

BO - 409

(5385)

METODOLOGIAS DE EVALUACION DE PERDIDAS NO TECNICAS

José Luis Calabrese

Ingeniero Consultor



OLADE. Departamento Técnico
Programa de Electricidad

Documento presentado al Simposio Latinoamericano sobre Control de Pérdidas Eléctricas, Bogotá, D.E., Colombia, octubre de 1988.

El Simposio es parte de una de las actividades del Programa Regional de Evaluación, Control y Reducción de Pérdidas Eléctricas.

El contenido del documento es de la absoluta responsabilidad del autor y no representa necesariamente el criterio de OLADE. Puede reproducirse total o parcialmente, citando la fuente.

PROPOSITO

Mediante este estudio se busca determinar:

- (1) El número de clientes infractores y el de no infractores en algunas ramas industriales, comerciales y de servicios.
- (2) Las cantidades de energía subfacturadas a causa de la infracción.
- (3) Un sistema de facturación equitativo que permita recuperar las pérdidas por infracción.

Para cumplir estos propósitos se emplearán técnicas de muestreo y la teoría estadística como medio de obtener los estimadores más apropiados para dar respuesta a los problemas planteados. La falta de antecedentes conocidos sobre el tema bajo análisis convierte a éste en un trabajo de investigación donde se plantearán hipótesis a ser confirmadas o rechazadas por mediciones en el terreno.

1.- DEFINICIONES PRELIMINARES

El ámbito de ejecución de este estudio está conformado por los clientes industriales, comerciales y de servicios de la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá, de acuerdo con la siguiente correspondencia en la codificación internacional CIIU:

Industriales	Gran División 3
Comerciales	Gran División 6
Servicios Comunes	Gran División 9
Servicios Financieros	Gran División 8

Se trata de un universo muy numeroso y heterogéneo con subdivisiones internas a 2 y 4 dígitos; cuanto más finas sean estas subdivisiones, las mismas representan grupos de comportamiento más homogéneo respecto del consumo de electricidad.

Es sabido que en el universo en cuestión existe un número considerable pero no bien conocido de infractores, los que, mediante alteración de contadores, logran reducir el consumo real en una magnitud también desconocida.

Este estudio tiene como objetivo central investigar si es posible, mediante la aplicación del método estadístico, aportar elementos de juicio cuantitativos para plantear y resolver los problemas de subfacturación que se originan en las infracciones.

La EEBB posee un ARCHIVO ELECTRONICO MAESTRO - que en adelante denominaremos AEM - donde, para cada cliente se consignan las siguientes características:

- (1) Código CIIU del cliente a 4 dígitos
- (2) Carga contratada, W_C , que es el número de kw que el cliente solicita a la empresa.
- (3) Ultimo consumo en kwh, C_F .
- (4) Promedio de los últimos consumos.

(5) Factor de Potencia, ϕ_C .

Este último se define como

$$\phi_C = \frac{C_F \times 100}{W_C \times 1440} \quad (1)$$

siendo 1440 el número de horas que hay en un bimestre, que es el período de facturación.

Se propone realizar encuestas sobre muestras tomadas en el AEM con el objeto de medir las potencias de placa de todos los equipos encontrados en el establecimiento. A esta nueva potencia se la denomina potencia aforada, W_A , y ella define un nuevo factor:

$$\phi_A = \frac{C_F \times 100}{W_A \times 1440} \quad (2)$$

Los factores definidos por las ecuaciones (1) y (2) son los factores de utilización de carga contratada y aforada respectivamente.

Mediante el barrido de las muestras se puede determinar qué clientes son infractores y cuáles no, analizando los contadores. Llamemos L a los primeros y H a los segundos.

Para los no infractores, el consumo real C_R es igual al consumo facturado:

$$C_R = C_F = 14.40 \phi_A W_A ; (H) \quad (3)$$

mientras que para los infractores:

$$C_R > C_F = 14.40 \phi_A W_A ; (L) \quad (4)$$

Se formula la hipótesis, bastante razonable, de que no hay correlación entre la potencia aforada y el factor calculado con la ecuación (2). Esta hipótesis, que puede ser verificada por muestreo, significa

que altas (bajas) cargas instaladas no implican necesariamente un mayor (menor) uso de las mismas. En efecto, la carga corresponde a una expectativa de nivel económico o tamaño del negocio, en tanto que el uso de ese equipamiento depende del movimiento económico real que el establecimiento tuvo al facturarsele su último consumo.

Esta hipótesis se expresa mediante la condición:

$$COV(\phi_A, W_A) = 0 \quad (5)$$

Los estimadores de proporción, $p^{(H)}$ y $p^{(L)}$, que representan respectivamente el número de no infractores y de infractores que hay en el AEM, tienen una distribución binomial con varianza $p(1-p)/n-1$ donde n es el respectivo tamaño muestral, siendo el número de individuos en el universo, N , mucho mayor que n ; en caso contrario hay que corregir por el correspondiente término de finitud $\frac{N-n}{N}$.

El universo de referencia contenido en el AEM tiene los siguientes tamaños:

RAMA CIIU	SECTOR	TAMAÑO
31	Alimentos, Bebidas y Tabaco	2427
32	Textil, Confecciones, Calzado y Cuero	1874
33	Maderas y Muebles	2459
34	Papel, Imprenta	933
35	Químicos, Caucho, Plásticos	840
36	Piedras, Vidrio y Cerámica	387
37	Hierro, Acero y no Ferrosos	286
38	Maquinaria y Equipos	2977
39	No Clasificados	162
3	TOTAL INDUSTRIAS	12345
6310	Restaurantes	5893
6320	Hoteles	644

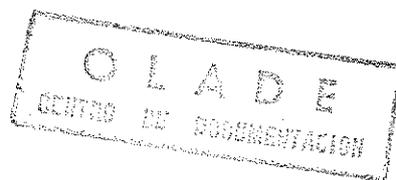
8	Servicios Financieros	9929
9	Servicios Comunes	12573
Resto 6	Comercio General	21536
	TOTAL COMERCIO Y SERVICIOS	50575
	GRAN TOTAL	62920

Cada uno de los grupos listados se considera una subpoblación del AEM sin perjuicio de lo cual se podrán tomar divisiones más finas si la evolución del estudio así lo aconseja.

2.- ENCUESTA PILOTO: RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Para calibrar el estudio se efectúan dos encuestas piloto en el grupo 6320 - HOTELES - y 36 - PIEDRAS, VIDRIO Y CERAMICA. La encuesta consiste en determinar la potencia de placa de cada establecimiento para los siguientes grupos:

MOTORES
BOMBILLOS
HORNOS
OTROS



Dicha potencia de placa se asimila a la potencia aforada. En los casos en que las placas no son legibles o simplemente no existen, se infieren de la marca y otras características del equipo. Cuando esto tampoco es posible se efectúan mediciones con pinzas voltiamperométricas para determinar la potencia instantánea. Se busca así un procedimiento rápido que permita cubrir muchos establecimientos en corto tiempo.

Se realiza un muestreo estratificado sobre subpoblaciones en el AEM, ordenadas según consumos decrecientes; los estratos se forman arbitrariamente por rangos de consumo y dentro de cada estrato se toman muestras simples al azar. Se busca con esto que todos los rangos de consumo estén debidamente representados.

En la figura N° 1 se presentan los datos muestrales de potencias, factores contratados y aforados y si el cliente es o no infractor. Se hace luego un análisis estadístico preliminar de las muestras: para ello: y a efectos de simplicidad en esta etapa piloto del estudio, se determinan algunos estimadores sin tener en cuenta la estratificación. Ello se justifica toda vez que no se observan correlaciones apreciables entre ϕ_A , H , L , y el consumo facturado C_F . Las encuestas piloto son aún pequeñas para determinar si esta ausencia de correlaciones se mantendrá en las encuestas definitivas.

Los estimadores de proporción resultan:

Figura No. 1.- Resultados Muestrales

H O T E L E S

CIUU	E	COD.	MOTORES	BOMBILL	HORNOS	OTROS	TOTAL	CONTRAT	INSTAT.	PROMEDI	ULTIMO	P.A.	C.C.	T
6320	1	0120	14.616	42.705	1.500	17.723	76.544	103.600		15.124	15.684	14.229	10.513	
6320	3	1254	.000	3.520	.000	1.355	4.875	1.500		.116		1.652	5.370	H
6320	3	1135	.000	2.020	.000	8.570	10.590	10.000		.190	.057	.374	.396	H
6320	3	0922	.000	.760	.000	.010	.770	2.000		.126	.261	23.539	9.063	H
6320	3	0905	.000	.840	.000	1.225	2.065	2.000		.286	.289	9.719	10.035	H
6320	2	0731	.000	.360	.000	.510	.870	3.000		.521	.466	37.197	8.516	H
6320	2	0726	.000	.720	.000	1.346	2.066	1.000		.523	.469	15.764	18.094	H
6320	2	0724	.000	1.360	.000	2.000	3.360	2.200		.458	.472	9.755	14.899	H
6320	2	0721	.000	.640	.000	4.125	4.765	5.000		.241	.475	6.923	6.597	H
6320	2	0645	.000	3.530	.000	1.000	4.530	2.900		.542	.541	8.293	12.955	H
6320	2	0636	.000	1.450	.000	2.170	3.620	4.600		.624	.573	10.992	8.650	H
6320	2	0633	.000	2.760	.000	1.454	4.214	22.500		.644	.580	9.690	1.815	H
6320	2	0527	.000	1.000	.000	2.636	3.636	3.000	1.250	.517	.777	14.840	17.986	H
6320	2	0524	.000	2.260	.000	2.405	4.665	7.000	.210	.742	.782	11.641	7.758	H
6320	2	0520	.000	.840	.000	1.329	2.169	2.100		.790	.794	25.421	26.257	H
6320	1	0352	.000	2.100	.000	6.040	8.140	5.100		1.009	1.117	9.529	15.210	H
6320	1	0323	.000	4.620	.000	10.970	15.590	27.300		1.815	1.469	6.544	3.737	H
6320	1	0305	.000	4.080	.000	5.404	9.484	6.900		1.707	1.693	12.397	17.039	H
6320	1	0254	.284	3.640	.000	2.975	6.863	18.200		2.562	1.708	17.283	6.517	H
6320	1	0250	.000	1.540	.000	1.009	2.549	11.100		1.990	1.913	49.393	11.343	H
6320	1	0240	.000	1.860	.000	10.800	12.740	5.200	3.500	2.179	2.019	11.005	26.963	H
6320	1	0235	.000	7.500	.000	1.858	9.358	13.100		2.654	2.083	15.458	11.042	H
6320	1	0229	.000	.980	.000	1.652	2.632	2.000	.650	2.404	2.199	50.000	76.354	H
6320	1	0227	.000	4.350	.000	13.955	18.305	23.000		2.354	2.274	8.627	6.866	H
6320	1	0217	.000	2.580	.000	.012	2.592	10.600	7.270	3.133	2.639	70.704	17.289	H
6320	1	0212	10.277	5.600	.000	13.010	37.887	16.300		4.131	2.820	5.169	12.014	H
6320	1	0204	.000	11.890	1.600	37.086	50.576	45.600	2.160	2.632	3.138	4.309	4.779	H
6320	1	0203	.000	3.240	.000	2.820	6.060	1.700		1.009	3.212	35.800	131.209	H
6320	1	0155	.000	10.980	.000	19.070	30.050	15.300		3.107	3.239	7.485	14.701	H
6320	1	0147	.249	2.180	.000	6.360	8.789	14.400	4.000	4.357	4.682	36.994	22.579	H
6320	1	0139	.000	6.500	.000	16.832	23.332	20.800		5.708	6.168	18.358	20.593	H
6320	1	0123	.000	6.695	.000	52.431	59.126	52.000		12.010	14.230	16.713	18.716	H
6320	1	0118	.000	7.760	.000	57.834	65.594	52.000		16.810	17.840	18.887	23.463	H
6320	1	0111	.000	12.310	.000	87.614	99.924	141.400		25.860	28.960	20.126	14.223	H
6320	3	1028	.000	1.310	.000	4.855	6.165	3.100		.232	.161	1.814	3.607	L
6320	3	0944	.373	1.750	.000	.365	2.488	2.500		.337	.222	6.196	6.167	L
6320	3	0923	.000	3.660	.000	15.689	19.349	6.000		.589	.256	.919	2.963	L
6320	2	0803	.000	2.160	.000	.000	2.160	.600		.684	.396	12.731	45.833	L
6320	1	0409	.000	1.080	.000	2.550	3.630	12.500		.676	1.120	21.426	6.222	L
6320	1	0407	.000	6.400	.000	6.474	12.874	2.700		1.307	1.133	6.112	29.141	L
6320	1	0327	.000	1.380	.000	14.410	15.790	8.500		1.447	1.427	6.276	11.658	L
6320	1	0325	.000	2.160	.000	.600	2.760	10.100		3.070	1.441	36.257	9.908	L
6320	1	0308	.000	2.500	.000	1.000	3.500	13.400		1.448	1.644	32.619	8.520	L
6320	1	0306	.000	2.100	.000	7.875	9.975	8.500		1.753	1.666	11.590	13.611	L
6320	1	0304	.000	1.700	.000	2.419	4.119	2.000		1.016	1.700	28.661	59.000	L
6320	1	0247	.000	3.720	.000	8.090	11.810	2.000		2.074	1.873	11.014	65.035	L
6320	1	0246	.000	2.100	.000	7.950	10.050	8.400		2.013	1.903	13.150	15.723	L
6320	1	0223	.000	1.380	.000	14.410	15.790	8.300		1.955	2.503	11.000	20.942	L
6320	1	0207	.000	3.420	.000	7.280	10.700	17.100		2.610	2.957	19.191	12.009	L
6320	1	0205	.000	3.420	.000	29.594	33.014	29.300		6.314	3.114	6.550	7.381	L
6320	1	0148	.000	7.760	.000	35.750	43.510	62.000		2.683	4.415	7.046	4.945	L
6320	1	0142	.000	8.400	.000	29.920	38.320	62.000		6.310	5.240	9.406	5.869	L
6320	1	0117	.000	8.400	.000	13.144	21.544	28.400		10.098	18.096	55.330	44.249	L
6320	2	0628	.000	.980	.000	.290	1.270	1.400		.614	.604	33.027	29.950	S

PIEDRA VIDRIO Y CERAMICA

CIUV	E	COD.	MOTORES	BOMBILL	HORNOS	OTROS	TOTAL	CONTRAT	INSTAT.	PROMEDI	ULTIMO	P.A.	C.C.	T
3610	1	0120	29.043	3.500	49.000	.140	81.683	100.700		26.780	30.080	25.573	20.743	
3699	1	0307	28.337	.540	.000	.370	29.247	29.000		2.717	3.392	8.054	7.905	
3691	3	0728	3.729	.200	.000	.000	3.929	5.400		.035	.013	.230	.167	H
3620	2	0436	.746	1.210	.000	.000	.000	146.900		2.556	1.000	.000	.511	H
3620	3	0607	.000	1.180	.000	.000	8.582	9.762	2.950	.491	.389	2.767	.871	H
3610	2	0518	4.847	1.560	.000	2.420	.000	27.400		1.383	.629	.000	1.594	H
3691	3	0633	8.203	.920	.000	.120	9.243	9.400		.149	.237	1.781	1.751	H
3620	1	0331	11.230	9.455	.000	29.450	50.135	74.600		2.510	2.360	3.269	2.197	H
3620	3	0712	.000	.150	.000	.746	.896	.300	.160	.097	.099	7.673	22.917	H
3610	2	0512	.000	2.310	.000	44.291	46.601	16.000		.676	.712	1.061	3.090	H
3691	2	0527	.932	.200	.000	.000	1.132	12.700		.558	.576	35.336	3.150	H
3610	1	0229	1.305	.540	45.000	1.268	48.113	103.000		6.140	5.200	7.621	3.560	H
3699	1	0150	.186	.400	.000	43.251	43.837	31.500		14.028	15.239	24.141	33.596	H
3620	1	0115	14.191	5.530	29.000	54.666	103.387	133.300		62.625	64.600	43.445	33.696	H
3610	2	0528	.000	1.172	.000	3.402	30.740	2.800	.730	.502	.575	11.173	14.261	H
3620	2	0505	2.237	1.000	.000	.000	3.245	9.100	1.000	.577	.745	15.943	5.685	H
3620	2	0429	.000	2.250	.000	5.240	7.490	5.600		1.508	1.274	11.012	15.799	H
3620	3	0618	2.238	0.600	.000	.000	2.838	3.100		0.340	0.325	7.952	7.280	H
3610	1	0221	.000	1.000	15.000	2.500	18.500	25.000		5.594	6.443	24.185	17.342	H
3692	2	0424	16.152	.300	.000	.000	16.452	11.600		1.250	1.334	5.631	7.986	H
3610	1	0132	1.212	2.900	2.000	27.000	33.120	45.500		25.718	24.901	52.211	38.005	H
3610	2	0536	.373	.780	.000	.093	1.246	4.500		.633	.530	29.539	8.179	H
3699	3	0651	.560	.750	.000	.000	1.310	.400		.184	.163	8.641	28.299	H
3691	1	0135	.000	2.685	.000	32.790	35.475	57.500		22.140	23.660	46.316	20.575	H
3620	3	0638	.000	.400	.000	.383	.783	.800		.169	.222	19.689	19.271	H
3692	1	0136	131.618	5.980	.000	22.122	159.720	162.000		22.480	23.040	10.018	9.876	H
3699	1	0350	22.744	1.900	.000	.000	24.644	36.600		1.746	1.773	4.996	3.364	L
3610	1	0227	.000	.700	.000	1.720	2.420	17.000		5.874	5.900	169.307	24.101	L
3610	1	0249	1.679	1.950	.000	55.450	59.089	36.300		4.488	3.929	4.618	7.516	L
3610	3	0750	.559	2.850	.000	1.691	.000	157.200	9.640	16.020	.000	.000	.000	S
3620	3	0735	.000	1.510	.000	2.110	3.620	26.400		.001	.001	.019	.003	S

Figura No 1.- (Continuación) Resultados Muestrales

	HOTELES		PIEDRAS, ETC.	
$\hat{p}(H)$	66.67 %		85.71	%
$\hat{p}(L)$	33.33 %		14.28	%

Como se ve la proporción de infractores es alta y en Hoteles es sorprendentemente alta. El fenómeno de la infracción adquiere pues dimensiones de magnitud y parece depender fuertemente del tipo de actividad económica, que está muy bien captada por la codificación CIU. Se comprueba que el método de muestreo propuesto es adecuado para estimar la magnitud de los infractores.

Examinemos ahora el factor de utilización de la carga aforada y contratada; las medias y desviaciones están en la figura N° 2. En el caso de Hoteles - que por tener una proporción de infractores muy grande se considera una muestra muy representativa - se observa que en la clase H el factor aforado y el contratado no difieren prácticamente. En cambio en la clase L se cumple que

$$\phi_A < \phi_C ; (L) \quad (6)$$

Esta desigualdad en la clase L también se cumple en la muestra de Vidrio, si bien esta muestra es menos representativa por la menor cantidad de infractores. En cuanto a la clase H en Vidrio, el factor aforado es ligeramente mayor que el contratado.

Al comparar las dos clases se comprueba que

$$\phi_A(L) < \phi_A(H) \quad (7)$$

Nótese que esta desigualdad no se cumple necesariamente con los factores contratados.

Otra observación importante es la enorme dispersión existente alrededor de los valores medios, tanto para los factores aforados como para los contratados. Esta dispersión se mantiene también al observar la relación entre ϕ_A y ϕ_C para cada cliente: en efecto, en un caso

FACTOR DE UTILIZACION DE LA MUESTRA PILOTO DE HOTELES

GRUPO	CARGA AFORADA	CARGA CONTRATADA
H	18.473 (16.278)	18.221 (25.258)
L	15.810 (14.327)	20.386 (19.764)

FACTOR DE UTILIZACION DE LA MUESTRA PILOTO DE PIEDRAS, VIDRIO Y CERAMICA

GRUPO	CARGA AFORADA	CARGA CONTRATADA
H	15.571 (14.806)	12.946 (11.567)
L	9.295 (7.775)	12.946 (10.972)

Figura N° 2 : Medias y (Desviaciones) de los Factores de Utilización Muestrales.

particular (con referencia a la figura N° 1), puede suceder que un ϕ_c alto (bajo) dé un ϕ_A bajo (alto) independientemente que el cliente sea H o L .

¿Cómo podemos interpretar estos resultados?. Veamos.

Respecto de los factores medios, e independientemente del gran tamaño de las desviaciones, la inequación (7) indica que el aforo reduce el factor del grupo L respecto del grupo H ; o sea que los infractores poseen, en promedio, más carga que la que contratan, y aquélla se conoce al aforar. En el grupo H en cambio, la relación entre ambos factores no se puede predecir, aunque es de esperarse que el aforo no introduzca diferencias apreciables, y es lo que parecen indicar los resultados muestrales. Esto no es sino la verificación de un hecho experimental ya conocido por la EEEB, y que es el que dio la orientación inicial a este estudio.

De manera que el tipo de muestreo y tamaño muestral realizados en la encuesta piloto, además de permitir una buena estimación de la proporción de infractores, posibilita una buena estimación de los factores medios. Esto da el camino para determinar los volúmenes de energía robada. Razonamos así:

El consumo real esperado del grupo H en el AEM se obtiene tomando esperanzas en la ecuación (3), lo cual, en ausencia de correlaciones, da:

$$E[C_R(H)] = 14.40 E[\phi_A(H)] E[W_A(H)] \quad (8)$$

Para el grupo L se puede asumir que si no estuviera constituido por infractores, el valor esperado de su factor aforado coincidiría con el de los del grupo H , dentro de una aproximación estadística. En consecuencia, su consumo real esperado sería

$$E[C_R(L)] = 14.40 E[\phi_A(H)] E[W_A(L)] \quad (9)$$

Como también la potencia aforada esperada sería la misma en ambos gru-

pos, se concluye que los consumos esperados serían los mismos en ambos grupos. El consumo esperado facturado por la empresa a los L es aparente y se calcularía como:

$$E[C_F(L)] = 14.40 E[\phi_A(L)] E[W_A(L)] \quad (10)$$

Haciendo la diferencia entre las ecuaciones (9) y (10) se obtiene la magnitud esperada del robo en el universo:

$$E[\Delta C(L)] = 14.40 E[W_A(L)] E[\phi_A(H) - \phi_A(L)] \quad (11)$$

Reemplazando ahora las esperanzas en el universo por las medias muestrales, se obtiene la magnitud promedio de la infracción estimada con un cierto error que es su error estándar:

$$\hat{E}[\Delta C(L)] = 14.40 \bar{W}_A(L) [\bar{\phi}_A(H) - \bar{\phi}_A(L)] \quad (12)$$

Y el total de Kilovatios robados resulta:

$$\Delta \hat{C} = 14.40 \hat{\rho}(L) N \bar{W}_A(L) [\bar{\phi}_A(H) - \bar{\phi}_A(L)] \quad (13)$$

siendo N el número total de establecimientos en la subpoblación. Aplicando esta ecuación a los Hoteles resulta:

$$\Delta \hat{C} = 14.40 \times 0.3654 \times 664 \times 15.126 \times (18.473 - 15.810) = 140733 \frac{\text{Kwh}}{\text{Bim.}}$$

La confiabilidad de este estimador puede analizarse sin dificultad siguiendo el método de muestreo aplicado, si bien las muestras piloto son pequeñas para dar resultados confiables.

Según lo visto hasta aquí la encuesta, tal como fue programada, permite saber cuánto se roba. Veamos ahora si es posible decir también cómo se hace para recuperar el dinero una vez que la infracción ha sido detectada. Esto nos lleva a un análisis punto por punto (o clien-

te por cliente). Supongamos que se detectan dos infractores A y B, los cuales, después de aforados tienen factores:

$$\phi_A^A = 1.7$$

$$\phi_A^B = 43.8$$

(valores como éstos se observan en la muestra, tal como indica la figura N° 1)

Si se quiere calcular la magnitud robada haciendo uso del procedimiento descrito, resulta que A debería pagar por la diferencia entre su factor (muy bajo) y 15.810 que es el promedio del grupo H (figura N° 2). En cambio a B habría que devolverle la diferencia entre su factor (muy alto) y el mismo promedio. Un procedimiento como éste castigaría excesivamente a A mientras que B recibiría un premio, y lo que es peor, esto no garantizaría que la empresa recuperara las pérdidas en promedio.

Lo que ocurre es que la ecuación (12) es válida para valores esperados y la (13) para totales estimados pero no para casos individuales. Solamente en el caso en que las varianzas fueran suficientemente pequeñas se podrían aplicar esas ecuaciones a casos individuales y esta no es la situación que presentan las muestras. El efecto perturbador de la situación económica de ambas clases, H y L , es demasiado grande como para ser ignorado. La varianza, que capta este efecto, debe ser también incorporada al modelo de facturación.

3.- PROPUESTA DE UN MODELO ESTADISTICO PARA FACTURACION DE INFRACCIONES

Lo discutido en el punto anterior muestra que sobre el factor de utilización aforado de un establecimiento particular convergen una multitud de factores distintos al hecho que el cliente sea o no infractor. Una industria o comercio puede tener una determinada potencia instalada que no necesariamente utiliza todo el tiempo en forma constante. Como los valores promedio no reflejan las situaciones particulares de cada uno de los usuarios, si se quiere contar con un método de facturación válido para todos los casos, habrá que trabajar con toda la función de distribución de los factores de utilización. Sea esta función $f(\phi)$. Se debe hacer en consecuencia un estudio de estadística no paramétrica, lo cual requiere tamaños muestrales considerablemente mayores.

Después de hacer una serie de análisis sobre las muestras piloto ampliadas de Hoteles y Piedras, Vidrio y Cerámica, se llegó a la conclusión de que es posible representar razonablemente bien $f(\phi)$ por medio de algunas funciones teóricas distintas a la distribución normal. Se examinaron una serie de estas funciones y se concluyó que la FUNCION GAMA y la FUNCION BETA poseen interesantes propiedades parecidas a las que presenta el factor de utilización. Ambas permiten, por ejemplo, captar sesgos a la izquierda o a la derecha, y ambas muestras piloto exhiben pronunciados sesgos a la izquierda. Qué significa un sesgo a la izquierda en el factor de utilización aforado? Este sesgo refleja una situación económica no muy próspera donde hay muchos establecimientos con grandes cargas instaladas pero con poco uso. Hay sin embargo algunos establecimientos muy prósperos en medio de una mala situación general, lo cual se refleja en grandes colas a la derecha.

La función Gama tiene por expresión:

$$f(x) = \frac{\lambda^r}{\Gamma(r)} x^{r-1} e^{-\lambda x} \quad \begin{array}{l} \lambda > 0 \\ r > 0 \end{array} \quad (14)$$

$$\mu = \frac{r}{\lambda} \quad \sigma^2 = \frac{r}{\lambda^2}$$

donde μ y σ^2 son la media y la varianza de x , siendo además

$$\Gamma(r) = \int_0^{\infty} t^{r-1} e^{-t} dt \quad (15)$$

Probemos la función Gama para el grupo H de la muestra de Hoteles. De la figura No 2 se obtienen los valores de μ y σ^2 :

$$\mu = 0.18473 \quad \sigma^2 = 0.02650$$

con lo cual resulta

$$\lambda = 6.97165 \quad r = 1.28787 \quad \Gamma(r) = 0.897$$

Se ajusta entonces la función

$$f(x) = 13.59296 x^{0.28787} e^{-6.97165x} \quad (16)$$

La función Beta tiene por expresión

$$f(x) = \frac{1}{\beta(a,b)} x^{a-1} (1-x)^{b-1} \quad 0 < x < 1 \quad \begin{matrix} a > 0 \\ b > 0 \end{matrix} \quad (17)$$

$$\mu = \frac{a}{a+b} \quad \sigma^2 = \frac{ab}{(a+b+1)(a+b)^2} \quad \beta(a,b) = \frac{\Gamma(a)\Gamma(b)}{\Gamma(a+b)}$$

Y reemplazando los valores de μ y σ^2 en las ecuaciones de los parámetros se tiene

$$a = 0.86513 \quad b = 3.81807 \quad \frac{1}{\beta(a,b)} = 2.86195$$

con lo cual se llega a la función:

$$f(x) = 2.86195 x^{-0.13487} (1-x)^{2.81807} \quad (18)$$

En la figura No 3 se comparan los valores de las funciones teóricas (15) y (17) con los resultados experimentales. Para ello es más cómodo trabajar con las funciones integrales de probabilidad que se definen como

FACTOR DE POTENCIA	FUNCION GAMA		FUNCION BETA		EXPERI MENTAL		
	$\phi = x$	$f(x)$	$F(x)$	$f(x)$	$F(x)$	$F(\phi)$	$D(x)$
0.000	0.000	0.000	∞	0.062	0.000		
0.025	3.949	0.049	4.383	0.118			
0.050	4.049	0.149	3.710	0.219			
0.100	3.489	0.337	2.901	0.384	0.394	0.057	
0.200	2.121	0.618	1.896	0.624	0.727	0.109	
0.300	1.187	0.783	1.232	0.780	0.818	0.035	
0.400	0.642	0.875	0.768	0.880	0.909	0.034	
0.500	0.341	0.924	0.446	0.941	0.939	0.015	
0.600	0.179	0.950	0.232	0.975	0.970	0.020	
0.700	0.093	0.964	0.101	0.992	0.970	0.006	
0.800	0.048	0.971	0.032	0.998	1.000	0.029	
0.900	0.025	0.974	0.004	1.000	1.000	0.026	
1.000	0.013	0.976	0.000		1.000		

Figura N° 3 : Función de Distribución Acumulativa Experimental del Factor de Utilización Aforado; Funciones Teóricas Gama y Beta; Diferencias Observadas entre la Función Experimental y la Función Gama. Encuesta Piloto Hoteles

Test de Kolomogorov-Smirnov para la bondad de ajuste de la función Gama: La máxima diferencia observada (0.109) es menor que el valor crítico (0.27) para un nivel de significación de 0.01.

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_0^x f(x) dx \quad (19)$$

La ecuación (19) indica que la probabilidad de que x sea menor que un determinado valor es $F(x)$. Como ejemplo, la figura No. 3 indica que la probabilidad de que el factor aforado de los Hoteles en el grupo de no infractores sea menor que el 40 %, es de 0.875 para la función Gama, 0.817 para la función Beta, y 0.909 para la distribución de frecuencias experimentales.

Aparentemente ambas funciones teóricas parecen adaptarse bien a los resultados experimentales. Sin embargo, en un examen más cuidadoso, se observa que, para el juego particular de parámetros investigados, la función Beta no representa bien a los valores pequeños puesto que $f(x)$ tiende a ∞ cuando x tiende a 0. En la figura No. 4 se aprecia mejor este hecho que se interpreta como una singularidad en el origen. La función Gama, en cambio, cumple la regla mostrada por los resultados experimentales en el sentido de que la frecuencia observada para factor de utilización nulo es también nula. Este hecho descarta la función Beta para el caso de Hoteles, aunque no puede descartarse que en otras muestras la situación se invierta y sea la función Gama, o ambas, la que exhiba esa singularidad, en cuyo caso habrá que analizar otras funciones tales como Weibull, exponencial, lognormal, etc. Por el momento haremos la hipótesis de que Beta y Gama permitirán resolver la mayoría de las muestras definitivas.

Para probar la bondad de ajuste de la función Gama a los datos experimentales, se utiliza la prueba de Kolomogorov-Smirnov. Para ello se calculan los desvíos

$$D(x) = |F(\phi) - F(x)| \quad (20)$$

y se formula el test de hipótesis:

$$\mathcal{H}^0: F(x) = F(\phi) \quad (21)$$

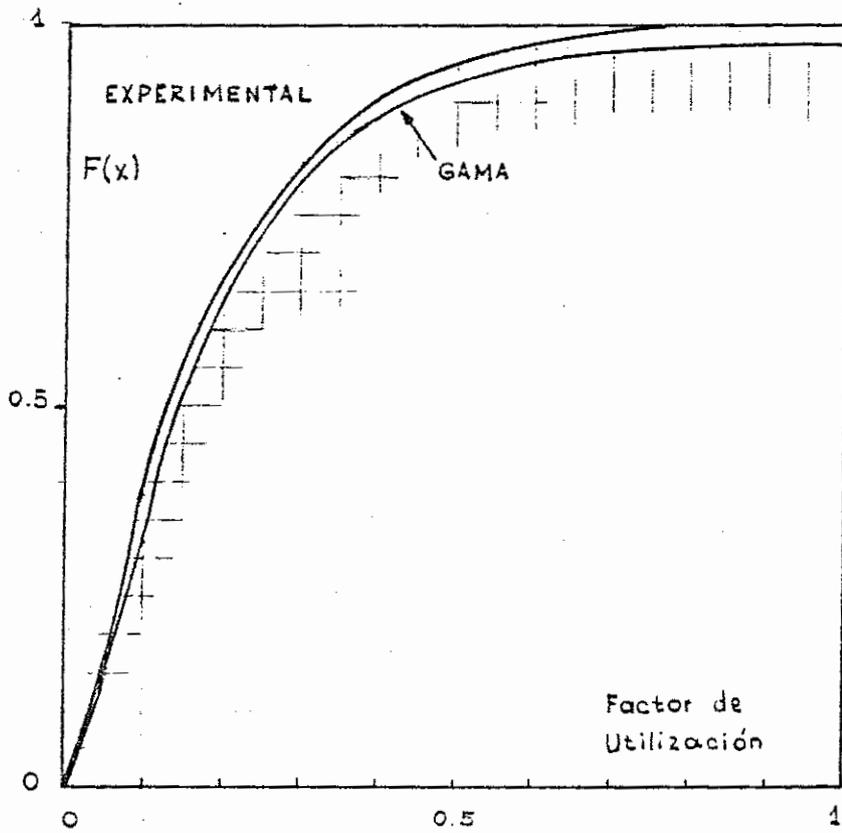
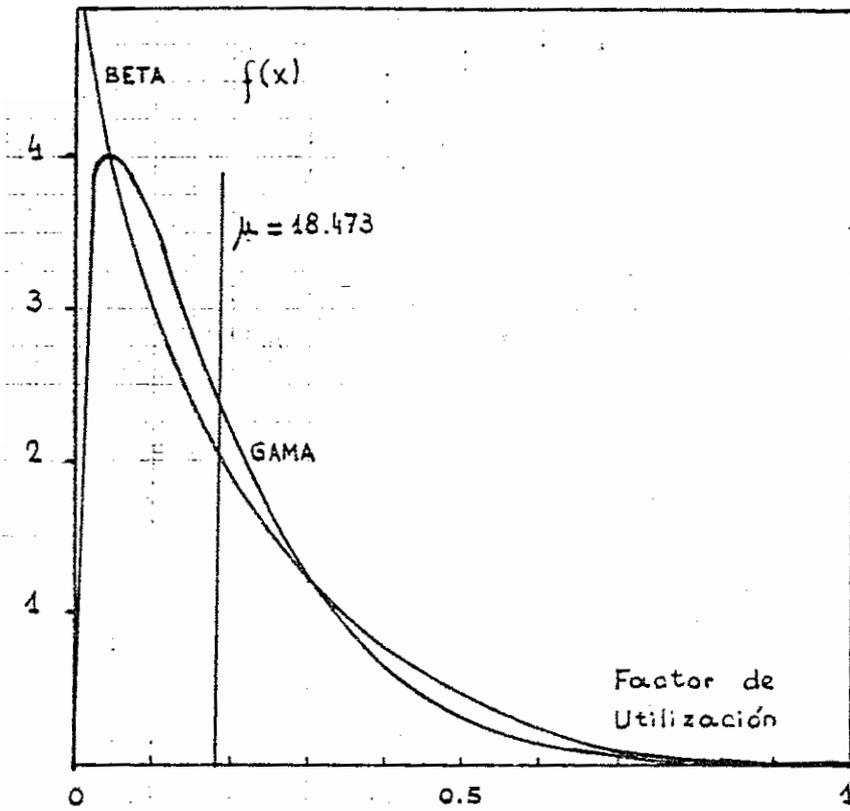


Figura N°4.- Funciones de Distribución en Hoteles

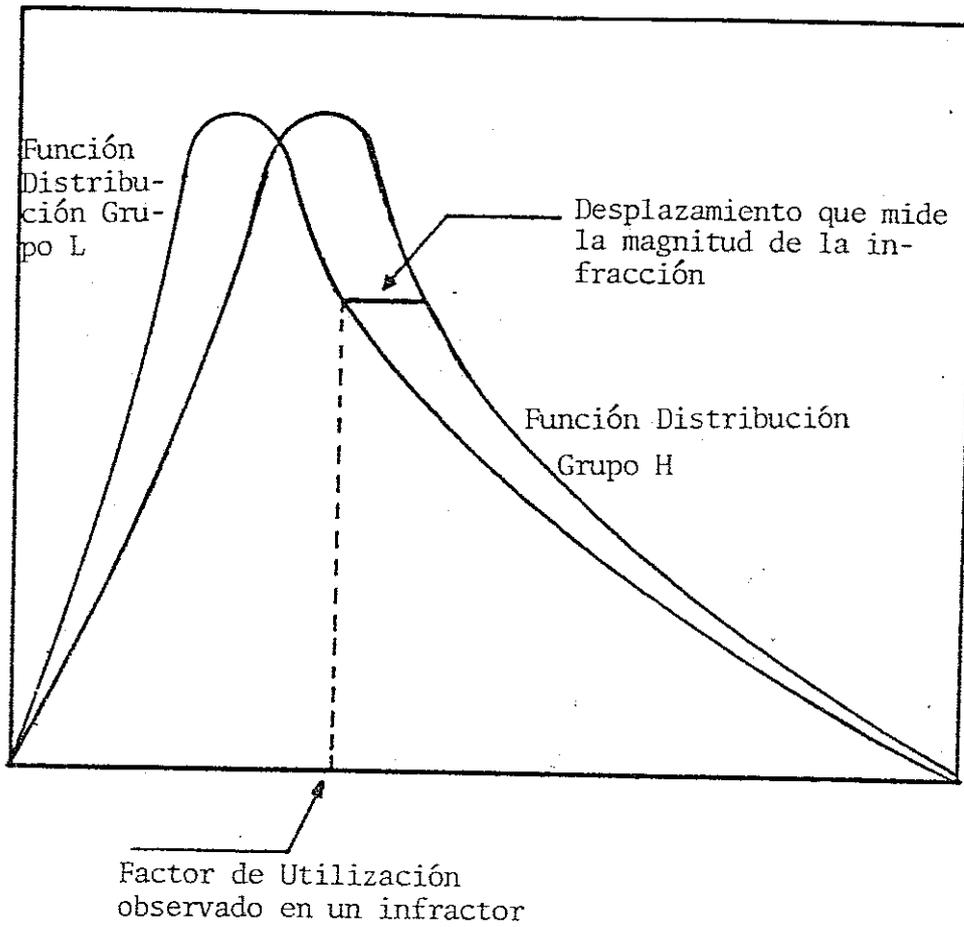


Figura N° 5 : Ilustración Gráfica del Procedimiento de Facturación Propuesto para Recuperar las Pérdidas por Infracción

El máximo desvío observado es $D(0.20) = 0.109$, el cual resulta menor que el valor crítico $D_{CR} = 0.27$ leído en las tablas de bondad de ajuste para un nivel de significación del 1 %. En consecuencia, la hipótesis de que Gama representa bien la curva experimental no puede ser rechazada.

En base a lo expuesto - y dentro de las limitaciones de la encuesta piloto - se acepta que la ecuación (15) es la curva de densidad de probabilidad poblacional de los hoteles no infractores.

Se asume entonces que la correspondiente curva de densidad de la clase L es también una función Gama desplazada hacia la izquierda, cuya expresión es:

$$\begin{aligned} \mu &= 0.15810 & \sigma^2 &= 0.02053 \\ \lambda &= 7.70232 & r &= 1.21774 & \Gamma(r) &= 0.914 \end{aligned}$$

$$g(x) = 13.14399 x^{0.21774} e^{-7.70232 x} \quad (22)$$

Los resultados mostrados por las ecuaciones (15) y (21) son preliminares pues han sido calibrados con la encuesta piloto, si bien permiten ya proponer un modelo matemático para la facturación de infractores, que será ajustado con las encuestas definitivas: La idea es que si todos los infractores de una subpoblación del AEM fueran detectados, habría que facturarles un consumo tal que permita corregir el desplazamiento hacia la izquierda de su función de distribución. La cantidad a facturar estaría entonces medida por dicho desplazamiento, tal como se ilustra en la figura No. 5. El procedimiento es equitativo ya que castigaría a cada cual según "el lugar que ocupa en la función de densidad", la cual es un reflejo de la buena o mala situación económica del cliente. Al cabo de dicho procedimiento la EEEB recuperaría las pérdidas de acuerdo con las ecuaciones (12) y (13) puesto que las medias de los factores de utilización aforados que aparecen en ellas son las mismas que se emplearon para calcular los parámetros de la función Gama y sus respectivas varianzas son también las varianzas de esa distribución.

Para cada factor de utilización observado en la clase L se trata de encontrar un incremento δ tal que sumado a ese factor transforme la fun-

ción de distribución de los infractores en la de los no infractores. El procedimiento matemático para hallar δ en función de x es bastante complicado ya que implica trabajar con las funciones integrales de probabilidad. La ecuación de equilibrio que permite despejar el incremento δ es la siguiente:

$$\int_0^x \Gamma(r_L) x^{r_L-1} e^{-\lambda_L x} dx = \int_0^{x+\delta} \Gamma(r_H) x^{r_H-1} e^{-\lambda_H x} dx \quad (23)$$

Reemplazando en la ecuación (23) los parámetros de la (15) en el primer miembro y los de la (22) en el segundo, se obtiene la relación buscada que debe resolverse por aproximaciones. Los resultados se presentan en la figura No 6, donde se observa que los incrementos a aplicar a los infractores tienen un máximo para factores de utilización de aproximadamente 40 % y luego decrece para anularse en un factor de 60 %. Esto obedece al hecho de que las curvas integrales de las clases H y L se cortan en 0.6, luego de lo cual el incremento se hace negativo. Factores mayores que 60 % son muy raros en la muestra tal como se observa en la figura No. 1 y por lo tanto esta zona de las curvas no está bien calibrada. De todas maneras los infractores - realmente escasos - que poseen factores de utilización muy altos, podrían considerarse "infractores virtuales": técnicamente lo son porque han alterado sus contadores pero de todos modos pagan unas cuentas considerables a la empresa y pueden no ser castigados o recibir simplemente un "castigo virtual" consistente en una multa legal. La máxima pena la tendría un infractor cuyo factor fuera del 40 %, el cual se incrementaría al 44 % de acuerdo con la curva de la figura No 6, o sea que tendría una facturación del 10 % más de lo que indican sus consumos.

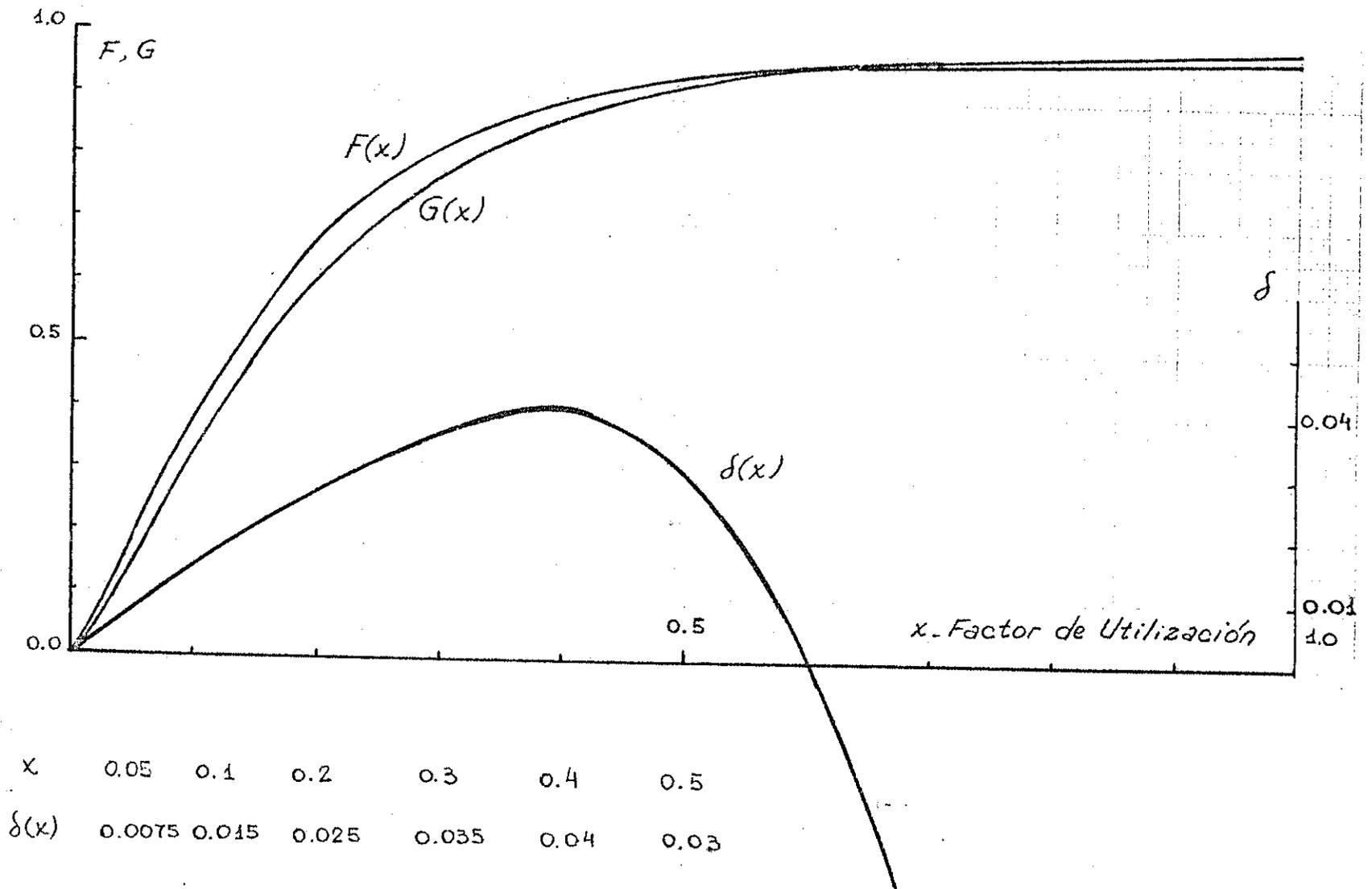


Figura N° 6.- Distribuciones Integrales y Correctivo de los Infractores

4.- PROGRAMA DE ENCUESTAS DEFINITIVAS

Lo discutido anteriormente exige modificar el plan de encuestas originalmente propuesto, ya que el mismo había sido diseñado bajo el supuesto de que sería suficiente encontrar estimadores de intervalo para cumplir con los propósitos del estudio. La necesidad, demostrada a través de la encuesta piloto, de trabajar con funciones de distribución completas y aplicar tests de estadística no paramétrica, implica incrementar los tamaños muestrales respecto de los inicialmente previstos.

Los nuevos tamaños muestrales vienen determinados por una doble condición:

- (1) El coeficiente de variación del estimador de proporción de clase tiene por expresión

$$CV = \sqrt{\frac{N-n}{N} \frac{1 - \hat{p}(L)}{(n-1)\hat{p}(L)}} \quad (24)$$

Fijando este coeficiente, que se llama también error relativo de muestreo, se tendrían ciertos tamaños muestrales. Como el muestreo es sin reposición, estrictamente se debería aplicar la distribución hipergeométrica para el cálculo de los intervalos confidenciales; la aproximación binomial o aún normal es frecuentemente utilizada. En cualquier caso la ecuación (24) expresa que el tamaño muestral para un error prefijado aumenta cuanto más pequeño es el estimador de proporción, y éste sólo se conoce después de haber tomado las muestras.

- (2) El parámetro de bondad de ajuste de Kolomogorov-Smirnov, para tamaños mayores que 35 y niveles de significación del 1 % tiene por expresión

$$N(D) = \frac{1.63}{\sqrt{n}} \quad (25)$$

donde D es el desvío definido por la ecuación (20).

Como puede apreciarse, sería extremadamente dificultoso determinar a priori los tamaños muestrales requeridos para verificar ambas condiciones con la sola información de la encuesta piloto. Es más conveniente aplicar un MUESTREO EXPERIMENTAL RECURRENTE, que consiste en escoger una muestra inicial por medio de un sorteo abierto en cada estrato y cuyo tamaño muestral no sea excesivamente grande. Las muestras son luego analizadas y se examina cómo se ajustan a las condiciones (24) y (25). Si ambas o alguna de esas condiciones no verifica los requerimientos de confiabilidad, el sorteo prosigue y el tamaño se incrementa. Con este método los tamaños muestrales son abiertos y sólo se conocen cuando las muestras se juzgan satisfactorias.

En conversaciones mantenidas con técnicos de la EEEB se decidió modificar el plan original de muestreo, y recoger muestras más numerosas en sólo algunas de las subpoblaciones del AEM. Serán investigadas:

(a) Las muestras de Hoteles y Piedras, Vidrio y Cerámica, a partir de ampliar las muestras piloto.

(b) Se diseñan nuevas muestras para:

- * Restaurantes
- * Textiles
- * Plásticos (Químicos)

(c) Se analizarán muestras ya recolectadas por la EEEB en:

- * Panaderías
- * Lavanderías

Debe notarse que todo el estudio descansa en el hecho de que se verifique la inecuación (?), lo cual, vale la pena recordar, significa que el aforo permite medir el desplazamiento a la izquierda de la función de distribución de los infractores, y en base a ello montar el mecanismo matemático de la facturación a través de dicho desplazamiento. Ello quiere decir que los efectos perturbadores, por grandes que puedan ser, afectan por igual a los grupo H y L .

Este hecho fue observado en ambas encuestas piloto y por eso se acep-

ta como un supuesto de trabajo. Sin embargo, si alguna de las subpoblaciones no respondiera a la inecuación (7), el modelo propuesto para ella ya no funcionaría y deberían emplearse otras herramientas de análisis, ya que entonces los efectos perturbadores (que reflejan la buena o mala situación económica) estarían correlacionados con las variables de clase H y L . El análisis se complicaría enormemente y posiblemente excedería los límites de este estudio puesto que en vez de trabajar con funciones de densidad univariadas como las discutidas en la sección 3.-, se deberían considerar funciones dobles: por ejemplo, la distribución conjunta del factor de utilización y la situación económica del negocio. Pero no nos adelantemos a los resultados.

C A P I T U L O I I

R E S U L T A D O S

1.- ANALISIS DE LAS MUESTRAS

El plan de muestreo propuesto se llevó a cabo en los siguientes grupos:

TXT	Textil, Calzado y Cuero
QMC	Químicos
PVC	Piedras, Vidrio y Cerámica
HTL	Hoteles
RST	Restaurantes
LVN	Lavanderías

El grupo Panaderías, inicialmente previsto a partir de la recepción de datos previamente recolectados por la EEEB, no contó con un diseño muestral adecuado y suficientes mediciones como para constituir una muestra sobre la cual se pudiera efectuar algún tipo razonable de inferencia estadística.

De las entrevistas planificadas, un número importante no pudieron realizarse; entre las razones por las cuales una encuesta no podía concretarse a pesar de haber hecho la visita, caben mencionar: (1) direcciones inexistentes; (2) dirección existente pero que no correspondía a la actividad especificada por el código CIIU; al respecto se constató que hay ciertos errores de asignación de códigos en el AEM; (3) usuarios que se negaban a que se efectuara la encuesta de aforos; (4) usuarios que permitían la realización de la encuesta de aforos pero no autorizaban que las cuadrillas de la EEEB practicaran los barridos sobre los contadores; (5) finalmente, y como siempre sucede en trabajos de este tipo, un cierto número de encuestas deben rechazarse por inconsistencias en los datos.

Muchas de las unidades entrevistadas debieron visitarse dos y hasta tres veces para resolver problemas de subcaptación en los aforos.

El método de muestreo fue estratificado y se dividió el AEM en cuatro estratos.

- N_1 , donde están los mayores consumidores que explican más del 60 % del consumo.
- N_2 , tramo intermedio con cobertura sobre el 20 ó 30 % del consumo.
- N_3 , pequeños consumidores que explican un orden inferior al 10%.
- N , es una suerte de cola bastante numerosa de consumidores muy pequeños pero cuyos consumos son irrelevantes; en general no se tomaron muestras en este grupo.

La situación poblacional de los estratos se detalla en la figura No. 7.

Las muestras de Hoteles y Piedras, Vidrio y Cerámica se estratificaron sin cola puesto que sus marcos muestrales habían sido decididos en la etapa piloto y en esa oportunidad no se había descartado aún el muestreo en la cola.

En una primera inspección de las muestras, se nota que la carga contratada puede en algunos casos diferir significativamente de la aforada sin que haya un patrón definido para el signo de la diferencia; en otros casos, en cambio, existe una notable coincidencia entre ambas magnitudes. Se concluye entonces que la carga contratada no refleja la realidad en todos los casos y ello se debe, entre otras causas, a que no se verifica con la potencia instalada ni se actualiza con el tiempo.

En un primer análisis se calculan las medias y desviaciones estándar de las principales variables recolectadas, las cuales se muestran en la figura No. 9. Se debe hacer notar que estos estadísticos no deben necesariamente coincidir con los estimadores poblacionales.

Los factores de utilización se comportan tal como se había previsto en la fase piloto, siendo $\bar{\phi}_L < \bar{\phi}_H$ y sus respectivas desviaciones son del mismo orden de magnitud que las medias. Nuevamente se constata que la gran dispersión es una característica de los factores de utilización y que los valores medios no son suficientes para caracterizar a todos los usuarios de un grupo CIIU.

Las medias del último consumo facturado y del consumo promedio para

la clase honestos por una parte y ladrones por la otra, coinciden muy estrechamente, y las diferencias entre los factores $\bar{\phi}_L$ y $\bar{\phi}_H$ se mantienen, sea que los mismos hayan sido calculados con el último consumo o con el consumo promedio. A los efectos de este estudio se trabajará con los factores referidos al último consumo facturado.

Las medias de las cargas contratadas y aforadas presentan diferencias debido a que las primeras, como ya se ha dicho, no siempre reflejan la realidad de potencia instalada de los usuarios.

La situación de la carga contratada y el último consumo de los usuarios en el universo, está resumida en la figura No. 9. Al comparar las medias del último consumo muestrales (figura No. 8) con las poblacionales (figura No. 9), haciendo la salvedad de que estas últimas están sesgadas por la presencia de infractores en el AEM, resulta que para Hoteles ambas son 3157 y 2040 kwh por bimestre y para PVC, 7993 y 7996 respectivamente. En cambio en los otros grupos se tiene: Químicos, 34235 y 11035; Textiles, 13431 y 3552; restaurantes, 1933 y 1320; Lavanderías, 2916 y 1370.

Se ve así que en los dos primeros grupos, donde no hay estrato de exclusión forzosa (colas), el orden de magnitud del promedio del último consumo muestral coincide con el del poblacional. En cambio, en los restantes, el efecto de las colas de exclusión es que el consumo muestral es bastante mayor que el poblacional. Las muestras responden así al criterio de estratificación empleado.

Otro test de gran importancia antes de pasar al cálculo de los estimadores es averiguar cual es la influencia de la estratificación sobre el hecho de ser honesto o ladrón. En otros términos: cuál es la correlación entre los estimadores de clase de honestos y ladrones y la posición que cada usuario ocupa en el AEM ordenado por consumos decrecientes. Se llega a la conclusión, no sin sorpresa, que dicha correlación es nula y que el hecho de que un usuario consuma 10000 o 100 kwh al bimestre no tiene nada que ver con que sea o no un infractor. La hipótesis de no correlación había sido ya formulada a título simplificador en la fase piloto. y es ampliamente verificada en todas las submuestras.

Esto significa que la estratificación adoptada, si bien es útil porque garantiza una buena representatividad de todos los niveles de consumo, no hace ningún aporte a la bondad de la estimación, de manera que la inferencia estadística puede hacerse con independencia del criterio de estratificación. En consecuencia, las ecuaciones (8) y (9), así como las que de ellas se deducen, resultan valederas y pueden ser utilizadas para la estimación.

Figura No. 8

ANALISIS ESTADISTICO FACTOR DE UTILIZACION
INDUSTRIA Y COMERCIO

CODIGO	NOMBRE DEL SECTOR	MEDIA	MEDIA DESVIACION	DESVIACION	MEDIA LAOR	DESVIACION	MEDIA LAOR	DESVIACION	
		AFORADA LADRONES	AFORADA HONESTOS	AFORADA LADRONES	AFORADA HONESTOS	CONSUMO PROMEDIO	LADRONES F.U. CON PROMEDIO	AFORADA CONSUMO PROMEDIO	HONESTOS F.U. CON PROMEDIO
TXT	TEXTILES CALZ Y C.	16.782	18.224	11.355	16.766	16.303	11.054	16.949	16.782
QMC	QUIMICOS	16.775	20.745	16.506	19.617	18.155	20.157	19.326	19.470
PVC	PIEDRA, VIDRIO Y CER.	9.139	15.555	5.537	13.415	9.259	5.640	16.868	13.493
HTL	HOTELES	14.199	17.057	13.449	15.735	14.622	15.548	17.366	15.737
RST	RESTAURANTES	17.906	24.261	17.564	19.116	21.169	21.554	25.737	19.173
LVN	LAVANDERIAS	7.969	12.216	3.862	5.955	7.694	3.532	11.742	5.975

ANALISIS ESTADISTICO FACTOR DE UTILIZACION
INDUSTRIA Y COMERCIO
CONSUMO PROMEDIO Y ULTIMO CONSUMO

CODIGO	NOMBRE DEL SECTOR	MEDIA	DESVIACION	MEDIA	DESVIACION	MEDIA	DESVIACION	MEDIA	DESVIACION
		CONSUMO PROMEDIO LADRONES	CONSUMO PROMEDIO LADRONES	CONSUMO PROMEDIO HONESTOS	CONSUMO PROMEDIO HONESTOS	ULTIMO CONSUMO LADRONES	ULTIMO CONSUMO LADRONES	ULTIMO CONSUMO HONESTOS	ULTIMO CONSUMO HONESTOS
TXT	TEXTILES CALZ Y C.	13.116	27.299	13.341	28.789	13.242	27.256	13.431	28.989
QMC	QUIMICOS	9.917	15.279	31.259	57.550	8.335	11.295	34.235	51.307
PVC	PIEDRA, VIDRIO Y CER.	3.068	3.137	8.013	14.172	3.097	2.089	7.993	13.900
HTL	HOTELES	2.211	2.294	3.115	4.917	2.391	3.517	3.157	5.448
RST	RESTAURANTES	2.200	2.242	2.002	2.651	1.675	1.844	1.933	2.511
LVN	LAVANDERIAS	1.873	1.644	2.850	2.394	1.545	1.850	2.916	2.321

ANALISIS ESTADISTICO FACTOR DE UTILIZACION
INDUSTRIA Y COMERCIO
CARGA AFORADA Y CARGA CONTRATADA

CODIGO	NOMBRE DEL SECTOR	MEDIA	DESVIACION	MEDIA	DESVIACION	MEDIA	DESVIACION	MEDIA	DESVIACION
		CARGA CONTRATADA LADRONES	CARGA CONTRATADA LADRONES	CARGA CONTRATADA HONESTOS	CARGA CONTRATADA HONESTOS	CARGA AFORADA LADRONES	CARGA AFORADA LADRONES	CARGA AFORADA HONESTOS	CARGA AFORADA HONESTOS
TXT	TEXTILES CALZ Y C.	29.520	36.427	44.677	76.008	43.854	55.075	49.097	76.559
QMC	QUIMICOS	59.887	92.301	112.296	199.135	57.347	52.053	132.530	191.403
PVC	PIEDRA, VIDRIO Y CER.	24.560	14.337	49.035	60.424	27.707	20.177	31.508	36.790
HTL	HOTELES	15.162	17.202	16.448	24.165	14.753	12.060	19.750	29.737
RST	RESTAURANTES	13.726	14.602	9.921	17.979	9.854	3.551	6.776	5.195
LVN	LAVANDERIAS	14.690	9.111	19.214	15.966	15.972	7.369	20.003	19.767

SECTOR	N1	N2	N3	N4	N
TXT	106	636	714	417	1873
DMC	106	424	173	137	840
PVC	159	106	122	0	387
HTL	212	212	220	0	644
RST	4374	0	0	519	5393
LVN	544	0	0	131	675

Figura No. 7. Los estratos en el Universo

SECTOR	Total Carga Contratada Kw	Total Ultimo Consumo Kwh/bimestre	Numero de Usuarios	Ultimo Consumo Promedio Kwh/bimestre
TXT	41502.10	6652448	1873	3552.00
DMC	45396.20	9269119	840	11035.00
PVC	24966.50	3094697	387	7996.00
HTL	8736.50	1313790	644	2040.00
RST	44215.40	7779759	5893	1320.00
LVN		1059967	675	1370.00

Figura No. 9. Carga y Consumo Registrado de los Grupos Encuestados en el Universo en Septiembre de 1985

2.- ESTIMACION DE LA MAGNITUD DE LAS INFRACCIONES

Se determina para cada rama la proporción \hat{p} y el total de clase \hat{L} , que dan respectivamente el porcentaje y el número de infractores. Si en una muestra de tamaño n se observan ℓ infractores, la distribución de probabilidades de ℓ sigue una ley binomial

$$P(\ell) = \frac{n!}{\ell!(n-\ell)!} p^\ell (1-p)^{n-\ell} \quad (26)$$

Las varianzas de la proporción y el total de clase se estiman como

$$\hat{V}(\hat{p}) = \frac{N-n}{N(n-1)} \hat{p}(1-\hat{p}) \quad \hat{V}(\hat{L}) = N^2 \hat{V}(\hat{p}) \quad (27)$$

Para el cálculo de los límites de confianza, y para tamaños muestra relativamente grandes tal como los de esta encuesta, se puede utilizar la aproximación normal de la distribución binomial agregando un término de corrección por continuidad, con lo cual el intervalo confidencial se vuelve simétrico. Si z es el valor de la densidad de probabilidad normal para el nivel de confiabilidad escogido, dicho intervalo resulta

$$IC = \pm z \sqrt{\hat{V}(\hat{p})} + \frac{1}{2n} \quad (28)$$

En la figura No. 10 se observa que la proporción de infractores varía mucho con la actividad económica expresada por la rama del código CIU desde un mínimo del 10 % en Piedras, vidrio y Cerámica hasta un 37 % en Hoteles. Asimismo los intervalos confidenciales están de acuerdo con las fracciones de muestreo empleadas y se consideran razonables. Según los resultados, hay en el grupo de usuarios investigados alrededor de un 25 % de infractores, lo que confirma la presunción de la encuesta piloto en el sentido de que la infracción adquiriría niveles

sumamente altos. De esta manera, de los 10312 usuarios investigados 2522 son infractores, y este total de clase se da con un intervalo de ± 77 para un nivel de significación del 90 %, resultando entonces una medida muy confiable. Como es obvio, es menos confiable decir en qué rama de actividad económica se encuentran esos infractores, pero cabe señalar que si se procede a una búsqueda sistemática de ellos trabajando conjuntamente en todas las ramas, este procedimiento se beneficia de la alta probabilidad que se tiene de que el número total sea del orden de los 2500. El alto grado de confianza con que se puede afirmar que si un infractor no está en una rama debe necesariamente estar en alguna otra, respalda la búsqueda conjunta ya que al fin de cuentas la empresa busca infractores que le permitan recuperar sus pérdidas, casi con independencia de en qué grupo estén. Los estimadores por grupo tienen gran utilidad para trazar líneas de acción, hecho lo cual hay que trabajar simultáneamente en todos ellos.

La infracción promedio por ramas es extremadamente variable (figura No. 11) y conduce a conclusiones curiosas. El grupo donde menos infractores hay es Piedras, Vidrio y Cerámica, pero es al mismo tiempo de los que más roban, ya que un 45 % de lo que consumen no está registrado por los contadores. El grupo donde hay más infractores es Hoteles, pero la magnitud de su infracción es un discreto 17 % de su consumo real. Químicos y restaurantes tienen muchos infractores con una apreciable magnitud de robo, pero es Lavanderías el caso crítico, presentando numerosos infractores con un nivel de robo del 60 %, que es el más alto de la muestra.

En la figura No. 12 se indica la resolución final del problema de estimar infracciones, indicando los consumos registrados en los listados del AEM y los totales robados estimados a partir de la encuesta de aforos. Al sumar las infracciones a los registros se obtiene el consumo real, y se ve que la infracción es un 5.54 % del consumo real y que es mayor que lo que se factura a la totalidad de los Hoteles o a la totalidad de las Lavanderías.

Comparando la situación entre las ramas, se observa que los mayores robos se localizan en Lavanderías y los menores en Textil, Calzado y

Cueros. Los otros grupos tienen niveles de robo entre el 4 y 7 %.

De acuerdo con la teoría implícita en la expansión de las muestras, los más altos niveles de infracción se producen cuando se cumplen dos condiciones: (1) una elevada proporción de ladrones y (2) una gran diferencia entre los factores de utilización de honestos y ladrones. Cuando se cumple sólo la primera habrá "muchos ladrones que roban poco" y si se cumple sólo la segunda serán los "pocos que roban mucho". Como se ve, de todo hay en el AEM y el caso extremo de "muchos que roban mucho" es el de las Lavanderías.

Los infractores de Lavanderías y Piedras, Vidrio y Cerámica tienen factores de utilización especialmente bajos y es posible que esto se deba a que son sectores que hacen un uso térmico intensivo de la electricidad.

SECTOR	Proporcion Ladrones	Error Estandar	Intervalo Confidencial para 90%	Total de Clase Ladrones	Intervalo Confidencial para 90%
TXT	17.04	3.93	± 4.57	319	± 131
DMC	24.19	5.27	± 8.91	203	± 72
PVC	10.42	4.17	± 7.23	40	± 26
HTL	37.50	5.78	± 9.92	241	± 41
RST	25.48	2.97	± 4.95	1501	± 287
LVN	32.26	8.32	± 13.67	218	± 92
TOTAL	24.47	1.87	± 3.07	2522	± 77

Figura No 10. Estadísticas de la Proporción y el Total de Clase para Infractores

SECTOR	Consumo Registrado Promedio HONESTOS en Kwh por bimestre	Consumo Registrado Promedio LADRONES	Potencia Aforada Promedio en kw	Infraccion Promedio en Kwh por Bimestre
TXT	3600.47	3315.59	13.72	284.28 (8%)
DMC	11569.73	9353.18	38.73	2212.60 (19%)
PVC	8754.90	4909.74	37.30	3448.16 (39%)
HTL	2177.48	1811.56	8.86	365.91 (17%)
RST	1414.90	1044.28	4.05	370.62 (26%)
LVN	2933.76	1153.27	10.05	1780.49 (60%)

Figura No 11. Carga Aforada y Consumo Registrado de Infractores y no Infractores en el Universo.

SECTOR	Consumo Registrado Kw/Bimestre	Infraccion Kw/Bimestre	Consumo Real Kw/Bimestre	Porcentaje de la Infraccion
TXT	6652445	90922	6743367	1.35
DMC	9269119	449636	9718755	4.67
PVC	3094697	138947	3233644	4.29
HTL	1213790	88370	1402160	6.30
RST	7779769	556497	8336266	6.58
LVN	1059967	387711	1447678	26.78
TODOS	27169797	1711995	28881792	5.56

Figura No 12. Consumo Registrado, Infraccion y Consumo Real.

3.- MODELO PARA RECUPERACION DE PERDIDAS

El modelo discutido en el punto 3.- del capítulo I se aplica aquí para representar el factor de utilización de honestos y ladrones. Se emplea para ello la función Gama dada por la ecuación (14); para mayor simplicidad de notación se expresan como $f(x)$ y $F(x)$ las funciones de probabilidad de honestos y con $g(x)$ y $G(x)$ las correspondientes a los ladrones.

El modelo que da el mejor ajuste corresponde a una función Gama truncada y que además cumple la condición de que la función de densidad de probabilidad de los ladrones se origina al desplazar la de los honestos hacia la izquierda conservando la misma dispersión. Como al aplicar dicho procedimiento es posible que la función de densidad en el origen se haga infinita, el modelo se denomina Gama Infinito.

En la figura No. 13 se presentan dos ejemplos de bondad de ajuste para Restaurantes y Textiles, entre el modelo Gama Infinito y los datos experimentales. La aplicación del test de Kolmogorov-Smirnov expresado por las ecuaciones (20), (21) y (25), conduce a aceptar la hipótesis de que el modelo representa bien los datos experimentales.

En la figura No. 14 se presentan los parámetros de calibración del modelo para cada una de las ramas. Se comprueba que el modelo adoptado funciona bien en todas las ramas investigadas y puede asumirse que reproducirá adecuadamente el comportamiento de los factores de utilización en todas las ramas industriales, comerciales y de servicios de los 62920 usuarios que conforman el AEM. Sin embargo los parámetros varían mucho de una rama a otra y no es conveniente hacer extrapolaciones para grupos en que no se han realizado encuestas, puesto que la función de distribución Gama truncada debe calibrarse sobre un conjunto de datos experimentales de agregados relativamente homogéneos, y no cabe duda que esos parámetros dependen estrechamente de la tecnología del consumo de energía. En la figura No. 15 se indican los valores de las funciones de ajuste y en ellas puede apreciarse las diferencias por ramas. Se nota por ejemplo que para factores menores o iguales al 10 % la función de distribución de honestos cubre el 38 % en TXT pe-

ro solamente el 24 % en RST.

En la figura No. 16 se dan las gráficas de $F(x)$ y $G(x)$ para los 6 grupos investigados. El desplazamiento hacia la izquierda de $G(x)$ con respecto a $F(x)$ mide la infracción, que en términos del factor de utilización se designa por δ , que es una función de x , y cuya esperanza es

$$E(\delta) = \int_0^1 \delta(x) g(x) dx = \bar{\Phi}_H - \bar{\Phi}_L \quad (29)$$

La ecuación (29) expresa que el desplazamiento es tal que en promedio debe reproducir las diferencias promediadas entre los factores de utilización de honestos y ladrones. Para encontrar el valor de δ en cada punto se debe resolver la ecuación (23); todo el proceso de cálculo que comienza con la calibración de las funciones de densidad de probabilidad y termina con el cálculo de los desplazamientos, implica grandes dificultades prácticas, aún en computador, debido a que se necesita hacer iteraciones recurrentes sobre funciones que, o bien tienen valores infinitos, o presentan curvaturas muy pronunciadas con abruptos cambios de pendiente. Las respectivas soluciones sólo pueden ser aproximadas y es conveniente primero efectuar una calibración gruesa para conocer sus propiedades. Como resultado de una primera aproximación se obtienen los resultados de la figura No. 17 que representa una familia de curvas de δ como función de x : las ordenadas dan la cantidad que hay que aumentar el factor de utilización de un infractor perteneciente a una cierta rama para que, al hacer lo propio con todos los infractores que hay en esa rama, se obtenga un desplazamiento de la función de densidad hacia la derecha, como consecuencia de lo cual se recuperan las pérdidas. Veamos un ejemplo.

Sea un restaurante infractor cuyo factor de utilización aforado fuera $x = 0.10$ y cuyo consumo registrado sea $C_r = 850 \text{ kWh/bim.}$. Para ese valor de x se lee en la correspondiente curva $\delta = 0.075$. El factor de utilización corregido será $x + \delta = 0.175$. Si se aplica ahora la ecuación (2), siendo C_r' el consumo real, se tiene

$$\frac{C_R}{C'_R} = \frac{x}{x + \delta} \quad (30)$$

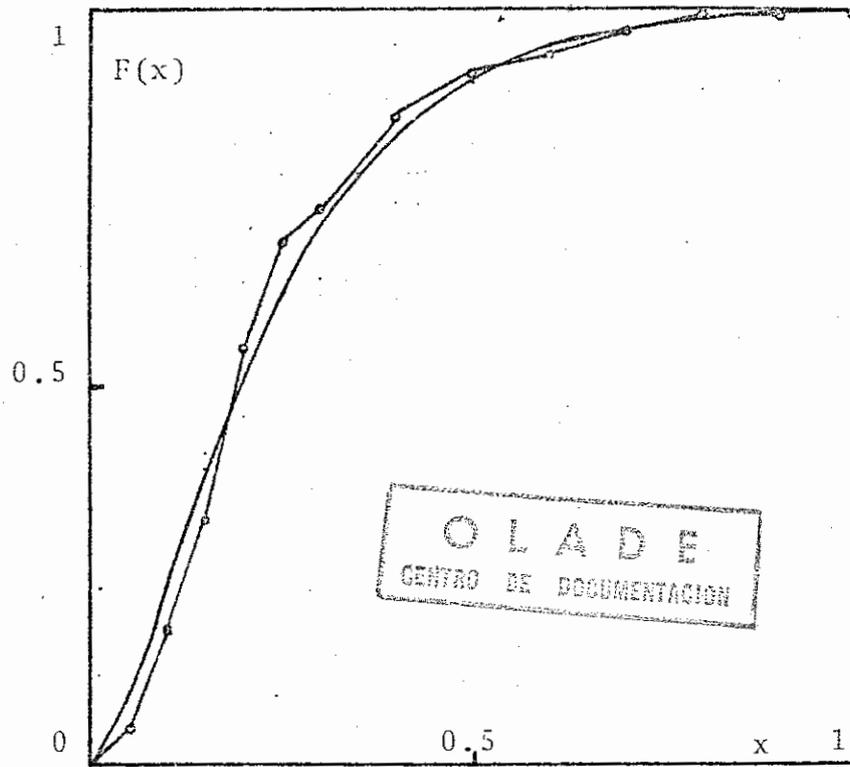
con lo cual el consumo real resulta ser $C'_R = 1487 \text{ Kwh/bim.}$. De modo que un restaurante de las características señaladas está robando 637 Kwh/bimestre , que es un 42.8 % de lo que consume. Esto es así porque, dentro de la aproximación estadística del test de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov, los restaurantes honestos se comportan de acuerdo con la función Gama con parámetros específicos del grupo de restaurantes y que todo infractor sale de esa familia y se desplaza hacia la izquierda en una magnitud δ que por definición corresponde a la magnitud de su infracción.

Si se recorre toda la curva de Restaurantes en la figura No. 17 y se aplica la ecuación (30) para todos los ladrones detectados en esa rama, la ecuación (29) asegura que se recuperarán las pérdidas a lo largo del proceso de recuperación, puesto que debe cumplirse que

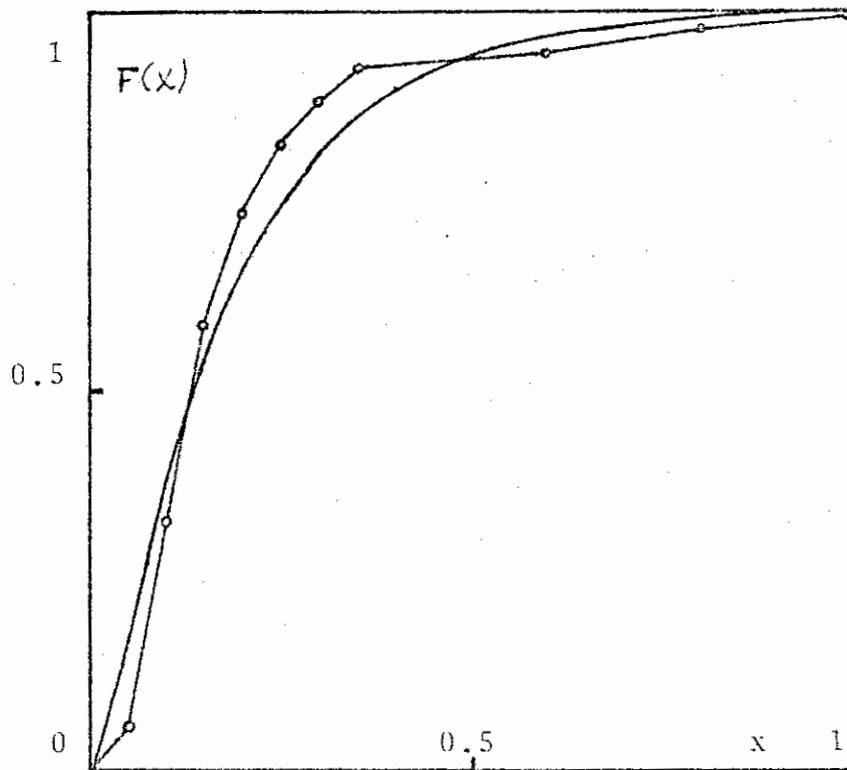
$$C'_R - C'_R = 14.4 N \hat{p} \bar{w}_A E(\delta) \quad (31)$$

Como las curvas de la figura No. 17 son aproximación gruesa al valor de δ , se elaboró un programa de computador que permite llegar a un ajuste más fino, de manera que al introducir un valor de x y seleccionar la rama apropiada, se obtiene el desplazamiento por medio de un proceso iterativo.

Figura N° 13



Ajuste de la Función Gama Truncada a los Datos Experimentales de la Muestra de Restaurantes



Ajuste de la Función Gama Truncada a los Datos Experimentales de la Muestra de Textiles

Figura No.14 MODELO GAMMA INFINITO

	PARAMETROS					
	TXT	DMC	PVC	HTL	RST	LVW
MU(L)	16.782	16.776	9.139	14.199	17.906	7.969
MU(H)	18.224	20.745	15.565	17.067	24.261	12.216
SD(H)	16.766	19.617	13.415	15.735	19.116	5.955
SD(H)	16.766	19.617	13.415	15.735	19.116	5.955
r:L	1.001910	0.731327	0.464105	0.814295	0.977411	1.750782
l(lambda):L	5.970144	4.359365	5.078252	5.734879	4.900095	22.471924
GAMA(r):L	1.000000	1.258699	1.908189	1.147103	1.068509	0.923770
r:H	1.121486	1.118309	1.344493	1.176470	1.610702	4.205192
l(lambda):H	6.483131	5.390738	8.643451	6.893245	6.539193	34.443117
GAMA(r):H	0.923730	0.943590	0.892220	0.923730	0.994620	7.836507
l(r/GAMA(r):L	5.97054815	2.34679251	1.11405155	2.61460075	3.70476770	257.825903
r-1:L	0.001910	-0.268672	-0.535892	-0.182705	-0.022595	0.750782
-1:L	-5.9701438	-4.3593650	-5.0782579	-5.7348790	-4.9000954	-22.471925
Trunc	0.97226313	0.97249174	0.98963976	0.92510174	0.98994966	1.00397122
l(r/GAMA(r):H	5.85296823	6.97308985	20.3657203	10.4914455	23.5797012	375447.587
r-1:H	0.18148575	0.11830967	0.34449340	0.17647006	0.61673224	3.20518202
-1:H	-6.4831307	-5.3907383	-8.6434505	-6.8932446	-6.5391872	-34.443117
Trunc	0.95432481	0.98073684	0.98962213	0.98520449	0.98969920	0.97243929

Figura No. 15

MODELO GAMMA INFINITO

TEXTIL, CALZADO Y CUERO					QUIMICOS			
x	g(x)	G(x)	f(x)	F(x)	g(x)	G(x)	f(x)	F(x)
.00	6.0271	0.0000	1.2387	0.0000	53.2028	0.0000	1.8209	0.0000
0.01	5.7535	0.0288	4.0673	0.0203	7.9616	0.0796	3.9069	0.0195
0.02	5.4273	0.0847	4.3229	0.0623	6.3269	0.1511	4.0182	0.0592
0.03	5.1167	0.1374	4.3609	0.1057	5.4318	0.2099	3.9945	0.0992
0.04	4.8228	0.1871	4.3062	0.1490	4.8134	0.2611	3.9159	0.1388
0.05	4.5453	0.2339	4.2027	0.1916	4.3399	0.3068	3.8096	0.1774
0.10	3.3767	0.4320	3.4465	0.3828	2.8969	0.4878	3.1582	0.3516
0.15	2.5072	0.5791	2.6826	0.5360	2.0891	0.6124	2.5305	0.4938
0.20	1.8612	0.6883	2.0439	0.6542	1.5550	0.7035	1.9996	0.6071
0.25	1.3814	0.7694	1.5391	0.7438	1.1777	0.7718	1.5680	0.6953
0.30	1.0253	0.8295	1.1504	0.8110	0.9018	0.8238	1.2236	0.7660
0.35	0.7609	0.8742	0.8555	0.8612	0.6957	0.8638	0.9517	0.8204
0.40	0.5647	0.9073	0.6338	0.8984	0.5398	0.8946	0.7384	0.8627
0.45	0.4190	0.9319	0.4682	0.9260	0.4205	0.9187	0.5719	0.8954
0.50	0.3110	0.9502	0.3451	0.9463	0.3287	0.9374	0.4422	0.9209
0.55	0.2308	0.9637	0.2539	0.9613	0.2577	0.9520	0.3416	0.9404
0.60	0.1712	0.9738	0.1866	0.9723	0.2024	0.9636	0.2636	0.9555
0.65	0.1271	0.9812	0.1369	0.9804	0.1593	0.9726	0.2032	0.9672
0.70	0.0943	0.9867	0.1003	0.9863	0.1256	0.9797	0.1566	0.9762
0.75	0.0700	0.9908	0.0735	0.9906	0.0991	0.9853	0.1206	0.9831
0.80	0.0519	0.9939	0.0537	0.9938	0.0783	0.9898	0.0928	0.9884
0.85	0.0385	0.9962	0.0393	0.9962	0.0620	0.9933	0.0714	0.9926
0.90	0.0286	0.9978	0.0287	0.9979	0.0491	0.9961	0.0549	0.9957
0.95	0.0212	0.9991	0.0210	0.9991	0.0389	0.9983	0.0422	0.9981
1.00	0.0157	1.0000	0.0153	1.0000	0.0309	1.0000	0.0324	1.0000

Figura No. 15
(Continuación)

MODELO GAMMA INFINITO

PIEDRAS, VIDRIOS Y CERAMICAS					HOTELES			
x	g(x)	G(x)	f(x)	F(x)	g(x)	G(x)	f(x)	F(x)
.00	538.6685	0.0000	0.3899	0.0000	31.0282	0.0000	1.3953	0.0000
0.01	12.6358	0.2527	3.8626	0.0193	8.1238	0.0812	4.4672	0.0220
0.02	8.2838	0.3573	4.4983	0.0611	6.7445	0.1556	4.6489	0.0673
0.03	6.3359	0.4304	4.7443	0.1073	5.9067	0.2188	4.6611	0.1139
0.04	5.1618	0.4879	4.8047	0.1551	5.2873	0.2748	4.5772	0.1601
0.05	4.3532	0.5355	4.7590	0.2029	4.7900	0.3252	4.4439	0.2052
0.10	2.3292	0.7025	3.9222	0.4199	3.1616	0.5240	3.5580	0.4052
0.15	1.4540	0.7971	2.9275	0.5912	2.2012	0.6581	2.7077	0.5619
0.20	0.9668	0.8576	2.0982	0.7168	1.5665	0.7522	2.0182	0.6800
0.25	0.6655	0.8984	1.4708	0.8060	1.1283	0.8196	1.4872	0.7676
0.30	0.4682	0.9268	1.0166	0.8682	0.8188	0.8683	1.0881	0.8320
0.35	0.3344	0.9469	0.6958	0.9110	0.5973	0.9037	0.7921	0.8790
0.40	0.2415	0.9613	0.4729	0.9402	0.4374	0.9296	0.5746	0.9132
0.45	0.1759	0.9717	0.3197	0.9601	0.3213	0.9485	0.4156	0.9379
0.50	0.1290	0.9793	0.2152	0.9734	0.2365	0.9625	0.3000	0.9558
0.55	0.0951	0.9849	0.1443	0.9824	0.1744	0.9727	0.2161	0.9687
0.60	0.0704	0.9890	0.0965	0.9884	0.1288	0.9803	0.1555	0.9780
0.65	0.0523	0.9921	0.0644	0.9925	0.0953	0.9859	0.1117	0.9847
0.70	0.0390	0.9944	0.0429	0.9951	0.0706	0.9901	0.0802	0.9895
0.75	0.0292	0.9961	0.0285	0.9969	0.0523	0.9932	0.0575	0.9929
0.80	0.0218	0.9974	0.0189	0.9981	0.0388	0.9954	0.0412	0.9954
0.85	0.0164	0.9983	0.0125	0.9989	0.0288	0.9971	0.0295	0.9972
0.90	0.0123	0.9991	0.0083	0.9994	0.0214	0.9984	0.0211	0.9984
0.95	0.0093	0.9996	0.0055	0.9998	0.0159	0.9993	0.0151	0.9994
1.00	0.0070	1.0000	0.0036	1.0000	0.0118	1.0000	0.0108	1.0000

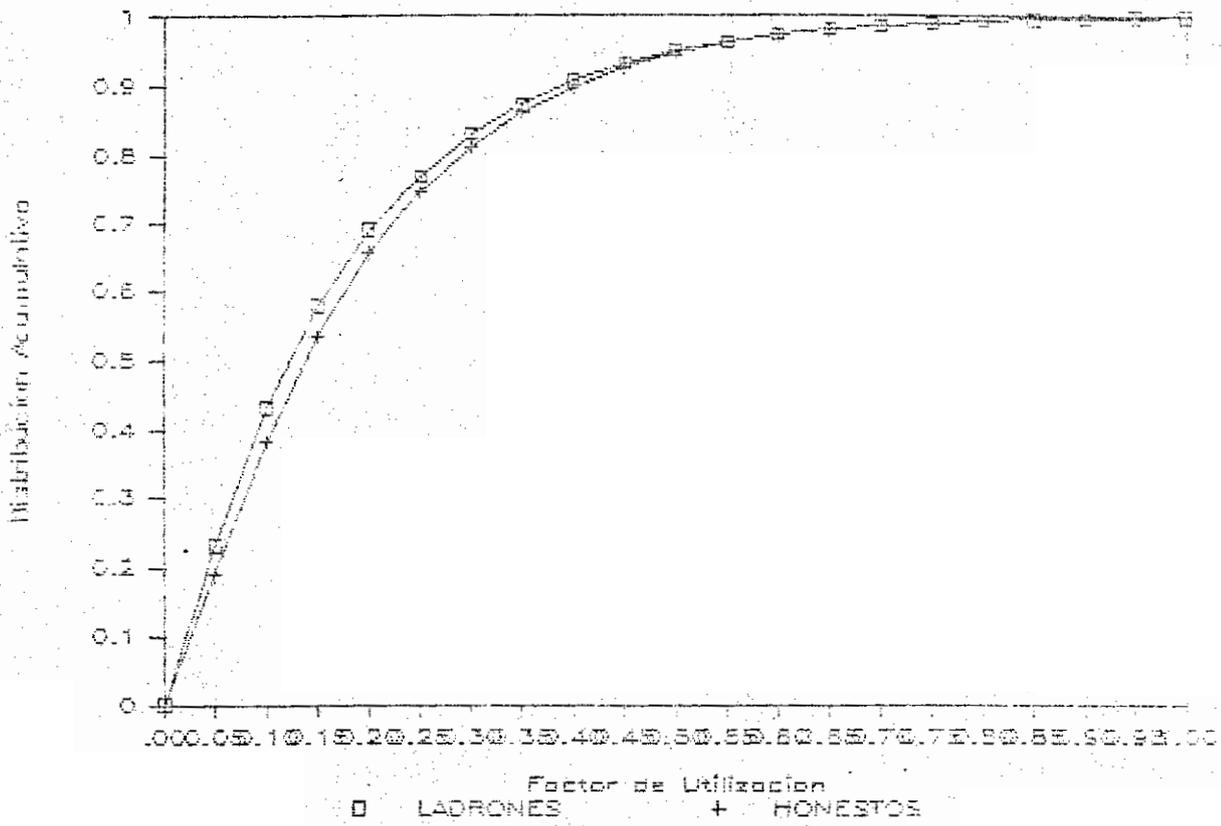
Figura No. 15
(Continuación)

MODELO GAMMA INFINITO

RESTAURANTES					LAVANDERIAS				
x	g(x)	G(x)	f(x)	F(x)	g(x)	G(x)	f(x)	F(x)	
0.00	15.3487	0.0000	0.0211	0.0000	0.0314	0.0000	.0000	0.0000	
0.01	5.2668	0.0627	1.3399	0.0067	5.9121	0.0296	0.1049	0.0005	
0.02	5.4810	0.1214	1.9132	0.0230	8.1696	0.1000	0.6869	0.0045	
0.03	4.9658	0.1736	2.2933	0.0440	8.9920	0.1858	1.7873	0.0169	
0.04	4.5645	0.2213	2.5582	0.0682	9.0170	0.2758	3.1872	0.0417	
0.05	4.2290	0.2653	2.7434	0.0946	8.5922	0.3639	4.6208	0.0688	
0.10	3.0404	0.4470	3.0059	0.2385	4.8326	0.6995	7.6286	0.3870	
0.15	2.2643	0.5796	2.7628	0.3827	2.1650	0.9744	5.0043	0.7028	
0.20	1.7109	0.6790	2.3631	0.5108	0.8837	0.9506	2.2498	0.8842	
0.25	1.3030	0.7543	1.9431	0.6185	0.3427	0.9813	0.8223	0.9610	
0.30	0.9973	0.8118	1.5584	0.7060	0.1287	0.9931	0.2636	0.9881	
0.35	0.7660	0.8559	1.2286	0.7757	0.0473	0.9975	0.0772	0.9966	
0.40	0.5898	0.8898	0.9564	0.8303	0.0171	0.9991	0.0212	0.9991	
0.45	0.4550	0.9159	0.7374	0.8727	0.0061	0.9997	0.0055	0.9998	
0.50	0.3516	0.9361	0.5643	0.9052	0.0022	0.9999	0.0014	0.9999	
0.55	0.2720	0.9517	0.4292	0.9301	0.0008	1.0000	0.0003	1.0000	
0.60	0.2106	0.9638	0.3247	0.9489	0.0003	1.0000	0.0001	1.0000	
0.65	0.1632	0.9731	0.2447	0.9632	0.0001	1.0000	.0000	1.0000	
0.70	0.1266	0.9804	0.1837	0.9739	.0000	1.0000	.0000	1.0000	
0.75	0.0983	0.9860	0.1375	0.9819	.0000	1.0000	.0000	1.0000	
0.80	0.0763	0.9903	0.1026	0.9879	.0000	1.0000	.0000	1.0000	
0.85	0.0593	0.9937	0.0764	0.9924	.0000	1.0000	.0000	1.0000	
0.90	0.0461	0.9964	0.0568	0.9957	.0000	1.0000	.0000	1.0000	
0.95	0.0358	0.9984	0.0421	0.9982	.0000	1.0000	.0000	1.0000	
1.00	0.0279	1.0000	0.0312	1.0000	.0000	1.0000	.0000	1.0000	

Figura No. 16

TEXTIL, CALZADO Y CUERO



QUIMICOS

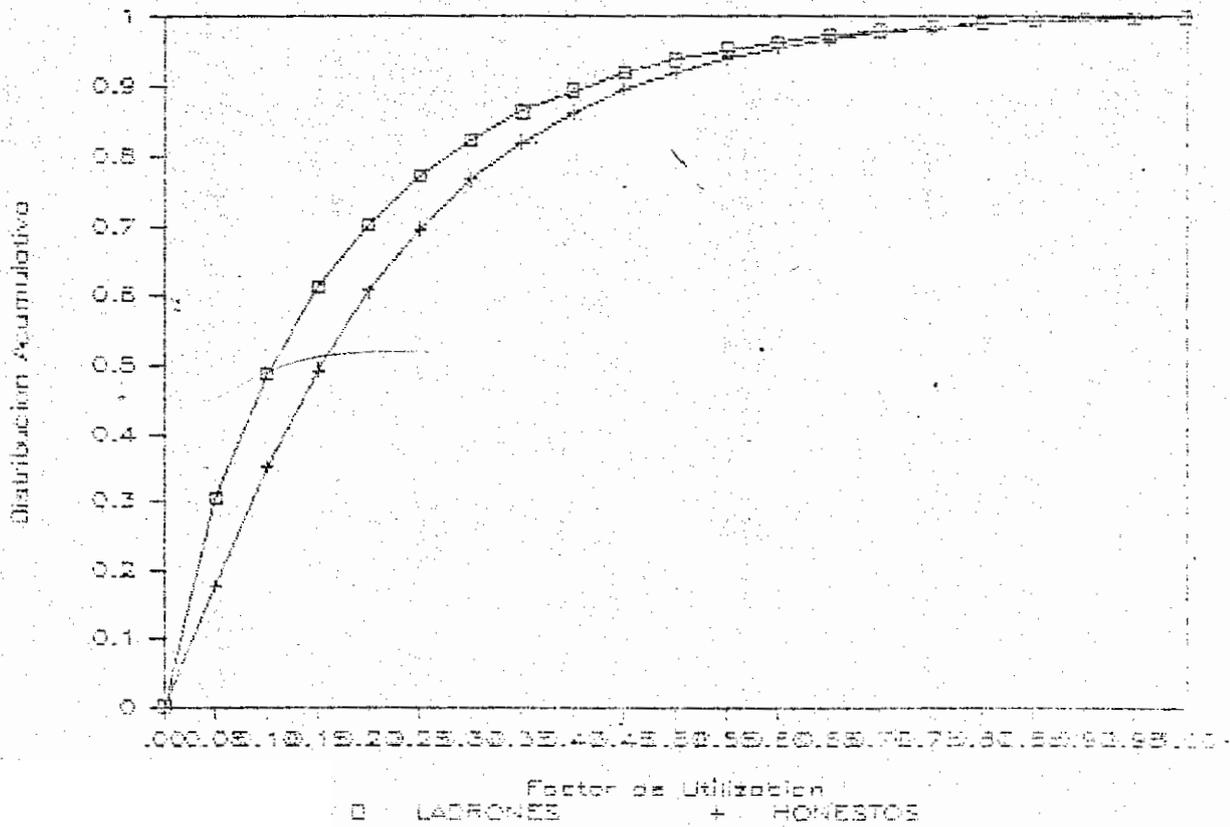
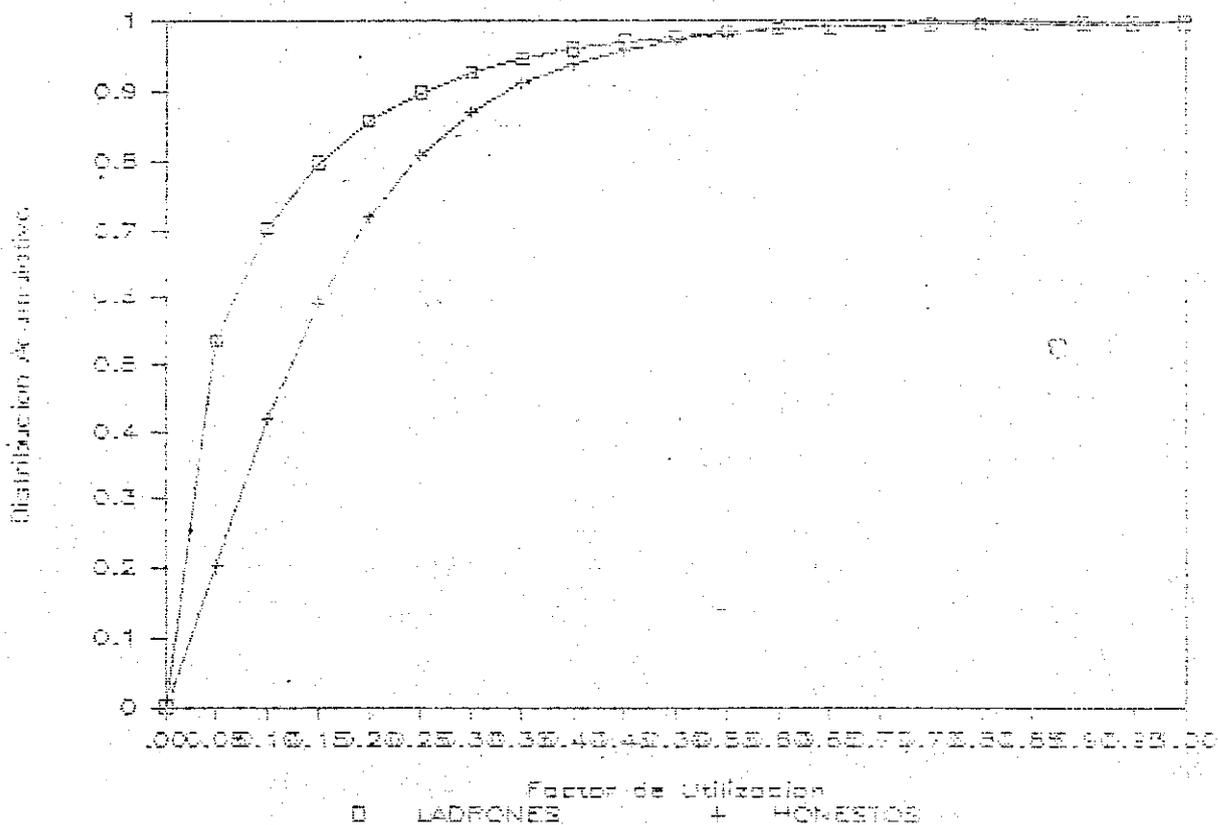


Figura No. 16
(Continuación)

PIEDRAS, VIDRIO Y CERAMICA



HOTELES

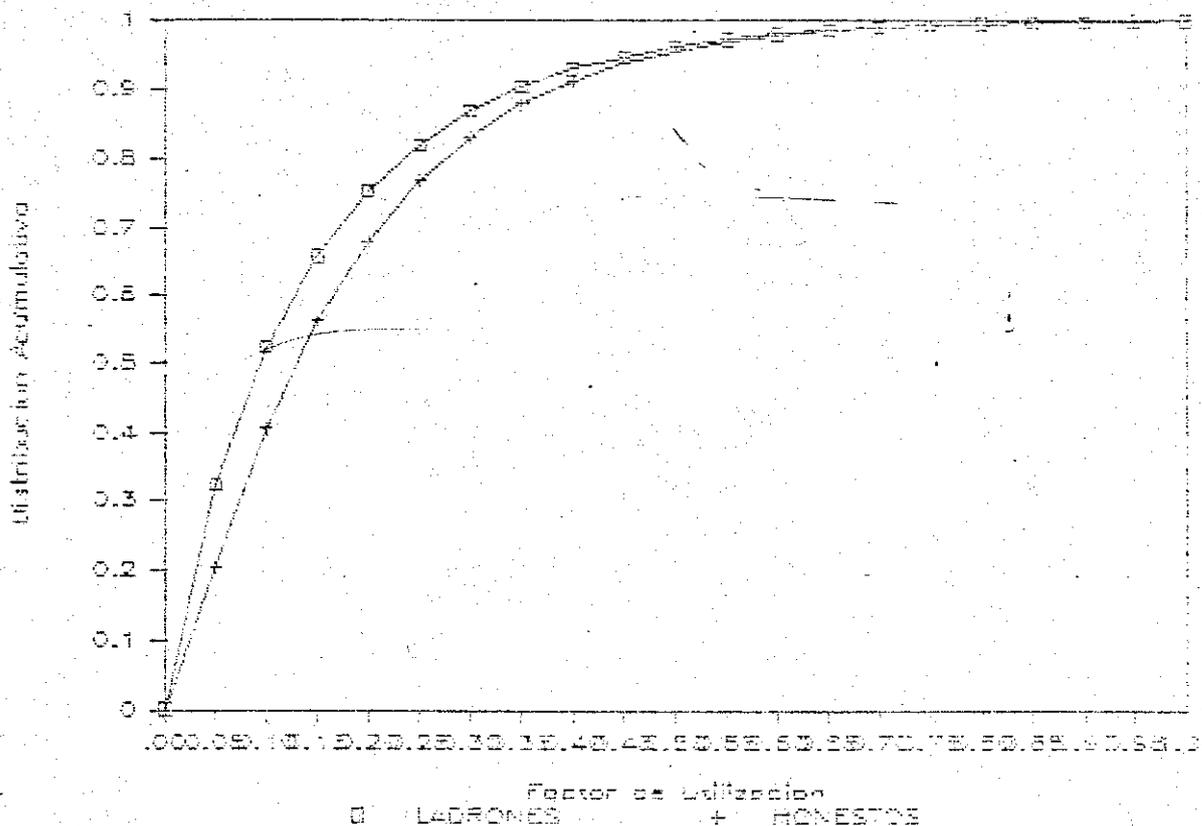
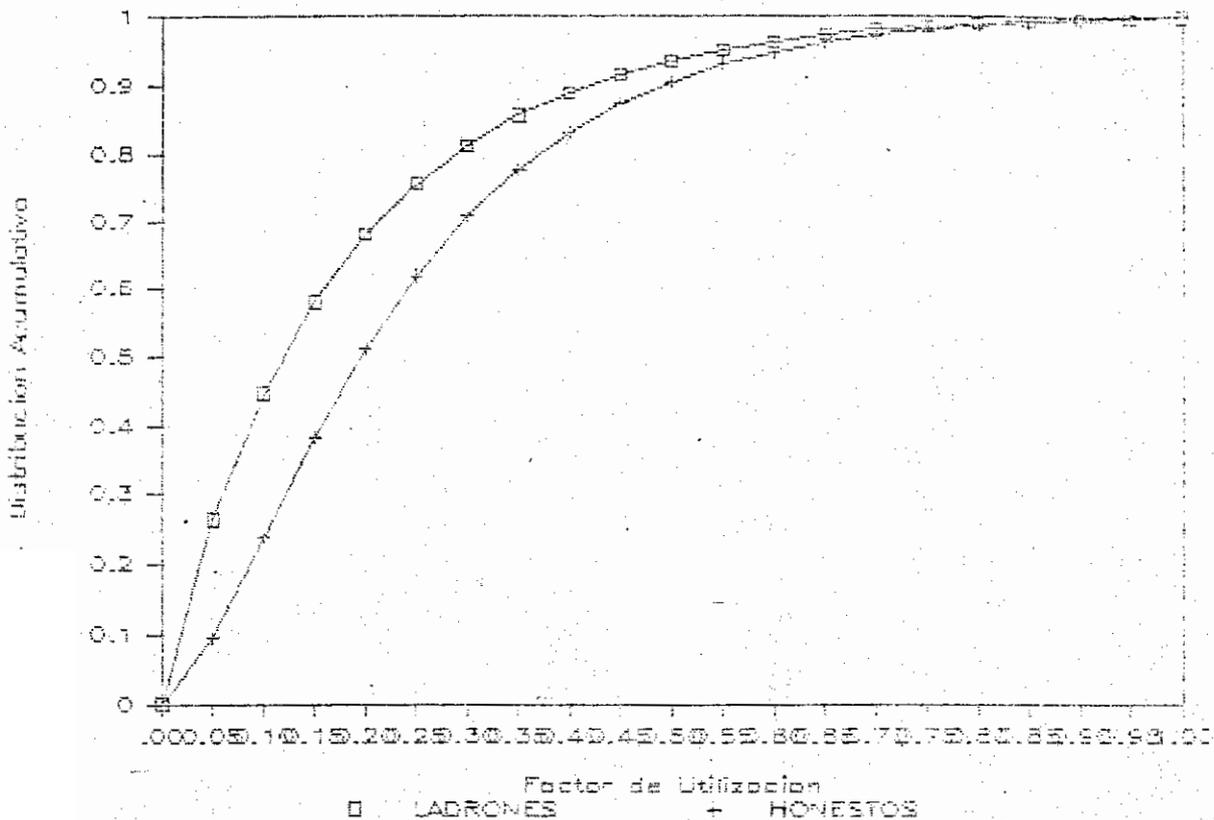


Figura No. 16
(Continuación)

RESTAURANTES



LAVANDERIAS

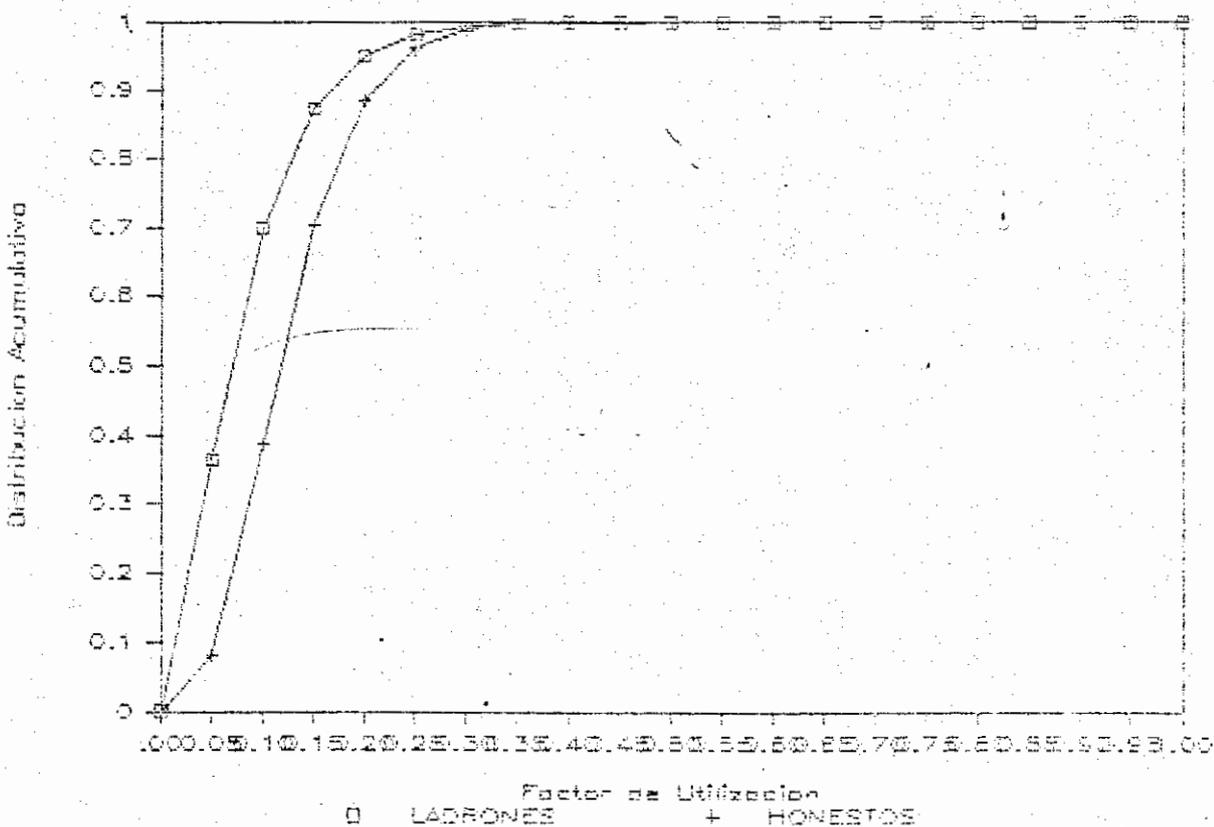


Figura no. 17

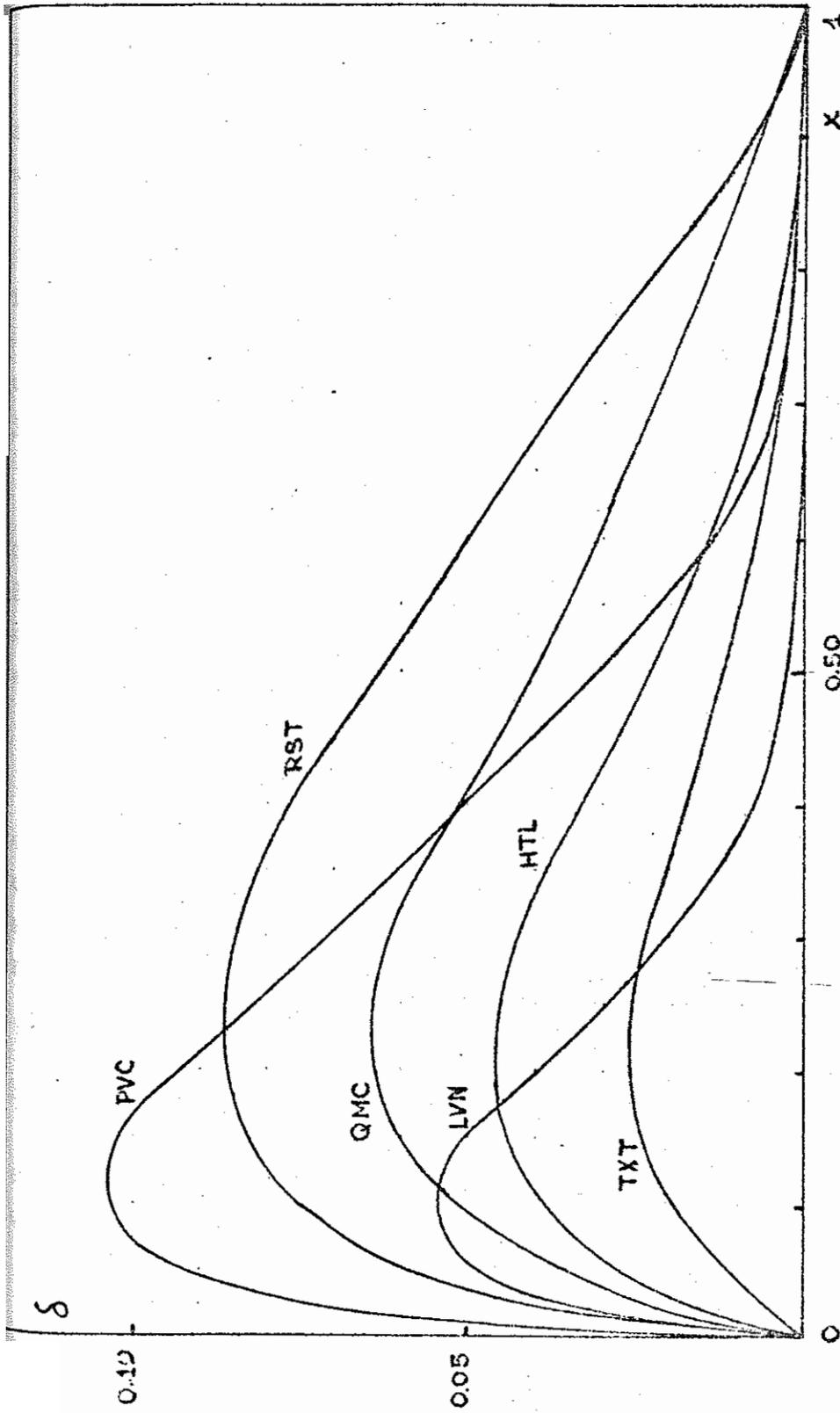


Figura N° 17.- Desplazamiento del Factor de Actualización de los Infractores para Recuperar las Pérdidas por Infracción

PROPUESTA DE UN PLAN DE RECUPERACION DE PERDIDAS

Lo más importante de los modelos desarrollados en este trabajo es su aplicabilidad para una recuperación sistemática de las pérdidas por infracción a través de un programa a ejecutar en un cierto plazo. Si dicho programa tenga éxito se debería seguir ciertas líneas de acción, y las siguientes pretenden servir de base para orientar la acción.

Se deben completar los estudios en las ramas faltantes para determinar el volumen total de infractores y la magnitud de la infracción en las ramas. De esta manera se puede dimensionar un plan sistemático de inspecciones, el personal requerido y el tiempo necesario para la recuperación.

Se debe generar un archivo de datos propio de la sección de Recuperación de Pérdidas, de preferencia en microcomputador; el lenguaje BASIC es especialmente apto para este propósito. El archivo maestro es otra cosa que el AEM en su versión más actualizada, más campos adicionales para incluir los resultados de las inspecciones.

Se estratificará el archivo, por ejemplo en cuatro estratos que contienen el 60 %, el 30 %, el 10 % del consumo total y una cola de consumidores. El mayor impacto en la recuperación y búsqueda se dará en el primer estrato, el cual requiere a su vez el menor es-

Es importante que los resultados de las inspecciones se vuelquen en el archivo de datos para permitir un seguimiento de los usuarios. Es interesante, por ejemplo, ver si hay reincidencias en la conducta de los infractores. Asimismo, toda alteración en la conducta de hoyos y ladrones podrá ser detectada e investigada.

Se podría pensar en llevar adelante alguna campaña publicitaria a base de que la empresa posee un "método para descubrir y castigar las infracciones". Esta campaña debe estar respaldada por accio-

nes sistemáticas que demuestre que tal método existe y es de una "tecnología avanzada". Por ejemplo la empresa podría difundir que sabe "cuantos ladrones hay en cada rama y cuanto roban en conjunto e individualmente". No hay que olvidar que sobre el robo y la evasión opera la conciencia de impunidad, basado en la idea de que el ente perjudicado no tiene los medios de defenderse.

60.- Después de detectar un ladrón, la facturación deberá ser inmediata para demostrar credibilidad y solvencia técnica por parte de la empresa.

70.- El programa podría financiarse con la energía recuperada, y el presupuesto de la Oficina de Recuperación de Pérdidas podría ser una fracción de lo recuperado en el ejercicio anterior. Para eso la oficina debería fijarse metas y elaborar su presupuesto en base a ellas.

80.- Habría que presentar el plan como un "programa de mejoramiento de la capacidad de pago de las empresas eléctricas", ante lo cual son muy sensibles los organismos de crédito internacional. Es posible que el nivel de subfacturación del 6 % que se determinó en este estudio, se incremente cuando se investiguen más grupos comerciales y de servicios que son los que tienen las tarifas más altas.

90.- Con la marcha del programa las hipótesis simplificativas adoptadas en este estudio podrán confirmarse o modificarse y ajustarse los métodos de facturación a la realidad. Para ello es fundamental la actualización del banco de datos.

100.- La probabilidad de detectar un infractor es actualmente de un 25 % y podría elevarse considerablemente a niveles de casi certeza si se utilizan los lectores que hacen la facturación, para determinar la presunción de que un usuario es ladrón, mediante una inspección ocular del contador. De este modo el universo de clientes sería clasificado presuntivamente en un ciclo de lectura; luego serían visitados para su aforo y comprobación de si son o no infractores.