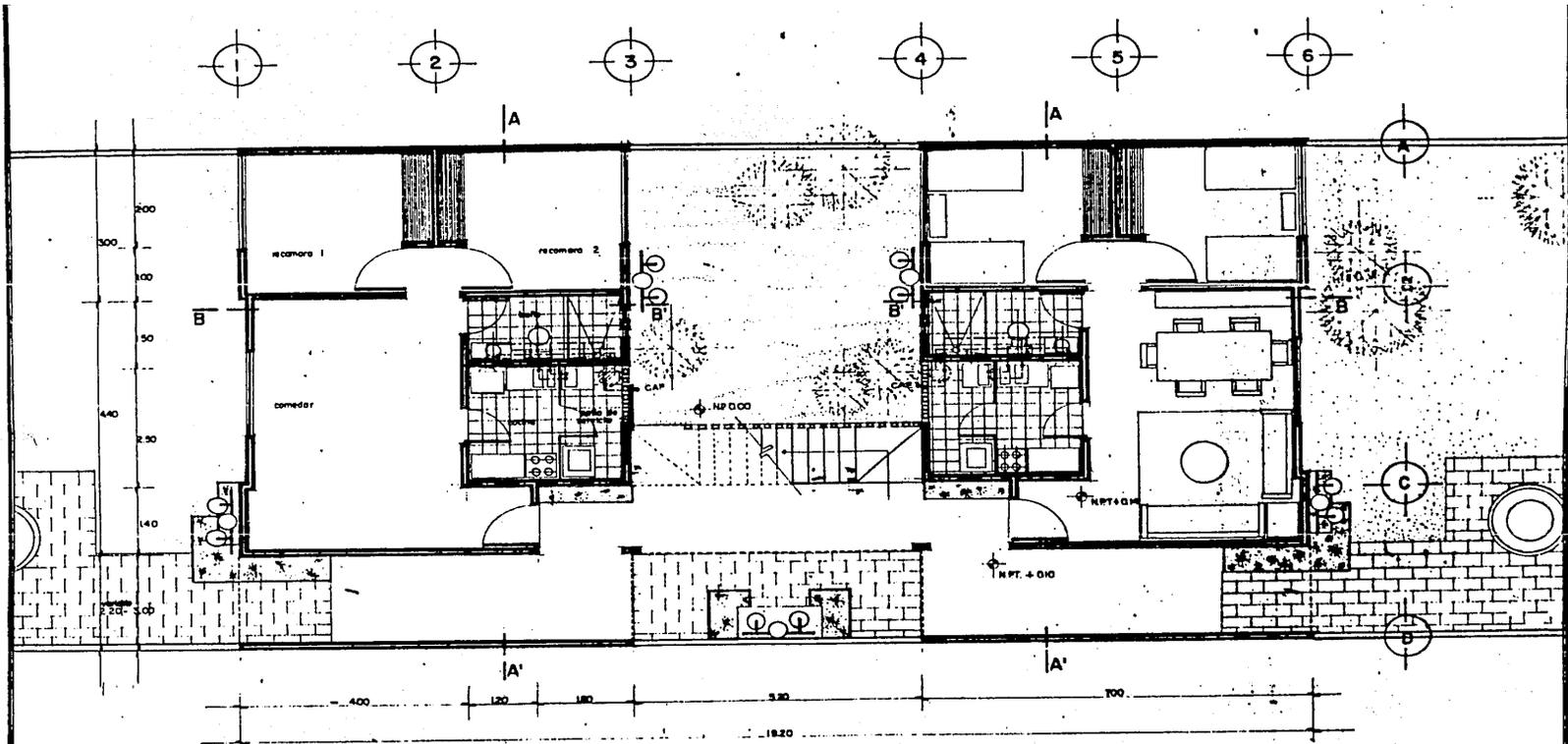
EJEMPLO DE APLICACION



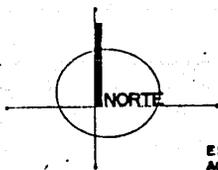
SIMBOLOGIA
 - - - - - AGUA CALIENTE
 _____ AGUA FRIA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Tesis Profesional
 NOMBRE: JORGE ALEJANDRO RANGEL DAVALOS
 AÑO 1987

PLANO
 No. 4



- SIMBOLOGIA**
- Agua FRIA
 - Agua CALIENTE
 - CAF • COLUMNA AGUA FRIA
 - ☼ CALENTADOR

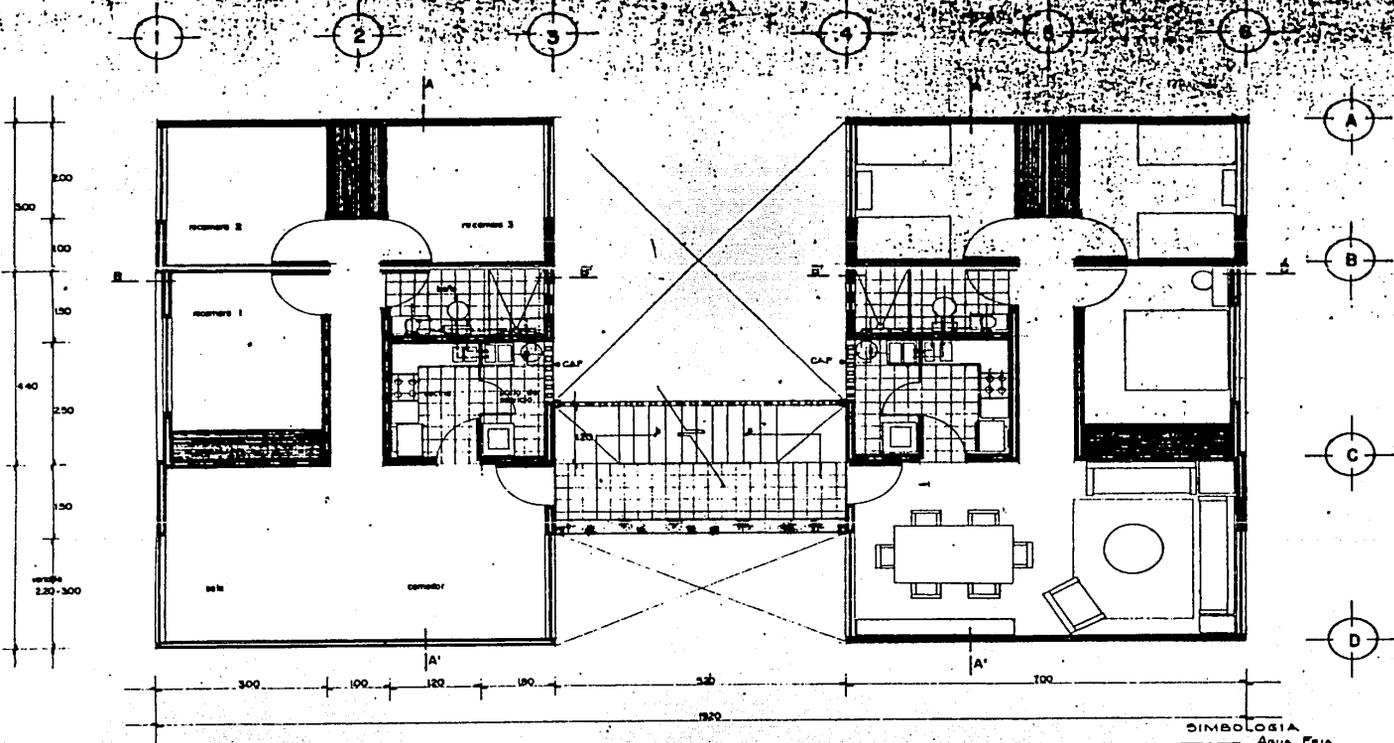


ESC. 1:50
ACOT. en metros

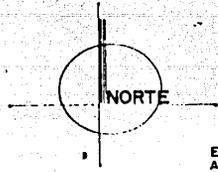
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Tesis Profesional
NOMBRE: JORGE ALEJANDRO RANSEL CAVALOS
AÑO 1987

PLANO
N₆





- SIMBOLOGIA**
- Agua Fria
 - - - Agua Caliente
 - CAP — Columna Agua Fria
 - CALENTADOR

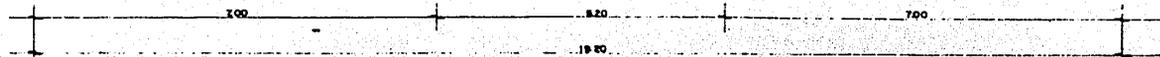
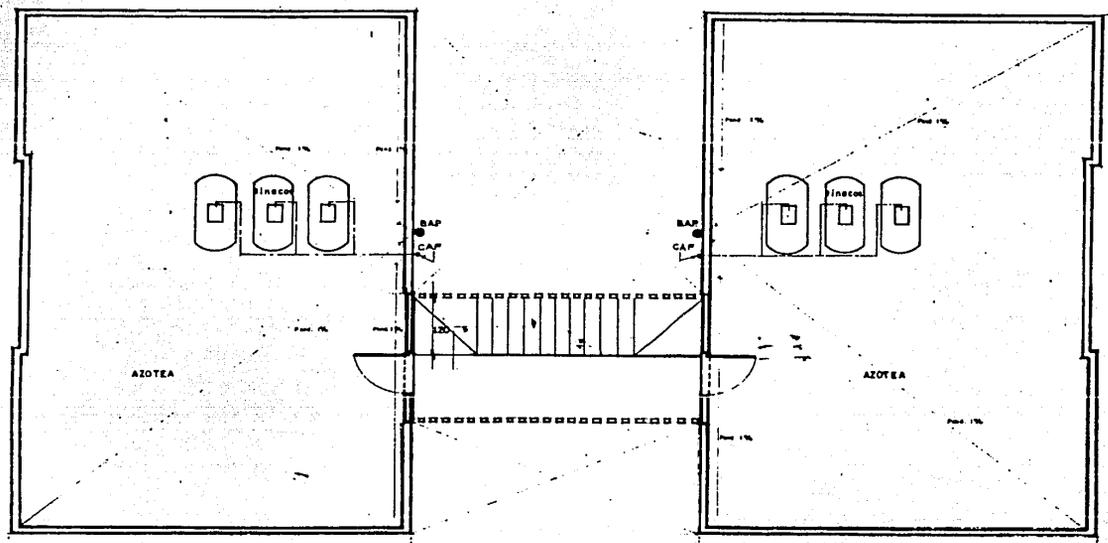
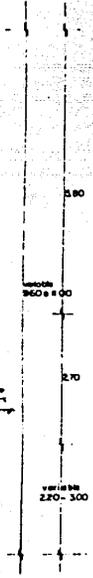


ESC. 1:50
ACOT. en metros

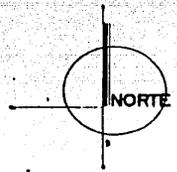
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Tesis Profesional
NOMBRE: JORGE ALJANDRO RANGEL CAVALOS
AÑO 1967

PLANO
No





SIMBOLOGIA
 — LINEA AGUA FRIA
 CAP • COLUMNA AGUA FRIA



ESC. 1:50
 ACOT. en metros

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Tesis Profesional
 NOMBRE: JORGE ALEJANDRO RANGEL DAVALOS
 AÑO 1987

PLANO
 N^o



METODO DE DAWSON Y KALISKE

T R A M O	APARATOS SEMEJANTES		Q (L/m)	FACTOR USO SIMUL- TANEO		Q DISEÑO (L/S)	φ (MM)	H(%)	L(M)	Hf(M)
	No.	No. USO SIMUL- TANEO								
1-2	1	1	22.7	1	0.3783	19	17.94%	1.00	17.94	
2-3	1	1	40.90	1	0.6816	25	13.39%	1.75	23.43	
3-4	1	1	22.7	1	0.3783	19	17.94%	.80	14.35	
4-5	1	1	45.4	1	0.7566	25	16.71%	.50	8.36	
5-6	1	1	86.30	1	1.4383	32	16.19%	1.60	25.90	
6-7	1	1	122.7	1	2.045	50	17.40%	.50	8.70	
7-8	1	1	122.7	1	2.045	50	17.40%	3.00	52.20	
8-9	1	1	245.4	.50	2.045	50	17.40%	3.00	52.20	
9-10	1	1	368.1	.40	2.454	50	4.36	3.00	13.08	

METODO ALEMAN DE LA RAIZ CUADRADA

METODO DOS

TRAMO	LLAVES				FACTORES				FORMULA	Q(L/S)	Øm	Hf(%)	L(m)	Hf(m)
	3/8	1/2	3/4	1	3/8	1/2	3/4	1						
					1	2	3	4	$Qd=0.25 \sqrt{n(f)^2}$					
1-2	X	1	X	X	X	2	X	X	$Qd=0.25 \cdot 1(2)^2$	.50	19	31.54%	1.00	31.54
2-3	X	2	X	X	X	2	X	X	$Qd=0.25 \cdot 2(2)^2$	.7071	25	14.59%	1.75	25.54
3-4	X	3	X	X	X	2	X	X	$Qd=0.25 \cdot 3(2)^2$	.8660	25	21.89%	.80	17.51
4-5	X	4	X	X	X	2	X	X	$Qd=0.25 \cdot 4(2)^2$	1.00	32	7.82%	.50	3.91
5-6	X	5	X	X	X	2	X	X	$Qd=0.25 \cdot 5(2)^2$	1.11	32	9.78%	1.60	15.65
6-7	X	6	X	X	X	2	X	X	$Qd=0.25 \cdot 6(2)^2$	1.22	32	11.73%	.50	5.86
7-8	X	7	X	X	X	2	X	X	$Qd=0.25 \cdot 7(2)^2$	1.32	32	13.69%	3.00	41.07
8-9	X	8	X	X	X	2	X	X	$Qd=0.25 \cdot 8(2)^2$	1.41	32	15.65%	3.00	46.95
9-10	X	9	X	X	X	2	X	X	$Qd=0.25 \cdot 9(2)^2$	1.50	32	17.61%	3.00	52.83

METODO 3

METODO BRITANICO

TRAMO	Q(L/S)	(mm)φ	Hf(%)	L(m)	Hf(m)
1-2	.3030	19	11.58%	1.00	11.58
2-3	.4545	19	26.06	1.75	45.61
3-4	.3030	19	11.58%	.80	9.26
4-5	.6060	25	10.72%	.50	5.36
5-6	1.06	32	8.79	1.60	14.07
6-7	1.5142	32	17.94	.50	8.97
7-8	1.5142	32	17.94	3.00	53.82
8-9	3.02	50	2.79	3.00	8.37
9-10	4.54	64	4.00	3.00	12.00

METODO PROPUESTO POR LA SOCIEDAD IMPULSORA
DEL COBRE

METODO 5

TRAMO	Q(L/S)	(mm)φ	Hf(%)	L REAL	CONEXIO NES	L(m)	Hf(m)
1-2	0.3783	19	17.94%	1.00	.45	1.45	26.01
2-3	0.6816	25	13.39%	1.75	.60	2.35	31.46
3-4	0.3783	19	17.94%	.80	.20	1.10	19.73
4-5	0.7566	25	16.71%	.50	0.0	.50	8.36
5-6	1.4383	32	16.19%	1.60	.61	2.21	35.77
6-7	2.045	50	17.40%	.50	0.0	.50	8.70
7-8	2.045	50	17.40%	3.00	1.52	4.52	78.64
8-9	2.045	50	17.40%	3.00	.60	3.60	62.64
9-10	2.454	50	4.36	3.00	1.52	4.52	19.70

METODO DE DAWSON Y BOWMAN

METODO 6

TRAMO	Q(L/S)	Q(L/M)	(mm) ϕ	Hf(%)	L(m)	Hf(m)
1-2	.3155	18.93	19	12.56	1.00	12.56
2-3	.5048	30.29	19	32.15	1.75	56.26
3-4	.3155	18.93	19	12.56	.80	10.04
4-5	.4731	28.39	19	28.24	.50	14.12
5-6	.9830	58.68	25	28.21	1.60	45.13
6-7	1.6088	96.53	32	20.25	.50	10.12
7-8	1.6088	96.53	32	20.25	3.00	60.75
8-9	2.5468	152.81	50	4.69	3.00	14.07
9-10	4.1556	249.34	50	12.50	3.00	37.50

METODO AMERICANO PRIMER PROCEDIMIENTO

METODO 7

TRAMO	Q(L/S)	(mm)φ	Hf(%)	L(m)	Hf(m)
1-2	0.10	13	38.70%	1.00	38.70
2-5	.20	13	38.20%		
3-4	.10	13	38.70%	.80	30.96
4-5	0.25	13	59.68%	.50	29.84
5-6	.45	19	25.55%	1.60	40.88
6-7	.45	19	25.55%	.50	12.77
7-8	.45	19	25.55%	3.00	76.65
8-9	.55	19	10.14%	3.00	30.42
9-10	.495	19	30.92%	3.00	92.76

METODO FRANCES CM = 150

TRAMO	TIPO DE	OL/S	ACUM.	N	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$	TOTAL	$\sum (L/S)$	(mm) ²	HF(%)	L(m)	H*(m)
1-2	Arroyo	0.1	0.10	1	0.10	0.10	0.10	17	1.55	1.55	0.55
2-3	Arroyo + W.C.	0.1	0.20	2	0.20	0.20	0.20	17	14.20	1.75	56.85
3-4	Arroyo + C.A.	0.4	0.60	3	0.7071	0.42	0.42	17	22.26	2.8	17.80
4-5	Arroyo + C.A. + C.A.	0.2	0.80	4	0.57	0.46	0.46	17	25.70	4.50	13.35
5-6	Arroyo + W.C.	0.3	1.10	5	0.50	0.55	0.55	17	18.17	1.50	61.07
6-7	Arroyo + C.A.	0.25	1.35	4	0.60	0.60	0.60	25	10.51	1.50	5.25
7-8		0.15	1.50	7	0.60	1.13	1.13	12	1.47	1.50	1.40
8-9		0.20	1.70	10	0.57	1.60	1.60	12	17.37	1.90	22.11
9-11		0.3	2.00	21	0.52	2.1	2.1	30	1.22	1.50	1.50

METODO PROBABILISTICO DE HUNTER

HUNTER

TRAMO	MUEBLE	UNIDAD	Q(L/S)	(mm) ϕ	HF(%)	L(m)	Hf(m)
	UNIDAD	M A					
1-2	1	1	.10	13	9.55	1.00	9.55
2-3	3	4	.26	13	64.56	1.75	112.98
3-4	3	3	.20	13	38.20	.80	30.56
4-5	2	5	.38	19	18.22	.50	9.11
5-6	-	9	.54	19	36.79	1.60	58.86
6-7	2	11	.60	25	10.51	.50	5.25
7-8	-	11	.60	25	10.51	3.00	31.53
8-9	11	22	.95	25	26.35	3.00	79.05
9-10	11	33	1.34	32	14.05	3.00	42.15

TABLA RESUMEN

E M P I R I C O S												PROBALISISTICA				
METODO	1		2		3		5		6		7		2		4	
TRAMO	Q	ϕ	Q	ϕ	Q	ϕ										
1-2	0.3788	19	.50	19	.3030	19	0.3783	19	.3155	19	0.10	13	0.10	13	0.10	13
2-3	0.6806	23	.7071	25	.4545	19	0.6816	25	.5048	19	0.20	13	0.20	13	0.26	13
3-4	0.3783	19	.6860	25	.3030	19	0.3783	19	.3155	19	0.10	13	0.42	19	.20	19
4-5	0.7566	25	1.00	32	.6060	25	0.7566	25	.4731	19	0.25	13	0.46	19	.30	19
5-6	1.4383	32	1.1180	32	1.06	32	1.4383	32	.9830	25	.45	19	0.55	19	.34	25
6-7	2.045	50	1.12247	32	1.5142	32	2.045	50	1.6088	32	.45	19	0.60	25	.60	25
7-8	2.045	50	1.3229	32	1.5142	32	2.045	50	1.6088	32	.45	19	1.10	32	.60	25
8-9	2.045	50	1.4142	32	3.02	50	2.045	50	2.5468	50	.55	19	1.49	32	.95	25
9-10	2.454	50	1.500	32	4.54	64	2.454	50	4.1556	50	.495	19	2.11	50	1.34	32

CAPITULO V

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Después de utilizar cada uno de los métodos para el mismo problema se ve en la tabla resumen que los métodos empíricos proporcionan resultados casi idénticos y generalmente mayores que en los métodos probabilísticos a excepción del método americano primer procedimiento que da unos diámetros de tubo muy pequeños con las consiguientes pérdidas de carga muy altas.

En la actualidad se utilizan los métodos probabilísticos que consideran los usos simultáneos en los muebles, disminuyendo enormemente los diámetros de tubería en las instalaciones.

Existen dos tendencias: la europea, que racionaliza el uso del agua, esto es debido a la educación que tienen los europeos. La americana, en la cual se proporciona agua en cantidad suficiente para cualquier aparato.

Por la razón anterior en nuestro país se utiliza demasiado el método probabilístico del doctor Roy B. Hunter el cual se explicó en el último ejemplo y nos proporciona diámetros y pérdidas de carga aceptables.

Los proyectistas de instalaciones hidrosanitarias utilizan el método del Dr. Hunter debido a que varias dependencias basan sus normas en la aplicación de ese método.

En la tesis se explica la evolución histórica de los métodos.

Para la República Mexicana no hay un método propio y por lo tanto se sugiere aplicar el método del Dr. Hunter debido a la cercanía con los Estados Unidos y por ser el más aceptable para el país.

BIBLIOGRAFIA

1. Manas, Vincent T. *National Plumbing Code Itandbook*. Mc Graw-Hill Book Company. Inc. New York Primer Edición Basada en el National Plumbing Code Asa A.40.8
2. Rodríguez - Avial, M. *Instalaciones de los Edificios, Fontanería y Saneamiento*. Editorial Dossat, S.A. Tercera Edición. Madrid. 1958. 279 Págs.
3. Gay, Charles M., Fawcett, Charles de Van y otros. *Instalaciones en los Edificios*. Editorial Gustavo Gili, S.A. Sexta Edición. Barcelona, 1979. 648 Págs.
4. Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria de la Secretaría de Salud. *Manual de Plomería*. Unica Edición. México, 1972.
5. *Reglamento de Ingeniería Sanitaria Relativo a Edificios*. Ediciones Andrade, S.A. Cuarta Edición. México, 1977. Publicado en el Diario Oficial con fecha mayo 20, 1964.