

**TECNOLOGIA - DISPOSITIVOS DE AHORRO
DE AGUA.**

Raúl Cuéllar Chávez

Gabriel Echávez Aldape

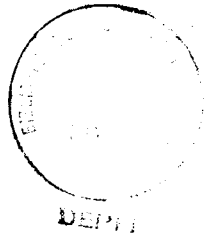
D-66

1a. edición: septiembre 1981

1a. reimpresión: abril 1987

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES - VENEZUELA

F-DEPAI
D-66
1981
ES-2



Escuela de Ingeniería de Materiales

Departamento de Ingeniería de Materiales

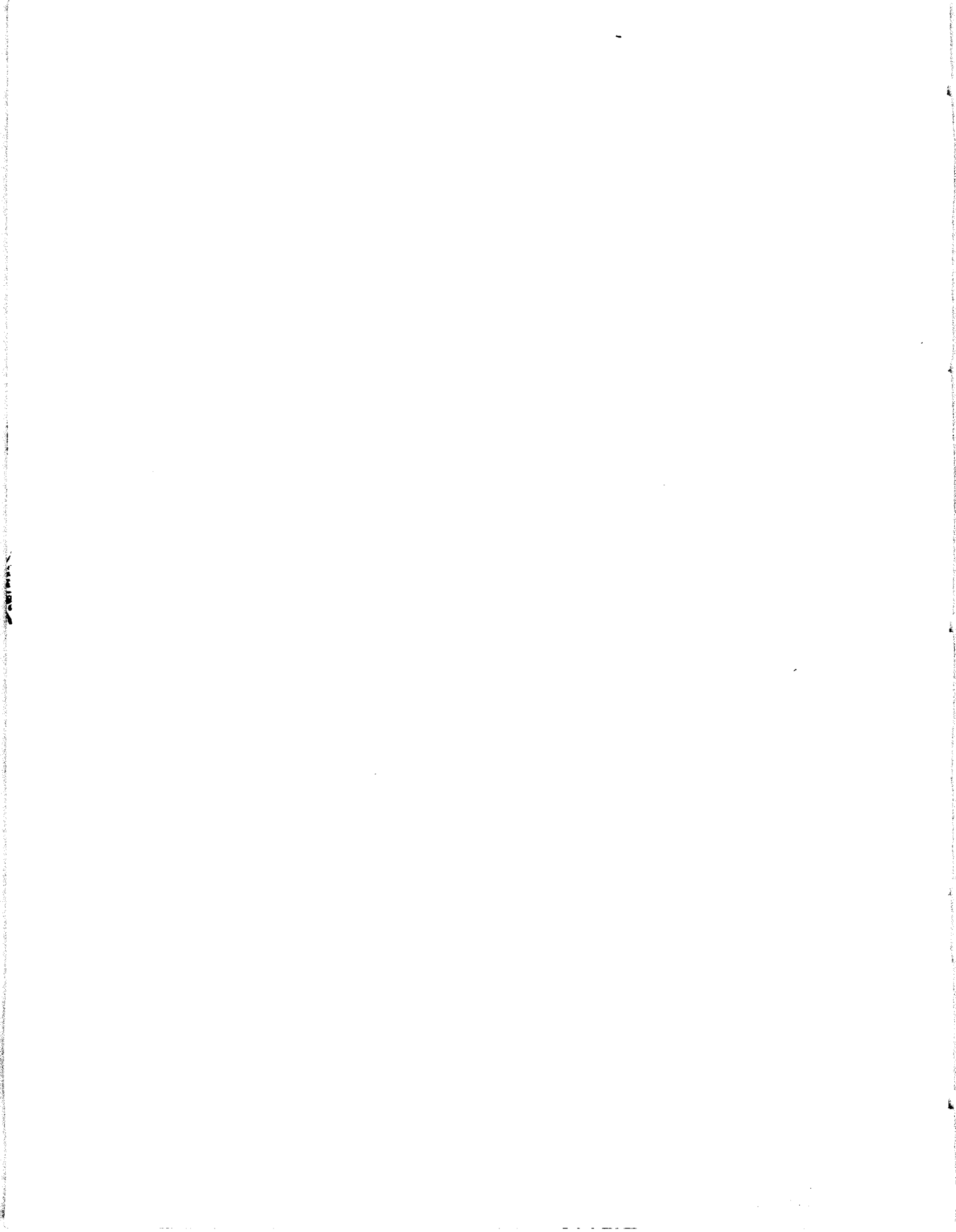
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
SECRETARIA DE OBRAS Y SERVICIOS
DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA
UNIDAD DE DESARROLLO TECNOLOGICO

PROYECTO DE INVESTIGACION
"TECNOLOGIA-DISPOSITIVOS DE AHORRO DE AGUA"

REALIZADO POR
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA
U. N. A. M.

O.T. A-1-79/6704

SEPTIEMBRE, 1981.



RECONOCIMIENTOS

Este proyecto de investigación fue realizado con el patrocinio de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) del Departamento del Distrito Federal, que consciente del problema de conservación del agua en la ciudad de México, encomendó a la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería (DEPFI), UNAM efectuar un análisis de la tecnología disponible para reducir el consumo de este recurso mediante dispositivos de ahorro de agua.

El estudio se llevó a cabo en forma conjunta entre las Secciones de Hidráulica e Ingeniería Ambiental de la DEPFI, UNAM, con la dirección y coordinación del Dr. Gabriel Echávez Aldape y el Dr. Raúl Cuéllar Chávez. La supervisión del proyecto estuvo a cargo del M en I. Gastón Mendoza Gámez, Jefe de la Unidad de Desarrollo Tecnológico de la DGCOH,DDF.

Una de las actividades fundamentales del proyecto fue la realización de un estudio experimental para probar dos dispositivos reductores de consumo de agua en un grupo de departamentos de la unidad habitacional Culhuacan del INFONAVIT, para lo cual se contó con el apoyo y colaboración de las autoridades de esta institución.

Participaron en diversas actividades los estudiantes de maestría Roberto Boscó Romero, Georgina Fernández Villagómez y Luis Domingo Gutiérrez. El trabajo de campo fue realizado por el Sr. Máximo Navarrete Lara. La coordinación de los trabajos de fotografía y dibujo estuvieron a cargo del Sr. Jorge Jalife Escarza. El trabajo de mecanografía fue realizado por la Srta. Margarita Eulogio Gutiérrez.



I N D I C E

| | Pag. |
|---|------|
| RECONOCIMIENTOS | |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| 1.1 Planteamiento del Problema | 1 |
| 1.2 Objetivos del Estudio | 2 |
| 1.3 Alcance del Estudio | 2 |
| 1.4 Actividades del Estudio | 3 |
| II. ESTUDIO EXPERIMENTAL | 5 |
| 2.1 Descripción del Experimento | 5 |
| 2.2 Procesamiento de la Información | 7 |
| 2.3 Presentación de Resultados | 9 |
| 2.4 Evaluación de Resultados | 22 |
| III. EVALUACION TECNOLOGICA | 25 |
| 3.1 Descripción del Funcionamiento de los Dispositivos empleados en el Estudio Experimental | 25 |
| 3.2 Revisión y Análisis de la Bibliografía sobre Dispositivos de Ahorro de Agua | 30 |
| 3.3 Descripción y Evaluación de un Sistema de Reuso de Agua Jabonosa | 38 |
| 3.4 Descripción y Evaluación de un Cilindro Regulador de Gasto en Tuberías | 43 |
| IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 50 |



I. INTRODUCCION

1.2 Planteamiento del Problema

1. Debido a la gran demanda de agua potable que existe en el Distrito Federal, se han planteado varias alternativas para satisfacer adecuadamente las necesidades actuales y futuras de este recurso. Una de las estrategias consideradas es la conservación del agua dentro de la región antes de ser desechada como agua residual a través del sistema de drenaje de la ciudad.
2. Las fuentes de abastecimiento actuales implican una alta inversión económica y un gran esfuerzo para su operación. Mediante el sistema operado por el Departamento del Distrito Federal, se suministran aproximadamente 37.0 m³/s de agua potable, que se destina a los siguientes usos:

| | |
|-----------------------|---------|
| Doméstico | 48.7 % |
| Industrial | 13.5 % |
| Comercial y Servicios | 16.2 % |
| Público y Recreativo | 21.6 % |
| Total | 100.0 % |

3. De acuerdo a varios estudios realizados se ha determinado que el uso del agua a nivel domiciliario se distribuye como sigue:

| | |
|----------------------|---------|
| Evacuación W.C. | 40.0 % |
| Regaderas | 30.0 % |
| Lavado de ropa | 15.0 % |
| Lavado de utensilios | 6.0 % |
| Beber y cocinar | 5.0 % |
| Actividades varias | 4.0 % |
| Total | 100.0 % |

4. Los muebles y dispositivos sanitarios "convencionales" que se emplean actualmente demandan el uso de grandes volúmenes de agua que se desperdicia por la propia ineficiencia de dichas instalaciones. Considerando el importante consumo de agua que se efectúa a nivel domiciliario y en edificios públicos en el Distrito Federal, la aplicación masiva de muebles y dispositivos "no convencionales" se plantea como una alternativa atractiva para aprovechar en forma óptima la capacidad instalada del sistema de abastecimiento actual.

5. Se observa que la práctica de instalación de dispositivos para ahorro de agua en edificios públicos, hoteles, restaurantes y casas-habitación se ha incrementado en México en los últimos años. Al respecto, el desarrollo tecnológico en el país ha sido muy reducido y se ha realizado en general en forma empírica. En otros países donde se han presentado condiciones severas de escasez de agua, el avance tecnológico ha sido mayor.
6. Si bien, de acuerdo al estado actual de la tecnología existen algunos sistemas de ahorro de agua disponibles, estos sistemas no han sido probados bajo las condiciones existentes en México, de tal forma que se establezcan conclusiones sobre las eficiencias de operación y las actitudes de los usuarios.

1.2 Objetivos del Estudio

Con el fin de determinar la situación actual del avance en el desarrollo tecnológico de sistemas de ahorro de agua y analizar la eficiencia y aceptación de algunos dispositivos bajo condiciones de operación reales, se consideraron los siguientes objetivos del estudio:

- a. Evaluar el funcionamiento de dos dispositivos de ahorro de agua bajo diversas condiciones de operación en unidades habitacionales del INFONAVIT.
- b. Evaluar el funcionamiento hidráulico de dos dispositivos desarrollados en el país.
- c. Analizar los principales sistemas de ahorro de agua desarrollados en otros países.
- d. Establecer recomendaciones sobre los dispositivos de ahorro de agua evaluados para ser considerados en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.

1.3 Alcance del Estudio

1. Los resultados obtenidos en este estudio son aplicables a los dispositivos ensayados y a las características de los usuarios de las unidades habitacionales analizadas.
2. Debido a las variaciones estacionales de consumos de agua durante el año, los resultados del estudio reflejan las condiciones del período de abril a octubre, época en que se efectuaron las mediciones.

1.4 Actividades del Estudio

1. Las actividades realizadas en este proyecto fueron:

- a. Revisión y análisis bibliográfico de 26 documentos relacionados con dispositivos de ahorro de agua de sarrollados en los Estados Unidos.
- b. Diagnóstico del funcionamiento hidráulico de un sistema de reuso de agua jabonosa, instalado en la planta de Xotepingo del D.D.F.
- c. Diagnóstico del funcionamiento hidráulico de un cilindro controlador de flujo para reducir el caudal de agua en tuberías.
- d. Estudio experimental de un regulador de presión en regaderas y un controlador de volumen y flujo en W.C. en la unidad habitacional "Culhuacan" del INFONAVIT, con una duración de cuatro meses incluyendo los siguientes sitios:
 - 20 departamentos de un edificio multifamiliar con dispositivos de ahorro de agua (regadera y W.C.)
 - 20 departamentos de un edificio multifamiliar sin dispositivos de ahorro de agua (testigos).
 - 20 departamentos de un edificio multifamiliar dividido en 10 departamentos con dispositivos y 10 departamentos testigo.
 - 6 departamentos de un edificio triplex con dispositivos de ahorro de agua (regadera y W.C.)
 - 6 departamentos de un edificio triplex sin dispositivos de ahorro de agua (testigos)

Se instalaron medidores de consumo de agua para cada departamento considerado en el estudio y se efectuaron lecturas durante dos etapas:

- i) Primera etapa (17 de abril a 18 de mayo de 1980) Se efectuaron mediciones diarias durante 31 días.
- ii) Segunda etapa (21 de julio a 16 de octubre de 1980) Se efectuaron dos mediciones por semana durante tres meses.

Se aplicaron dos encuestas en cada departamento considerado en el estudio, con el fin de establecer las características de las familias muestreadas, identificar los problemas operacionales de los dispositivos y determinar su aceptación por parte de los usuarios. La primera encuesta se aplicó al inicio del estudio y la segunda encuesta al final.

II. ESTUDIO EXPERIMENTAL

2.1 Descripción del Experimento

1. Con el fin de evaluar el funcionamiento de algunos dispositivos para ahorro de agua bajo diversas condiciones de operación, así como de aceptación por parte de los usuarios, se realizó un estudio experimental en un conjunto de unidades habitacionales del INFONAVIT en la ciudad de México.
2. Al inicio del estudio se analizaron varios conjuntos habitacionales del INFONAVIT, considerándose en forma preliminar las siguientes unidades multifamiliares:
 - a) Culhuacan
 - b) Narciso Bassols
 - c) Martín Carrera
 - d) Agua Caliente
 - e) Pantitlán-Zaragoza

En el proceso de selección de los conjuntos habitacionales más adecuados para el estudio experimental, se buscó obtener las siguientes condiciones:

- a) Localización de unidades unifamiliares, duplex, triplex y edificios multifamiliares
- b) Diversificación de distintos niveles socioeconómicos de usuarios
- c) Facilidad para la instalación de los dispositivos de ahorro de agua y medidores de consumo
- d) Tiempo de entrega y ocupación de las unidades

Por presentar las mejores condiciones se seleccionaron los conjuntos Culhuacan y Narciso Bassols, sin embargo finalmente se eliminó el conjunto Narciso Bassols debido a que no estuvo listo para operar en condiciones normales durante el desarrollo del experimento, ampliándose el número de unidades consideradas en el conjunto Culhuacan e incrementándose la periodicidad de las mediciones.

3. En cuanto a los dispositivos para ahorro de agua, se consideraron los siguientes:
 - a) Regulador de presión en regadera
 - b) Válvula de llenado con control de nivel y desagüe en cajas de inodoro
 - c) Inodoro de bajo caudal con ayuda de presión de aire
 - d) Sistema de reuso de agua jabonosa
 - e) Cilindro regulador de gasto en tuberías
4. De los cinco dispositivos antes mencionados se seleccionaron cuatro y se descartó el inodoro de bajo caudal con ayuda de presión de aire, debido a que no fue posible llevar a cabo su instalación en las unidades habitacionales estudiadas. Dicho dispositivo implica la instalación de un compresor y de una red de tuberías especiales.
5. El regulador de gasto en regadera y la válvula de llenado con control de nivel en cajas de inodoro, se decidió instalarlos en las unidades habitacionales del INFONAVIT. El sistema de reuso de agua jabonosa se evaluó en un modelo a escala 1:1 construido en la planta de Xotepingo. El cilindro regulador de gasto en tuberías se probó en los laboratorios de Ingeniería Ambiental en la UNAM.
6. Para efectos de implementación del experimento, se decidió dividir la investigación en dos etapas. La primera etapa consistió en un estudio preliminar con duración de un mes, período en el cual se realizaron mediciones diarias de consumo de agua en:
 - 20 departamentos de un edificio multifamiliar con dispositivos de ahorro de agua en regaderas y W.C.
 - 20 departamentos de un edificio multifamiliar sin dispositivos de ahorro de agua (testigos)
 - 3 departamentos de un edificio triplex con dispositivos de ahorro de agua en regaderas y W.C.

- 3 departamentos de un edificio triplex sin dispositivos de ahorro de agua (testigos)
7. El objetivo de esta primera etapa fue obtener información relativa a las características de los habitantes de los departamentos seleccionados para el estudio mediante encuestas y obtener una descripción preliminar de las variaciones en el consumo de agua a través de lecturas en los medidores, así como detectar problemas de tipo operativo.
8. En base a los resultados de la primera fase de estudio, se diseñó la segunda etapa de investigación consistente en un programa de mediciones de consumo de agua con duración de tres meses. En esta etapa se amplió el número de unidades estudiadas, considerándose adicionalmente:
- 20 departamentos de un edificio multifamiliar dividido en 10 departamentos con dispositivos y 10 departamentos testigo.
 - 3 departamentos de un edificio triplex con dispositivos de ahorro de agua en regaderas y W.C.
 - 3 departamentos de un edificio triplex sin dispositivos de ahorro de agua (testigos)

Durante este período se efectuaron dos lecturas por semana en cada medidor de consumo de agua.

2.2 Procesamiento de la Información

1. El procesamiento de los datos en el estudio experimental se realizó en tres etapas:
 - a) Depuración de la información
 - b) Estandarización de los datos
 - c) Análisis estadístico

En la primera etapa se depuró la información eliminando los volúmenes de consumo diario negativos y los valores excesivamente grandes, resultados atribuibles al mal funcionamiento de algunos medidores. Mediante esta eliminación de datos incongruentes la información se redujo en un 25%

2. Como la medición de consumos en cada casa era de dos tipos: diaria y bisemanal, se estandarizó esta última dividiéndose cada valor entre 3.5 y asignándole un peso, para aumentar su influencia, de la misma magnitud.

Una vez hecho esto todas las inferencias se hicieron sobre consumos diarios. Para obtener más información se hizo el análisis del consumo per cápita y el del consumo por adulto (sin tomar en cuenta a los niños).

3. Una vez creados los archivos de datos relativos a las características socioeconómicas de los departamentos muestreados y los consumos observados, se utilizó el programa de biblioteca denominado BASIS (*Burroughs Advanced Statistical Inquiry System*) para procesar los resultados almacenados en los archivos de datos. Dicho programa de computadora contiene una serie de 23 rutinas estadísticas interrelacionadas, de las cuales se emplearon las siguientes:

| <u>Rutina</u> | <u>Descripción</u> |
|---------------|---|
| LOOK | Verifica la correcta perforación de datos |
| BUILD | Crea un archivo binario de acceso a los datos |
| STAT | Obtiene parámetros estadísticos básicos (media, variancia, desviación estándar e intervalos de confianza) |
| UNIVAR | Imprime tablas de frecuencia e histogramas |
| CORREL | Determina correlaciones |
| XCLASS | Imprime tablas cruzadas o de contingencia |
| TTEST | Realiza pruebas de hipótesis para comparación de diferencia entre medias |

4. En el siguiente capítulo se presentan las encuestas aplicadas en los departamentos muestreados para definir las características de la población y establecer la aceptación o rechazo de los dispositivos de ahorro de agua. Dado que el tamaño de la muestra fue reducido, el procesamiento de los datos se llevó a cabo en forma manual.

2.3 Presentación de Resultados

1. CONSUMOS DIARIOS

- a. El consumo medio diario per cápita en los departamentos con dispositivos fue de 74 ℓ, con una desviación estándar de 64 ℓ (Ver Tabla I).
- b. En los departamentos sin dispositivos el consumo medio diario per cápita ascendió a 109 ℓ, con una desviación estándar de 79 ℓ.
- c. El consumo medio diario por adulto en los departamentos con dispositivos fue de 125 ℓ, con una desviación estándar de 125 ℓ.
- d. En los departamentos sin dispositivos, el consumo medio diario por adulto subió a 232 ℓ, con una desviación estándar de 214 ℓ.
- e. Como los intervalos de confianza para la comparación de la diferencia entre las medias fueron de 17 a 53 ℓ/día para el consumo per cápita y de 62 a 151 ℓ/día para el consumo por adulto, se concluye que hay una diferencia estadística significativa entre las medias de consumo con y sin dispositivo a un nivel de significancia de 95%.

2. CARACTERISTICAS SOCIO-ECONOMICAS

- a. A partir de la encuesta mostrada en la Fig. 2.3.1 se obtuvo información acerca de las características socio-económicas de la población. Los siguientes histogramas dan una idea general de la composición de la población.
- b. En la Fig. 2.3.2 se muestra el número de adultos por familia y en la Fig. 2.3.3 el número de niños en la familia. La mayoría (96%) contestó que tenía un sirviente. En la Fig. 2.3.4 se muestra el ingreso familiar total declarado.

3. OPINIONES DEL USUARIO Y PATRON DE CONSUMO

- a. En cuanto a las opiniones del usuario y la forma como usa el agua, se recabó la siguiente información:
- b. El 58% contestó que no le faltaba el agua, el

| <u>Muestra</u> | <u>Tipo de Muestra</u> | <u>Parámetro</u> | <u>Tamaño de la Muestra*</u> | <u>Consumo por Apartamento</u> | <u>Consumo por Habitante</u> |
|----------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1 | <i>SIN DISPOSITIVO</i> | No. de apartamentos | 115 | | |
| | | No. de habitantes | 111 | | |
| | | Promedio (ℓ/día) | | 231.95 | 109.24 |
| | | Varianza (ℓ/día) | | 45,625.43 | 6,266.31 |
| | | Desviación Están dar (ℓ/día) | | 213.60 | 79.16 |
| 2 | <i>CON DISPOSITIVO</i> | No. de apartamentos | 139 | | |
| | | No. de habitantes | 139 | | |
| | | Promedio (ℓ/día) | | 125.24 | 74.16 |
| | | Varianza (ℓ/día) | | 15,715.12 | 4,097.66 |
| | | Desviación Están dar (ℓ/día) | | 125.36 | 64.01 |
| | | Razón de Variancia (ℓ/día) | | 2.90 | 1.53 |
| | | Nivel de Confianza | | 1.000 | 0.991 |
| | | Intervalos de Con- fianza (95.0%) | | | |
| | | Límite inferior | 62.35 | 16.80 | |
| | | Límite superior | 151.47 | 53.35 | |

* Número total de datos procesados = 254

Tabla I

PRUEBA t DE STUDENT PARA LA DIFERENCIA
ENTRE PROMEDIOS DE CONSUMO DE AGUA

1.- INFORMACION GENERAL

1.1 Unidad Habitacional _____

1.2 Instalación _____

Testigo 1 Con dispositivo 2

1.3 Tipo de Vivienda _____

Edificio 1 Unifamiliar 2

Duplex 1 Triplex 2

2.- CARACTERISTICAS DE LOS HABITANTES

2.1 Número de adultos en la familia _____

(sin sirvientes)

2.2 Número de niños (menos de 15 años) _____

2.3 Número de sirvientes _____

2.4 Ingresos Familiares totales al mes _____

(Ponga una cruz donde corresponda)

| | | |
|------------------|-----------------|-----------------|
| 1 _____ | 2 _____ | 3 _____ |
| Menos de 4999.00 | De 5000 a 7499 | 7500 a 9999 |
| 4 _____ | 5 _____ | 6 _____ |
| 10 000 a 12 999 | 13 000 a 15 999 | 16 000 a 19 999 |

3.- OPINIONES DEL USUARIO

3.1 ¿ Le falta agua en ocasiones? _____

SI(1) No(2)

3.2 ¿ Bebe el agua de la llave? _____

SI No

3.3 ¿ Considera que la presión es suficiente? _____

SI No

3.4 ¿ En qué días acostumbra lavar? _____

(ponga un 1 si es en la mañana y 2 si es en la tarde)

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|----|--|--|--|----|
| LUN | MAR | MIER | JUE | VIE | SAB | DON | | | | | |
| | | | | | | | 10 | | | | 21 |

3.5 ¿ Tiene fugas ? _____

SI No

3.6 ¿ Tiene Jardín ? _____

SI No

3.7 ¿ Cada cuánto lava su coche ? _____

(ejemplo: nunca, poner 00; cada 7 días, poner 07 ...)

4. OPINIONES DEL USUARIO ACERCA DE LOS DISPOSITIVOS DE AHORRO DE AGUA

4.1 ¿ Se vio obligado a quitar los dispositivos ? _____

SI (1) No (2)

4.2 ¿ Considera adecuado el funcionamiento de la regadera ? _____

SI (1) No (2)

4.3 Si no, ¿cuál fue la causa?

(1) Poca presión.
(2) Se tapó.
(3) Ruido.
(4) Mala instalación.
(5) Otras.

4.4 Estos dispositivos modificaron sus hábitos? _____

SI (1) No (2)

4.5 ¿ Considera adecuado el funcionamiento de su W.C. ? _____

SI (1) No (2)

4.6 Si no, ¿cuál fue la causa?

(1) Mala limpieza.
(2) Se tapó.
(3) Ruido.
(4) Mala instalación.
(5) Otras.

4.7 ¿ En dónde existen fugas?

(1) Lavabo.
(2) Regadera.
(3) W.C.
(4) Fregadero.
(5) Otro sitio.

4.8 ¿ Recomendaría la instalación de estos dispositivos? _____

SI (1) No (2)

* El inciso 4 se aplicó únicamente al final del estudio

Fig. 2.3. ENCUESTA APLICADA EN LA UNIDAD HABITACIONAL CULHUACAN AL INICIO Y AL FINAL DEL ESTUDIO EXPERIMENTAL

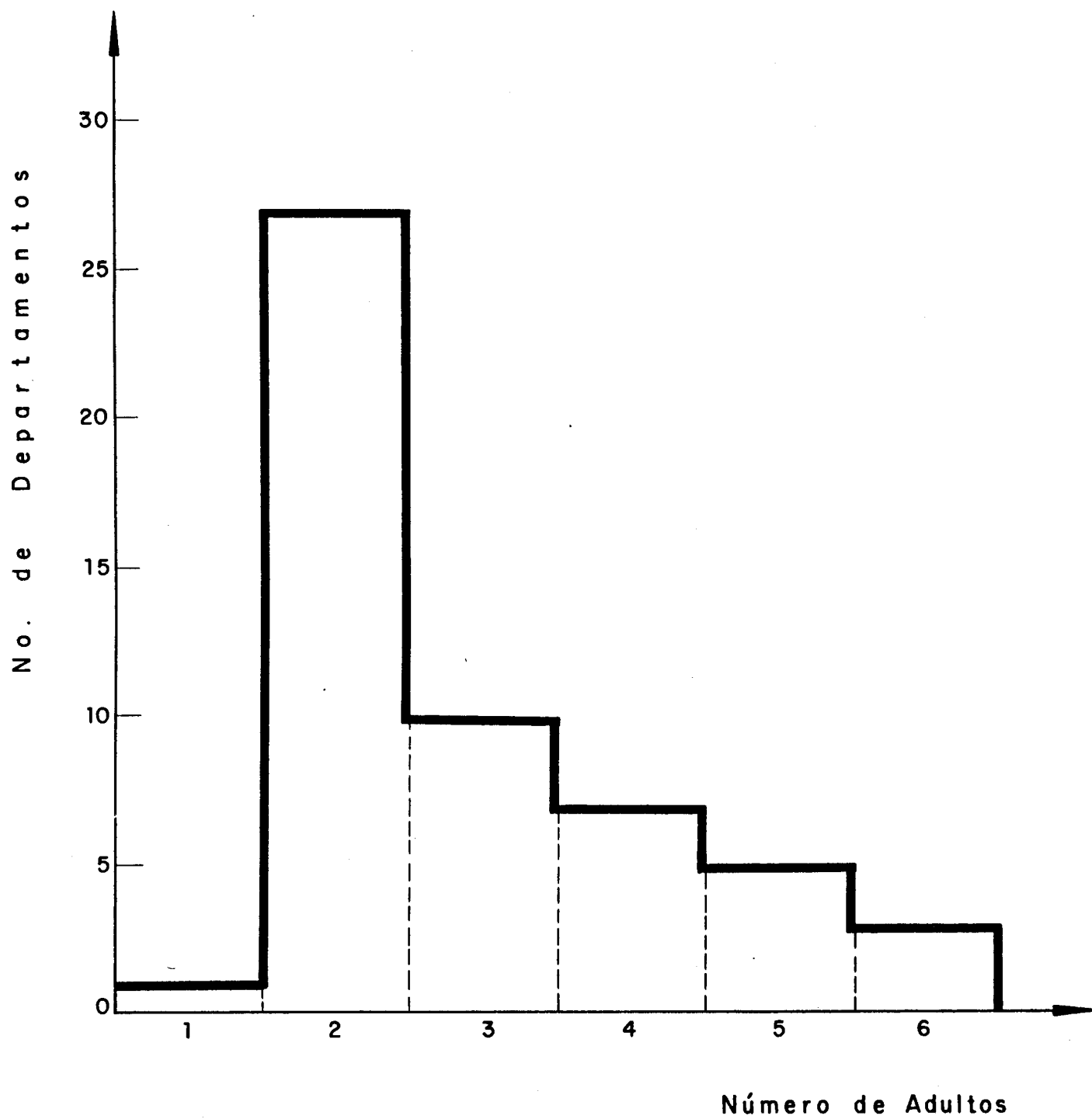


Fig 2.3.2. Número de adultos en cada departamento

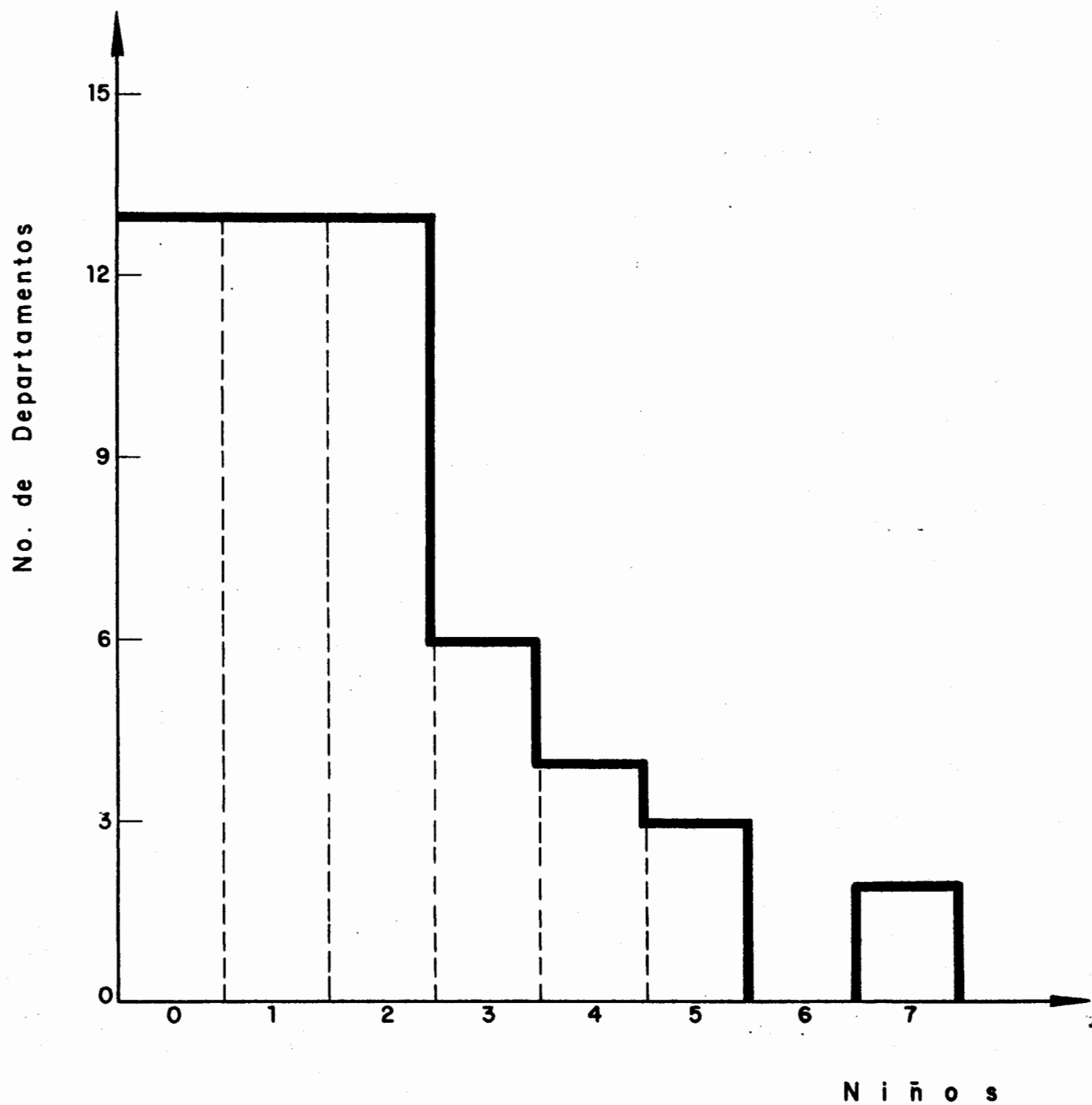


Fig 2.3.3 Número de niños en cada departamento

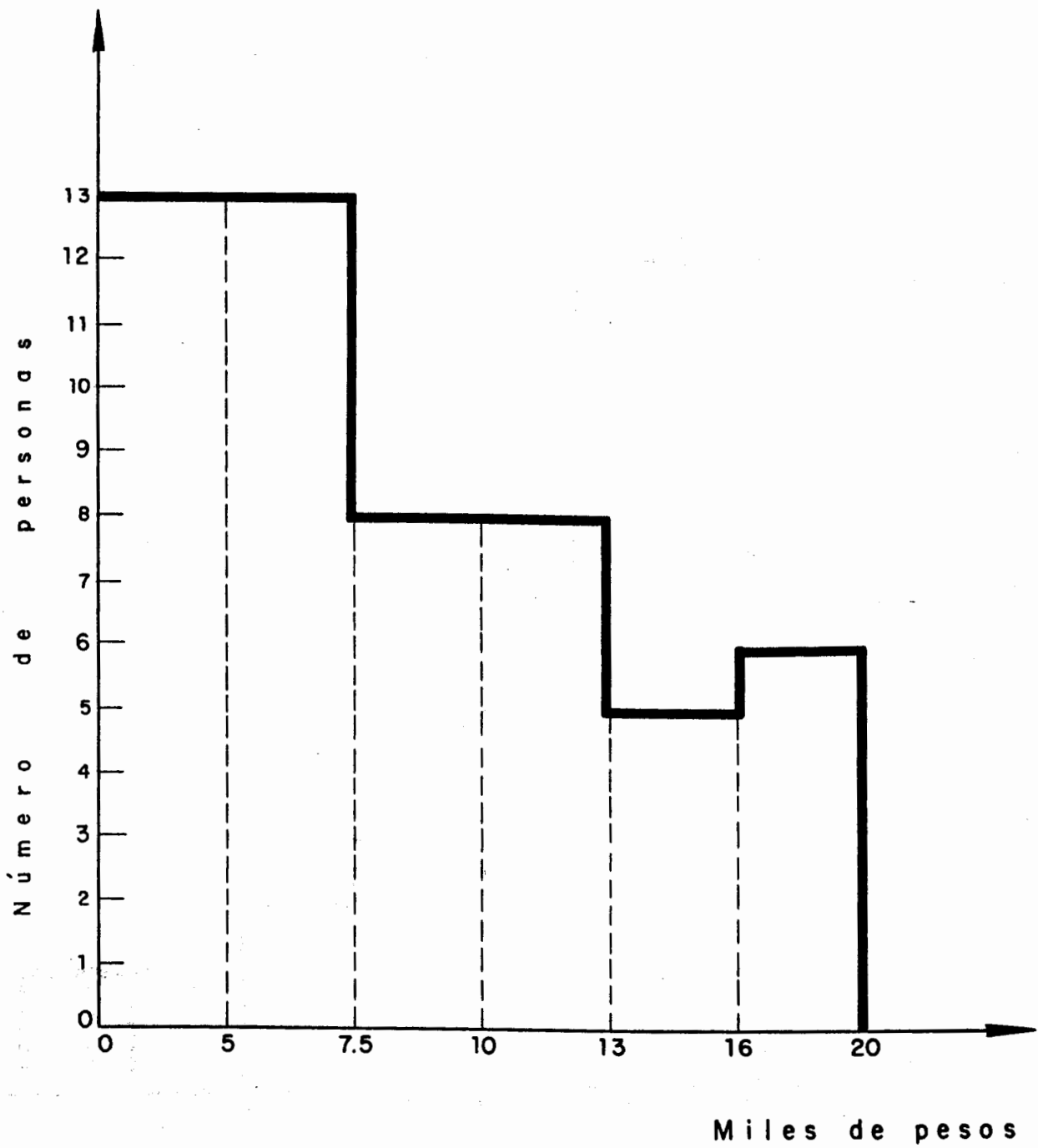


Fig 2.3.4 Ingresos familiares totales al mes

94% bebe agua de la llave y el 100% aceptó que la presión era suficiente. Tabla II.

- c. Los días que acostumbra lavar se muestra en la Fig. 2.3.5 donde se distingue si se lava en la mañana o en la tarde. Como se puede observar el día que más gente lava es el lunes en la mañana y el que menos el domingo.
- d. El 35% consideró que tiene fugas y el 63% que no, el 2% faltante no contestó. Todos respondieron que no lavan su automóvil en la Unidad, a pesar de que se observó que los domingos se efectuaba esta actividad en los estacionamientos.

4. OPINIONES DEL USUARIO ACERCA DE LOS DISPOSITIVOS DE AHORRO DE AGUA

- a. En cuanto a las opiniones recabadas al final del estudio, se encontró que los dispositivos fueron aceptados sin ningún problema y que no presentaron dificultades de ningún tipo (Ver Tabla III), aunque hay que recordar que las mediciones duraron 4 meses y que, por lo tanto, se debe considerar a los dispositivos como aparatos nuevos. Esta encuesta se aplicó a 25 usuarios de los departamentos donde se instalaron los dispositivos.

5. ESTUDIOS ACCESORIOS

- a. Para obtener mayor información se hizo un análisis de correlación lineal entre las variables anteriores, sin encontrarse ningún valor alto. Esto indica que no hay ninguna relación especial entre las variables (Ver Figs. 2.3.6 y 2.3.7)
- b. También se hicieron tablas de contingencia entre los consumos y algunas variables de interés. La más interesante para los objetivos del estudio es la tabla entre el consumo y el hecho de tener o no dispositivo. Como se muestra en la Fig. 2.3.8 se rechaza la hipótesis de independencia entre los consumos (totales y per cápita) y el hecho de que haya dispositivos de ahorro de agua instalados o no. Esto es, se confirma que los dispositivos influyen en el consumo.

TABLA II

Opiniones de los usuarios antes de colocar los dispositivos

| P r e g u n t a | Respuesta en % | |
|--------------------------------|----------------|----|
| | Sí | No |
| ¿ Le falta agua en ocasiones ? | 42 | 58 |
| ¿ Bebe el agua de la llave ? | 94 | 6 |
| ¿ Tiene presión suficiente ? | 100 | 0 |
| ¿ Hay fugas de agua ? | 36 | 64 |
| ¿ Riega el jardín ? | 21 | 79 |

No. de encuestas 53

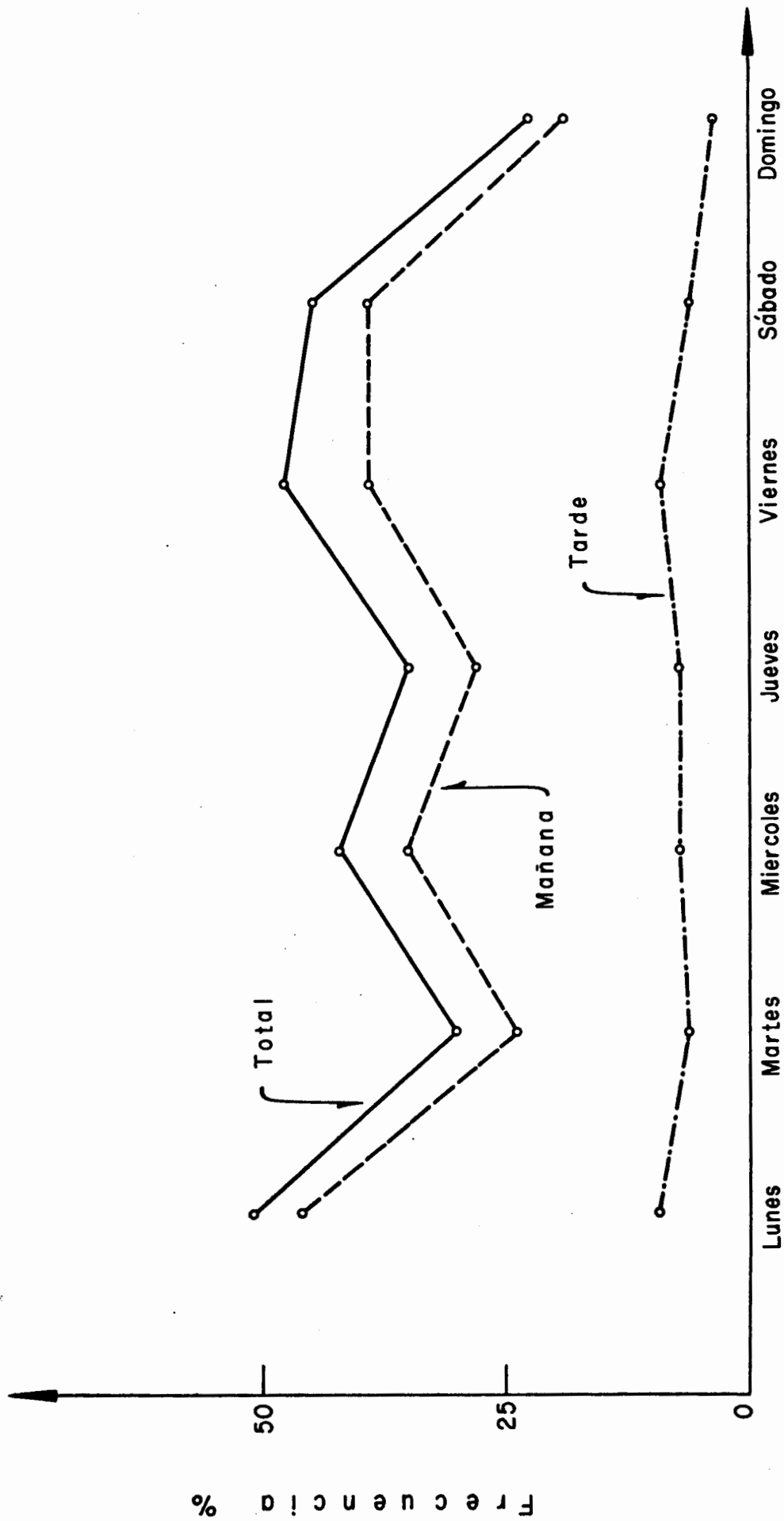


Fig 2.3.5. Días, mañana o tarde, en que se lava la ropa

Tabla III

RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE OPINION DE USUARIOS SOBRE
FUNCIONAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DE AHORRO DE AGUA

| P e e g u n t a s | Respuestas en porcentaje | |
|--|--------------------------|-----|
| | SÍ | No |
| 1. ¿Se vió obligado a quitar los dispositivos? | 0 | 100 |
| 2. ¿Funcionó adecuadamente la regadera? | 92 | 8 |
| 3. ¿Cambiaron sus hábitos? | 0 | 100 |
| 4. ¿Funcionó adecuadamente el W.C.? | 96 | 4 |
| 5. ¿Recomendaría los dispositivos? | 84 | 0* |

* el 16% no contestó

CORRELACION DE TODAS LAS VARIABLES (CONSUMO PROMEDIADO)

OBSERVATIONS: 254 READ, 254 PROCESSED, 0 REJECTED, SLD WEIGHTS: 254

| VAR X | VAR Y | SUM | MEAN X | MEAN Y | SDEV X | SDEV Y | R(X,Y) | T STAT |
|-------|--------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| .. | INSTALACION | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.3570 | 0.067 |
| .. | TIPVIV | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.3570 | 0.165 |
| .. | ADLLOS | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.3167 | 0.337 |
| .. | SIRVTES | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.1337 | 0.337 |
| .. | INCRESC | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.1774 | 0.137 |
| .. | FALTA AGUA | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2337 | 0.784 |
| .. | EEDE AGUA | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.1000 | 0.344 |
| .. | PRESION | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.0000 | 0.000 |
| .. | MARTES | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.0521 | 0.007 |
| .. | MIERCOLES | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.1158 | 0.907 |
| .. | VIERNES | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.1055 | 0.208 |
| .. | SABADO | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.1055 | 0.214 |
| .. | DOMINGO | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.1055 | 0.137 |
| .. | JARDIN | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.1600 | 0.738 |
| .. | LAVABO | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.103 |
| .. | DIARIA CORR. | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.992 |
| .. | CONS. VIV. | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.5200 | 0.902 |
| .. | TIPVIV | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.1000 | 0.144 |
| .. | ADLLOS | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.1000 | 0.304 |
| .. | SIRVTES | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.0200 | 0.350 |
| .. | INCRESC | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.1000 | 0.144 |
| .. | FALTA AGUA | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.1000 | 0.344 |
| .. | EEDE AGUA | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.1000 | 0.100 |
| .. | PRESION | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.0000 | 0.000 |
| .. | MARTES | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.719 |
| .. | MIERCOLES | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.649 |
| .. | VIERNES | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.211 |
| .. | SABADO | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.217 |
| .. | DOMINGO | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.244 |
| .. | JARDIN | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.1000 | 0.949 |
| .. | LAVABO | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.000 |
| .. | DIARIA CORR. | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.381 |
| .. | CONS. VIV. | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.707 |
| .. | TIPVIV | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.404 |
| .. | ADLLOS | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.856 |
| .. | SIRVTES | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.244 |
| .. | INCRESC | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.856 |
| .. | FALTA AGUA | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.085 |
| .. | EEDE AGUA | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.312 |
| .. | PRESION | .. | 1.5567 | 1.5472 | 0.0000 | 0.4967 | 0.2000 | 0.000 |

Fig 2.3.6. Correlación de todas las variables con el promedio del consumo

CORRELACION DE TODAS LAS VARIABLES (CONSUMO PROMEDIAL)

OBSERVATIONS: 254 READ, 254 PROCESSED, 0 REJECTED, SLM WEIGHTS= 254

CORRELATION MATRIX

| | U. HAB. (1) | INSTALACION (2) | TIFIC VIV. (3) | PELLIS (4) | KILUS (5) | SERVITI (6) | REGUE LAVU (7) | FALTA AGUA (8) | DEBE AGUA (9) |
|---------------------|---------------------|----------------------|------------------------|-----------------|----------------|------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| JARDIN (19) | -0.309318 | -0.182660 | 0.352006 | 0.089756 | 0.033537 | 0.107143 | 0.054455 | -0.154779 | 0.073927 |
| LAVA COCHE (20) | 0.180436 | 0.128892 | -0.208985 | -0.106934 | 0.002875 | 0.095854 | 0.268598 | 0.117035 | 0.564638 |
| DIARIA O BIS (21) | 0.062484 | -0.037519 | -0.054763 | 0.001516 | -0.003687 | -0.008429 | -0.011806 | 0.007214 | -0.012294 |
| CONS. CORR. (22) | -0.529239 | -0.208322 | 0.717594 | 0.276056 | 0.244616 | 0.090496 | -0.220226 | -0.172071 | 0.265704 |

Fig 2.3.7. Correlación de todas las variables con el promedio del consumo

TABLAS DE CONTINGENCIA SOBRE CONSUMO PROMEDIO Y OTRAS VARIABLES

| OBSERVATIONS: | | 254 READ | 254 PROCESSED | 0 REJECTED | 314 METONS | 254 | | | | | | | | | | |
|---|------------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------|
| BASIS **** 2 - WAY CROSS-CLASSIFICATION | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COUNT | VALUES OF FACTOR | CONS./100 | | | | | | | | | | | | | | |
| ROW PCT | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COL PCT | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VALUES OF FACTOR | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 26 | TOTAL |
| 1 | | 7.0 15.8 3.3 | 20.24 68.6 9.4 | 0.0 0.0 0.0 | 7.0 81.0 3.0 | 4.3 33.3 2.0 | 1.6 14.3 0.0 | 1.8 62.0 7.1 | 5.0 33.3 3.0 | 11.0 68.0 4.0 | 12.0 70.0 4.7 | 10.0 55.6 3.9 | 0.0 0.0 0.0 | 4.5 62.0 2.0 | 0.1 100.0 0.4 | 45.3 |
| 2 | | 4.0 84.2 18.9 | 11.0 31.4 4.3 | 5.0 100.0 2.0 | 2.0 18.2 0.0 | 10.0 66.9 3.9 | 12.0 85.7 4.7 | 11.0 37.0 4.3 | 16.0 66.7 7.1 | 5.0 31.3 2.0 | 5.0 29.4 2.0 | 8.0 48.4 3.1 | 0.1 100.0 0.4 | 3.0 37.5 1.2 | 0.0 0.0 0.0 | 54.7 |
| TOTAL | | 57 22.4 | 35 13.8 | 5 2.0 | 11 4.3 | 15 5.9 | 14 5.5 | 29 11.4 | 27 10.6 | 16 6.3 | 17 6.7 | 18 7.1 | 1 0.4 | 8 3.1 | 1 0.4 | 254 100.0 |

CHI-SQUARE SIGNIFICANCE LEVEL = 4.11203E-08 WITH 13 DEGREES OF FREEDOM

PHI COEFFICIENT = 0.40843

CRAIG'S C CONTINGENCY COEFFICIENT = 0.43827

CONCORDANT PAIRS = 5102

DISCORDANT PAIRS = 5528

LAMBDA (ASYMMETRIC) = 0.39130

LAMBDA (SYMMETRIC) = 0.19231

KENDALL'S TAU B (ADJ) = -0.13766

KENDALL'S TAU C = -0.27423

GAMMA = -0.30239

SOMERS' D (ASYMMETRIC) = -0.15527

SOMERS' D (SYMMETRIC) = -0.19852

INSTALACION DEPENDENT

CONS./100 DEPENDENT

INSTALACION DEPENDENT

CONS./100 DEPENDENT

Fig 2.3.8. Tablas de contingencia entre el consumo y el tener o no dispositivos instalados

- c. Con fines comparativos se muestra el número de gentes que consumieron cierta cantidad de agua en unidades con dispositivo (Fig.2.3.9) y unidades testigo (Fig.2.3.10), observándose una marcada tendencia de consumos menores en las unidades con dispositivo.

2.4 Evaluación de Resultados

1. La mayoría de los resultados son descriptivos y no requieren mayor análisis. En cuanto a la influencia de los dispositivos en el ahorro de agua se puede decir que hay una diferencia significativa en los consumos entre las unidades con y sin dispositivo.
2. Aunque esta diferencia es del 46%, debido a la gran variabilidad del fenómeno, obsérvese que las medias y las desviaciones estándar son parecidas, y a lo relativamente reducido del muestreo, sólo se puede decir con certeza de acuerdo a la prueba de hipótesis efectuada, que se ahorra un 10% del consumo.
3. Otro resultado de interés para el diseñador es que se encontró que la dotación es de 109ℓ por habitante por día, que es un valor bastante menor al considerado usualmente en el diseño.
4. La aceptación de los dispositivos fue muy buena, tal como se observa en la Tabla III.

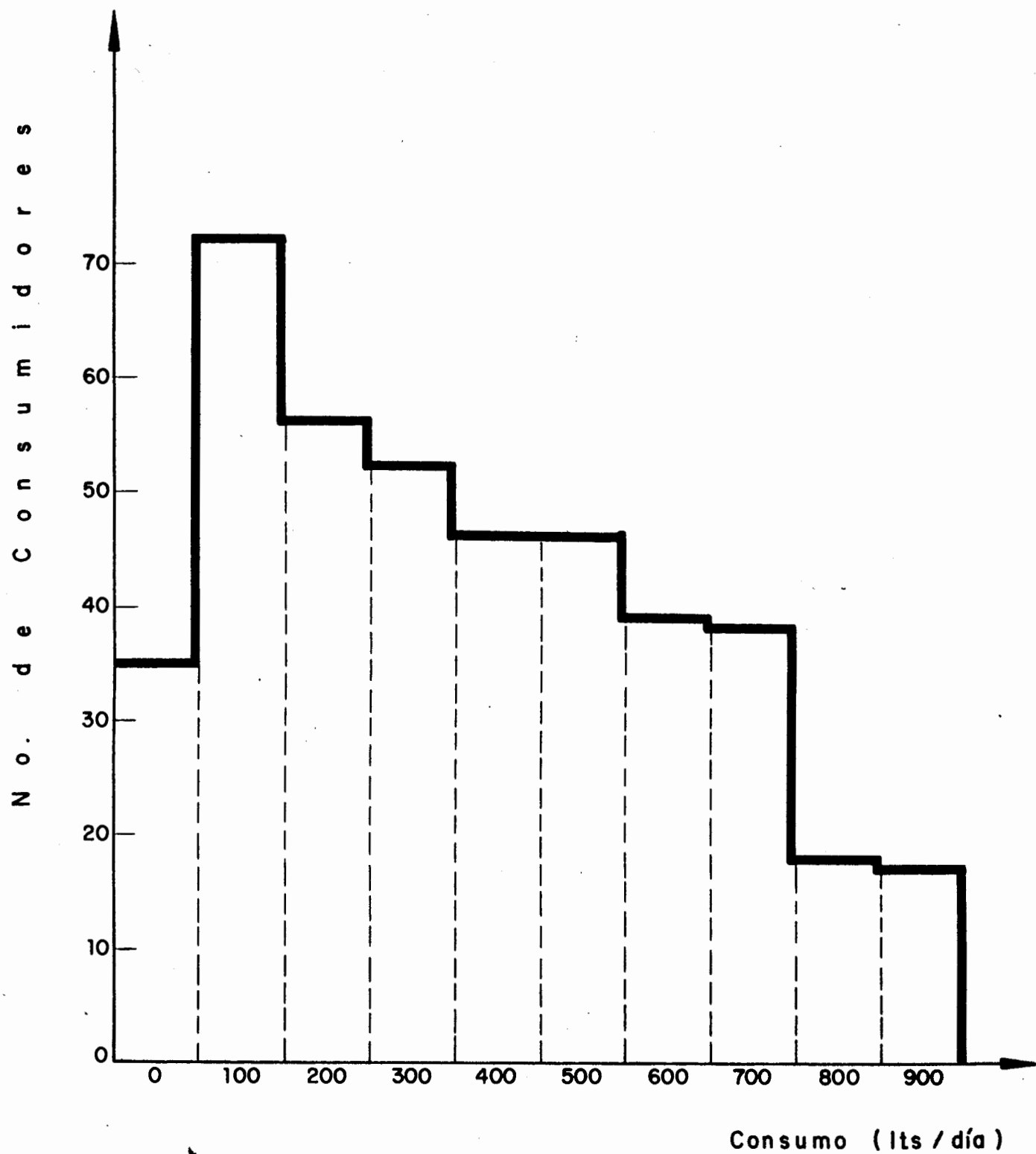


Fig 2.3.9 Histograma de los consumos en unidades habitacionales con dispositivo

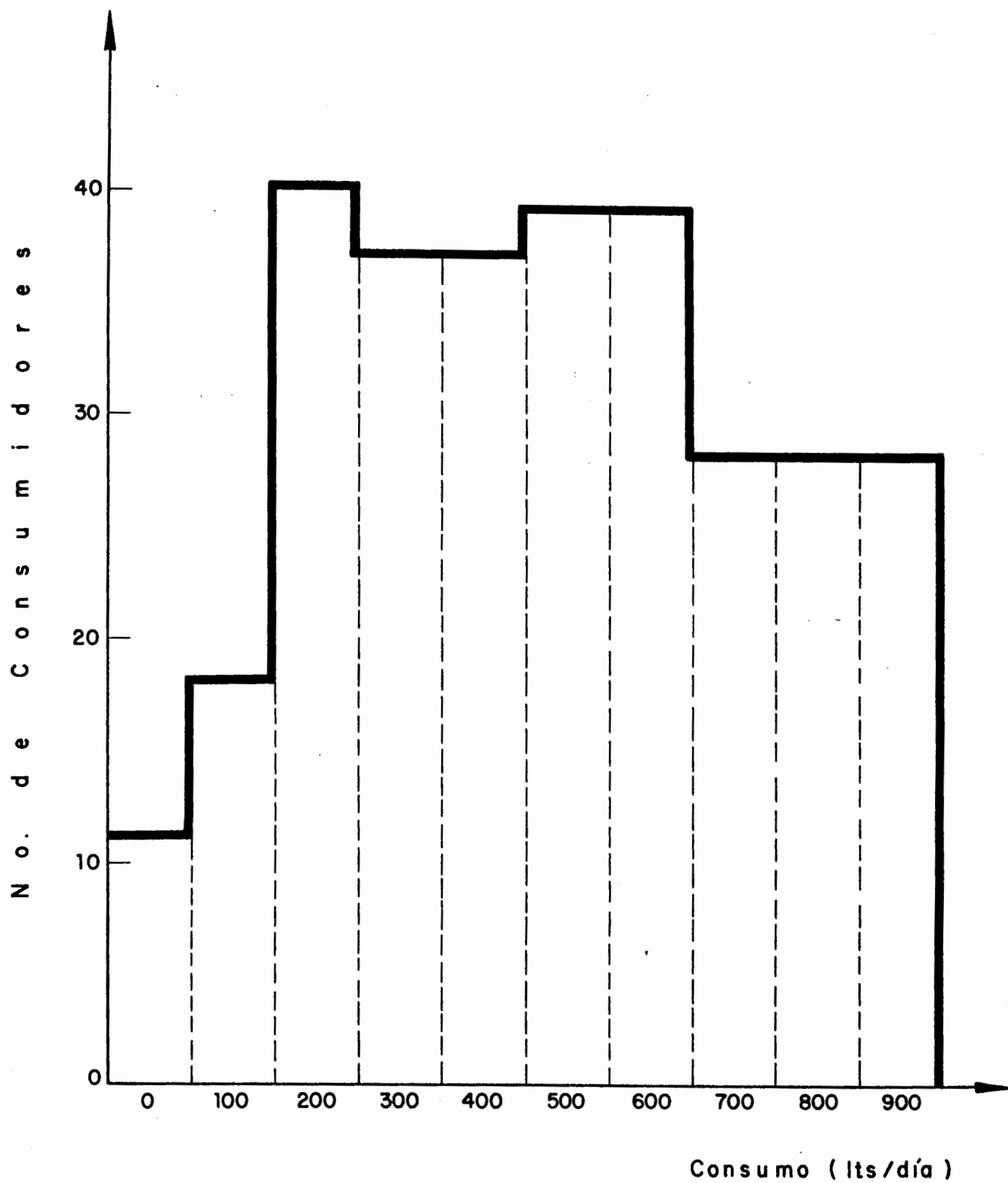


Fig 2.3.10 Histograma de los consumos en unidades habitacionales sin dispositivo

III. EVALUACION TECNOLOGICA

3.1 Descripción del Funcionamiento de los Dispositivos Empleados en el Estudio Experimental

1. Los dispositivos empleados en el estudio experimental realizado en las unidades habitacionales del INFONAVIT fueron:

- a) Regulador de gasto en regadera
- b) Válvula de llenado con control de nivel y descarga en cajas de inodoro

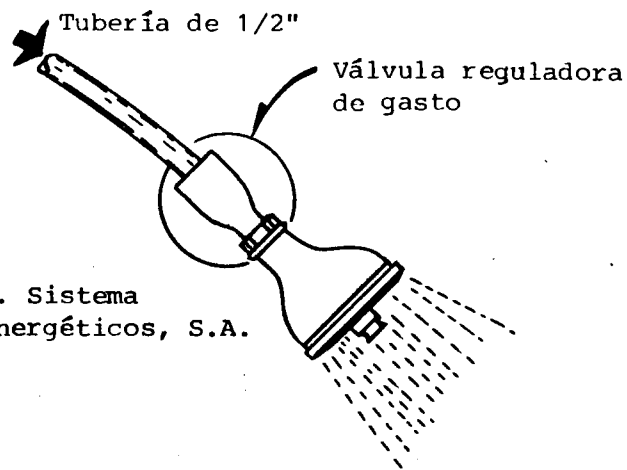
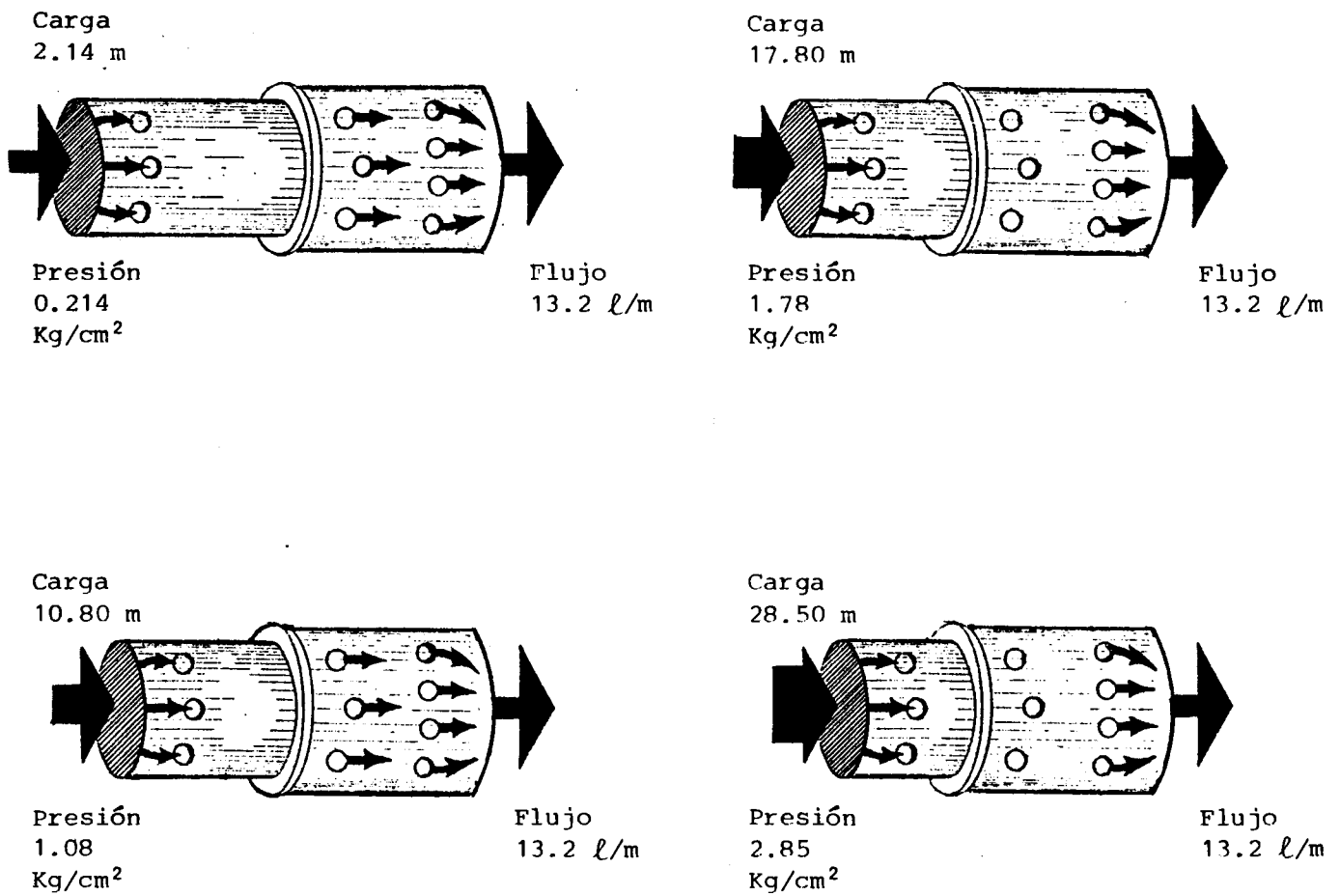
2. El regulador de gasto consiste en un dispositivo cilíndrico de metal que contiene un pequeño cilindro concéntrico en su interior mediante el cual se regula el paso del agua en los orificios de ambos cilindros, manteniendo un flujo constante independientemente de las variaciones de presiones. Si la presión se incrementa, el cilindro interior reduce el área de flujo e incrementa la velocidad del agua, controlándose automáticamente el caudal de descarga. En la Fig. 3.1.1 se muestra un diagrama del dispositivo antes descrito.

3. Este dispositivo ha sido desarrollado comercialmente en México y se adapta a tuberías estándar de 1/2" en regaderas, sistemas de riego, lavabos y en aquellos sitios donde se requiere regular el flujo cuando se presenten variaciones extremas en la presión de las tuberías de abastecimiento de agua. Esta situación se presenta con frecuencia en edificios altos y en casas-habitación donde cuentan con sistemas interiores a presión. En la Tabla IV se indican algunas condiciones de operación de dicho dispositivo:

Tabla IV

| <u>Presión</u> <u>(Kg/cm)</u> | <u>Carga</u> <u>(m)</u> | <u>Flujo</u> <u>(ℓ/min)</u> |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 0.214 | 2.14 | 13.2 |
| 1.080 | 10.80 | 13.2 |
| 1.780 | 17.80 | 13.2 |
| 2.850 | 28.50 | 13.2 |

4. El otro dispositivo, la válvula de control de nivel y descarga en depósitos de inodoros, se indica en la Figura 3.1.2. Este sistema de ahorro de agua está integrado por dos piezas: (a) una válvula reguladora de nivel de agua y (b) una pera de control de descarga. La válvula reguladora



Nota: Sistema patentado. Sistema para Control de Energéticos, S.A.

Fig.3.1.1 REGULADOR DE GASTO EN REGADERA

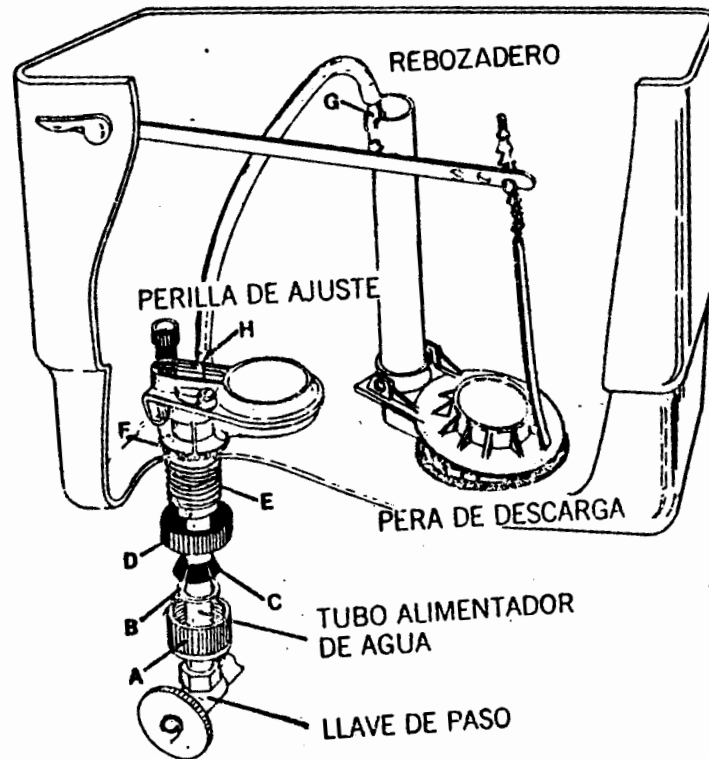


Fig.3.1.2 VALVULA DE CONTROL DE NIVEL Y
DESCARGA EN DEPOSITO DE INODORO

se calibra mediante un tornillo de ajuste que controla el flujo de entrada al depósito del inodoro. A través de un sensor conectado a un diafragma, que opera de acuerdo a la presión estática ejercida por la columna de agua en el depósito, se controla automáticamente el nivel del agua.

5. La pera de control de descarga es similar a la de los aparatos convencionales, sin embargo debido a la rigidez del plástico de que está fabricada y al sistema de conexión al tubo de rebose de la caja de almacenamiento, la operación de vaciado se efectúa de acuerdo al tiempo que se desee accionar la palanca de descarga. La pera embona con precisión en el orificio de desagüe del depósito evitando fugas.
6. La válvula de llenado se fabrica actualmente en el país con una patente registrada. Los componentes de este dispositivo están elaborados de material plástico con garantía de operación de cinco años y de dimensiones estándar que se adaptan a los depósitos de W.C. convencionales. Con este dispositivo se elimina el sistema de flotador de vástago y pera de movimiento vertical.
7. En la Tabla V se presenta una relación comparativa de costos de inversión entre los dispositivos empleados en el estudio experimental y los aparatos convencionales. Dado que la instalación de los dispositivos de ahorro de agua descritos es relativamente sencilla y rápida, se considera que los costos por mano de obra son equivalentes a los sistemas convencionales.

| Tipo de Dispositivos | Sitio de Empleo | Costo ⁽¹⁾ | Accesorios Incluidos |
|---|--|----------------------|---|
| Sistema convencional de flotador de vástago y pera de movimiento vertical | Depósito de Inodoro | \$238.00-310.00 | Válvula de llenado (\$214.00-260.00), Vástago y flotador (\$12.00-35.00), pera y varilla (\$12.00-15.00) ⁽²⁾ |
| Válvula de llenado con control de nivel y descarga | Depósito de Inodoro | \$ 292.20 | Válvula de llenado y pera ⁽³⁾ |
| Regulador de presión en tuberías | Regadera, sistemas de riego, lavabos, etc. | \$ 188.80 | Cilindro regulador ⁽⁴⁾ |

(1) Precios a julio de 1981

(2) No incluye palanca de vaciado (\$60.00-83.00) y tubo de rebozadero (\$186.00-189.00)

(3) Condiciones comparables con sistema convencional. Requiere palanca de vaciado y tubo de rebozadero

(4) No existe dispositivo convencional equivalente.

Tabla V CARACTERISTICAS Y COSTOS DE INVERSION DE DISPOSITIVOS CONVENCIONALES Y DE AHORRO DE AGUA

3.2 *Revisión y Análisis de la Bibliografía sobre Dispositivos de Ahorro de Agua*

REVISION BIBLIOGRAFICA

1. Como parte de este estudio, se llevó a cabo una búsqueda de referencias bibliográficas relacionadas con dispositivos para ahorro de agua, con el objeto de conocer el estado actual del desarrollo tecnológico al respecto.
2. Se consultaron los archivos de las siguientes instituciones:
 - a. Biblioteca de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM
 - b. Biblioteca Benjamín Franklin, Embajada de los Estados Unidos
 - c. Centro de Información Científica y Humanística (CICH), UNAM
 - d. Servicio de Consulta Bibliográfica e Información (SECOBI), CONACYT
3. Se identificaron 26 referencias, de las cuales se obtuvieron copias de los principales documentos. De esta información únicamente algunos artículos están directamente relacionados con el objetivo de esta actividad, tal como se indica en el listado de referencias que se presenta en la Tabla VI

ANALISIS DE LA BIBLIOGRAFIA

1. La necesidad de reducir el consumo de agua de una ciudad se puede observar desde tres puntos de vista: (a) mejorar el aprovechamiento de las fuentes de abastecimiento de agua existentes, (b) disminuir el caudal de aguas residuales a manejar y (c) disminuir el consumo de energía eléctrica en ambos sistemas. Por tal motivo, las investigaciones realizadas sobre dispositivos para ahorro de agua encontradas en la revisión bibliográfica involucran algunos de estos aspectos.
2. En cuanto a las posibles medidas para reducir el consumo de agua, éstas se pueden clasificar en:
 - a) Restricciones en el suministro de agua a la red de distribución
 - b) Tarifas diferenciales para el uso del agua

Tabla VI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS SELECCIONADAS

1. Metcalf and Eddy, Inc., *"Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse"*, McGraw-Hill Book Co., Segunda Edición, pags. 36-39, 1979.
2. Cohen Y., Wallman H., *"Demonstration of Waste Flow Reduction from Households"*, National Environmental Research Center, Report No. EPA 67012-74-071, 1974.
3. *"Water Conservation Devices"*, Office of Water Research and Tecnology, US Department of the Interior, Washington, 1977.
4. Flack J.E., Weakley W.P., Duane W.H., *"Achieving Urban Water Conservation a Handbook"*, Environmental Resources Center Colorado State University, Fort Collins, Colorado Deport No. 80, 1977.
5. Benenson P. *"A Water Conservation Scenario for the Residential and Industrial Sectors in California: Potential Savings of Water and Related Energy"*. Energy Research and Development Administration, LBL-6817, TID 4500-R65, 1977.
6. Milne M., *"Residential Water Conservation"*, California Water Resources Center, University of California, Davis, Rep. No. 35, 1976.
7. Reid, G.W., *"An Exploratory Study of Possible Energy Savings as a Result of Water Conservation Practices"*, Bureau of Water and Environmental Resources Research, University of Oklahoma, U.S. Department of Commerce, PB-260-490, 1976.
8. General Accounting Office, *"Municipal and Industrial Water Conservation. The Federal Government Could Do More"*, U.S. Department of Commerce, PB-279 487, Washin_gton D.C., 1978.
9. *"Flow Reduction: Methods, Analysis Procedures, Examples"*, Environmental Protection Agency, Office of Water Program Operations, 1981.

- c) Reglamentación de la instalación de dispositivos de ahorro de agua
 - d) Prohibición del uso de aparatos domésticos que incrementen el consumo de agua
 - e) Limitaciones en el uso del agua para ciertas actividades
3. En la literatura revisada se encontraron estudios sobre diversos tipos de medidas, sin embargo se seleccionaron únicamente las referencias relacionadas con dispositivos para ahorro de agua. A continuación se expone una síntesis de dicho material bibliográfico.
 4. Para fines de comparación, en la Tabla VII se indica la utilización típica del agua en diversas instalaciones sanitarias convencionales en casas-habitación. Los mayores consumos de agua ocurren en el inodoro (39%) y en la regadera (31%), que en forma agregada constituyen el 70% del consumo doméstico⁽¹⁾⁽²⁾ y por lo que desde el punto de vista de reducción del consumo de agua, estas instalaciones sanitarias presentan un gran potencial de ahorro.
 5. En un estudio realizado por la National Environmental Research Center, EPA⁽²⁾ de 1974, se presentan los resultados de una investigación de dos años en la cual se evaluaron inodoros de bajo flujo y reductores de gasto en regaderas. Se probaron inodoros de ciclo dual que tienen dos formas de evacuación de agua, una para residuos sólidos y otra para residuos líquidos, obteniéndose un ahorro en el consumo de agua con respecto a los muebles sanitarios convencionales del 16 al 18%.
 6. Se encontró que los reductores de gasto en regaderas proporcionan un ahorro de poca importancia, debido a que disminuyen tan sólo en 1% el consumo habitual⁽²⁾. La cantidad de agua utilizada comúnmente en un baño de regadera depende principalmente del tiempo que acostumbre el usuario emplear, ya que la gente toma un baño de 5 a 10 minutos y no un baño de 40 a 60 l.
 7. En otras investigaciones⁽³⁾⁽⁴⁾ se reporta que el reductor de flujo en regadera disminuye el gasto de 15.0-19.0 l/m de las instalaciones convencionales a 11.0 l/m. Considerando el reductor de flujo en regadera y acortando el tiempo de duración del baño de 5.6 a 4.6 minutos se obtuvieron ahorros en el consumo de agua del orden de 40.0 al 57.0%⁽⁵⁾⁽⁶⁾.

TABLA VII CONSUMOS TÍPICOS DE AGUA EN APARATOS SANITARIOS
 CONVENCIONALES EN LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTE-
 AMERICA

| Dispositivo | Volumen empleado | Porcentaje consumo total (%) |
|----------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Inodoro | 15-25 <i>ℓ</i> /uso | 39.0 |
| Regadera | 90-110 <i>ℓ</i> /uso | 31.0 |
| Lavado de ropa | 110-200 <i>ℓ</i> /carga | 14.0 |
| Cocina (varios usos) | 15-30 <i>ℓ</i> /carga | 11.0 |
| Lavabo baño | 4-8 <i>ℓ</i> /uso | 5.0 |
| Total | | 100.0 |

Ref: Metcalf & Eddy, 1979⁽¹⁾

8. Varios estudios⁽³⁾⁽⁴⁾ indican que los inodoros comunes con tanque de almacenamiento de 19.0 l pueden ser operados satisfactoriamente desempeñando la misma función con sólo 13.0 l. Una alternativa económica para aumentar la eficiencia de un W.C. estándar es utilizar dispositivos que reducen el volumen de agua en el depósito del inodoro, reportándose ahorros de agua del 25.6%⁽²⁾
9. Los fabricantes de dispositivos de ahorro de agua, establecen que no hay diferencia de costo entre el inodoro convencional y el W.C. con dispositivo y recomiendan la instalación de los dispositivos durante la construcción de la obra o cuando es necesario reemplazar los accesorios de los W.C. convencionales.
10. Cabe mencionar que algunos inodoros estándar están diseñados para operar con un cierto volumen de agua y en caso de que se reduzca dicho volumen su funcionamiento se vuelve inadecuado.
11. De acuerdo a estudios efectuados en California⁽⁵⁾, se determinó que adaptando al W.C. convencional dispositivos tan sencillos como dos recipientes de plástico insertados en la caja de almacenamiento para reducir el volumen disponible por ciclo y tratando de obtener un menor número de desagues del tanque durante el día, la eficiencia en el ahorro de agua ascendió al 28.0%.
12. Se han desarrollado otros tipos de W.C. que emplean poca agua mediante sistemas de vacío, aire comprimido y aceite mineral, que proporcionan altas eficiencias de ahorro de agua. Sin embargo su costo y operación compleja dificultan su aplicación en la mayoría de los casos.
13. Debido a la importancia actual que tiene la reducción del flujo de aguas residuales en los Estados Unidos, en la referencia bibliográfica de Metcalf and Eddy, 1979,⁽¹⁾ se presenta un resumen de los principales dispositivos y sistemas desarrollados para disminuir la cantidad de aguas residuales domésticas. En la Tabla VIII se indican las características de los aparatos considerados en esta referencia.
14. Dichos dispositivos y sistemas tienen por objetivo el reducir la cantidad de agua utilizada en diversas instalaciones sanitarias. Se observa que el mayor ahorro en el consumo de agua se obtiene a través de los sistemas de reuso de agua de lavado en el desagüe de inodoro (35%). Luego les siguen el inodoro de ciclo dual (27%), la válvula reductora de presión en tuberías(25%), la válvula batch de desagüe dual en inodoro (24%) y la válvula batch

TABLA VIII DISPOSITIVOS Y SISTEMAS PARA REDUCIR
EL CONSUMO DE AGUA⁽¹⁾

| Dispositivos/Sistema | Descripción | Eficiencias de Dispositivos para Reducir el Consumo de Agua ⁽²⁾ | |
|--|--|--|---|
| | | (3) | (ℓ /hab-día ⁽³⁾) |
| 1. Válvula intermitente de desague rápido en inodoro | Empleado en comercios. Puede surtir 1.9 ℓ /ciclo para urinarios y 15 ℓ /ciclo en W.C. | 12.0 24.0 23.0 | 28.4 (desague único) 58.7 (desague dual) 54.9 (desague único en inodoro y urinario) |
| 2. División en depósito de W.C. | Muro que divide el tanque del W.C. en dos compartimentos a través de una mampara de ladrillo o lámina de hule o de plástico | 2.0 | 3.8 |
| 3. Convertidor de ciclo dual | El convertidor transforma el tanque de inodoro convencional a ciclo dual. En instalaciones nuevas, el inodoro de ciclo dual es más efectivo que el inodoro convencional con convertidor de ciclo dual. | 16.0 | 37.9 |
| 4. Inodoro de ciclo dual | Emplea 4.75 ℓ /ciclo para residuos líquidos y 9.5 ℓ /ciclo para residuos sólidos | 27.0 | 66.2 |
| 5. Aereador de llave | Incrementa el poder de lavado del agua agregando aire y concentrando el flujo, de tal forma que se reduce la cantidad de agua de lavado usada. Simple y barato de instalar. | 1.0 | 1.9 |
| 6. Regadera de flujo limitado | Restringe y concentra el paso del agua a través de orificios que obturan el flujo en la regadera para optimizar el uso del agua. | 12.0 | 28.4 |
| 7. Válvula limitante de flujo | Límite el flujo a un gasto fijo que depende de la presión del agua en el sistema | 9.0 1.0 | 22.7 (regadera) 1.9 (llave) |
| 8. Válvula reductora de presión | Mantiene la presión del agua a un nivel menor que en el sistema de distribución. Reduce el consumo de agua y disminuye la probabilidad de fugas y goteos en llaves, tanto de casas-habitación como de unidades multifamiliares | 25.0 | 60.6 |
| 9. Reductor de desague en W.C. | Convertidor de tanque de inodoro para evitar que una porción de agua del depósito sea desalojada durante el ciclo de desague u ocupa una porción del volumen del tanque reduciendo la cantidad de agua disponible por ciclo | 16.0 | 37.9 |
| 10. Urinario de pared | Para uso doméstico con un consumo de agua de 5.7 ℓ /ciclo | 11.0 | 26.5 |
| 11. Sistema de desague por vacío en inodoro | Emplea aire como medio de transporte y requiere aproximadamente 1.9 ℓ /ciclo | 35.0 | 85.2 |
| 12. Sistema de reuso de agua de lavado inodoro | Recicla el agua de lavado de la regadera y lavado para el desague en el inodoro | 39.0 | 94.6 |

(1) Ref.: Metcalf and Eddy, 1979

(2) Reducción en consumo total con respecto a dispositivos convencionales

(3) Dotación considerada de 190-250 ℓ /hab-día. Los valores indicados representan reducciones respecto a la dotación total.

de desagüe único en inodoro y urinario de pared operando en conjunto (23%).

15. De los dispositivos y sistemas incluidos en dicha referencia bibliográfica, los que se asemejan más a los aparatos analizados en este estudio son:
 - a) Válvula reductora de presión
 - b) Inodoro de ciclo dual
 - c) Sistema de reuso de agua de lavado en inodoro
 - d) Válvula limitante de flujo
16. En el estudio experimental realizado en la unidad habitacional Culhuacán del Infonavit, se probaron los dispositivos siguientes:
 - a) Válvula reguladora de caudal en regaderas
 - b) Válvula de llenado con control de nivel y desagüe en depósitos de inodoros
17. En el caso de la válvula reguladora de caudal en regaderas, este dispositivo es equivalente al mencionado en la referencia bibliográfica con una eficiencia en la reducción del consumo de agua del 25% con respecto a las instalaciones sanitarias convencionales.
18. Si bien la válvula de llenado con control de nivel y desagüe en depósitos de inodoros no corresponde exactamente al inodoro de ciclo dual, los requerimientos de agua pueden ser similares dependiendo del empleo adecuado de la válvula. El consumo típico de agua en un inodoro convencional es de 15 a 25 l/uso y los requerimientos citados para el inodoro de ciclo dual son de 4.75 l/uso para residuos líquidos y 9.5 l/uso para residuos sólidos, con una eficiencia de ahorro de agua del 27%.
19. Mediante la utilización de la válvula de control de nivel y desagüe, se puede regular el nivel del agua en el tanque del W.C., reduciendo la cantidad de agua almacenada hasta en un 50% con una operación adecuada, obteniéndose un consumo de aproximadamente 10 l/uso. La pera de control de descarga de este dispositivo permite efectuar la operación de descarga durante el tiempo que se desee accionar la palanca de desagüe, presentando este sistema una semejanza con el inodoro de ciclo dual.

20. Es importante aclarar que la limpieza automática de un inodoro depende principalmente de la forma del ducto de desagüe, la entrada de agua a la taza y del funcionamiento del sifón. Algunos inodoros se construyen con diseños ineficientes, demandando grandes volúmenes de agua para la limpieza de la taza.
21. El sistema de reuso de agua jabonosa analizado en la planta de Xotepingo del D.D.F., coincide con el sistema de reciclaje de agua de lavado de regadera y lavabo para el desagüe en inodoros mencionado en la referencia bibliográfica, con una reducción del consumo de agua del 39%.
22. Por lo que respecta al cilindro regulador de gasto en tuberías probado en el laboratorio de Ingeniería Ambiental, DEPMI-UNAM, éste corresponde a la válvula limitante de flujo indicado en la referencia bibliográfica, con un ahorro de agua del 1.0%.
23. Cabe mencionar que algunos de los dispositivos y sistemas citados en la bibliografía, han sido instalados y probados en México, aunque su análisis no se consideró dentro del alcance de este estudio. Tales son los casos del sistema de reuso de aguas jabonosas de la Unidad habitacional El Rosario y los sistemas de desagüe por vacío en inodoros del conjunto habitacional de Tlatelolco y de algunos edificios de oficinas públicas.
24. También, en algunas unidades habitacionales del Infonavit se han probado los dispositivos que dividen el tanque de inodoro en dos compartimentos a través de una mampara de diversos materiales (ladrillo, hule, plástico, etc.).
25. El empleo de urinarios de pared e inodoros con válvula intermitente de desagüe rápido se ha generalizado en restaurantes y comercios, así como el uso de válvulas intermitentes de flujo en llaves de lavabos.
26. En un gran número de centros urbanos en los Estados Unidos, el empleo de uno o más dispositivos reductores del consumo de agua ha sido especificado en las normas de construcción para los nuevos desarrollos residenciales.
27. En la Universidad de California en Davis se elaboró un reporte⁽⁶⁾ acerca de la conservación del agua en residencias. Se analizaron las diferentes actitudes culturales que la sociedad adopta con respecto al uso del agua. Se presenta la descripción de varios dispositivos de ahorro de agua, sin embargo no se exponen sus eficiencias.

3.3 Descripción y Evaluación de un Sistema de Reuso de Agua Jabonosa

1. DESCRIPCION DEL SISTEMA

- a. Con el fin de probar el funcionamiento de un sistema de reuso de agua jabonosa desarrollado en México, se instaló un modelo escala 1:1 en la planta de bombeo Xotepingo del DDF en la ciudad de México. Está constituido por los siguientes elementos (Ver Fig. 3.3.1):
 - a) Regadera
 - b) W.C.
 - c) Dos lavabos
 - d) Un tanque de almacenamiento
 - e) Tuberías y piezas especiales
- b. El tanque elevado que recibe las aguas jabonosas de la regadera, está constituido de lámina de 1/4" de espesor, recubierto en su interior con fibra de vidrio. Tiene una capacidad de 101 ℓ y se encuentra a 0.80 m sobre el piso donde están el W.C. y los lavabos. El acceso a la regadera se hace por medio de una escalera con pasamanos.
- c. Del tanque salen dos tuberías de fierro galvanizado, una que alimenta al W.C. y otra conectada a la red de drenaje para evacuar las excedencias de agua de la regadera.
- d. Por medio de tubos y piezas especiales de 3/4" de diámetro, la descarga de los lavabos está conectada al tanque del W.C.
- e. Entre el tanque elevado y el depósito del W.C. existe un tubo de plástico que sirve como piezómetro para observar los niveles dentro del tanque del W.C.
- f. Esta instalación se alimenta por medio de una línea de 1/2" de diámetro, que tiene una válvula de control al pie de la regadera (en el piso) y que está conectada a la red de agua potable.

2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

- a. El sistema esta diseñado para trabajar por gravedad. El agua del tanque elevado(1) y de los dos

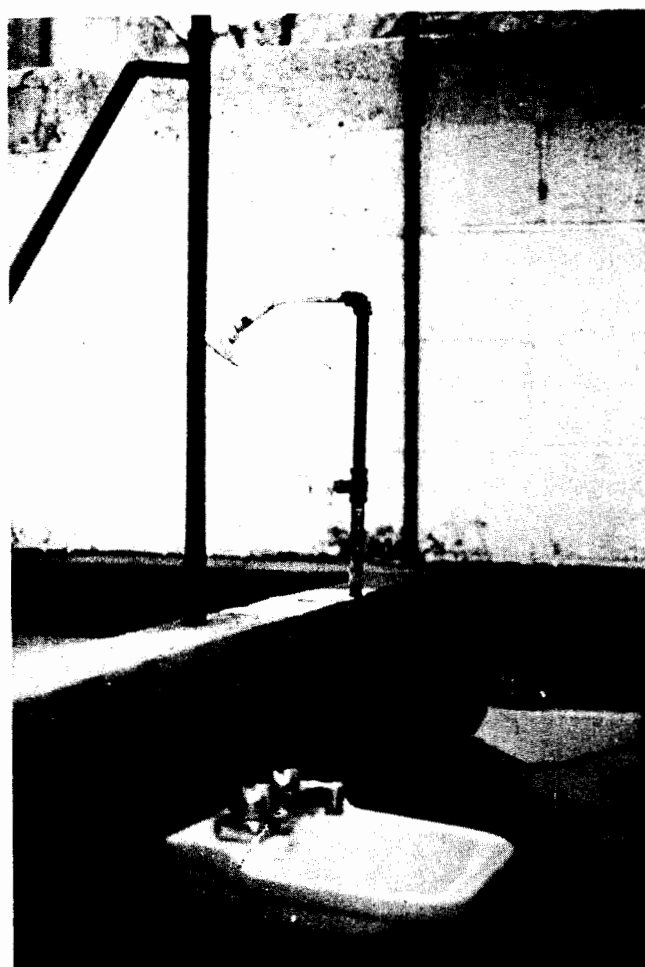
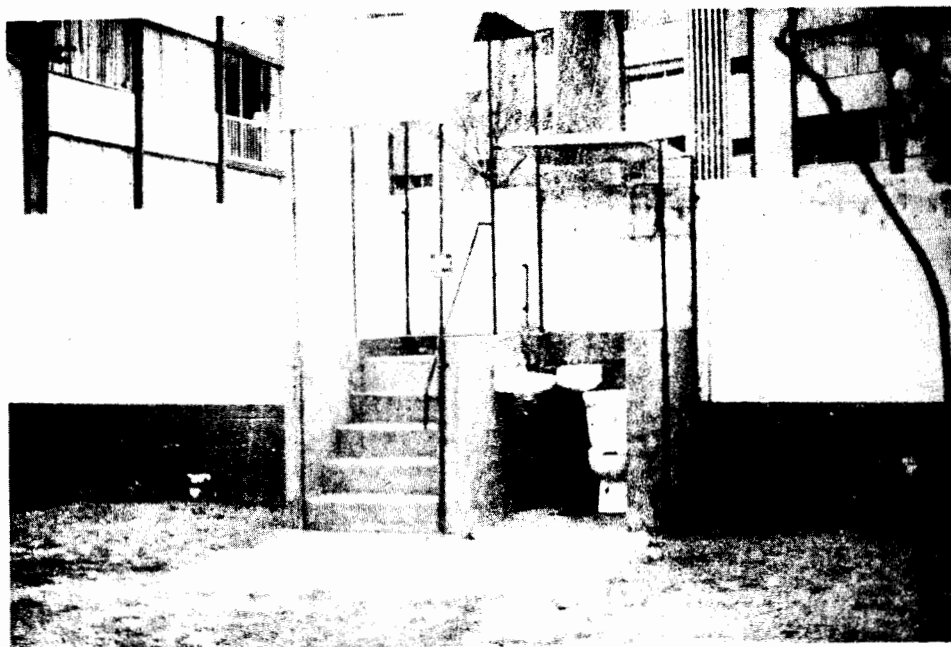


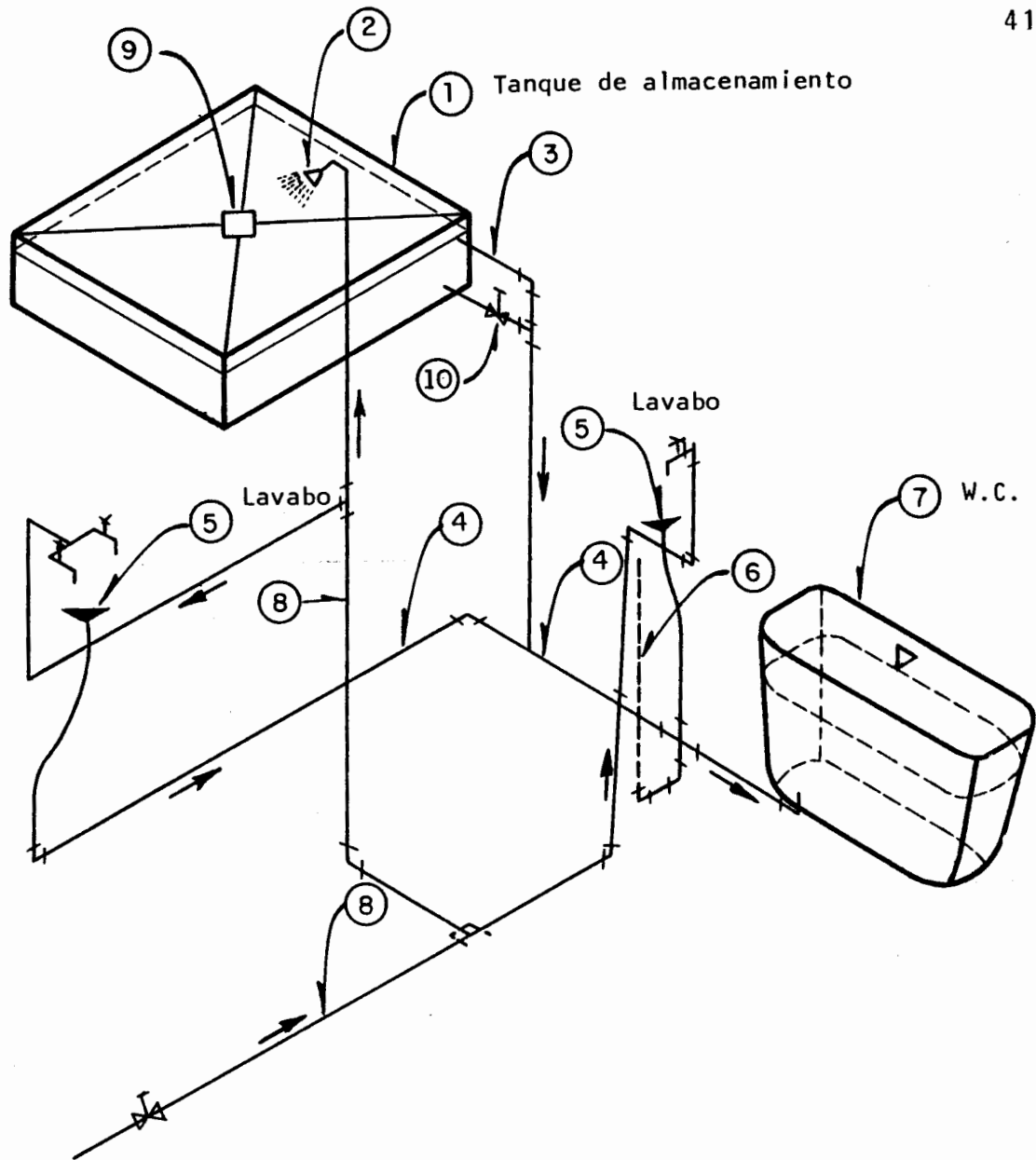
Fig 3.3.1 Sistema de reuso de agua jabonosa en desague de inodoro

lavabos (5) escurre para llenar el depósito del W.C. (7) (Ver Fig. 3.3.2).

- b. El dispositivo de control con que cuenta este sistema, para regular el llenado del almacenamiento (7), es una válvula de compuerta de plástico, la que controla el agua almacenada en el tanque elevado (1), dejando que el agua de los dos lavabos escurra sin control.
- c. Se advierte, por las características de la instalación de este modelo, que el agua de baño en trará tal cual al almacenamiento, sin ningún dispositivo que detenga material fino o grueso que eventualmente puede tapar las tuberías.
- d. El escurrimiento en la tubería de alimentación al tanque del W.C. (7) es en forma anular y sucede en una longitud de aproximadamente 15 cm, a partir del nivel de salida o fondo del tanque elevado (1).
- e. Este tipo de flujo hace que el llenado del depósito del W.C. (7) sea muy lento, debido a que no se tiene un flujo a tubo lleno, esto quiere decir que en el sistema no hay acción de sifón, por la entrada de aire que se tiene de la tubería de excedencias.
- f. Después de utilizar el W.C. es necesario esperar a que se llene su tanque y cerrar la válvula de control para que no se derrame el agua almacenada. Esta espera puede ser larga como se observa en la Fig. 3.3.3 y en la Tabla IX, elaboradas considerando que el tanque de almacenamiento estaba lleno al iniciarse las evacuaciones del tanque del W.C.

| <u>Evacuación</u> | <u>Tiempo de espera</u> |
|-------------------|-------------------------|
| 1 | 4.7 minutos |
| 2 | 5.0 " |
| 3 | 5.4 " |
| 4 | 6.4 " |
| 5 | 7.7 " |
| 6. | 10.8 " |
| 7 | 20.8 " |

Tabla IX TIEMPOS DE LLENADO DEL DEPOSITO DEL W.C.



- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| ① Tanque de almacenamiento | ⑥ Tubo piezométrico |
| ② Regadera | ⑦ Tanque del W.C. |
| ③ Tubería de excedencias | ⑧ Tubería de alimentación |
| ④ Tubería de alimentación al W.C. | ⑨ Coladera |
| ⑤ Lavabos | ⑩ Válvula de compuerta |
| → Sentido del flujo | |

Fig. 3.3.2 Dispositivo para reuso de agua jabonosa

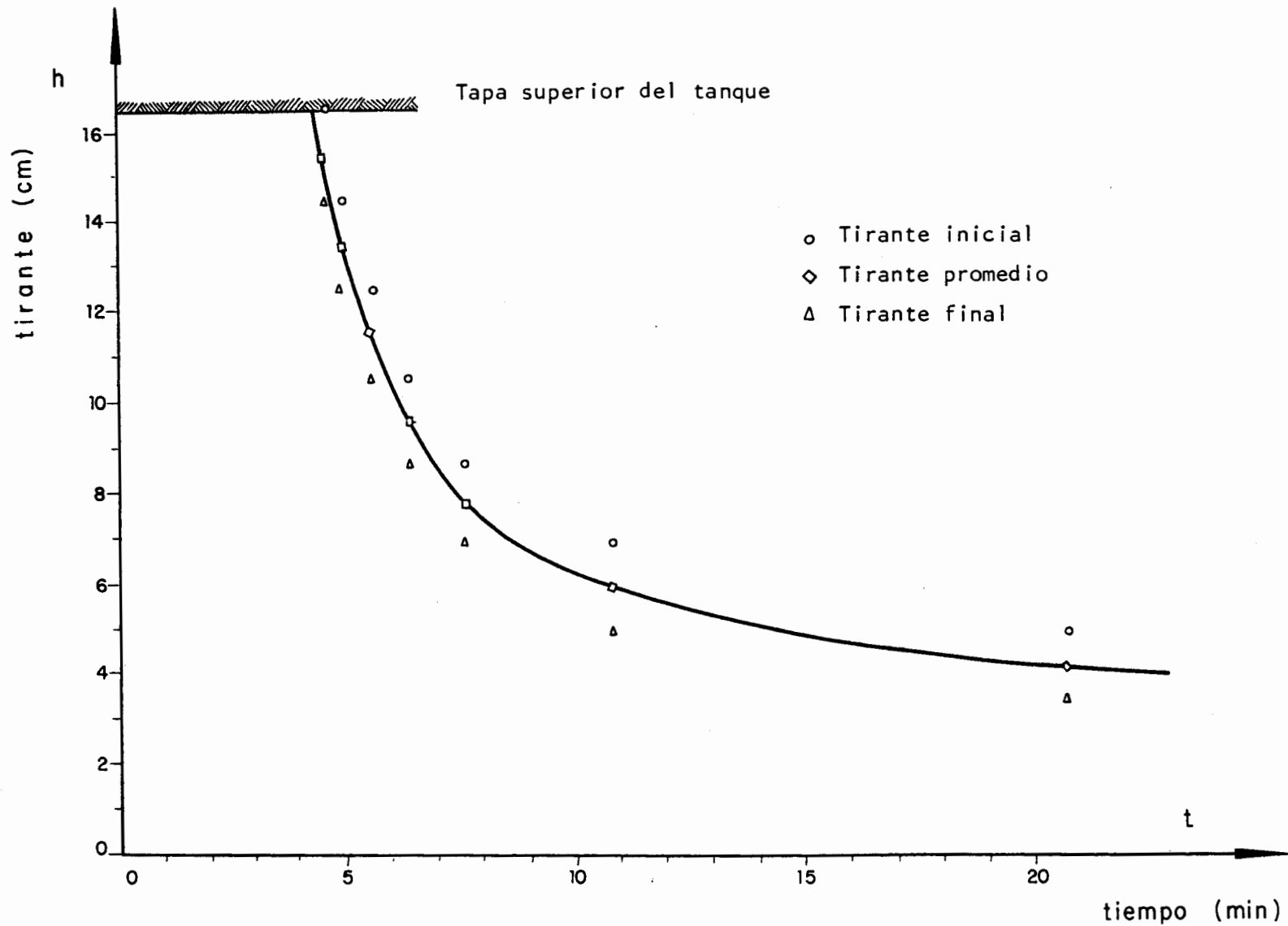


Fig. 3.3.3 Tiempo de llenado del W.C. contra tirantes en el tanque de almacenamiento

3. VENTAJAS

- a. La idea de poder implantar este tipo de sistemas de reuso es necesaria, puesto que cada día las necesidades de ahorro de agua son mayores.
- b. No se requiere agua de primera calidad para llenar el depósito del W.C., reduciéndose considerablemente los consumos de agua.

4. DESVENTAJAS

- a. La instalación implica un desnivel entre el piso del cuarto de baño y la regadera de 80 cm, lo que tiene inconvenientes constructivos y de acceso.
- b. El funcionamiento hidráulico es inadecuado, lo que se traduce en un tiempo de espera grande, después de las seis primeras llenadas del tanque del W. C.
- c. Como la operación es manual, el usuario debe esperar a que el flotador le indique cuándo cerrar la válvula; esto es tedioso y fuera de las posibilidades de un niño.
- d. Los desperdicios, como: jabón, grasas, cabellos etc. pueden causar problemas a la larga.

5. RECOMENDACIONES

- a. Rediseñarlo para reducir las pérdidas y lograr el efecto de sifón en las bajadas.
- b. Automatizar el funcionamiento
- c. Dimensionar el tanque elevado, en forma correcta.

3.4 Descripción y Evaluación de un Cilindro Regulador del Gasto en Tuberías

1. INTRODUCCION

- a. Dada la necesidad de reducir el consumo de agua en las ciudades, se han desarrollado dispositivos de ahorro de agua que permiten satisfacer las diversas demandas con menos agua que las instalaciones convencionales. En este estudio se evaluó

el funcionamiento de un controlador de flujo desarrollado en México, y se establecieron recomendaciones para su mejoramiento.

- b. La función básica de un controlador de flujo es reducir el gasto de agua en aquellas instalaciones donde el consumo es mayor que el necesario. Los controladores reducen el gasto, obstruyendo el paso del líquido por la tubería, en forma momentánea o permanente, y pueden estar hechos en tal forma que mantengan el mismo gasto para variaciones grandes en la presión del conducto. Se han reportado ahorros de más del 75% en el consumo de agua para cada salida en donde se use este tipo de dispositivo, lo que representa un ahorro importante en el consumo total.
- c. Usualmente estos dispositivos son económicos y su instalación es sencilla, sobre todo si ésta se hace durante la construcción de la obra. Su impacto en la conservación del agua es positivo y aunque su aceptación varíe por los diferentes usuarios, en general su uso es recomendable.

2. CARACTERISTICAS DEL DISPOSITIVO ENSAYADO

- a. Consiste en un cilindro de cobre de 10 mm de diámetro y 50 mm de altura con dos tapas en sus extremos. Cada tapa tiene un orificio con tres ranuras (Ver Fig.3.4.1). Dentro del cilindro está encerrado un balón de mayor diámetro que los orificios.
- b. El cilindro se introduce en la tubería aguas arriba de la llave donde se intenta reducir el gasto, en posición vertical o con una inclinación importante pues interviene el peso del balón. Al abrir la llave el balón sube y obtura el orificio superior pasando el agua por las pequeñas ranuras. Esto introduce pérdidas importantes y, en consecuencia, reduce el gasto de salida por la llave. Al cerrar la llave el balón regresa a la parte inferior del cilindro.

3. EQUIPO Y EXPERIMENTACION

- a. Se utilizó la instalación mostrada en la Fig.3.4.2 que fué proporcionada por el inventor del dispositivo. Se instaló en los laboratorios de Ingeniería Ambiental de la UNAM y se procedió a realizar

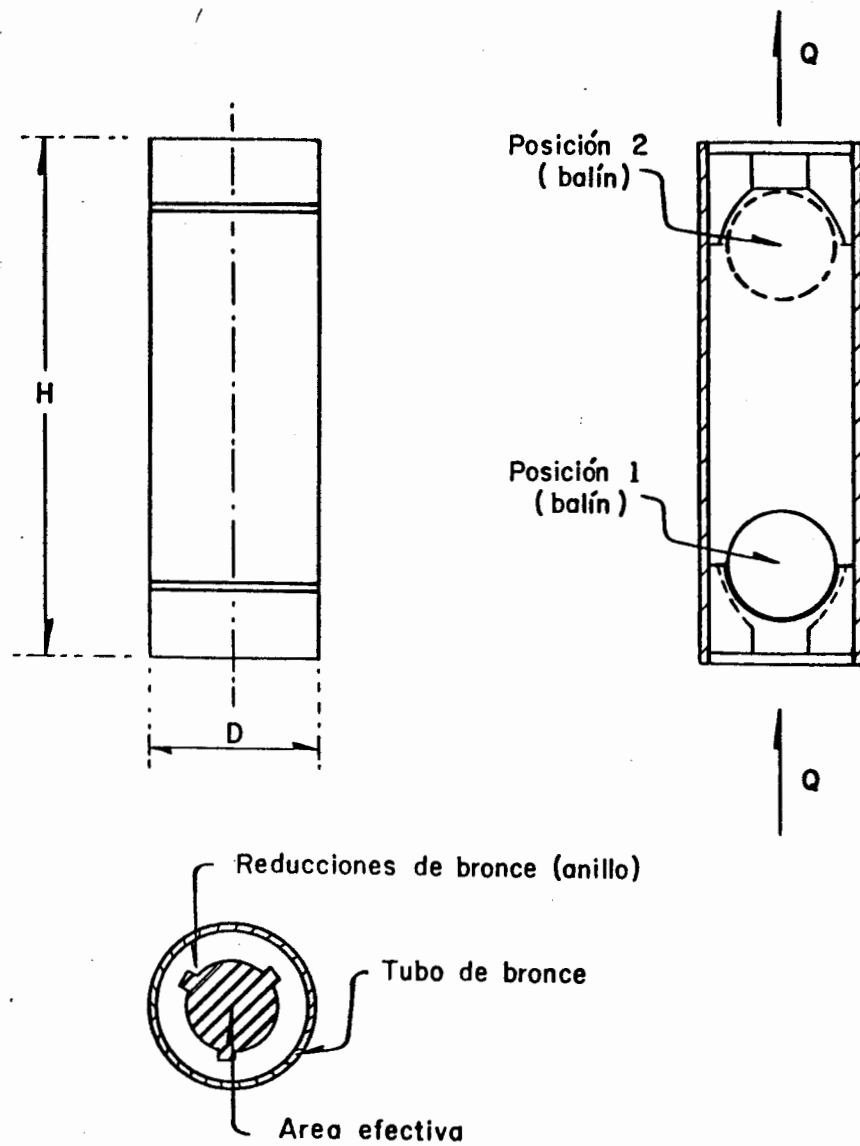


Fig. 3.4.1 CILINDRO REGULADOR DEL GASTO EN TUBERIAS

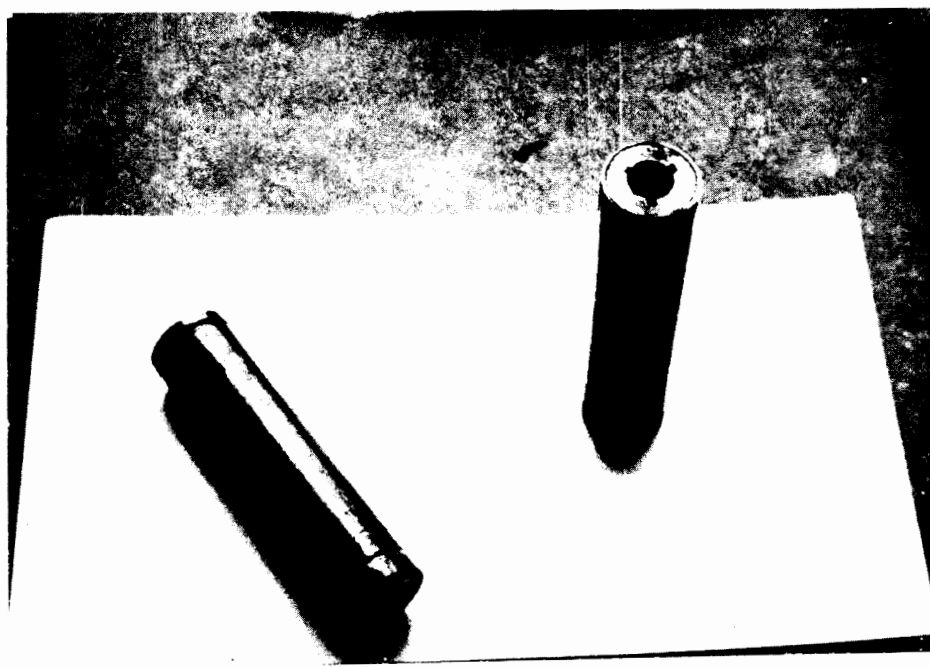
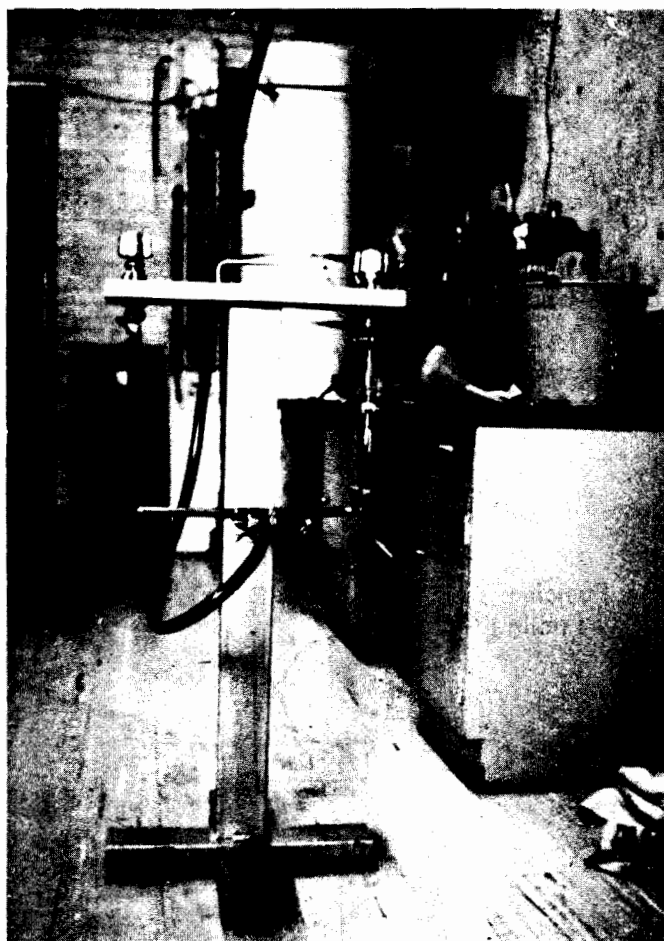


Fig 3.4.2 Cilindro regulador del gasto en tuberías.

cuatro tipos de pruebas, que fueron:

1. Una llave completamente abierta y la otra cerrada.
 2. La llave con dispositivo completamente abierta y la otra cerrada.
 3. Las dos llaves abiertas, una con dispositivo y la otra sin éste.
 4. Una llave con dispositivo abierta hasta que el balín cerrara el orificio superior y la otra llave cerrada.
- b. En cada prueba se registraron los gastos, así como la presión en la línea antes del dispositivo. Cada medición se repitió solamente dos veces debido a que los resultados fueron muy consistentes. En la Fig. 3.4.3, se muestran los resultados de los experimentos realizados. El gasto en el que el balín subía hasta la tapa superior fué de 0.066 l/s.

4. COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES

- a. Como se observa en la Fig. 3.4.3, la influencia del dispositivo es importante, pues reduce el gasto por la llave completamente abierta en un 63%. Antes de que se alcance el gasto en el que el balín obtura el orificio superior, el balín queda en suspensión vibrando en forma notoria, aunque sin provocar daños. El gasto en el que el balín cierra el orificio es muy bajo, por lo que el dispositivo ensayado, actúa prácticamente como una placa orificio. Esto es, el efecto de control que se quiere lograr con el balín y el tubo en posición vertical es despreciable, ya que el balín rápidamente obtura el orificio.
- b. Otra observación importante es que el balín se atoró en el orificio cuando se cierra la llave y, para bajarlo, es necesario dar un golpe leve en la tubería. Esto, tal vez se deba a que el balín se oxida y la capa superficial de óxido lo pega contra el orificio superior.

5. CONCLUSIONES

- a. El dispositivo opera, para efectos prácticos, como una placa orificio, pues el gasto en el que se

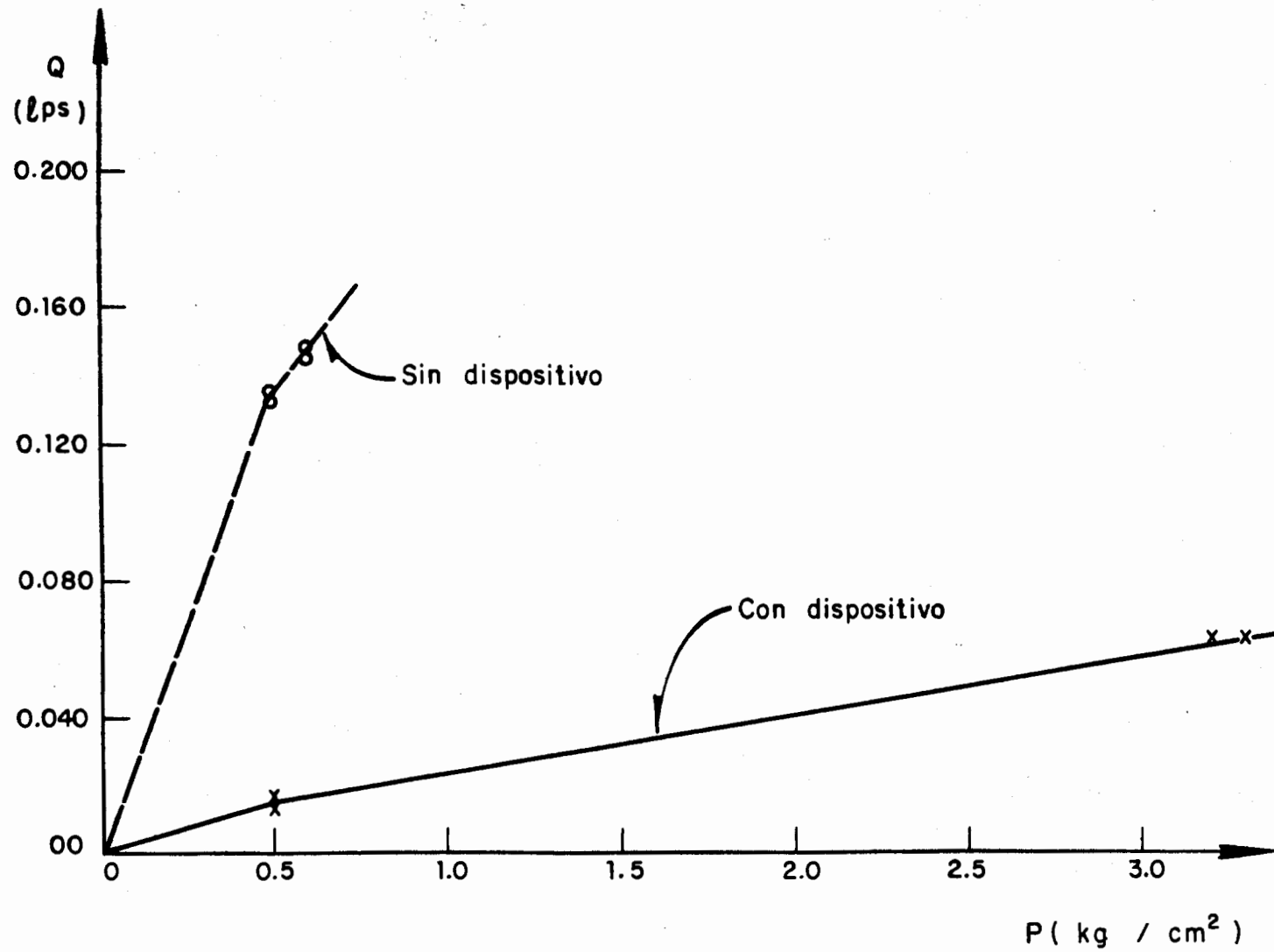


Fig. 3.4.3 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL CILINDRO REGULADOR DE FLUJO EN TUBERIAS

obtura la salida superior es muy bajo. Como la placa orificio es un dispositivo más sencillo y económico no se le ven ventajas al dispositivo ensayado.

- b. Su instalación requiere del uso de mano de obra calificada, lo que aumenta el costo sobre todo si se va a instalar en sistemas hidráulicos ya en operación.
- c. El chorro que se obtiene con este dispositivo, para altas presiones en la red (más de 2 Kg/cm²), es suficiente para las necesidades comunes en los muebles sanitarios. Cabe mencionar que las presiones que se tienen normalmente en las casas-habitación son del orden de 0.3 a 0.5 Kg/cm² en la línea de abastecimiento y de 0.1 a 0.2 Kg/cm² en las llaves.



IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a los valores típicos reportados de utilización del agua en diversas instalaciones sanitarias convencionales en casas-habitación, los mayores consumos ocurren en inodoros (40%) y en regaderas (30%) y constituyen en forma agregada el 70% del consumo doméstico. Estas instalaciones presentan un gran potencial de ahorro de agua.
2. Los muebles y dispositivos sanitarios convencionales, por su propia ineficiencia, emplean volúmenes de agua en exceso al requerido, produciendo un problema adicional en los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. La reducción en el consumo de agua en una ciudad proporciona un aprovechamiento más adecuado de las fuentes de abastecimiento en explotación y de la capacidad instalada del sistema de abastecimiento, disminuye el caudal de aguas residuales a manejar y reduce el consumo de energía eléctrica requerida para operar ambos sistemas.
3. La instalación de dispositivos de ahorro de agua en edificios y casas-habitación se ha incrementado en México en los últimos años, principalmente en establecimientos comerciales y edificios de oficinas, donde los muebles sanitarios tienen un uso frecuente. La implantación de este tipo de medidas de conservación del agua se han efectuado debido al incremento en las tarifas de consumo de agua, dado que no existe actualmente una reglamentación para la aplicación de dispositivos para reducir el uso del agua.
4. A través de la instalación de válvulas de control de nivel y descarga en los depósitos de inodoros y reguladores de presión en regaderas en la unidad habitacional Culhuacan del Infonavit, se encontró que existe una diferencia del 46% en el consumo de agua entre los apartamentos con dispositivos para ahorro de agua y los apartamentos sin dispositivos (testigos). Sin embargo debido a la gran variabilidad del fenómeno y al relativo reducido número de muestras se concluye que de acuerdo a una prueba de hipótesis a un nivel de confianza del 95%, el ahorro en el consumo de agua es del 10%.
5. En dicho estudio experimental se determinó que la dotación media para este tipo de unidades habitacionales con instalaciones sanitarias convencionales es de 109 ℓ /hab-día, que es un valor bastante menor al considerado usualmente en el diseño. El consumo de agua en los

apartamentos con dispositivos para ahorro de agua fué de 74 ℓ /hab-día.

6. La aceptación de los dispositivos de ahorro de agua por parte de los usuarios fue total y no se reportó problema alguno. En base a la encuesta aplicada al término del estudio experimental, el total de la población muestreada indicó que no requirió quitar los dispositivos debido a que funcionaron adecuadamente y no tuvieron repercusión alguna en sus hábitos. Cabe mencionar que la prueba de los dispositivos tuvo una duración de cuatro meses, por lo que su funcionamiento debe considerarse como aparatos nuevos.
7. En la revisión bibliográfica se encontraron estudios realizados en los Estados Unidos que reportan las características de dispositivos equivalentes o similares a los instalados en la unidad habitacional Culhuacan del Infonavit. Por lo que respecta a la válvula reguladora de presión se indican ahorros de agua del orden de 20 a 25%, con reducciones en el gasto de 15.0-19.0 ℓ /m de las instalaciones convencionales a 7.6-11.0 ℓ /m. La cantidad de agua utilizada en un baño de regadera depende principalmente del tiempo empleado, por lo que se reportan ahorros en el consumo de agua del orden de 40 a 57% cuando dicho tiempo se reduce de 5.6 a 4.6 minutos.
8. De acuerdo a la literatura revisada se encontró una similitud en el funcionamiento de los inodoros de ciclo dual y la válvula de control de nivel y descarga en depósitos de W.C. Ambas instalaciones sanitarias requieren aproximadamente 5.0 ℓ /uso para desalojar los residuos líquidos y 10.0 ℓ /uso para residuos sólidos, por los que en las referencias bibliográficas se cita un ahorro de agua del 18 al 30%. La válvula de inodoro probada en el estudio experimental permite regular el nivel del agua en el tanque del W.C. reduciendo la cantidad de agua almacenada, de tal forma que se disminuye el consumo de 20.0 ℓ /uso del mueble convencional a 10 ℓ /uso con dispositivo, cuando se efectúa el desague total.

La pera de control de descarga de este dispositivo permite efectuar la operación de vaciado durante el tiempo que se desee accionar la palanca de desague del inodoro, debido a la rigidez del plástico de que está fabricada y al sistema de conexión al tubo de rebose. En esta forma, el sistema de control de nivel y descarga permite tener una operación de ciclo dual, siempre y cuando el empleo de la válvula sea adecuado.

9. Considerando la aplicación de ambos dispositivos empleados en el estudio experimental y de acuerdo a las eficiencias de ahorro de agua indicadas en la literatura, se estima que proporcionan un ahorro global del 13 al 19%. El regulador de presión en regadera implica una inversión adicional del orden de \$200.00 y el costo de la válvula de control de nivel y descarga en inodoro es del orden de \$300.00, equivalente al costo del sistema convencional de flotador de vástago y pera de movimiento vertical.
10. En cuanto al cilindro regulador de gasto en tuberías probado durante el estudio, se determinó que este opera como una placa-orificio debido a que aun para caudales bajos se obtura la salida del agua. Para obtener un gasto suficiente para las necesidades comunes en los muebles sanitarios se requieren presiones en la red mayores de 2.0 Kg/cm². Como la placa-orificio es un dispositivo más sencillo y económico no se observan mayores ventajas en el cilindro. Se encontró en la literatura que las válvulas limitantes de flujo proporcionan un ahorro de agua de tan sólo el 1.0%.
11. El sistema de reuso de agua jabonosa analizado en la planta de Xotepingo del D.D.F., requiere ser rediseñado debido a que su funcionamiento hidráulico es inadecuado. El control manual que requiere lo hace impráctico y su instalación implica un desnivel entre el piso del cuarto de baño y la regadera, lo que presenta inconvenientes constructivos y de acceso. Los residuos que se generan en la regadera y el lavabo (jabón, grasa, cabello, etc.) pueden causar problemas de operación al cabo de un tiempo. Las referencias bibliográficas indican que con los sistemas de reuso de agua de lavado en el desagüe de inodoro se pueden obtener reducciones en el consumo de agua del orden del 40%.
12. Se han desarrollado algunos sistemas de limpieza en inodoros que emplean una mínima cantidad de agua mediante procesos de vacío, aire comprimido y aceite mineral que proporcionan altas eficiencias de ahorro de agua del orden de 35%, sin embargo su costo y operación compleja limitan su aplicación en la mayoría de los casos.
13. Por las ventajas y costo competitivo que presenta la válvula de control de nivel y descarga en depósitos de inodoros, se recomienda su instalación en muebles sanitarios en nuevas construcciones y en aquellas

instalaciones sanitarias, que por su antigüedad, requieren ser substituidos los accesorios del tanque de almacenamiento del W.C. La adaptación de dicho dispositivo es muy sencilla y el costo de la mano de obra es equivalente al de la instalación de los sistemas convencionales. Si bien este dispositivo se ensayó durante un período relativamente corto, existe la experiencia de más de dos años en que se probó en una casa-habitación con resultados adecuados. La garantía ofrecida por el fabricante es de cinco años.

14. Con el fin de ampliar los datos respecto a los dispositivos probados se recomienda continuar los estudios con un mayor número de unidades habitacionales donde se instalen sistemas de ahorro de agua. El principal mueble sanitario a analizar es el inodoro, existiendo varias alternativas para reducir el consumo de agua, las cuales se citan en este informe.
15. En una primera etapa, se considera factible la implantación de algunos dispositivos de ahorro de agua en nuevas construcciones, por lo que se recomienda efectuar un estudio para establecer normas de diseño e instalación para incorporarlas al reglamento de construcciones del DDF. La sustitución de muebles sanitarios con baja eficiencia en el consumo de agua, requiere de un estudio socioeconómico para determinar la factibilidad para su aplicación práctica.
16. Definitivamente, la conservación del agua en la ciudad de México a través de dispositivos de ahorro de agua puede proporcionar un volumen considerable de agua adicional sin necesidad de incrementar la capacidad instalada del sistema de abastecimiento existente.

F/DEPFI/D-66/1981/EJ.2



702361