

TRATAMIENTO CONJUNTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS E INDUSTRIALES (*)

UN CASO REAL: REPARTO DE COSTOS EN LA PLANTA DEPURADORA INTEGRAL DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL PUEBLO DE AOIZ Y SU POLIGONO INDUSTRIAL (NAVARRA)

Por ANTONIO AZKONA

Ingeniero industrial

NESTOR DE GOICOECHEA

Ingeniero industrial

RAMON GOMEZ-FERRER

Ing. de Caminos, Canales y Puertos

De "Ingeniería de la Polución, S. A."
(IMPOLUSA)

En las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbano-industriales puede plantearse el complejo problema de la facturación, el cual exige la resolución previa del de imputación de costes a los diversos efluentes a tratar. En el artículo se estudia este problema, dándose una serie de criterios generales y fórmulas aplicadas en otros países, para concretar después al estudio de un caso real en un municipio navarro, ejemplo del cual pueden extraerse interesantes experiencias.

El planteamiento a la solución de saneamiento de una cierta área geográfica, debe siempre estudiarse bajo la posibilidad del tratamiento de depuración unitaria y conjunta para todos los tipos de vertidos líquidos residuales de la misma.

Salvo raras excepciones, estos tipos pueden quedar incluidos en las llamadas *aguas residuales urbanas y aguas residuales industriales*.

Las razones o motivos de este planteamiento de depuración conjunta de ambos tipos de aguas residuales está, en primer lugar, y ya por todos aceptado, en que la Administración Pública tiene como una más de sus obligaciones el llevar a término la solución al problema social de la contaminación de las aguas residuales de los núcleos urbanos a los que representa y administra.

En segundo lugar, el justificar, asimismo, que puede ser obligación suya el resolver o plantear las soluciones a los problemas de con-

taminación debido a la industria privada, es tal vez un poco más comprometido y desde luego no por todos aceptado. Es por ello que centramos este problema en la necesidad de que la Administración Pública dé posibles soluciones a la industria privada para que las tome o las deje, según su criterio, en particular en áreas donde de hecho existe una situación irregular y anárquica en cuanto al saneamiento de los vertidos industriales. Esto puede ser obligado, ya que la industria con su iniciativa privada y debido a su desarrollo, ha creado, asimismo, riqueza a los lugares de su ubicación, riqueza que en definitiva es un bien social de dicha área geográfica, y en poca o en mucha parte, dependiendo del tipo de Administración, está controlada y encauzada por la propia Administración, que incluso crea a sus expensas entornos para el posible desarrollo industrial, como medios de comunicación, energía, agua potable, etc., incluso cede terrenos a bajo coste, efectuará desgravaciones fiscales y otras facilidades o servicios para lograr el asentamiento industrial en zonas de tal interés social.

Igualmente, el valor cuantitativo de los con-

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta revista hasta el 28 de febrero de 1978.

taminantes de vertido residual de una cierta industria, estudiado a nivel de economía global, puede planificarse en función de la calidad que la Administración Pública quiera tener en la cuenca receptora y de otros muchos parámetros que no dependen y no están controlados por la propia industria.

Por ello, no existe razón en contra a introducir como una obligación de la propia Administración allí donde sea factible el ejecutar posibles soluciones para el saneamiento de los vertidos industriales, que están creando ya un grave problema social, tanto en la escala de la calidad del hábitat como en la escala del propio desarrollo industrial.

Bajo un segundo aspecto, la justificación del tratamiento de depuración conjunta de aguas residuales urbanas e industriales se basa, hablando de casos generales, en un costo más económico de la solución total del saneamiento de un área, para alcanzar igual valor de calidad de aguas en el medio ambiente.

Se ha indicado, *hablando de casos generales*, porque al ser la industria tan distinta y particular pudieran darse excepciones. Por ello, es de total necesidad la realización de estudios previos para alcanzar la solución económica más óptima en una cierta área geográfica.

Como tercer aspecto de tipo general en favor del tratamiento conjunto de efluentes urbanos e industriales, es el técnico.

En un reciente estudio estadístico en la industria belga realizado por el doctor Buckteeg, indicaba que, aproximadamente, el 30 por 100 de dicha industria tiene una carga de contaminación superior a la correspondiente a los vertidos residuales urbanos. Es por ello, que técnicamente no se ve la razón para eliminar en la solución del saneamiento de un área geográfica a ese 70 por 100 de industria, que vierten un agua que cuantitativamente es por lo menos igual a la urbana, con problemas técnicos similares, y que de hecho en zonas industriales se entremezcla en colectores urbanos.

En este momento, nos encontramos tal vez con la verdadera problemática ¿y qué es de ese 30 por 100 de industrias más contaminantes e incluso distintas cualitativamente de las aguas residuales urbanas?

Técnicamente tendría que resolverse solamente *cómo* y *cuándo* tienen que verter dichas industrias al colector de aguas de caracterís-

ticas de contaminantes urbanas, debido a que su especial tratamiento de depuración puede ser cualitativamente distinto.

Partiendo ya del hecho de la conveniencia de una forma general, de la depuración conjunta de aguas residuales urbanas e industriales y de la existencia de una entidad que planifique y lo ejecute, ya sea la Administración Pública o una nueva institución, como las Autoridades o Comités de Cuencas, que se han creado en países como Gran Bretaña, Francia y otros, la problemática queda únicamente reducida a condiciones *técnicas* y *financieras*.

Las condiciones técnicas deberán definir cuál será la calidad del agua residual que se admita en el colector general de aguas residuales, y en casos específicos su regulación de caudal vertido.

Creemos que nunca, tanto en el vertido a colectores como en el posterior vertido al río, deben fijarse a priori unas reglas de cumplimiento estricto en cualquier zona, sin analizar sus particularidades, pues entendemos cómo se ha intentado reflejar que el control de la contaminación es de carácter social, y podremos cargar con costos superiores a los necesarios, que irán en detrimento del desarrollo económico.

Así, puede ser conveniente, o bien fijar una normativa orientativa o limitante, que se reglamentaría más estrictamente y en su momento oportuno por cada Autoridad de Cuenca, o bien el reglamentar una legislación estricta e ir aplicándola por etapas en las distintas Cuencas, según sus particularidades con incentivos fiscales, económicos o cánones de pago, para igualar las cargas económicas.

El otro importante problema que se plantea a resolver es el financiero. Nos referimos a los modelos de financiación que han sido desarrollados, en las cuencas geográficas de Gran Bretaña, y hacemos especial mención a la tasa de los efluentes industriales que se vierten en los colectores generales de aguas residuales urbanas.

Nos fijaremos para concretar e indicar la dinámica en la fórmula empleada por la antigua autoridad del Yorkshire:

$$C = R + V + \frac{O t}{O s} B + \frac{S t}{S i} S$$

R Representa a las obras de recepción de los efluentes residuales que se vierten, es decir, los colectores, y se expresa de la forma X/Y , en la que X es 1/6 del gasto anual neto de la red de saneamiento y de las estaciones de bombeo, incluyendo los gastos de financiación de capital, e Y es el promedio en metros cúbicos del caudal de vertido.

V Representa al tratamiento primario, y se especifica solamente en función del volumen de agua recibida. Se deduce por medio del gasto anual neto, incluyendo los gastos de financiación de capital en:

- Vertedero de tormenta.
- Desbastes, trituración, desarenación y preaireación.
- Sedimentación primaria.
- Tratamiento terciario como reducción de elementos residuales en suspensión.
- Obras de salida del agua depurada.

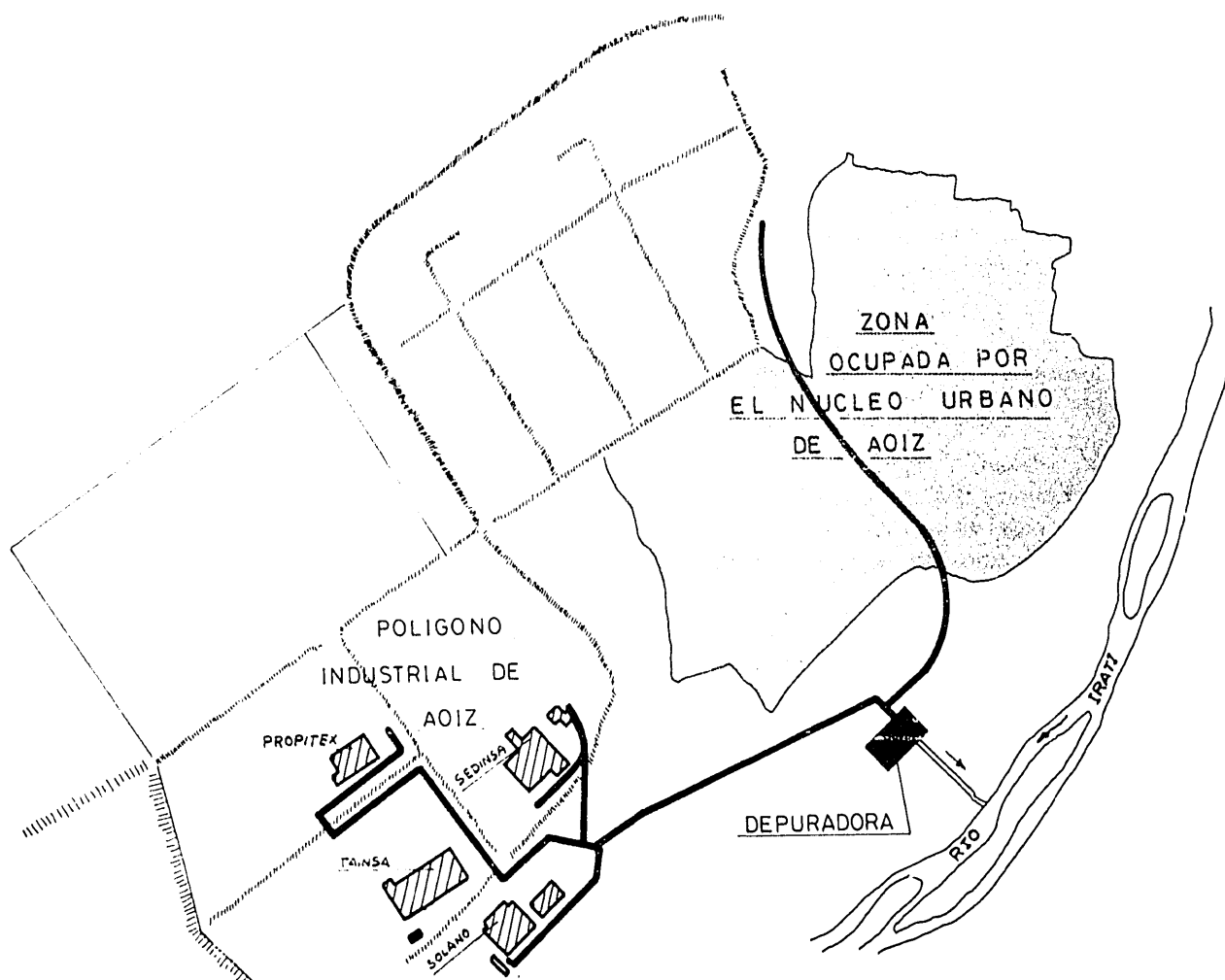
B Representa el tratamiento biológico, y se especifica en función de la DBO_5 vertida, dependiendo del

gasto neto anual del tratamiento biológico incluyendo los gastos de financiación del capital en:

- Fangos activados, filtros biológicos, decantación secundaria, incluyendo recirculación y bombeo de fangos y suministro de aire.
- La proporción de fangos total es tratado y los costos relacionados con el tratamiento del fango en exceso, aeróbico o anaeróbico.

Puede ocurrir que un vertido tenga un DBO_5 despreciable, pero está claro que hay que pasarlo a través del tratamiento biológico y, por lo tanto, tiene unos gastos en función del volumen, pero no se necesita un rendimiento de purificación, y no se derivará del mismo la producción de fango en exceso. Por ello, el valor mínimo de $Ot/Os \times B$ será una carga volumétrica basada únicamente sobre los gastos de capital del costo del tratamiento biológico, excluyendo los costos de recirculación de fango y suministro de aire.

S Representa el tratamiento primario de fangos y su eliminación. Se deriva de la parte proporcional de



los gastos totales anuales netos, incluyendo los gastos de financiación de capital relacionados con las obras del tratamiento primario del fango y que son:

- Bombeo de fango, tratamiento, deshidratación y su acondicionamiento, almacenamiento, incineración, eliminación, etc.

Otros gastos como terrenos, oficinas centrales de la Autoridad Administrativa y gastos generales se adjudicarán a las distintas etapas de tratamiento, proporcionalmente al gasto bruto de las mismas.

Otro ejemplo lo tenemos en la estación depuradora londinense que ha dado su nombre al método que emplea: fórmula de Mogden, función de los tres procesos que desarrolla, que son: sedimentación primaria, tratamiento biológico y eliminación de fangos. Estableciéndose los costes de cada proceso en capital anual y gastos de explotación por unidad de agua total.

La tasa para el primer proceso de sedimentación de los efluentes industriales se establece en función del caudal.

La tasa para la oxidación biológica de una unidad de volumen de agua decantada se define por la cantidad de oxígeno necesario para oxidar todo el carbono y todo el nitrógeno amoniacal, es decir, se calcula la demanda última de oxígeno, obtenido por la fórmula:

$$D.U.O. = C \text{ orgánico} \times 2,67 \text{ (para oxidar los compuestos orgánicos en } CO_2 \text{ y } H_2O) + N \times 2,57 \text{ (para oxidar en nitratos los compuestos nitrogenados y amoniacales).}$$

De todas formas, y en definitiva, la tasa a pagar por oxidación biológica de un vertido industrial es el costo de un agua urbana de caudal igual multiplicado por la relación (variable de corrección).

$$\frac{\text{Demanda de oxígeno del agua industrial decantada}}{\text{Demanda de oxígeno del agua urbana decantada}} = V_c$$

Los costos de tratamiento de fango son calculados en función de los sólidos en suspensión del agua bruta, utilizándose la misma variable de corrección anterior.

Los vertidos específicos industriales, que presentan características tóxicas para los tratamientos de depuración de tipo biológico, o elementos reductores, pueden presentarnos una

problemática particular a resolver. El Dr. Jenkins, consultor de la antigua Autoridad del Upper Tame Main, en un reciente artículo, trata de la solución de esta problemática por dicha Autoridad de Saneamiento del área Birmingham.

Así, pues, indicaremos, por ejemplo, que tras largos períodos de estudio en plantas de tratamiento, para conocer el efecto de los distintos elementos tóxicos, metales pesados, acidez y otras variables en las plantas de tratamiento biológico, la tasa de la mitad de los metales tóxicos solubles (de los que los colectores no se admiten en mayor concentración de 10 mg/l, y de los que 5 mg/l precipitan en el tratamiento primario) será del 10 por 100 sobre el costo de la oxidación del agua residual urbana por miligramo por litro. Los cianuros no tienen tasa, y su límite de 10 mg/l está mantenido únicamente en función de seguridad de los colectores.

Estos estudios han llevado incluso a modificar la tasa general de oxidación biológica, a que sea en proporción de la *DQO* del agua industrial bruta vertida (o cantidad de *C* orgánico) y el agua residual urbana tras decantación.

Los valores medios que en la ciudad de Birmingham se establecen son del 25 por 100 para la sedimentación primaria, 50 por 100 para la oxidación biológica y del 25 por 100 para el tratamiento de fangos.

En conclusión, indicaremos que para la resolución del saneamiento conjunto de vertidos residuales urbanos e industriales:

1. Es necesaria la existencia de un organismo representativo que administre y dirija todos los problemas que de los vertidos urbanos y de los vertidos industriales emanen.

2. Es preciso que bajo unas directrices generales técnicas y financieras se estudien las particularidades de cada área geográfica concreta para optimizar la solución.

Tras esta introducción general exponemos brevemente un caso real, que se encuentra en explotación.

Bases de proyecto.

A finales del año 1975 se redactaba el proyecto de Saneamiento del Pueblo Navarra de Aoiz y su Polígono Industrial, anexo, el que

presentaba teóricamente la solución de Saneamiento de dicha área hasta el año 1990.

Para ello se tomaron las premisas teóricas tras un análisis de su desarrollo y de las previsiones futuras de:

Caudal residual urbano	900 m ³ /día
DBO ₅ urbana	300 Kg/día
Caudal residual industrial	800 m ³ /día
DBO ₅ industrial	330 Kg/día

Lo que fijaba unas bases de diseño:

Caudal total	1.700 m ³ /día
DBO ₅ total	630 Kg/día

Tras consideraciones técnicas, económicas y geográficas se diseñaba una Planta de depuración de aguas residuales mediante el proceso de fangos activados por estabilización por contacto, con digestión aerobia y eras de secado de los fangos en exceso, limitándose el vertido directo a colectores a los siguientes parámetros.

Caudales punta máximo ...	2 x Q medio diario a 24 h.
pH	Comprendido entre 5,5 y 9,5
Tamaño máximo de sólidos.	20 mm.
Sólidos en suspensión	Inferior a 500 mg/l (1)
DBO ₅	Inferior a 380 mg/l (1)
DQO	Inferior a 2 x DBO ₅ mg/l (1)
NH ₃	Inferior a 200 mg/l (1)
NO ₃	Inferior a 200 mg/l (1)
N total	Inferior a 200 mg/l (1)
Cloruros	Inferior a 2.000 mg/l (2)
Cr ⁺⁺⁺	Inferior a 0,1 mg/l (2)
CN	Inferior a 0,1 mg/l (2)
Fenoles	Inferior a 80 mg/l (2)
Total metales pesados	Inferior a 5 mg/l (2)
Metales pesados individuales	Inferior a 2 mg/l (2)
Color	Inferior a 150 mg/l de Pt (2)
Temperatura	Inferior a 50° C (2)
Aceites y grasas	Inferior a 20 mg/l (2)
Petróleos	0 (2)
Carburo de calcio, disolvente, alquitranes	0 (2)
Detergentes	Inferior a 30 mg/l (2)
Sulfuros	0 (2)
Sulfatos	Inferior a 1.200 mg/l (2)

1) Sobre muestra compuesta diaria con un valor máximo instantáneo inferior al doble.

(2) Sobre muestra discreta.

Construcción.

A principios del año 1976, Comisaría de Aguas del Ebro, aprobaba la construcción de dichas obras generales de Saneamiento Integral del Municipio navarro de Aoiz y se fijaba como control de la depuración y saneamiento, el vertido al río Irati, de un agua con los siguientes parámetros:

Caudal medio	20 l/seg.
Caudal máximo	36 l/seg.
DSO ₅	Inferior a 25 mg/l (1)
DSO ₅	Inferior a 40 mg/l (2)
Sólidos en suspensión	Inferior a 30 mg/l
pH	Comprendido entre 6,5 y 8,7
Temperatura	Inferior a 25° C
Color	Inferior a 25 mg/l de Pt
Turbiedad	1° en sílice
Dureza	Incremento inf. a 20° F a la del agua suministrada
Resistividad	Mayor de 1.500
Oxígeno disuelto	5 mg/l
Nitrógeno	0,5 mg/l de NH ₃
Nitrógeno	100 mg/l de NO ₃ —
Cloruros	200 mg/l de Cl—
Arsénico	0,2 mg/l
Cr ⁺⁺⁺	0,05 mg/l
CN	0,01 mg/l
F	1,5 mg/l
Pb	0,1 mg/l
Si	0,05 mg/l
Cu	0,05 mg/l
Mn	0,05 mg/l
Fe	0,1 mg/l
Zn	0,5 mg/l

(1) Sobre muestra compuesta diaria.

(2) Sobre muestra discreta.

Comenzándose a continuación de dicha autorización la ejecución de todas las obras de Saneamiento.

Puesta en marcha.

A finales del año 1976, todas las obras de saneamiento eran terminadas, iniciándose la puesta en marcha de las mismas, siendo aprobado por la Comisaría de Aguas del Ebro y Sanidad, y dictaminándose las normas de con-

tol, que serán llevadas a cabo en la explotación de dicho Saneamiento Integral.

Explotación.

Durante el año 1977 se comienza a explotar dichas obras de saneamiento. La Excm. Diputación Foral de Navarra, en su gestión para prevenir el medio ambiente de Navarra, había dirigido y se había responsabilizado de la ejecución técnica de las obras y de la inversión inicial. Se planteaba una vez iniciada la explotación el reparto de costos, tanto de la inversión efectuada por las obras llevadas a cabo, como de los gastos de la correcta explotación que suponía para cumplir la reglamentación de control fijado por la Comisaría de Aguas del Ebro.

Reparto de costos.

Tras consideraciones técnicas, en cuanto a tipos de vertidos y tipo de planta de depuración construidas, se vio que teniendo en cuenta solamente los parámetros de caudal y DBO₅, eran suficientes para llegar a un reparto equitativo de todos los costos del saneamiento imputados a cada vertido localizado. Por ello, se planteó el conocer exactamente cada vertido, sus posibles variaciones, y dan el valor medio de sus caudales y DBO₅, que sería la constante de facturación, para cada vertido y durante el año 1977 siempre que el equipo de control a la entrada de la planta no detectase anomalías durante dicho período. Así, los caudales y carga de DBO₅, que llegan a la planta de depuración, y el porcentaje de dichos parámetros frente a los valores de diseño son:

Tipo de vertido localizado durante el año 1977		Caudal			DBO ₅		
		m ³ /día	m ³ /año 77	% sobre proyecto	Kg/día	Kg/año 77	% sobre proyecto
Valores de diseño de la planta depuradora para el año 1990		1.700	620.500	100	630	229.950	100
Casco urbano de Aoiz		785	286.600	46	210	76.800	33
Industrias	Propitex	25	9.200	2	0,25	78	0
	Solano	755	275.500	44	14	5.200	2
	Tainsa	255	94.000	15	100	37.500	16
	Sedinsa	50	17.800	3	6	2.300	1
Total poligono industrial		1.085	396.500	64	125	45.078	19
Total a planta depuradora		1.870	683.100	110	335	121.800	52

Observamos que la planta en el año 1977 está funcionando prácticamente a pleno caudal, del que según diseño se esperaba obtener en el año 1990, y con el 50 por 100 de la DBO₅, que se obtendrá en el mismo año; ello es debido a las aguas de refrigeración que, al estar en circuito abierto, vierte una de las industrias. Económicamente no afecta en sentido negativo

a la planta de depuración que factura en función del caudal y de la DBO₅. No obstante, se plantea ahora la reducción del costo de producción de dicha industria cerrando su circuito de refrigeración y vertiendo solamente el 20 por 100 del caudal residual que ahora tiene. Con ello, habremos obtenido:

1. Economía global en el consumo del agua (bien social escaso).

2. Economía global en la depuración (la planta depuradora estará apta para incrementar sus servicios de saneamiento a la comunidad que sirve).

La segunda problemática de conocimiento que se planteó fue la de imputar todas las obras efectuadas y los costos de mantenimiento a los parámetros: caudal y DBO_5 .

Tras estudiar detenidamente y desde el punto de vista de técnica de diseño y de operación de explotación y de mantenimiento, se obtuvieron las siguientes imputaciones, bajo la consideración general, aunque tal vez no muy realista desde el punto de vista inflacionista.

De una actualización anual del diseño invertido al 5 por 100 de interés, amortizable a quince años y aplicando una fórmula de revisión de costos anuales a los gastos de explotación y mantenimiento.

Tipo de costo		Imputable a:			
		Caudal		DBO_5	
		Miles pesetas/año	%	Miles pesetas/año	%
Inversión y saneamiento	Colectores primarios de saneamiento	266	100	0	0
	Planta depuradora (terrenos, proyecto, obras, direcciones, toma de energía, transformación, agua potable, estudios financieros, etcétera)	557	35	1.043	65
Total inversión saneamiento		824	44	1.043	56
Total explotación y mantenimiento (incluido administración, gestión y control)		1.017	33	2.120	67
Total		1.841	37	3.163	63

Con estos valores de costos anuales, que son imputables al funcionamiento de la planta, según las características de diseño, tendremos que los costos unitarios de depuración serán de:

Pesetas/ m^3 depurado = 2,9

Pesetas/Kg DBO_5 depurado = 13,7

Con ello, vemos que el costo a pleno rendimiento técnico de diseño de la planta de depuración (620.500 m^3 /año y 229.950 Kg/año DBO_5 depurados) será de 5.005.000 de pesetas, y en el año actual, 1977, tendremos unos costos reales de 3.700.000 pesetas, que son los que facturamos por los vertidos localizados y controlados.

Por ello, en la actualidad y en cada año

hay que lograr que los costos actualizados para dicho año se igualen a las tarifas actualizadas. En 1977 la diferencia de costos con las tarifas la igualaremos con el control exacto de la planta por el ahorro de la mitad de energía eléctrica consumida en la explotación, al tener sólo el 50 por 100 de la DBO_5 de diseño, mitad de fangos a extraer y otras variables de explotación, que pueden ser reducidas durante dicho año.

Este es el estudio de un caso real en el reparto técnico de los costos de una unidad de saneamiento integral de una comunidad urbano-industrial.

Ello da una idea clara de los ingresos que debe de tener la entidad o administración gestora de dicho servicio.

Se plantea, por último, el conocido problema político de *canon* de pago de dichos costos.

La O.C.D.E., en las reuniones mantenidas durante el año 1972, recomendó el principio de *el que contamina paga*, se deduce de ello que el incremento debido a dicho costo marginal social bruto repercute directamente en el mercado de libre competencia en una tendencia alcista, que repercute en el consumidor en forma de mayores precios del producto. Asimismo, en el consumidor de agua urbana existe una descomposición en la economía familiar por las diferencias en el número de individuos por familia, con teóricamente el mismo ingreso anual neto, y un desequilibrio en los metros cúbicos de agua consumidos, es decir, es una política que, tomada de una forma absoluta, introduce más a la sociedad en la espiral de desequilibrio económico; reduce o limita sobre todo

a un estrato social la posibilidad del consumo privado de un posible bien colectivo.

Por ello, creemos que deben de estudiarse siempre la financiación de dichas obras bajo el aspecto combinado de una recaudación de impuestos directos, que inciten a un ahorro económico e impuestos indirectos que incidan para igualar ese desequilibrio económico de la sociedad.

Es esta postura la que será llevada a cabo en el complejo de saneamiento de Aoiz, de forma que se recaude de forma directa como canon por metro cúbico de agua y kilogramo de DBO₅ vertido de los efluentes residuales industriales, existiendo una ayuda económica al municipio de Aoiz de forma indirecta como complemento a la carga económica que debe de soportar el Municipio.