

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA Y CIENCIAS SOCIALES
SECCIÓN DE POST GRADO
MAESTRIA EN PROYECTOS DE INVERSION



**“PROPUESTA DE UN MODELO SOCIO ECONÓMICO DE DECISIÓN DE
USO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN SUSTITUCIÓN DE AGUA
LIMPIA PARA AREAS VERDES”**

TESIS:

**PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRO
EN PROYECTOS DE INVERSIÓN**

ELABORADO POR:

**FORTUNATO VIDAL MENDEZ MELGAREJO
OSIRIS FELICIANO MUÑOZ**

**LIMA, PERU
ENERO DEL 2010**

**PROPUESTA DE UN MODELO SOCIO ECONOMICO DE DECISION DE USO
DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN SUSTITUCION DE AGUA LIMPIA
PARA AREAS VERDES**

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION	5
CAPITULO I	
1. PROBLEMATIZACIÓN	9
1.1 Agua: recurso indispensable para la vida y el desarrollo socio Económico	9
1.1.1 Agua y saneamiento: una meta del milenio	10
1.1.2 Agua sin discriminación	11
1.2 La importancia del agua para la vida	13
1.2.1 Características del agua limpia	13
1.2.2 Agua, saneamiento, higiene y conservación del ambiente: pilares para la salud	17
1.2.3 El hombre debe preservar y cuidar el agua para que dure siempre	18
1.2.4 Desafíos para resolver la crisis del agua en el presente milenio	19
1.3 Importancia de la toma decisiones oportunas en el manejo de aguas	20
1.4 Problemática y Proyectos para resolver el problema de las aguas residuales en Lima Metropolitana, el Callao y el resto del país.	21
1.5 Justificación para el Tratamiento de aguas residuales y reuso	25
1.6 Objetivos del Estudio	32
1.6.1 Objetivo General	32
1.6.2 Objetivo Específico	32
CAPITULO II	
2. MARCO TEORICO	
2.1 Marco Situacional	33
2.2 Definiciones y características de las aguas residuales	34
2.3 Investigaciones sobre plantas tratamiento de aguas residuales	37

CAPITULO III

3. HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis General	44
3.2 Hipótesis Específicas	44
3.3 VARIABLES	
3.3.1 Variables Endógenas	44
3.3.2 Variables Exógenas	45
3.3.3 Tabla de variables: sub variables e indicadores	45

CAPITULO I V

4. METODOLOGIA Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Disposición a Pagar por el productor de males	47
4.2 Trabajo de campo	49
4.3 Inventario de Plantas de Tratamiento de aguas residuales	49
4.4 Sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas de la Empresa ATEMAR S.A.	53
4.5 Interés del tratamiento de aguas residuales en el Distrito de Santa Anita	56
4.6 Interés del tratamiento de aguas residuales en el Distrito de San Miguel.	56
4.7 Sistemas de tratamiento de aguas residuales en UNITRAR	57
4.8 Sistemas de tratamiento de aguas residuales en el Distrito de Santiago de Surco	59

CAPITULO V

5. MODELO SOCIO ECONOMICO

5.1 Antecedentes de Modelos en Calidad de Agua	60
5.2 Supuestos del Modelo socio económico	63
5.3 Desarrollo del Modelo socio económico	64
5.4 Modelo matemático	75

CAPITULO VI**6. PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS**

6.1 Aplicación del modelo matemático	78
6.2 Consumo y precios de agua potable en residencias	80
6.3 Pago mensual considerando solo consumo de agua potable, la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales y la Disposición a pagar	81
6.4 Análisis considerando consumo de agua potable y agua residual tratada, así como la Disposición a Pagar	83

CAPITULO VII**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

7.1 Conclusiones	87
7.2 Recomendaciones	88

ANEXOS**RELACION DE CUADROS****RELACION DE GRAFICOS****GLOSARIO DE TERMINOS****BIBLIOGRAFIA**

INTRODUCCION

La problemática ambiental mundial de las ciudades y centros poblados en nuestros días está centrada en resolver la contaminación atmosférica, el manejo de los residuos sólidos generados y la escasez de los recursos hídricos, para lo que se vienen haciendo muchas investigaciones con programas y proyectos pilotos impulsados por entidades públicas y privadas con el objeto de contrarrestar el deterioro del ecosistema y el hábitat humano.

Respecto a los recursos hídricos, es creciente la preocupación y existen iniciativas para el mejor aprovechamiento de las cada vez más escasas fuentes de agua existentes, junto con una equitativa distribución y racional uso de los mismos, así como la búsqueda de fuentes alternativas de agua. Esto se manifiesta en los cambios normativos que se viene dando en torno a la Ley General de Aguas, así como en propuestas de proyectos de desalinización de agua marina para consumo humano y de tratamiento de aguas residuales para su aprovechamiento en riego de áreas verdes y de cultivo.

En este contexto, con el presente trabajo se busca modelar los lineamientos metodológicos para determinar las condiciones bajo las cuales las propuestas de proyectos de inversión para el tratamiento de aguas residuales con fines de reuso, como alternativa al uso del agua no destinada a consumo humano directo, sean viables.

En el Primer Capítulo se plantea un esquema sobre la problemática del agua así como la importancia de su uso racional para la supervivencia en el medio ambiente, como meta del milenio, y los desafíos que existen para superar la crisis del agua, y lo necesario que resulta la toma de decisiones oportunas en el manejo del agua, y de otra parte los proyectos que se vienen desarrollando para solucionar la problemática que generan las aguas residuales, culminando el capítulo con el planteamiento de los objetivos del presente estudio.

El Segundo Capítulo trata sobre el Marco Teórico, donde se enfatiza sobre las

definiciones sobre las aguas residuales y las diversas características físico químicas que se encuentran en la realidad, habiendo incorporado diversos planteamientos de investigación sobre plantas de tratamiento de aguas residuales en tanto que son beneficiosas para la comunidad, llegándose a la conclusión de que a medida que las concentraciones de contaminantes aumentan junto con el desarrollo de los centros poblados, mayor es la exigencia de tratar estas aguas antes de ser descargadas a los cuerpos receptores para evitar el deterioro de ecosistemas, lo que a menudo la sociedad desestima por restricciones de recursos y una pobre cultura ambiental y ecológica

Ante tal situación se incorporaron en el Tercer Capítulo diversas variables endógenas y exógenas, sustentando como Hipótesis, que en determinadas condiciones de producción de aguas residuales tratadas y de abastecimiento de agua no destinada para consumo humano directo, las primeras se pueden reutilizar con eficiencia y rentabilidad económica y social en sustitución de la segunda.

En el Cuarto Capítulo se hace plantea la Metodología empleada así como una delimitación de la presente investigación incorporando el Concepto de "Disposición a Pagar" con fines ambientales y se presentan algunas evidencias empíricas que demuestran la aplicación práctica del modelo planteado, analizándose las tendencias de costos promedios del uso de agua de fuente superficial y subterránea para abastecimiento a la ciudad de Lima Metropolitana, así como los procesos y costos de actuales plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en distintos sectores de la ciudad que, según se observa, están dando buenos resultados desde el punto de vista ambiental y socioeconómico, con lo que se busca sustentar la hipótesis que se formula.

En el Quinto Capítulo se presenta una explicación general del planteamiento teórico y conceptual que sustenta el modelo socio económico propuesto, basado en los principios de análisis de la teoría de la utilidad marginal. Se realiza un análisis teórico de la determinación de tarifas de agua potable en

sistemas públicos, la acción de agentes contaminadores que inciden en el deterioro de las características y la calidad de aguas residuales urbanas, así como de la aplicación de impuestos y/o subsidios que propicien controlar y prevenir estos efectos, de modo que los costos de tratamiento sean los menores posibles y brinde mayores beneficios para la sociedad. A su vez, se plantea un método de valuación del producto que se obtiene, de tal modo que se exprese como costo unitario, precio o tarifa (en S/.) por unidad de volumen de aguas residuales tratadas para fines de producción o de servicios, lo que debe incluir los costos unitarios de distribución hasta los puntos de reuso, en sus distintas modalidades.

Se puede afirmar que en determinadas condiciones, el costo unitario de producción del tratamiento de aguas residuales debe ser igual o menor que el pago o tarifa de agua, sea de tomas de canales o acequias, de extracción del acuífero o de la red pública (potable), para que los usuarios opten por la alternativa del reuso de aguas residuales tratadas, las cuales deben tener además cualidades físico químicas y volumen o continuidad de abastecimiento adecuados.

Asimismo, se formaliza el comportamiento analizado de la decisión de uso entre aguas residuales tratadas y agua no destinada para consumo humano directo en un sistema de ecuaciones matemáticas, las cuales deben facilitar la determinación de condiciones en las que la sustitución mencionada sea aprovechable en términos económicos y sociales. El volumen de agua limpia abastecida a partir del cual el costo promedio de la misma por unidad de medida, determinada por la autoridad reguladora pero considerando las condiciones de oferta y de demanda, supera el costo promedio de producción de aguas residuales tratadas y determina la propensión a sustituir la primera por la segunda, lo cual contribuye al ahorro de recursos económicos y a incrementar el bienestar social.

En el Capítulo Sexto, se presenta y analiza los resultados del modelo utilizando los conceptos de costos promedios de producción, - de agua limpia y residual

tratada – los cuales guardan concordancia con la propensión a utilizar alternativas más económicas para su utilización en riego y otros usos.

A continuación, en el Séptimo Capítulo se presentan las Conclusiones que se desprenden de los aspectos principales planteados en el presente documento, para proponer algunas Recomendaciones orientadas a captar la atención e interés de funcionarios de gobiernos e instituciones públicas, inversionistas privados y de la comunidad en general en la formulación de políticas y estrategias que propicie una tendencia creciente al reuso de aguas residuales tratados, en el marco de una “cultura ahorradora de agua y de cuidado del medio ambiente”.

Finalmente se ha incorporado en los Anexos un Glosario de los términos más utilizados, así como algunos comentarios especializados acerca de la conveniencia de utilizar cada vez más el agua residual tratada, incluyéndose la bibliografía consultada, acompañado de cuadros y gráficos, sin los cuales no hubiera sido posible llegar a un mejor entendimiento de lo planteado en el presente trabajo.

CAPITULO I

1. PROBLEMATIZACIÓN

1.1 AGUA: RECURSO INDISPENSABLE PARA LA VIDA Y EL DESARROLLO SOCIO ECONÓMICO

Esta declaración fue hecha por la Asamblea General de las Naciones Unidas con el objetivo de promover la toma de conciencia sobre la importancia de este recurso finito y vulnerable, esencial para la vida y el desarrollo, y de impulsar medidas que ayuden a gestionarlo mejor.

El lema es reflexivo y previsor: Agua, no la tenemos tan segura. Es un llamado de atención sobre la necesidad de cuidarla, de asegurar su calidad, de promover su gestión integral, de hacer buen uso de ella y de impedir que se convierta en una fuente de enfermedad o muerte.

A nivel mundial, y particularmente en los países de América Latina y el Caribe, la gestión del agua es un tema vital.

Vital porque debemos revertir la situación en que están sumidas millones de personas que no tienen acceso a servicios de agua potable.

Vital porque miles de familias carecen de servicios de saneamiento adecuado.

Vital porque los servicios todavía son deficientes y no aseguran agua de calidad.

Vital porque debemos evitar que sigan ocurriendo muertes evitables entre todos los niños del mundo.

Vital, en suma, porque cada vez tenemos más claro que la provisión de agua es esencial para el desarrollo de nuestros países.

Vale decir, las agendas de desarrollo han colocado al agua en el centro del debate, por lo que creemos que revertir esta situación demandará mucha creatividad y esfuerzo.

1.1.1 AGUA Y SANEAMIENTO: UNA META DEL MILENIO

En la Cumbre de las Naciones Unidas realizada en el año 2000 se formularon los Objetivos de Desarrollo del Milenio, que sintetizan los compromisos de las conferencias internacionales y las cumbres mundiales realizadas en los años noventa.

Los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio, que incluyen 18 metas y más de 40 indicadores para el lapso 1990-2015, representan una asociación entre los países desarrollados y los países en desarrollo para "crear en los planos nacional y mundial un entorno propicio al desarrollo y a la eliminación de la pobreza".

Los Objetivos del Milenio que todos los países del mundo se han comprometido a cumplir son:

1. Reducir a la mitad la pobreza extrema y el hambre.
2. Lograr la enseñanza primaria universal.
3. Promover la igualdad entre los sexos.
4. Reducir en dos terceras partes la mortalidad de los menores de 5 años.
5. Reducir la mortalidad materna en tres cuartas partes.
6. Detener la propagación del VIH/SIDA, el paludismo y la tuberculosis.
- 7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.**
8. Fomentar una asociación mundial para el desarrollo, con metas para la asistencia, el comercio y el alivio de la carga de la deuda.

“La voluntad política y las buenas políticas que cimientan cualquier intento de alcanzar los Objetivos sólo pueden funcionar si se traducen en una estrategia de desarrollo bajo la responsabilidad, el control y la tutela del propio país, que descansa sobre una base sólida, así como sobre una gobernabilidad transparente y responsable”.

En el tema que nos ocupa, nos concierne el cumplimiento del Objetivo 7, “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente”, que se relaciona con el

agua potable y el saneamiento y que plantea las siguientes metas para el 2015:

- . Reducir a la mitad el porcentaje de personas que carezcan de acceso al agua potable.
- . Reducir a la mitad el porcentaje de personas que carezcan de acceso al saneamiento.

Estas metas significan, respectivamente, facilitar el acceso al agua potable y al saneamiento apropiado a 274.000 y 342.000 personas más cada día. Alcanzarlas tendrá un enorme costo y estarán probablemente entre los desafíos más importantes de los próximos años.

Para enfrentar este reto, el Global Water Partnership plantea trabajar con vistas a la seguridad hídrica a todo nivel, desde los hogares hasta la sociedad en su conjunto, para que toda persona tenga acceso a suficiente agua potable, a un precio asequible que le permita llevar una vida limpia, sana y productiva, y contar al mismo tiempo con un ambiente protegido y saludable.

La seguridad hídrica también exige que los servicios que explotan los recursos para la supervivencia y el bienestar humano, la agricultura y otras iniciativas económicas se desarrollen y administren en forma integrada, equitativa y eficaz.

1.1.2 AGUA SIN DISCRIMINACIÓN

El derecho humano al agua otorga derecho a todos a contar con agua suficiente, a precio asequible, físicamente accesible, seguro y de calidad aceptable para usos personales y domésticos.

En noviembre del año 2002 se marcó un hito en la historia de los derechos humanos, ya que por primera vez contar con agua segura fue reconocido de forma explícita como un derecho humano fundamental. (Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas)

Sin el acceso equitativo a un requerimiento mínimo de agua potable, otros derechos fundamentales serían inalcanzables, como el derecho a un nivel de vida adecuado para la salud y para el bienestar, así como los derechos civiles y políticos.

Los 145 países que ratificaron el Pacto Internacional velarán para que la población entera tenga progresivamente acceso a agua potable segura y a instalaciones de saneamiento, de forma equitativa y sin discriminación. Además, los gobiernos de estos países deberán **adoptar estrategias** y planes de acción nacionales que les permitan "aproximarse de forma rápida y eficaz a la realización total del derecho a tener agua".

Estas estrategias deberán tener las siguientes características:

- . Estar basadas en leyes y principios de los derechos humanos.
- . Abarcar todos los aspectos del derecho al agua y las correspondientes obligaciones de los países.
- . Definir objetivos claros.
- . Fijar las metas y los plazos requeridos.
- . Formular políticas adecuadas y los correspondientes indicadores.

La obligación de los gobiernos se encuadra de manera amplia en los principios de respeto, protección y satisfacción de las necesidades humanas a fin de que se abstengan de adoptar cualquier conducta que interfiera con el goce de ese derecho, por ejemplo, prácticas que nieguen el acceso igualitario al agua potable o que contaminen ilegalmente el agua por medio del vertido de desechos.

Situación que es importante porque ofrece una pauta para que la sociedad civil pueda responsabilizar a los gobiernos respecto al cumplimiento del acceso equitativo al agua.

También brinda un marco para asistir a los gobiernos a fijar políticas y estrategias eficaces que se traduzcan en beneficios reales para la salud y la

sociedad y centra la acción en los grupos más perjudicados, los pobres y los vulnerables.

1.2 LA IMPORTANCIA DEL AGUA PARA LA VIDA

A través del tiempo, los países así como sus expertos han mostrado en diversos foros preocupación por la carencia de agua dulce y por la generación sin uso de las aguas residuales tratadas, como se aprecia seguidamente:

Hitos sobre el agua y el saneamiento

2003	Año Internacional del Agua Dulce Tercer Foro Mundial del Agua (Kyoto, Japón)
2002	Cumbre Mundial del Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, Sudáfrica)
2001	Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce (Bonn, Alemania)
2000	Segundo Foro Mundial del Agua (La Haya, Holanda) Quinto Foro Mundial del Consejo de Colaboración para el Abastecimiento de Agua Saneamiento (Foz de Iguazú, Brasil)
1992	Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (Dublín, Irlanda) Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Río de Janeiro, Brasil)
1981-1990	Decenio Internacional del Agua Potable y Saneamiento
1977	Conferencia Internacional del Agua (mar del Plata, Argentina)

1.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA LIMPIA

a. COBERTURA

Significa que el agua debe llegar a todas las personas sin restricciones. Nadie debe quedar excluido del acceso al agua de buena calidad.

No obstante, actualmente en el mundo 1.100 millones de personas carecen de instalaciones necesarias para abastecerse de agua y 2.400 millones no tienen acceso a sistemas de saneamiento.

En América Latina y el Caribe, alrededor de 130 millones de personas carecen de conexiones domiciliarias de agua potable, 255 millones no tienen conexiones de alcantarillado y solamente 86 millones están conectadas a sistemas de saneamiento adecuados.

La cobertura total de agua potable es de 84,59%. De esta proporción, 92,98% corresponden al área urbana y 61,22% a la rural, lo que refleja una real desigualdad en el acceso. Los porcentajes de población sin servicio de agua potable son cinco veces más altos en las zonas rurales que en las urbanas.

En la relación entre pobreza y enfermedad, el agua y el saneamiento insuficiente constituyen a la vez la causa y el efecto: los que no disponen de un servicio de agua suficiente son generalmente los más pobres. Si se pudiera abastecer a esta población con un servicio básico de agua potable y saneamiento, la morbilidad por diarrea se reduciría en 17% anual.

b. CANTIDAD

Se refiere a la necesidad de que las personas tengan acceso a una dotación de agua suficiente para satisfacer sus necesidades básicas: bebida, cocina, higiene personal, limpieza de la vivienda y lavado de ropa.

El volumen total de agua en la Tierra es de aproximadamente 1.400 millones de km³, de los cuales solo 2,5% alrededor de 35 millones de km³ corresponden al agua dulce. La mayor parte del agua dulce se encuentra en forma de nieve o hielos perennes, ubicados en la región antártica y en Groenlandia, y en profundos acuíferos o conductos de aguas subterráneas.

Las principales fuentes de agua para uso humano son los lagos, los ríos y los acuíferos poco profundos. La parte aprovechable de esas fuentes es aproximadamente de solo 200.000 km³; es decir, menos del 1% del total de agua dulce y solo 0,01% del agua total del planeta.

La población aumenta y el consumo también, pero la cantidad de agua disponible permanece prácticamente constante. Su escasez podría representar un serio obstáculo para el desarrollo a lo largo del presente milenio.

C. CALIDAD

Con calidad del agua de consumo nos referimos a que el agua se encuentre libre de elementos que la contaminen y se conviertan en un vehículo para la transmisión de enfermedades.

Por su importancia para la salud pública, la calidad del agua merece especial atención.

Sin embargo y sobre todo en los países en desarrollo a este problema se le ha prestado poca atención en comparación con otros aspectos como la cobertura.

Entre las fuentes de contaminación pueden citarse las aguas residuales no tratadas, los efluentes químicos, las filtraciones y derrames de petróleo, el vertimiento de minas y productos químicos agrícolas provenientes de los campos de labranza que se escurren o se filtran en el terreno. Más de la mitad de los principales ríos del planeta están contaminados, por lo que degradan y contaminan los ecosistemas y amenazan la salud y el sustento de las personas que dependen de ellos.

A pesar de los progresos hechos en los últimos años, en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe todavía se pueden observar problemas de calidad del agua, por lo general a consecuencia de deficiencias en la operación y mantenimiento de los servicios.

Algunos de los factores que contribuyen a deteriorar la calidad del agua son los siguientes: sistemas que funcionan de manera intermitente, plantas de tratamiento poco eficientes, ausencia de desinfección o existencia de problemas en este proceso, redes de distribución precarias, conexiones

domiciliarias clandestinas o mal hechas y falta de higiene en el manejo del agua por parte de los usuarios.

d. CONTINUIDAD

Este término significa que el servicio de agua debe llegar en forma continua y permanente. Lo ideal es disponer de agua durante las 24 horas del día. La no continuidad o el suministro por horas, además de ocasionar inconvenientes debido a que obliga al almacenamiento intradomiciliario, afectan la calidad y puede generar problemas de contaminación en las redes de distribución.

e. COSTO

El agua es un bien social pero también económico, cuya obtención y distribución implica un costo. Este costo ha de incluir el tratamiento, el mantenimiento y la reparación de las instalaciones, así como los gastos administrativos que un buen servicio exige.

Aunque cada vez hay más personas que entienden que el agua tiene un precio, todavía hay quienes se resisten a aceptar las tarifas y también persisten las discrepancias sobre cuánto deben pagar por este servicio los pobres.

Estos problemas son más profundos en los países en desarrollo, donde las tarifas suelen estar por debajo del costo de la prestación y no se cobra de manera uniforme. La baja recaudación impide expandir el servicio a áreas no atendidas y limita los gastos de mantenimiento, tratamiento y control de la calidad del agua.

Como resultado, grandes sectores de la población deben recurrir a otros medios para abastecerse de agua, algunos consumen agua de fuentes contaminadas, otros captan el recurso mediante conexiones clandestinas, pero la mayoría la compra a pequeños proveedores que cobran altos precios por transportar el agua hasta los barrios pobres.

Algunos estudios demuestran que esos precios pueden llegar a ser de 4 a 10 veces superiores a los que pagan las personas abastecidas por el servicio.

Irónicamente, quienes no están conectados a la red pública, en su mayoría los más pobres, tienen que pagar costos más elevados por el agua.

f. CULTURA HÍDRICA

Es un conjunto de costumbres, valores, actitudes y hábitos que un individuo o una sociedad tienen con respecto a la importancia del agua para el desarrollo de todo ser vivo, la disponibilidad del recurso en su entorno y las acciones necesarias para obtenerla, tratarla, distribuirla, cuidarla y reutilizarla.

Esta cultura implica el compromiso de valorar y preservar el recurso, utilizándolo con responsabilidad en todas las actividades, bajo un esquema de desarrollo sustentable.

Si queremos garantizar el agua para las próximas generaciones, debemos tomar en cuenta los valores que forman la cultura del agua; el respeto al ambiente y la solidaridad hacia los demás, porque el agua que se desperdicia es la que hace falta a otras personas; la responsabilidad de usar correctamente el recurso hídrico y pagar el precio justo por él; la sabiduría para emplear la tecnología adecuada y la voluntad de desarrollar una gestión eficiente.

La cultura hídrica atañe a las actitudes y al comportamiento de la población en general, así como de las autoridades y de todos los actores sociales.

1.2.2 AGUA, SANEAMIENTO, HIGIENE Y CONSERVACIÓN DEL

AMBIENTE: PILARES PARA LA SALUD

Más de 2,2 millones de personas en el mundo, en su mayoría niños menores de cinco años, mueren a causa de enfermedades diarreicas vinculadas al agua insegura. Estas enfermedades y muertes relacionadas con el agua son una tragedia que podemos evitar.

Los agentes de enfermedad como las bacterias, virus, vectores y gusanos comparten el ambiente con los seres humanos. Pero contraer una enfermedad

transmitida por ellos depende en gran parte de nuestras prácticas. ¿Cómo se relacionan el agua, los agentes de enfermedad y los seres humanos?

1.2.3 EL HOMBRE DEBE PRESERVAR Y CUIDAR EL AGUA PARA QUE DURE SIEMPRE

La única manera de garantizar que el agua pueda satisfacer las necesidades de las generaciones actuales y futuras es preservarla y cuidarla para que no se agote.

Sabemos que el agua es un recurso renovable pero finito y escaso y que debe satisfacer no solo las necesidades de las personas sino también las de las demás formas de vida del planeta. Actualmente, la disponibilidad de agua dulce constituye uno de los grandes problemas que enfrenta el mundo, porque la cantidad de agua existente para todos los usos ha comenzado a escasear y ello conduce a una crisis.

Todo indica que la crisis del agua empeorará en el presente milenio debido al aumento de la demanda por el crecimiento demográfico, el desarrollo industrial y la expansión de los cultivos de regadío, pero también por el uso de tecnologías inapropiadas, la contaminación creciente de las fuentes, el desperdicio o derroche y los cambios climáticos.

La crisis del agua es sobre todo un problema de gestión de los recursos hídricos a causa del uso de métodos inadecuados y de actitudes y comportamientos de los gobiernos y de la población en general, que aún no toman conciencia de la magnitud del problema.

Todo ello desemboca en una inercia e incapacidad para tomar medidas correctivas oportunas y necesarias para solucionar los problemas.

Consiguientemente, en la actualidad se hace imperiosa la necesidad de sensibilizar a la población sobre la importancia de la conservación del agua, su estrecha relación con la salud y el desarrollo sostenible.

Luego, es importante involucrar a las autoridades nacionales, organismos gubernamentales, agencias internacionales, ONG, empresas privadas y la comunidad en general en las diferentes actividades para sensibilizar y comprometerlos a la urgente solución de los problemas relacionados con el agua, por la fragilidad de su situación en el mundo, en términos de cantidad, calidad, cobertura, costo y continuidad, buscando destacar cómo contribuye a esta situación la falta de una cultura hídrica que promueva la gestión eficiente, el ahorro, el cuidado, la preservación, la higiene y el reconocimiento del valor económico y social del agua lo que afecta finalmente a la salud de la población, particularmente la de los más pobres.

1.2.4 DESAFÍOS PARA RESOLVER LA CRISIS DEL AGUA EN EL PRESENTE MILENIO

La Declaración Ministerial de La Haya de marzo del año 2000 aprobó siete desafíos como base de la acción futura, que luego fueron ampliados a 11. Su cumplimiento es responsabilidad de todos:

1. Cubrir las necesidades humanas básicas; asegurar el acceso al agua y a servicios de saneamiento en calidad y cantidad suficientes.
2. Asegurar el suministro de alimentos; sobre todo para las poblaciones pobres y vulnerables, mediante un uso eficaz del agua.
3. Proteger los ecosistemas, asegurando su integridad a través de una gestión sostenible de los recursos hídricos.
4. Compartir los recursos hídricos promoviendo la cooperación pacífica entre diferentes usos del agua y entre Estados, a través de enfoques tales como la gestión sostenible de la cuenca de un río.
5. Administrar los riegos: ofrecer seguridad ante una serie de riesgos relacionados con el agua.
6. Valorar el agua: identificar y evaluar los diferentes valores del agua (económicos, sociales, ambientales y culturales) e intentar fijar su precio para recuperar los costos de suministro del servicio teniendo en cuenta la equidad y las necesidades de las poblaciones pobres y vulnerables.

7. Administrar el agua de manera responsable, implicando a todos los sectores de la sociedad en el proceso de decisión y atendiendo a los intereses de todas las partes.
8. El agua y la industria: promover una industria más limpia y respetuosa de la calidad del agua y de las necesidades de otros usuarios.
9. El agua y la energía: evaluar el papel fundamental del agua en la producción de energía para atender las crecientes demandas energéticas.
10. Mejorar los conocimientos básicos, de forma que la información y el conocimiento sobre el agua sean más accesibles para todos.
11. El agua y las ciudades: tener en cuenta las necesidades específicas de un mundo cada vez más urbanizado.

1.3 LA IMPORTANCIA DE LA TOMA DE DECISIONES OPORTUNAS EN EL MANEJO DEL AGUA

Los involucrados a quienes les competen el uso y reuso de las aguas, llámese el gobierno central los gobiernos regionales y locales así como el universo socio económico del mundo, tienen en sus manos la grave responsabilidad de tomar decisiones para que el líquido elemento no se agote, trazando objetivos y metas claras, y aún más responsabilizando y penalizando a todo aquel que incumple lo normado. Lo que implica que toda acción que se emprenda debe pasar necesariamente por un estudio de conservación de la naturaleza.

Para tener una idea de lo que ocurre con los recursos hídricos que conforma el del planeta tierra, se debe tener presente que:

Una escasez de agua se cierne sobre tres aspectos fundamentales del bienestar humano: la producción de alimentos, la salud y la estabilidad política y social.

Igualmente, la escasez de agua dulce es uno de los siete problemas ambientales fundamentales presentados en el Informe Perspectivas del medio Ambiente mundial del PNUMA, ya que se agravan en las zonas que ya son

áridas (menos lluvias y mayor evaporación) por el efecto del cambio climático sobre el ciclo hidrológico y su disponibilidad..

En Anexo adjunto se aprecia en resumen la problemática del agua que rodea el planeta tierra, cuya escasez y falta de tratamiento en los países en desarrollo las hace más evidente a la propensión a las enfermedades, siendo también evidente que los grupos más pobres son los más vulnerables a ellas.

1.4 PROBLEMÁTICA Y PROYECTOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LIMA METROPOLITANA, EL CALLAO Y RESTO DEL PAÍS

En la actualidad existe una preocupación común entre el sector privado como en el público, para el tratamiento de las aguas residuales, cuya existencia se hace insostenible no solo para la tranquilidad de la población si no que incide directamente en la salud humana, por el entorno indeseable que se genera y también porque las actividades productivas de alimentos sobre todo procedentes de las aguas continentales y del mar se ven afectadas. Es por ello, que se han proyectado grandes proyectos a lo largo de la costa del país, muchos de los cuales intentan resolver este mal creciente, pero que cuya efectividad deberá evaluarse recién a su culminación; así tenemos:

a. EL EMISOR SUBMARINO EN PISCO (ICA)

En Junio del 2005, las siete fábricas pesqueras de este lugar pusieron en funcionamiento un emisor submarino de más de 13 Km. de longitud para arrojar sus residuos mar adentro, con una inversión de US\$ 8 millones.

b. EL INTERCEPTOR NORTE EN LIMA METROPOLITANA

Consiste en la instalación de tubería para evacuación de aguas servidas desde el Colector Costanero hasta la Playa Taboada y posterior descarga al mar. La meta física de Julio 2004 a Diciembre 2007 es la

instalación de 17 Km con una inversión de **S/. 156.2 millones**, beneficiando a la población de los distritos de San Miguel, Bellavista, La Perla, Carmen de la Legua y Callao.

c. LA PLANTA DE SAN BARTOLO EN EL SUR DE LIMA METROPOLITANA

Es parte de un proyecto integral para tratar los desagües de Lima (Proyecto MESIAS). En diciembre del 2007 se pone en funcionamiento la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) San Bartolo, en el Distrito de Lurín, para procesar 1.7 m³/seg. de aguas servidas arrojadas antes en la zona de La Chira, en Chorrillos, contribuyendo a recuperar la calidad de las aguas en las playas del sur y de la Costa Verde, así como de los productos hidrobiológicos en la zona de pesca y, reducir así la incidencia de enfermedades gastrointestinales.

En su construcción se han invertido 136 millones de dólares, y es el primero de siete megaproyectos que conforman el “Plan Aguas Limpias”, con un costo de US\$ 500 millones de inversión. Los otros son: una planta de tratamiento preliminar, tres plantas de tratamiento de aguas residuales, 33 kilómetros de grandes sifones (colector), y otros 22 kilómetros de líneas de conducción, y finalmente, el primer emisor submarino de 800 m, que funciona también como rebose de la planta de San Juan de Miraflores. Varios de ellos ya son una realidad pero falta su interconexión. La planta en un inicio beneficiará a **775,526** habitantes.

d. PROYECTOS FUTUROS

En Chimbote, las fábricas pesqueras plantean construir un emisor submarino de 7 Km. con una inversión de US\$ 13 millones para desechos (sanguaza, agua de cola y el agua de bombeo) previamente tratados. Se estima que la construcción demorará al menos 400 días y falta el aval del Ministerio de la Producción, Sociedad Nacional de Pesquería y autorizaciones del MINSa y del CONAM.

En Paracas, se ha formulado un Plan estratégico para recuperar la Bahía de Paracas con intervención de entidades gubernamentales, donde entre otros proyectos se implementará uno para el vertimiento de desagües.

En Lima Metropolitana, para la instalación de la **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Taboada**, en el distrito de Ventanilla, en el mes de Febrero del presente año 2009 se otorgó la buena pro de la concesión del proyecto a la empresa ACS Servicios, Comunicaciones y Energía de España, que demandará una inversión superior a los S/. 1,000 millones y cuyas obras se iniciarían a fines del año, habiendo ofrecido construirla en 26 meses. La empresa logró la concesión por 25 años al ofrecer cobrar una tarifa de S/. 0.2277 por metro cúbico de agua tratada.

Se tratará el 60% de las aguas residuales que se generan en 27 distritos de Lima y Callao y beneficiará a más de cuatro millones de peruanos, tratando 442 millones de metros cúbicos de aguas servidas al año, provenientes del Interceptor Norte, del Colector Comas – Chillón y de Sarita Colonia.

Según el Consorcio Taboada, participante en esta licitación, la propuesta técnica que obtuvo la buena pro no ofrece ningún tratamiento de las aguas residuales, sino **apenas un sistema preliminar para suprimir los residuos y material flotante que se verterían al mar por medio de una tubería**, es decir, el agua vertida no cumpliría con los límites establecidos en el decreto DS- 042 2008 PCM donde se estipula el límite permisible para el parámetro de coliformes fecales con un valor de 10,000 NMP/100 ml para el efluente de la Planta de Taboada, que se logra mediante la construcción de una planta de decantación y clarificación adicional, con desinfección final y alta eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes fecales, y se seguirá dañando el medio ambiente, causando graves riesgos para la salud de las personas y de las especies marinas. Y tampoco se ha contemplado la reutilización del agua residual tratada.

Posición contradictoria con lo sostenido por Proinversión que señala que las Bases para la Concesión del Proyecto de la Planta Taboada no contemplaba la reutilización de aguas, aclarando que el incremento de las tarifas será sólo del ocho por ciento. El argumento esgrimido es que “Las bases no solicitaban una reutilización de las aguas. ¿Por qué? Porque primero hay que tratar esta agua, y luego pasar a una etapa de reutilización, y porque de golpe hubiera encarecido mucho el proyecto, **lo que habría significado un mayor impacto en las tarifas que pagan los usuarios.**

Vale decir, con la concesión otorgada se ha perdido una gran oportunidad para que las aguas residuales tratadas se reutilicen, no habiéndose comparado integralmente con los beneficios y costos que significa producir agua potable, primando en este sentido más un aspecto político que técnico. De haberlo hecho, el agua potable producida habría llegado a zonas donde no llega actualmente y consecuentemente favorecido a mayor población y el agua residual tratada se habría incentivado a utilizar en grandes proyectos agropecuarios sobre todo de la costa del país.

Como se aprecia, no obstante las grandes inversiones previstas o realizadas, no se ha solucionado totalmente el tema de las aguas residuales, no encontrándose dentro del sector público una programación consistente para ejecutar las obras, notándose en cambio que se viene trabajando sin ninguna priorización.

Aún más, el actual gobierno viene promocionando programas de vivienda a nivel nacional para las clases más necesitadas, los cuales sin bien son necesarios para elevar la calidad de vida de la población, sin embargo no se considera en la misma medida el aspecto de saneamiento integral, en particular sobre tratamiento de las aguas residuales domésticas, dado que las Empresas Prestadoras de Servicios afrontan serias limitaciones para la ampliación de los sistemas existentes, desde la captación hasta el tratamiento y disposición final de tales efluentes. Consecuentemente, tampoco se toca en algún lugar de

dichos programas promocionados, la situación de la reutilización de las aguas residuales previamente tratados.

En Resumen, ¿será conveniente socio económicamente el tratamiento de las aguas residuales para luego reutilizarlas en áreas verdes? ¿Y, será necesario también sistematizar las decisiones del reuso de aguas residuales tratadas en sustitución de agua limpia para áreas verdes?

1.5 JUSTIFICACION PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y REUSO

Toda agua servida o residual debe ser tratada tanto para proteger la salud pública como para preservar el medio ambiente y más aún si se le quiere reutilizar. Antes de tratar cualquier agua servida debemos conocer su composición. Esto es lo que se llama caracterización del agua. Permite conocer qué elementos químicos y biológicos están presentes y da la información necesaria para que los expertos en tratamiento de aguas puedan diseñar una planta apropiada al agua servida que se está produciendo.

Para superar la dificultad que supone generalizar esta valoración al no existir dos aguas residuales iguales, debería estimarse **la carga contaminante** contenida en estas para dimensionar la planta de tratamiento. Pero, en el país por diseños mal concebidos de los colectores que mezclan todo tipo de aguas residuales se hace dificultosa valorar la carga contaminante, resultando en consecuencia que las plantas de tratamiento instaladas sean genéricas y no especializadas, ya que las procedentes de las viviendas no son iguales a las que generan los lavaderos de vehículos, ni al de las industrias por ej., por lo que en algunos países europeos emplean conceptos como el de “**poblacion equivalente**”. Este valor se deduce dividiendo los Kgr. de DBO (demanda biológica de oxígeno) contenidos en las aguas residuales correspondiente a la producción de una unidad determinada, por la DBO que aporta un habitante por día, aprox. un valor medio de 60 gr. Y esto es solo para una contaminación de carácter orgánico, pero que a la hora de dimensionar la planta de tratamiento será necesario tomar en cuenta a los Sólidos en Suspensión.

En Francia se basaron en los parámetros de DQO, DBO y SS para el cálculo del canon de vertido. En Francia y Cataluña existen tablas que establecen el canon de vertido industrial en función de la producción de la actividad o el número de operarios.

En el país, a través de la Resolución N° 0291-2009-ANA de fecha 01 de Junio del 2009 donde se dan disposiciones para respecto al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y de reusos de aguas residuales tratadas, en su Artº. 4 clasifica los cuerpos de agua de acuerdo a su calidad ya sean terrestres o marítimas respecto a sus usos, de la siguiente manera:

- I. Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.
- II. Aguas de abastecimientos domésticos con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.
- III. Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
- IV. Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares)
- V. Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos.
- VI. Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativo o comercial.

Y seguidamente se establece en su Artº 5, los valores límite para los diferentes cuerpos de agua, los mismos que están referidos a:

- a. Límites bacteriológicos (coliformes fecales)
- b. Límites de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y de oxígeno disuelto (OD).
- c. Límites de sustancias potencialmente peligrosas (metales)
- d. Límites de sustancias o parámetros potencialmente perjudiciales (grasas, detergentes y carbonos activos)

El mayor detalle se puede observar en el referido dispositivo, donde se precisa además que dichos valores regirán solo hasta el 31 de Marzo del 2010. Al respecto, si bien la encargada de autorizar el uso de dichas aguas residuales tratadas será la Autoridad Autónoma del Agua, se menciona en la Cuarta

Disposición Complementaria que en tanto no exista normatividad de calidad se aplican las Directrices Sanitarias de la Organización Mundial de la Salud u otras normas internacionales que el Ministerio de Salud establezca

En las normas actuales, si bien se establecen los límites bacteriológicos para los diferentes usos, más no se contemplan los estándares microbiológicos que garanticen, por ejemplo, que el agua residual tratada y utilizada en los parques y jardines sea la adecuada, por lo que se propicia la contaminación del entorno urbano afectando su salubridad, teniendo incluso menos cuidado en las actividades agropecuarias, donde mayormente se utiliza este recurso.

En efecto, como complemento a este tema es necesario indicar las enfermedades asociadas al agua; de acuerdo a lo informado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS en su documento denominado: **El costo social de las enfermedades infecciosas**, estas enfermedades se dividen en:

- **Las transmitidas por el agua:** originadas por el agua contaminada con desechos humanos, animales o químicos, que incluyen el cólera, la fiebre tifoidea, la shigella, la poliomiелitis, la meningitis, la hepatitis y la diarrea; siendo la diarrea, la que ha provocado más muertes de niños en los últimos 10 años que todos los conflictos armados ocurridos después de la segunda guerra mundial. Así solo en el año 2001 murieron 1,96 millones de personas a causa de diarrea infecciosa, de los cuales 1,3 millones eran niños.
- **Las que tienen como base el agua:** causadas por organismos acuáticos que pasan parte de su vida en el agua y parte como parásitos de animales; las enfermedades son causadas por gusanos denominadas helmintos; se refiere que 88 millones de menores de 15 años se infectan cada año con la esquistosomiasis.
- **Las de origen vectorial relacionadas con el agua:** transmitidas por vectores como los mosquitos y la mosca tse tse, que infectan al hombre

produciendo la malaria, fiebre amarilla, dengue, enfermedad del sueño y filariasis. Solo la malaria causa al menos 300 millones de casos de enfermedad aguda cada año.

- **Las vinculadas a la escasez del agua**, incluyen al tracoma y la tuberculosis. Se propagan por condiciones de escasez de agua dulce y sanidad deficiente. Según estimados de SEDAPAL, al año 2007, en el mundo 500 millones de personas padecen de escasez de agua potable y 2 200 millones de habitantes de los países subdesarrollados mueren anualmente por enfermedades relacionadas a la falta de agua potable.

Las enfermedades pueden controlarse con una mejor higiene, para lo cual es imprescindible disponer de suministros adecuados de agua potable y sistemas de saneamiento utilizando tecnologías apropiadas, para recolectar, tratar y disponer las aguas residuales.

Teniendo presente que el agua residual es basura líquida generada en los baños, cocinas, etc., e incluye algunas aguas sucias provenientes de industrias y comercios que son desechadas mayormente en las alcantarillas y en la sierra se considera también a las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno que drenan por dichas alcantarillas. Este elemento tiene contenidos importantes de excretas humanas (fecales y orinas) y pueden transportar numerosos microorganismos (bacterias, virus y parásitos) patógenos. No obstante, suelen ser descargadas inadecuadamente en el río y en el mar, no sólo pudiendo producir epidemias graves sino también causar la muerte de la fauna, especialmente peces, debido a que consumen oxígeno. En el gráfico siguiente N° 1.4.1, se aprecia el color oscuro de las aguas residuales originadas en las ciudades que se vierten al mar, dañando el medio ambiente.

GRÁFICO N° 1.4.1
SALIDA DE COLECTOR Y DISPOSICIÓN FINAL EN LA RIBERA DEL RÍO
RÍMAC CERCA DE LA DESEMBOCADURA AL MAR



En el **Gráfico N° 1.4.2** se muestra el efecto de desagües que contienen desechos industriales descargados directamente en una playa de la Bahía de Chimbote, evidenciando además de la contaminación, desolación y abandono. Los desechos industriales contienen sustancias amoniacales y de otros tipos que eliminan el oxígeno del agua y, a su vez, la vida de flora y fauna en el entorno.

GRÁFICO N° 1. 4.2

SALIDA DE COLECTOR Y DISPOSICIÓN FINAL EN LA PLAYA



En el entorno urbano, el crecimiento de diversas actividades económicas, va en desmedro de la agrícola, que ya no encuentra las suficientes aguas superficiales para regar tierras y tiende a emplear aguas residuales domésticas sin tratamiento ni calidad respectiva, tornándose nocivo el riego de hortalizas y cultivos destinado para el consumo humano por la alta concentración de parásitos y coliformes fecales. Esta situación se agrava aún más en poblaciones con enfermedades infecciosas localizadas en las zonas más pobres que utilizan como única alternativa de riego sus propias aguas residuales sin tratar en cultivos de pan llevar.

En el **Cuadro N° 1.4.1** se muestra la dotación de agua establecida con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) para consumo familiar de cinco miembros en promedio y el uso que se le da en el hogar, según información proporcionada por SEDAPAL.

De este volumen, según el RNE, el 80%, se destina a desagües.

CUADRO Nº 1.4.1
CONSUMO PROMEDIO DE AGUA
FAMILIA DE CINCO PERSONAS

Concepto	Cantidad: litros por día
Limpieza de casa	50
Beber y cocinar	20
Lavado de manos y cara	75
Uso del inodoro	175
Lavado de la ropa	225
Uso de la ducha	175
Lavado de los platos	30
Total	750
Promedio por persona	150

Fuente: SEDAPAL, Reglamento Nacional de Edificaciones

Se debe tener presente que en Lima Metropolitana, hay distritos como San Borja, La Molina, San Isidro, Miraflores y Santiago de Surco que consumen por familia más que el promedio señalado, así como el doble del agua potable que consumen los de Santa Rosa, Villa el Salvador, Puente Piedra y Ventanilla, atribuido a la mayor presencia de áreas verdes y jardines, la mayor cantidad de tomas de agua en las viviendas, los hábitos de consumo, el mayor número de sanitarios, etc., y porque fundamentalmente este último bloque de distritos tiene una población que utiliza el agua racionadamente por su misma condición socioeconómica, aunado a que no hay abastecimiento de agua en determinadas horas del día.

Sin embargo, en estos últimos distritos también presentan altos porcentajes de desperdicios de agua por fugas en instalaciones sanitarias intradomiciliarias (inodoros, tuberías, caños) e irregularidades de abastecimiento que induce a

dejar caños abiertos en espera de agua para llenar recipientes domésticos, motivo por el cual su disposición a que se instalen micro medidores es menor.

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - CEPIS al año 2003, en América Latina, el 94% del agua residual se descarga en los cuerpos de agua o se usa sin tratamiento previo para riego. Dos millones y medio de hectáreas se riegan con agua contaminada y de los 600 m³/s de agua residual que se recolectan solo 36 m³ /s (6%) reciben tratamiento adecuado para ser dispuestas en cuerpos de agua o campos agrícolas, situación que viene originando una gran incidencia de enfermedades infecciosas por la pésima calidad del agua y siendo la principal causa de mortalidad y morbilidad infantil. Los agricultores utilizan estas aguas cuando pueden, tomándolas de acequias o perforando colectores, porque no pagan ni solicitan autorización y porque contiene a la vez abundante materia orgánica nutriente.

1.6 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un modelo socio económico de decisión sobre el uso de las aguas residuales domésticas tratadas con fines productivos y de servicio.

1.6.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Identificar las condiciones socio económicas en las cuales sean comparables y sustituibles las aguas residuales tratadas con respecto al agua potable no destinada para consumo humano.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1 MARCO SITUACIONAL

El proceso de desarrollo científico de un país guarda un elevado nivel de congruencia con su desarrollo político y social; bajo el punto de vista económico en general está conformado por aquellos en los que la ciencia ha alcanzado un nivel de desarrollo y donde “hacer ciencia” como actividad socialmente valorizado, es considerado fundamental por la sociedad, especialmente por los sectores responsables de la Gestión de los recursos y los servicios públicos o sea por el estado.

El gobierno peruano para atender los problemas de abastecimiento de agua potable y evaluación y disposición final de aguas servidas, crea el servicio Nacional de abastecimiento de agua potable y alcantarillado SENAPA, mediante el decreto legislativo N° 150 el 12 de Junio de 1981 encargándole ejecutar la política de Estado en el desarrollo, control, operación y mantenimiento de los servicios de agua potable urbana o nivel nacional en los aspectos de planeamiento; programación, financiamiento; normatividad; preparación de proyectos; ejecución de obras y asistencia técnica, y evaluación de resultados.

Una forma de enfrentar la situación planteada, es proponiendo soluciones creativas y de costos relativamente económicos; en el caso del Perú ya se vienen haciendo muchas investigaciones por entidades públicas y privadas desde hace un buen tiempo y con óptimos resultados, pero por razones eminentemente financieras o políticas, hasta ahora no se ha llegado formalizar en un plan para ejecutar tales investigaciones para poder así ampliar la base de los beneficiarios.

En este sentido podemos sostener que:

- Hay carencia de una política de investigaciones permanentes en las instituciones públicas y particulares en nuestro medio.

- Las investigaciones que se hacen son estudios dentro de proyectos realizados con un sentido de urgencia.
- El organismo encargado de apoyar y orientar las investigaciones del país como es CONCYTEC, no tiene como prioridad el aspecto de agua y saneamiento ambiental como tema fundamental para la vida económica del país.
- La priorización en la investigación en la producción de agua, reuso de las aguas servidas, operación y mantenimiento del sistema integral, debe constituir una política de estado.

2.2 DEFINICIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

A las aguas negras también se les denomina **aguas servidas**, **aguas residuales**, **aguas fecales**, o **aguas cloacales**. **Son residuales**, porque habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen, y cloacales porque son transportadas mediante cloacas (del latín *cloaca*, alcantarilla), nombre que se le da habitualmente al colector. Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno. También en la literatura ambiental las aguas residuales que se desaguan se denominan como **Vertidos**. Definiciones tomadas de Wikipedia: *GNU Free Documentation License* o GFDL

La Quinta Disposición Complementaria de la Resolución N° 0291-2009-ANA de fecha 01 de Junio del 2009, distingue las definiciones de aguas residuales domésticas y residuales municipales:

Señala que: el agua residual doméstica, es el agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.

Y el agua residual municipal, es el agua residual doméstico que puede incluir la mezcla con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial siempre que estas cumplan **con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado** de tipo combinado.

Al respecto sobre dichas definiciones habría que señalar que en realidad todo residuo es producto de la actividad humana, directa o indirectamente, por lo que es observable que se mencione a **otros** desechos provenientes de la actividad humana, y de otro lado, no es común que algún municipio cuente con normas que exijan requisitos de los efluentes descargados en las alcantarillas, por lo que en principio se debe detallar a que requisitos se refiere para posteriormente exigir que exista la normatividad pertinente.

Los componentes y variables físicas, químicas y biológicas que tienen las aguas residuales, según lo definido por METCALF & EDDY INC, se indican a continuación:

CUADRO N° 2.3.1

COMPONENTES Y VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS QUE TIENEN LAS AGUAS RESIDUALES

Característica	Variables	Procedencia	
Propiedades Físicas	Color	Aguas Residuales (AR) domésticas e industriales, desintegración natural de materiales orgánicos.	
	Olor	AR en descomposición, vertimientos industriales.	
	Sólidos	Aguas de suministro, AR domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas	
	Temperatura	AR domésticas e industriales	
Constituyentes Químicos			
Orgánicos	Carbohidratos	AR comerciales e industriales	
	Grasa animal y aceite	AR domésticas, comerciales e industriales.	
	Pesticidas	Residuos agrícolas	
	Fenoles	Vertidos industriales	
	Proteínas	AR domésticas y comerciales	
	Agentes termo activos	AR domésticas e industriales	
	Otros	Desintegración natural de materiales orgánicos	
	Inorgánicos	Alcalinidad	AR domésticas, agua de suministro, infiltración de aguas subterráneas
		Cloruros	Agua de suministro, AR domésticas, infiltración de aguas subterráneas
		Metales pesados	Vertimientos industriales, AR domésticas y residuos agrícolas
Nitrógeno		AR domésticas y residuos agrícolas	
PH		Vertimientos industriales	
Fósforo		AR domésticas, industriales, escorrentía residual	
Azufre		Aguas de suministro, aguas residuales, domésticas e industriales	
Compuestos tóxicos		Vertidos industriales	
Constituyentes Gaseosos	Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de AR domésticas	
	Metano	Descomposición de AR domésticas	
	Oxígeno	Agua de suministro, infiltración del agua superficial	
Constituyentes Biológicos	Animales	Cursos de Aguas y Plantas de Tratamiento	
	Plantas	Cursos de Aguas y Plantas de Tratamiento	
	Protistos	AR domésticas, Plantas de Tratamiento	
	Virus	AR domésticas	

FUENTE: METCALF & EDDY INC.

Lo anterior nos permite afirmar que al tener las aguas residuales diferentes naturaleza tienen también diversidad de elementos nocivos para la salud humana, por lo que es necesario analizar el origen y componentes de cada efluente, a los efectos de plantear soluciones en las plantas de tratamiento a diseñar, para procesar tales aguas residuales.

En general, en las ciudades de la costa después de la recolección en los colectores, las aguas residuales se vierten en el mar. Y en las ciudades de la sierra van de frente a las quebradas y/o a los ríos.

Se debe señalar, que en las áreas rurales medianamente desarrolladas si bien tienen los servicios de agua y desagüe, las aguas residuales van de frente a unos tanques sépticos y de aquí por filtración se dirigen a las áreas aledañas y algunos a las quebradas y ríos circundantes.

Y, es lógico pensar que en áreas marginales y zonas muy pobres, el problema se complica, pues al carecer de los servicios básicos de agua y desagüe, la contaminación del agua se produce desde el primer momento; pues su almacenamiento se hace en elementos muy precarios y más de las veces antihigiénico.

Consecuentemente, las aguas residuales que en estas se generan son una fuente permanente de contaminación, pues se vierten en cualquier lugar del entorno familiar ó vecinal

2.3 INVESTIGACIONES SOBRE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Según la Tesis Doctoral en Territorio y Medio Ambiente sustentada por Claudia Coronel Olivares en la Universidad Politécnica de Madrid en el año 2006 denominada **“Justificación del empleo de nuevos indicadores biológicos en relación con la calidad de aguas”**, se sostiene que el empleo del recurso hídrico en diversas actividades humanas lo convierte en vehículo de desechos, denominándose aguas residuales urbanas (ARU). A nivel Mundial

se establece una reglamentación de obligado cumplimiento para garantizar que las ARU sean tratadas correctamente y minimicen el impacto sobre los cauces receptores. Así, el objetivo principal de las estaciones depuradoras de aguas residuales es mantener un equilibrio en la calidad del agua de salida, antes de verter su efluente a los cauces públicos. De este modo el agua puede ser reutilizada después de su tratamiento.

El reuso del agua residual se torna importante tanto más si en principio se habla de la calidad del agua como lo sostiene el Ing^o Aurelio Hernández Muñoz en su trabajo denominado “Aspectos Técnico económicos de los vertidos de aguas residuales y su depuración”: “En España, como en casi todos los países de Europa, el problema de la calidad del agua queda íntimamente unido al problema cuantitativo. Las grandes cantidades de elementos contaminantes vertidos en las aguas residuales domésticas e industriales, crean grandes problemas en los cauces Superficiales receptores y en las aguas subterráneas, no sólo problemas sanitarios sociales y económicos, sino actuando directamente sobre la inutilización de muchos de los recursos hidráulicos” dice además “que el empleo de un agua con un cierto grado de contaminación exige un control riguroso y un tratamiento adecuado, en función del estado de estas aguas, representando un coste importante que puede repercutir sensiblemente sobre la economía del usuario” (Tesis Doctoral en la Universidad Politécnica de Madrid, 1973).

Ahora bien, los señores Juan Carlos Cerón García, María José Moreno López, Manuel Olías Álvarez Masters en Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huelva, España, en su trabajo denominado “Contaminación y Tratamiento de Aguas”, 2005, nos dan una relación detallada de los métodos que existen para el tratamiento de las aguas residuales y que en nuestro medio algunos son un tanto desconocidos, como:

1. Los Tratamientos Físicos:

1.1 El Cribado

1.2 La Dilaceración

1.3 El desarenado, que puede ser de flujo horizontal o canales desarenadores, ó cuadrados o circulares, ó rectangulares o

aireados.

1.4 Desengrasado, que puede ser:

Trampas de aceite

Preaireación o desarenador aerado – desengrasador

Separadores API

Separadores de placas

1.5 Decantación primaria y/o secundaria, donde encontramos decantadores rectangulares, circulares y cuadrados.

1.6 Flotación

1.7 Adsorción

1.8 intercambio iónico

1.9 Osmosis Inversa

1.10 Electrodiálisis

1.11 Microfiltración y ultrafiltración

2. Tratamientos Químicos

2.1 Coagulación – floculación.

2.2 Neutralización

2.3 Oxidación–reducción.

6.4 Precipitación.

6.5 Desinfección.

3. Tratamientos biológicos

3.1 Lodos activados

3.2 Filtros percoladores

4. Tratamiento de fangos

4.1 Concentración de fangos

4.2 Digestión de fangos

4.3 Acondicionamiento de fangos

4.4 deshidratación de fangos

5. Tecnologías blandas

5.1 Lagunas de oxidación o estabilización

5.2 Contactadores biológicos - rotativos.

5.3 Lechos de turba

5.4 Filtros verdes

En un estudio que realizó Yoshiaki Tsuzuki en 2006 sobre **las aguas residuales domésticas y la contaminación del agua**, Universidad de **Shimane Nishikawatsu-cho 1060**, se analizó la carga contaminante por habitante que fluye en la masa de agua (PLCwb) para el drenaje de las áreas de los ríos en el centro de la ciudad de Chiba, Prefectura de Japón; al respecto los resultados preliminares de análisis de correlación mostraron que los índices de alta eficiencia de métodos de tratamiento son eficaces en la reducción de carga contaminante que fluye en el cuerpo de agua. A este respecto, cabe señalar que Japón desde hace muchos años ya emplea métodos de tratamiento de aguas residuales como política para el control de la amplia zona de cargas contaminantes que fluyen en la zona costera como en las zonas urbanas, habiendo propuesto incluso la **Contabilidad Ambiental y Limpieza** (EAH) que es un libro donde se registraría la reducción de las emisiones de CO₂ como una contramedida al calentamiento global, a ser llevado por los gobiernos locales, ONG de medio ambiente, y los servicios públicos.

Koottatep, Ph.D., Profesor de la Environment Engineering and Management, Asian Institute of Technology, Thailand, **Ahmed** Ph.D., JSPS Foreign Researcher, Department of Geosciences, Tsukuba University, Japan y **Rahman** Ph.D., Prof., Department of Civil Engineering, Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesh, también llevaron a cabo entre Octubre, Noviembre y Diciembre del 2006, la recopilación de información así como el trabajo de campo en lo que respecta a los vertidos contaminantes de aguas residuales domésticas y las cargas contaminantes en la ríos, lagos y canales en zonas urbanas y periurbanas de la zona de Bangkok, Tailandia, y Dhaka, Bangladesh.

En el Simposio sobre Tratamiento y Disposición de aguas residuales, realizado en Buenos Aires, Argentina en el año 1976, que en la que tuvo participación la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), se recomendó entre otros en el Informe Final, que: “ considerando que los recursos de agua dulce en el mundo son muy limitados en comparación con la creciente demanda, es conveniente iniciar programas de investigación para incentivar el reuso del

agua especialmente en áreas de recursos hídricos reducidos, sugiriendo la implementación de un sistema de investigación y análisis de costos, de sistemas de tratamiento y disposición final de aguas residuales como Marco de Referencia para la evaluación de proyectos, incentivando asimismo la disseminación de experiencias realizadas sobre tratamiento, disposición y reusos de aguas residuales, utilizando los centros tecnológicos locales y el CEPIS como medio de divulgación a nivel internacional”.

La investigación realizada en América Latina por International Development Research Centre (IDRC), CEPIS Y OPS entre los años 2000 y 2002, dio como resultado que alrededor del 80% de las aguas residuales son dispuestas sin tratamiento en el ambiente o usadas para fines agrícolas, lo que constituye un problema sanitario de envergadura en muchas localidades. Una oportunidad porque estas aguas representan un recurso valioso desde el punto de vista económico y ecológico.

Dentro del programa de Investigación de Cuencas Hidrográficas - PRODES, desarrollado en el Brasil, se sustenta la sostenibilidad financiera para el despliegue de las plantas de tratamiento. Investigador: dilmapena@sp.gov.br.

En las investigaciones realizadas por el Gobierno del Canadá se tiene como tendencias futuras que el tratamiento del agua potable y de aguas residuales es una preocupación ambiental nacional e internacional. La población mundial y los desafíos que presenta la contaminación demandan tecnologías nuevas y mejoradas para el tratamiento del agua y de las aguas residuales. Para casi todos los grandes organismos internacionales que se ocupan de asuntos ambientales, el agua potable es una prioridad absoluta. El Banco Mundial calcula que entre el 2000 y el 2010, será necesario invertir entre \$600 y \$800 mil millones de dólares americanos en tecnologías ambientales.

En la Investigación sobre La Conservación Del Agua En Portugal del Laboratorio Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, donde intervino el Profesor João Bau, años 1992-1994, se considera la reutilización de agua residual tratada con propósitos de riego, cuyo estudio tuvo como propósitos definir

metodologías para el uso de aguas tratadas en la agricultura mediante diferentes procesos, con lo que se podría optimizar el balance entre los beneficios y desventajas que representa este tipo de reuso del agua, así como la evaluación experimental de la tolerancia en el uso de efluentes con medio y alto contenido de sales, de cultivos bajo riego de interés económico para la región, la comparación de la eficacia de los diferentes métodos de riego con efluentes ricos en micro-algas y la evaluación de los riesgos sanitarios en el uso de efluentes, debido a agentes patógenos y elementos químicos tóxicos (principalmente metales pesados).

En La Tesis Doctoral para obtener el grado de Doctor en Ciencias Físicas de Juan Carlos Peguero Chamizo en la Escuela de Ingenierías Industriales del Departamento de Electrónica e Ingeniería Electromecánica de la Universidad de Extremadura Badajoz, España, en Septiembre de 2003, se considera realizar un CONTROL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE REDES NEURONALES, la misma que se basa en la asociatividad de los componentes, cuyas características saltantes son: el Aprendizaje "Adaptativo", la Auto organización, la Tolerancia a fallos y la Operación en tiempo real.

En la tesis Evaluación Económica de un Tren de Tratamiento de Agua Residual para Universidad de las Américas, Cholula, Puebla, México, 2004, en la Escuela de Ingeniería Departamento de Ingeniería Civil presentada por David Felipe Alden Ángeles para obtener el título en Licenciatura en Ingeniería Civil, se considera invertir en plantas de tratamiento de aguas residuales para evitar la entrada en el cauce de grandes cantidades de microorganismos entre los que puede haber un elevado número de patógenos, lo que aunado a la contaminación de compuestos químicos tóxicos o inhibidores de otros seres vivos la salud de la población queda en riesgo, situación que se agrava por el manejo inadecuado del agua residual lo que conlleva a la propagación de enfermedades, provocando el aumento en gasto para la salud social.

En el estudio Reciclado y Reutilización De Agua del Profesor. Avner Adin de la Universidad Hebrea de Jerusalem, 2001, ya se toma en cuenta la desalinización del agua basada en política e investigación la que se está

convirtiéndose en una importante fuente futura de agua para Israel y otros países mediante la construcción de plantas de tratamiento por el método de ósmosis inversa de agua de mar.

Como es de apreciar, dentro de estos planteamientos ya encontramos investigaciones no solo de los especialistas en medio ambiente sino también de otras especialidades quienes innovadoramente vienen sosteniendo la necesidad del reuso de aguas residuales tratadas así como proponiendo los tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales, y que por supuesto debería promover el gobierno a través de entidades especializadas y/o universidades, para que de ser el caso se adopte algunas de estas tecnologías en beneficio de la población, siendo el tema preponderante que estas plantas sean sostenibles en el tiempo, en cuyo caso deberá establecerse como política tarifas diferenciales. Situación que debe tomarse en cuenta para comenzar a implementarse en forma priorizada, por cuanto las necesidades de abastecimiento de agua crecerán con el tiempo y a todo nivel.

CAPITULO III

3. HIPOTESIS

3.1 HIPOTESIS GENERAL

La construcción y equipamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales son imprescindibles que se implementen en la actualidad, a los efectos de mejorar la salud humana así como su entorno.

3.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS

3.2.1 En determinadas condiciones, el costo unitario del reuso de aguas residuales tratadas debe ser igual o menor que el pago o tarifa de agua abastecida para que los usuarios opten por esta alternativa, las cuales deben tener además cualidades físico químicas probadas – a través de los límites máximos permisibles según lo establecido por la OMS - y volumen o continuidad de abastecimiento adecuados.

3.2.2 La opción de tratamiento de aguas residuales con fines de reuso permitiría sustituir agua de fuentes superficiales y subterráneas para riego de áreas verdes y de cultivo en el ámbito urbano y rural, contando con tarifas mínimas.

3.2.3 La población está Dispuesta a Pagar el tratamiento de aguas residuales, con tal de no verse perjudicada en su salud, eventualmente tener una fuente de empleo por la venta de sub productos así como revalorar su entorno.

3.3 VARIABLES

Dentro del Desarrollo del Modelo socio económico, se han determinado variables que le dan solidez a la aplicación del modelo propuesto. Así tenemos dos tipos de variables socio económicas: las Endógenas y las Exógenas, cuyas características se indican a continuación:

3.3.1 VARIABLES ENDÓGENAS

Son aquellas que se ubican dentro de la gestión económica para la dotación de agua limpia y el tratamiento para el servicio de la oferta del agua residual.

3.3.2 VARIABLES EXÓGENAS

La constituyen aquellas que por un lado identifican a los involucrados en el sistema y de otra parte detalla sus potenciales interacciones.

3.3.3 TABLA DE VARIABLES, SUB VARIABLES E INDICADORES

VARIABLES	SUB VARIABLES	INDICADORES
ENDOGENAS	Económico – Social	Nivel de ingreso Costos de producción Inversiones Demanda de agua Cantidad de agua limpia y residual Bienestar Disposición a Pagar
	Calidad de agua	Tecnología vs. Economías de escala.
EXOGENAS	Involucrados en el sistema	Beneficiarios Perjudicados Conflictos e intereses

Del total de ellas, si bien todas estas variables son necesarias para formular un análisis global sobre la problemática de las aguas limpias vs. el reuso de las aguas residuales tratadas, como se plantea en el acápite correspondiente al Desarrollo del Modelo, muchas no son medibles cuantitativamente y para otras no existen los datos suficientes para su aplicación y que hayan sido emitidas oficialmente por una entidad de prestigio, por lo que asumimos trabajar con ellas solo para la parte teórica explicadas a través de gráficos, incidiendo en las variables de cantidad de aguas limpias y residuales, costos medios y totales de producir aguas limpias y aguas residuales tratadas, utilidades del usuario, ofertas, demandas y precios de aguas residuales, y para la parte práctica, con los datos de cantidad y costos medios de agua limpia y agua residual tratada

que fueron proporcionados por la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Especial atención merece la variable Disposición a Pagar por el usuario de aguas residuales tratadas, el cual ha merecido para su obtención una encuesta directa, cuyos resultados se mencionan en los Capítulos sobre la Delimitación de la Investigación, así como en la Aplicación del Modelo socio económico.

CAPITULO IV

4. METODOLOGIA EMPLEADA Y DELIMITACION DE LA

INVESTIGACION

Para la realización del presente trabajo, en principio se recopiló y analizó informaciones de fuentes secundarias, tales como publicaciones oficiales e investigaciones; luego se recurrió a las entrevistas a diversos especialistas en el tema, a base de los cuales se planteó inicialmente un esquema de investigación.

Como los datos encontrados requerían de un afianzamiento conceptual, el próximo paso se orientó hacia la búsqueda de trabajos ya investigados y que estén en funcionamiento, llegando así hacia diversas entidades públicas y privadas que tiene relación con el tema, habiéndose incluso en este extremo empleado el método de valoración contingente en dos distritos de Lima Metropolitana (Santa Anita y San Miguel) en la modalidad de **Disposición a Pagar del usuario de aguas residuales tratadas**.

En cuanto al modelo empleado, este se ha basado en unos supuestos para simplificar la inmensa cantidad de variables detectadas (más de veinticinco), las cuales si bien explican en parte y en teoría la relación y funcionabilidad de las aguas limpias vs las aguas residuales tratadas, como se aprecia en el Desarrollo del Modelo, para los efectos de aplicación práctica del Modelo matemático estas se han reducido a cinco.

4.1 DISPOSICIÓN A PAGAR POR EL PRODUCTOR DE MALES

Los generadores de agua residual doméstica en realidad ahorran dinero por el mal que conciente y/o inconcientemente hacen, y por lo tanto también tienen un dinero extra por lo que contaminan, al no pagar por este hecho ó no hacer lo posible por no contaminar, ya que es deseable que la sociedad persiga que se genere siempre un ambiente sano y saludable.

Los productores ante un compromiso de pago para descontaminar por ej. mencionaran que ellos al haber afectado muy poco, aportarán también poco, pero si hay oferta del gobierno para recibir un beneficio por mejorar el medio ambiente preferirán declarar una disposición marginal a pagar mayor antes que una menor aún cuando después lo incumplan al momento de hacerse efectivo el cobro, situación previa que se constata cuando algunos proveedores o contaminadores desean alcanzar o mantener privilegios, pero que al final de cuentas no se lograría cumplir con las metas ni con el objetivo de la sostenibilidad de las respectivas plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, por ejemplo.

Luego, la disposición marginal a pagar se convierte, **si hay una adecuada supervisión**, en una herramienta eficaz de equilibrio tanto para el productor como para el consumidor de contaminación, faltando entonces los mecanismos que hagan viable su cumplimiento.

En este orden de ideas, si consideramos que la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas por más pequeña que este sea tendrá un costo, requerirá un inversor así como el financiamiento oportuno, también estará dirigida a la población que vea con buenos perspectiva el tratamiento de dichas aguas quienes deberán aceptar su uso principalmente en reemplazo del agua potable.

Si ello es así, el problema a resolver en una comunidad que se plantea será la disposición de la cuantía que se deberá pagar para cubrir los costos de operación y mantenimiento de una planta de tratamiento, ya que la inversión fija inicial sería subsidiada en pequeña escala por el gobierno central y la ejecución y administración estaría a cargo de los gobiernos locales.

Para tener una idea sobre el aporte comunitario se escogieron al azar dos distritos de Lima Metropolitana (Santa Anita y San Miguel), donde se aplicó el enfoque de preferencia directa como es el método de valoración contingente, el mismo que ha consistido en formular preguntas a través de un cuestionario –

encuesta – a los usuarios reales o potenciales, a los efectos de averiguar su disposición a apagar para implementar y operativizar las plantas de tratamiento de aguas residuales en sus áreas vecinales; lo que demostró también que indirectamente que los que estaban a favor iban a usar el agua así tratada, pero que sin embargo para efectos prácticos en principio será necesario sensibilizar a la población sobre las características y beneficios de usar tal agua residual.

4.2 TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de Campo ha consistido fundamentalmente en la recopilación de datos procedentes del CEPIS, del Gobierno Distrital de Santa Anita, así como en encuestas personalizadas a un total de 400 pobladores distribuidos a nivel de este distrito como en el de San Miguel a nivel de Lima Metropolitana, empleando también entrevistas a personal y entidades especializadas en el tema.

Del mismo modo, se han levantado información de empresas que vienen aplicando sistemas de tratamiento con resultados satisfactorios.

4.3 INVENTARIO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

De acuerdo al inventario de la situación actual de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en el país, publicado en el año 2003 bajo el contexto del convenio del Centro Internacional de Investigaciones para el Canadá (IDRC) con la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), se tiene que:

Hay **12 ciudades** que tienen plantas de tratamiento de aguas residuales, cuyos tipos y usos se muestran en el **Cuadro 4.3.2**, donde se puede apreciar que de lejos, las lagunas de estabilización son las que más se implementan en el país, seguidas en mucho menor proporción por los otros de tratamiento como las

lagunas aireadas, anaeróbicas, y que sus aguas van mayormente a los lagos; se debe señalar que existe un método de tratamiento de aguas residuales denominado de lodos activados y cuyo caudal es derivado hacia los campos agrícolas, pero lamentablemente se desconoce cuantas de ellas hay ni que cantidad de agua residual procesan. En cuanto a la utilización de las aguas residuales tratadas, se tiene mayormente que se le emplea en las áreas forrajeras, luego en el sector industria y en menor escala para frutales.

Sin embargo, en cuanto al nivel de polimetría de sus efluentes, las 6 plantas de tratamiento que reusan sus aguas residuales presentan niveles de coliformes fecales mayores a los límites máximos permisibles recomendados por la OMS cuyos parámetros se muestran en el Cuadro siguiente:

CUADRO N° 4.3.1
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EL DESARROLLO DE
ACTIVIDADES ECONÓMICAS – OMS. 1989

TIPO DE USO	NEMATODOS (Huevos por litro)	COLIFORMES FECALES
RIEGO RESTRINGIDO: Forestación, cereales, cultivos industriales, frutales y forrajes	< 1	Sin aplicación
RIEGO IRRESTRINGIDO: Cultivos de consumo crudo, campos deportivos, parques públicos y piscicultura.	< 1	= < 1000nmp/100 ml

CUADRO Nº 4.3.2
CONDICIONES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
CIUDADES DE PERÚ

Tipos de Planta	Cantidad	Caudal Total (l/s)	Disposición final	
			Medio	Caudal (l/s)
Lodos activados			Campo Agrícola	1,213
Lagunas aireadas	2	600	Rio	250
Lagunas de estabilización	33	492	Lago	12
Lagunas anaeróbicas	1	0	Mar	0
Lagunas combinadas	3	223	Estero	0
Tratamiento primario	2	900	Otros	0
Total	41	2,215	Total	1,475
Cantidad de Plantas por nivel de polimetría en efluentes				
> 100000 NMP/100 ml	100000 a 1000 NMP/100 ml	< 1000 NMP/100 ml		
5	1	0		
Cultivos regados con aguas residuales tratadas				
Cultivo	Área (has)	Caudal (l/s)		
Forestales				
Frutales	25	40		
Industriales	232	219		
Forrajes	864	332		
Hortalizas				
Otros	45			
Totales	1,166	581		

FUENTE: CEPIS, 2003

Igualmente hay **37 ciudades** que tienen planta de tratamiento de aguas residuales pero que no hacen uso de ellas, como se indican en el **Cuadro** siguiente:

CUADRO Nº 4.3.3
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES NO OPERATIVAS
DE CIUDADES DE PERÚ

Tipos de Planta	Cantidad	Caudal Total (l/s)	Disposición final	
			Medio	Caudal (l/s)
Lodos activados			Campo Agrícola	0
Lagunas aireadas			Rio	84
Lagunas de estabilización	36	931	Lago	0
Lagunas anaeróbicas	2	23	Mar	33
Lagunas combinadas			Estero	0
Tratamiento primario	1		Otros	0
Total	39	954	Total	117
Cantidad de Plantas por nivel de polimetría en efluentes				
> 100000 NMP/100 ml	100000 a 1000 NMP/100 ml		< 1000 NMP/100 ml	
0	1		2	

FUENTE: CEPIS, 2003

También existen **6 ciudades** que no hacen tratamiento y disponen sus aguas residuales al río con un caudal de 1,101 l/s y cultivan 630 has con un caudal de 630 l/s.

Finalmente, hay **11 ciudades** que no hacen tratamiento de sus aguas residuales, ni tampoco las usan.

A nivel de Lima Metropolitana y Callao, SEDAPAL también cuenta con un sistema de colectores primarios de aguas residuales cuyos caudales promedio entre los años 2000 al 2003 fueron de 17.50 a 17.27 m³/s (Cuadro N° 4.3.4)

CUADRO N° 4.3.4
CAUDALES PROMEDIO DE COLECTORES DE LIMA METROPOLITANA
AÑOS 2000 A 2003 (en m³/s)

Año	N° de Sistemas de colectores primarios	Caudal en m³/s
2000	06	17.50
2001	07	16.13
2002	11	16.82
2003	12	17.27

FUENTE: SEDAPAL

Estas aguas residuales son recepcionadas por 18 plantas de tratamiento, que procesan entre el 7 al 9% de las aguas negras - residuales urbanas, pero que no cumplen con los estándares de calidad requeridos y que son vertidos mayormente al mar, cuya consecuencia fue que en el año 2005 se declare al 15% de las playas del litoral como inadecuadas para el uso recreacional y, a Enero del 2008, según el informe de Calidad Sanitaria de la DIGESA del Ministerio de Salud, también se siguiera reportando 22 de 247 playas como no aptas para bañistas, por lo que se recomendó no ir al mar ni hacer actividades de recreación, pues el nivel de contaminación podría generar serios problemas de salud, principalmente afecciones a la piel, conjuntivitis y hasta males gastrointestinales.

4.4 SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA EMPRESA ATEMAR S.A.

Es una empresa peruana, fundada en el año 1993 que se dedica a la investigación y ensayos técnicos en base a ingeniería genética para el tratamiento biológico de aguas contaminadas: de colectores públicos, lagunas de oxidación, tanques sépticos de percolación, trampas de grasa, suelos contaminados con hidrocarburos, afluentes de plantas de procesamiento pesquero, etc.

El producto principal es **DAC – 1** ó Desinfectante Bioquímico para Tratamiento de Aguas Contaminadas, cuenta con una solución activa denominada Hidroperóxido, la cual destruye instantáneamente bacterias, virus, coliformes fecales, y todo elemento patógeno. Elimina olores fétidos penetrantes (sulfuros e hidrógeno). Es inocuo e incoloro. No es tóxico y es 100 % biodegradable. Es decir, Protege el Medio Ambiente, es un potente descontaminador y sobre todo, no es cancerígeno.

Como consecuencia de tratar el agua residual doméstica se tiene al líquido ya tratado libre de olores y bacterias, y los biosólidos ó lodos serán utilizados como abonos orgánicos y nutrientes de los suelos de las áreas verdes ó agrícolas.

El tratamiento biológico se inicia mediante un protocolo básico que consiste en efectuar ensayos físico químicos microbiológicos para determinar el PH, DBO, DQO, oxígeno disuelto, sólidos en suspensión, coliformes fecales, putrescina cadaverina, heterótrofos, bacterias, virus, grasas, aceites, etc, en laboratorios especializados del país.

Posteriormente, la Empresa elabora complejos enzimáticos que actuaran como catalizadores para efectos de bioremediación natural, los mismos que se ponen a disposición del usuario previo control de calidad en laboratorios de entidades de prestigio y la autorización sanitaria correspondiente.

Como se aprecia en el **Gráfico N° 4.4.1**, el proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas se inicia con el paso de la materia líquida por un filtro

mecánico (rejas), que remueve objetos grandes como trapos, palos, plásticos, y toda materia sólida que podría obstruir el sistema.

Luego, de este filtrado, las aguas pasan a una cámara de sedimentación donde se adicionan los complejos enzimáticos (tratamiento biológico) que producirá el agua pre tratada y los bio sólidos ó abonos.

Este último líquido pasará a la respectiva poza de almacenamiento, las mismas que servirán para los riegos correspondientes.

En la entrada y salidas de las aguas a las (y de las) pozas hay la alternativa donde pueden intervenir electro bombas que impulsaran el líquido elemento pertinente.

GRÁFICO N° 4.4.1
ATEMAR S.A.

Tratamiento biológico de aguas para riego



4.5 INTERÉS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE SANTA ANITA

De acuerdo a la encuesta realizada a 215 personas en el Distrito de Santa Anita, se determinó que la población se encuentra muy interesada por el efecto ecológico que tendrá la implementación en este ámbito de una o varias plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, habiendo manifestado su intención de cambiar el uso de agua potable para riego por agua residual doméstica tratada, siempre y cuando sea barato el pago, estimando en promedio un máximo de 10 % más sobre el pago mensual del recibo del agua potable. En este aspecto se debe precisar que los que han reaccionado más favorablemente son aquellos que se encuentran frente a parques y avenidas con jardines laterales y centrales, por lo que estimamos que cualquier acción que se emprenda debe comenzar por priorizar estos lugares.

Igualmente se ha determinado que si el producto del tratamiento de los líquidos elementales resultare material orgánico, éste sería empleado por la propia municipalidad para abonar los parques y jardines que administra, manifestando la población que por ahora no tiene dentro de sus planes su adquisición y empleo debido a que en este distrito se carece de áreas agrícolas, pero que en un futuro corroborando las bondades de dicho producto y analizando el mercado podrían entrar al negocio del mismo. Situación esta que requerirá del ente rector local una gran campaña para generar una fuente de empleo permanente.

4.6 INTERÉS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

Mientras que en el Distrito de San Miguel por su ubicación geográfica, la población de este distrito está decidida a colaborar para que se erradique definitivamente las aguas residuales que se descargan por la Avenida Costanera, ya que debido a esta situación el entorno ecológico está deteriorado y que está incidiendo gravemente en la salud de los vecinos.

La población apuesta por cualquier solución que les favorezca y están dispuestos a pagar hasta un 30% más sobre el precio mensual que se paga por el agua potable, ya que consideran que la compensación vendría por el lado de que gastarían menos fundamentalmente en medicinas y se revalorizaría el entorno.

Respecto al material orgánico generado, hasta un 25% de los encuestados de 185 personas, manifiesta que entraría al negocio de este insumo, principalmente porque su manipulación no afectaría a la persona, y siempre y cuando haya excedentes que pondría a disposición el gobierno municipal.

De lo expuesto precedentemente, se llega a la conclusión que la población desea un ambiente ecológico favorable, de inversión moderada para el Estado y que en lo posible se constate los resultados a corto plazo.

4.7 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - UNITRAR

En relación a otras instituciones, la Universidad Nacional de Ingeniería – UNI cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas PTAR con fines de riego de parques y jardines públicos de distritos de la zona.

La planta mencionada cuenta con un sistema de Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA) y dos lagunas facultativas en serie de estabilización en un área de 11,200 m² y se encuentra en la Av. Túpac Amaru s/n, en el perímetro del actual Centro de Investigaciones Sísmicas – CISMID.

La denominada UNITRAR cuenta con una unidad de gestión autónoma que trata un promedio de 135,061.56 de m³ anuales de aguas residuales con un costo total promedio anual de S/. 28,314.75, estimado en base a la información de producción y costos para el periodo Febrero – Junio 2008.

La inversión está en el orden de US\$ 125,000

CUADRO Nº 4.7.1
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
UNITRAR – 2008 (*)

Periodo	m3	S/. / m3	S/.
Feb-08	13,976.11	0.1688	2,359.17
Mar-08	9,795.50	0.2409	2,359.74
May-08	10,656.56	0.2214	2,359.36
Jun-08	10,592.35	0.2228	2,359.98
Sub total	45,020.52		9,438.25
Promedio Mes	11,255.13		2,359.56
Promedio Año	135,061.56	0.213475	28,314.75

(*) No incluye costos de distribución del agua tratada, que se estima en un promedio de S/. 0.50/m³.

FUENTE: Universidad Nacional Ingeniería. UNITRAR

A estos costos se debe agregar los del sistema de distribución correspondiente, estimado en un promedio de S/. 0.50 por metro cúbico de aguas residuales tratadas, lo que significa que en promedio UNITRAR reutiliza aguas residuales tratadas para riego de áreas verdes a un costo unitario de S/. 0.71/m³. (0.21 s/. de costos de producción + 0.50 s/. de costos de distribución).

4.8 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO

Por su parte, la Municipalidad Distrital de Santiago de Surco viene operando desde hace 10 años una planta de tratamiento de aguas residuales para riego de parques y jardines con una inversión de US\$ 600,000. Esta planta se encuentra ubicada en el Parque de La Amistad (cruce de las Av. Benavides con Av. Caminos del Inca): comprende un área de 8,000 m² con una capacidad de producción de 17.5 litros por segundo; el sistema que utiliza es el de lodos activados para riego de 50 has. de áreas verdes, captando aguas del canal Surco que deriva tomas del río Rímac con contenidos similares a los de las aguas residuales domésticas.

CAPÍTULO V

5. MODELO SOCIO ECONOMICO

5.1 ANTECEDENTES DE MODELOS EN CALIDAD DE AGUA

Para evaluar planes alternativos de ingeniería para el control y manejo de la calidad del agua pueden emplearse modelos matemáticos que relacionen la descarga de aguas residuales con la calidad de agua del cuerpo receptor. Los diversos grados de tratamiento, la reubicación de los puntos **de descarga de aguas residuales**, el aumento de los flujos mínimos, los sistemas de tratamiento regional en contraposición con las plantas múltiples, constituyen algunas de las alternativas de control, cuya influencia sobre la calidad del agua receptora puede evaluarse mediante la aplicación de los modelos matemáticos de calidad del agua. Los modelos también pueden ayudar a evaluar el mejoramiento de la calidad del agua mediante la **eliminación de diferentes componentes de los contaminantes**.

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), agencia especializada de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), a través de su División de Salud y Ambiente (HEP), ha desarrollado y aplicado modelos matemáticos de calidad del agua. Se encuentran disponibles los siguientes:

- A. Modelo matemático de calidad del agua de estado permanente y unidimensional para oxígeno disuelto, DBO carbonácea y nitrogenada, coliformes y análisis simplificados de sustancias tóxicas conservativas y no conservativas en ríos. Tiene la capacidad de analizar situaciones anaeróbicas. Permite interacción con el usuario en el ambiente **windows** y tiene capacidad gráfica. Reemplazará a todos los modelos anteriores RIOS y SIMOX. Elaborado por: Instituto Superior de Ciencias y Tecnología Nucleares (ISCTN) Judith Dominguez, Anel Hernandez (programador), Jorge Borroto y CEPIS-SB/SDE Henry Salas.
- B. Modelo matemático de calidad del agua de estado permanente y unidimensional para oxígeno disuelto, DBO carbonácea y nitrogenada, coliformes y análisis simplificados de sustancias tóxicas conservativas y

no conservativas en ríos. Tiene la capacidad de analizar situaciones anaeróbicas. Permite interacción con el usuario y tiene capacidad gráfica. Reemplaza a RIOS II, RIOS III y SIMOX. Elaborado por el CEPIS (1995).

- C. MULTI-SMP. Modelo matemático de calidad de agua de estado permanente y unidimensional para oxígeno disuelto, DBO carbonácea y nitrogenada y toxicidad amoniacal en ríos. Este modelo es fácil de usar, permite interacción con el usuario y tiene capacidad gráfica. Elaborado por LTI, Limno-Tech., Inc. (1992) para la EPA.
- D. SPAM. Modelo matemático de calidad de agua de estado permanente, segmentos finitos y multidimensional para oxígeno disuelto, DBO carbonácea y nitrogenada, coliformes y análisis simplificados de sustancias tóxicas conservativas y no conservativas en aguas superficiales. Elaborado por Hydroqual (1984), Mahwah, N.J., Estados Unidos.
- E. WASTOX. Modelo matemático variable en tiempo y multidimensional para la evaluación de sustancias tóxicas en aguas superficiales. Elaborado por el Manhattan College (1994), Nueva York, N.Y., Estados Unidos, para la EPA.
- F. **LACAT**. Modelo matemático simplificado para la evaluación de estados tróficos y el manejo de macronutrientes en lagos/embalses cálidos tropicales. El programa es interactivo con el usuario. Elaborado por el CEPIS (1990).
- G. **CLARK**. Modelo matemático para calcular el aporte de nutrientes a lagos, basado en los datos de campo de los tributarios. El programa es interactivo. Elaborado por Sonzogny, W.C. et al. (1978). Great Lakes Tributary Loadings, EPA y U.S. Task D. Committee.

H. Países Beneficiados En América Latina Y El Caribe

Con el asesoramiento técnico del CEPIS, las siguientes agencias han utilizado modelos matemáticos de calidad de agua como herramientas de planificación.

Argentina:

- Centro de Tecnología del Uso del Agua/Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (CTUA/INCYTH)

Brasil:

- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB)
- Companhia de Água e Esgotos de Brasília (CAESB)
- Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre (DMAE)
- Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente de Rio de Janeiro (FEEMA)

Bolivia:

- Asociación Nacional de Empresas de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado (ANESAPA)

Colombia:

- Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Bogotá, Ubaté y Suárez (CAR)
- Corporación Autónoma Regional del Cauca (CVC)
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INDERENA)

Costa Rica:

- Ministerio de Salud

Cuba:

- Instituto de Investigaciones del Transporte (IIT)

Ecuador:

- Municipalidad de Quito
- Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS)

México:

- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE)

Paraguay:

- Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental (SENASA)

Perú:

- Ministerio de Salud

5.2 SUPUESTOS DEL MODELO SOCIO ECONOMICO

Dentro de los supuestos para desarrollar el modelo socio económico que se propone, se debe mencionar:

- a) El pago o costo del agua es creciente en el tiempo por efecto del incremento de costos marginales, al incluirse progresivamente los costos de nuevas infraestructuras de captación, inclusive con tratamiento y distribución, así como por el incremento de costos de operación y mantenimiento y la creciente escasez relativa de recursos hídricos.
- b) El pago o costo del agua de medios de abastecimiento (producción y distribución) alternativos con fines no de consumo humano, se mantienen constantes en el tiempo, asumiéndose que las opciones técnicas aplicables no presentan factores de economías de escala significativas.
- c) La demanda del agua es totalmente inelástica (no sensible a precio), tanto con fines de consumo humano como de no consumo humano, dado que es un bien de primera necesidad o un factor que responde a coeficientes de producción fijos, no habiendo diferenciación de producto¹.
- d) La tarifa o costo medio de largo plazo de agua de medios de abastecimiento (producción y distribución) alternativos con fines no de

¹ Cuando se aplican cualidades distintas a un mismo producto básico.

consumo humano, son diferenciadas según la fuente de abastecimiento y en proporción directa a la calidad requerida para los distintos usos.

- e) Hay racionalidad en la producción y uso de la misma, tanto para consumo humano como para no consumo humano.

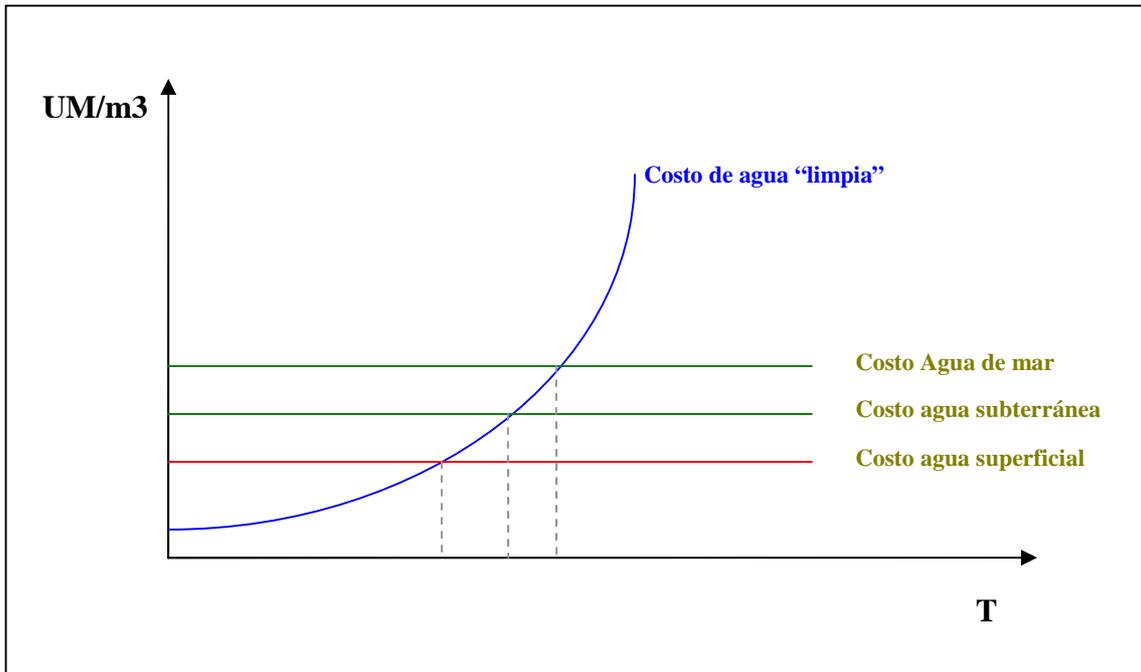
5.3 DESARROLLO DEL MODELO SOCIO ECONOMICO

Bajo estas condiciones, habrá un determinado momento en que el costo de obtener agua superficial o de fácil acceso resulte igual que obtener agua de otras fuentes de abastecimiento. En esta situación, se daría un estado de indiferencia entre el uso de agua de fácil acceso y de otra alternativas, desde el punto de vista económico.

Con el paso del tiempo, el pago o costo del agua se incrementa por efecto de las crecientes demandas y limitaciones de la fuente, llegando un momento en que resulte mayor al pago o costo de fuentes alternativas y habrá propensión de los usuarios por sustituir el agua por las de fuentes alternativas según las características de agua que se requiera, como se ilustra en el **Gráfico N° 5.3.1**.

El costo unitario del agua de las distintas fuentes identificables se incrementa dependiendo del grado de diferenciación según la calidad y esfuerzo necesario para obtenerlas. Así, entre estas fuentes se pueden considerar tomas directas sin costo de aguas cloacales o contaminadas de acequias, canales o colectores, como actualmente ocurre para riego de áreas verdes violando muchas normas técnicas; a medida que se deben cumplir estándares de calidad, el costo es cada vez mayor.

GRÁFICO N° 5.3.1
CURVAS DE COSTOS UNITARIOS O PROMEDIOS DE FUENTES DE AGUA
“LIMPIA” Y FUENTES ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



De modo análogo, se dará un incremento del costo unitario del agua a medida que se incrementa la demanda en el tiempo.

Considerando otras alternativas de abastecimiento de costos unitarios que se pueden asumir constantes por ausencia de economías de escala en sus técnicas de obtención, se darán niveles de demanda de agua a partir de los cuales ésta resulta más costosa que las de fuentes alternativas.

En el **Gráfico N° 5.3.2** se ilustra estas relaciones en función de las cantidades demandadas, considerando sólo como fuente alternativa o sustituta de aguas residuales tratadas (no para consumo humano).

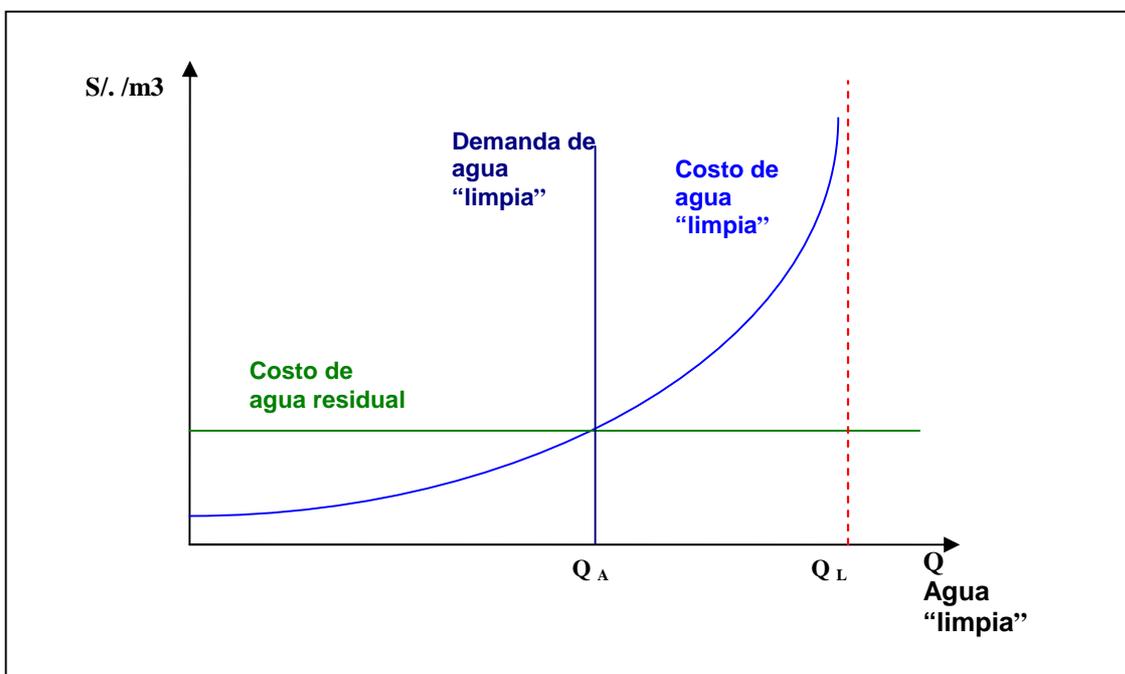
Se observa que el costo unitario de la fuente de agua “limpia” es creciente (eje de las ordenadas, S./m³) a medida que las demandas aumentan (eje de las abscisas, Q agua). En el extremo, habrá un límite para la cantidad de agua demandada o requerida (Q_L) por restricciones reales o institucionales (conflicto

entre interesados), lo cual constituye una asíntota para la curva de costo del agua, que tenderá a elevarse con mayor celeridad (teóricamente hasta un valor infinito).

La curva de costo de aguas residuales, de valor constante, que se puede asumir como una fuente de abastecimiento alternativa y cuya intersección con la primera curva determina el punto de indiferencia entre asumir una fuente u otra (para cantidades de agua que exceden este punto habrá interés en sustituir una parte con aguas residuales tratadas).

Además, se ilustra la función de demanda de agua "limpia", que se asume perfectamente inelástica (vertical), dependiendo su variación a los requerimientos de la población usuaria y no de la variación de precios.

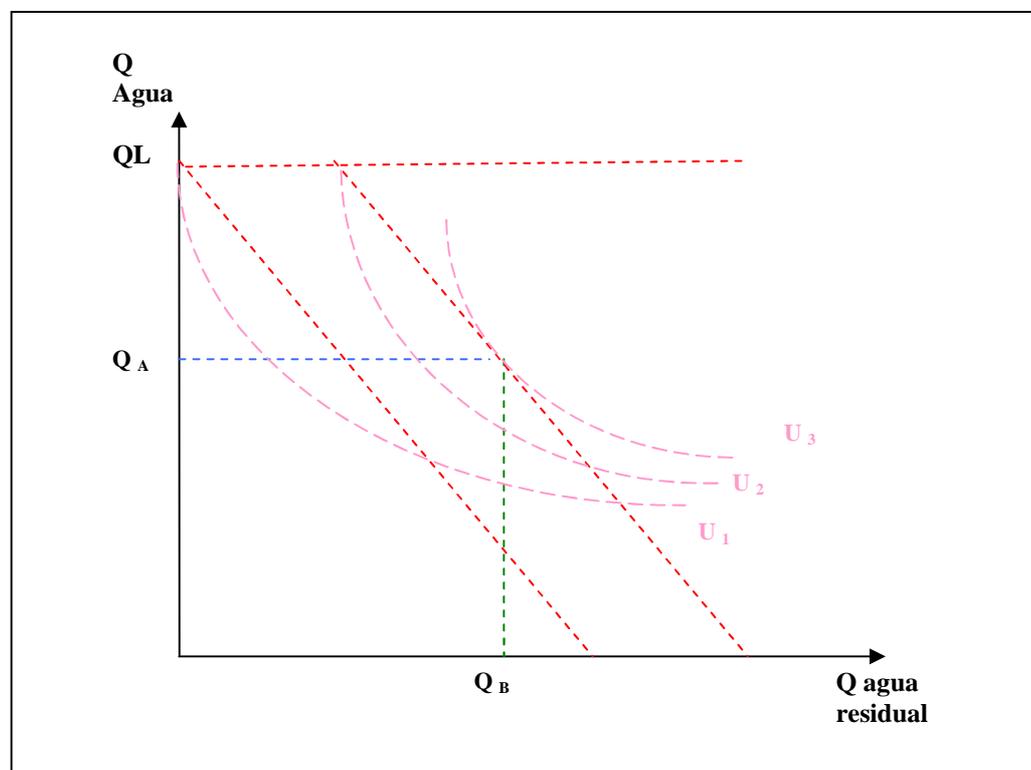
GRÁFICO N° 5.3.2
CURVAS DE COSTOS UNITARIOS O PROMEDIOS DE FUENTES DE AGUA
"LIMPIA" Y FUENTES ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DE LA DEMANDA DE
AGUA



La curva de demanda se desplaza hacia la derecha por el eje de las abscisas (Q agua) y puede llegar hasta un límite (Q_L) en que los conflictos se agudizan, los costos se elevan significativamente y no es posible acceder a más agua. Sin embargo, puede desplazarse nuevamente hacia la izquierda en la medida que sustituya agua por aguas residuales (tratadas o no), hasta el límite en que ambas fuentes les cueste por igual (Q_A).

De otra parte, en el **Gráfico N° 5.3.3** se ilustra la relación entre las variables que incluyen en la decisión racional de los usuarios en su búsqueda por lograr el mayor bienestar con los recursos que se disponen, donde se representan las combinaciones posibles de unidades de volumen de agua “limpia” con volumen de aguas residuales, sujetas a una restricción de presupuesto, que los usuarios pueden obtener para elegir aquellas que les permitirá maximizar su bienestar, representado por las curvas de utilidad o indiferencia (U_0 , U_1 y U_2).

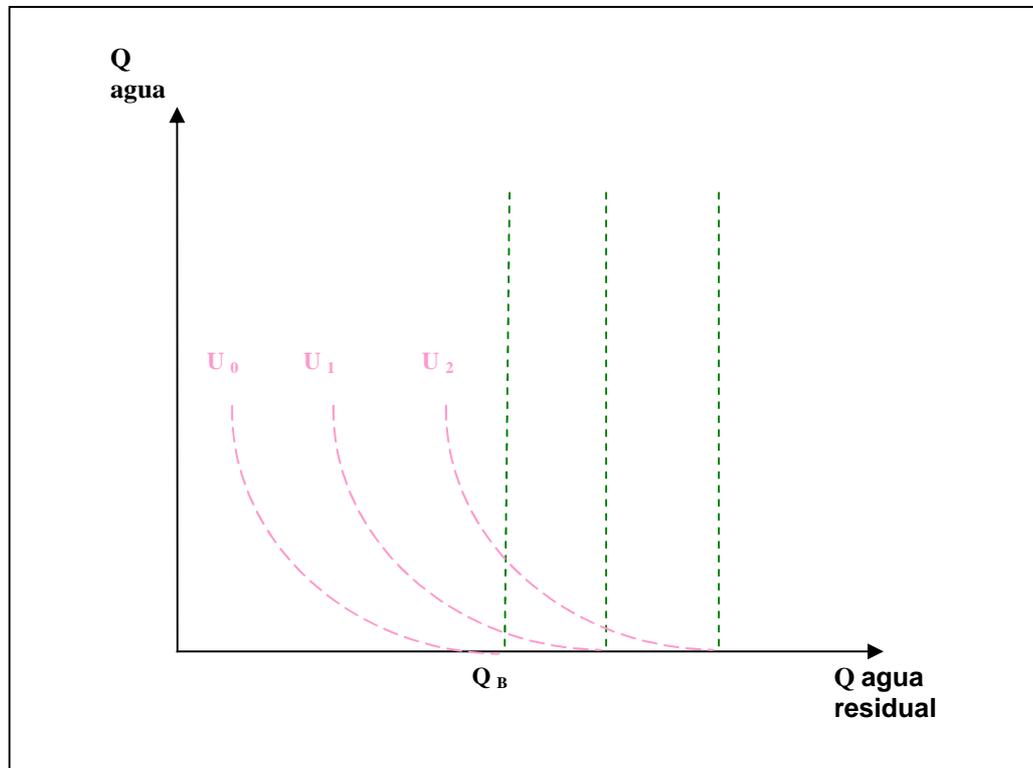
GRÁFICO N° 5.3.3
CURVAS DE UTILIDAD DE USUARIO DE AGUA “LIMPIA” Y AGUAS RESIDUALES Y OPTIMIZACIÓN CON RESTRICCIONES



La curva de indiferencia U_1 corresponde a un usuario que tiene acceso al agua y la aprovecha hasta el límite Q_L con todo su presupuesto, sin usar aguas residuales (sus “combinaciones” se dan en el eje de las ordenadas). La curva de indiferencia U_2 corresponde a un usuario que tiene acceso al agua y la aprovecha hasta el límite Q_L sin usar todo su presupuesto, por lo que complementa con aguas residuales para alcanzar una curva de indiferencia superior. La curva de indiferencia U_3 corresponde a un usuario que usa todo su presupuesto en una combinación de agua con aguas residuales en el punto en que el costo de cada fuente le resulta equivalente, logrando alcanzar una curva de indiferencia superior.

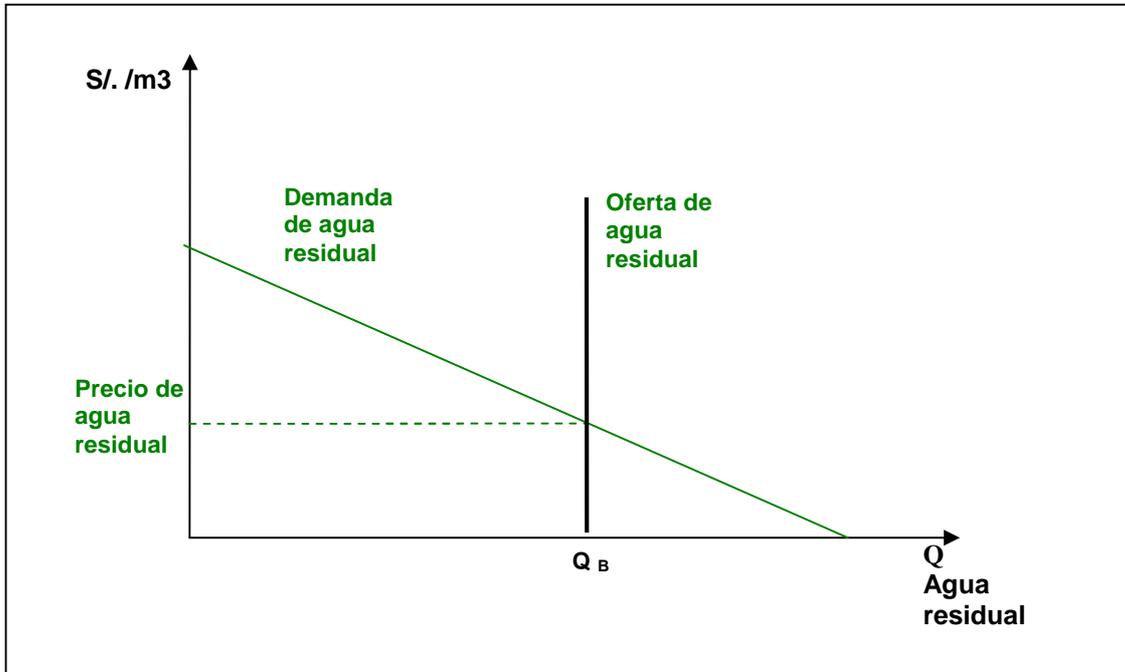
A su vez, se puede dar el caso de usuarios que tiene acceso restringido a fuentes de agua, inclusive para consumo humano, llegándose al punto que no se puede disponer de agua “limpia” para uso distinto a de consumo humano. Esto se ilustra en el **Gráfico N° 5.3.4**, donde la curva de indiferencia U_0 corresponde a un usuario que no tiene acceso al agua “limpia”, por restricción de fuente o limitaciones geográficas y que puede obtener un incremento de bienestar en la medida que usa aguas residuales (sus “combinaciones” se dan en el eje de las abscisas). A medida que incrementa su uso de aguas residuales (no para consumo humano), se podrá acceder a curvas de indiferencia o utilidad mayores, elevando el nivel de bienestar.

GRÁFICO N° 5.3.4
CURVAS DE UTILIDAD DE USUARIO SÓLO DE AGUAS RESIDUALES
Y OPTIMIZACIÓN CON RESTRICCIONES



La preferencia por recurrir al uso de aguas residuales, tanto para el usuario que tiene acceso a agua “limpia” y busca sustituir una parte como para el usuario que no tiene acceso, dependerá de la función de demanda de aguas residuales, que a diferencia del caso de agua “limpia”, se considera que es de tipo elástica, sensible a las variaciones de precio o tarifa, tal como se ilustra en el **Gráfico N° 5.3.5**. La oferta estará determinada por la disponibilidad de recurso hídrico para tratar y la tecnología, por lo que se le considera completamente inelástica. A medida que se pueda disponer de más aguas residuales, por el empleo de técnicas más eficientes de tratamiento y mecanismos que propicien mayor competitividad de estas aguas tratadas, se incrementaría la disposición a su uso en sustitución de agua “limpia”.

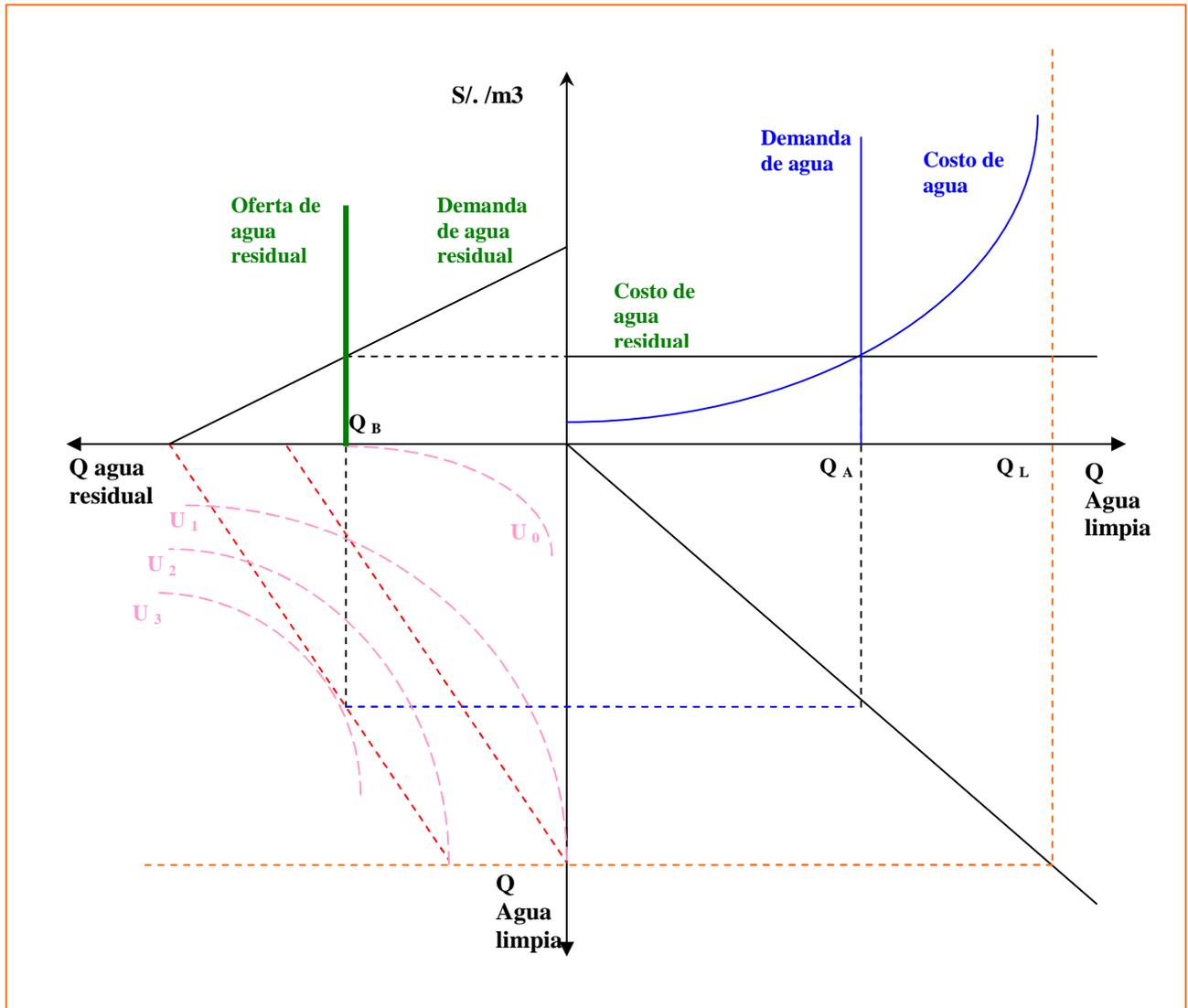
Gráfico N° 5.3.5
CURVAS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUAS RESIDUALES



A partir de este análisis, se pueden integrar estos aspectos para visualizar la interrelación dinámica que existe entre todas estas variables del modo que se ilustra en el **Gráfico N° 5.3.6**.

En el primer cuadrante de este gráfico (superior derecho) se presenta la curva del costo de agua respecto la cantidad de agua demandada (Q agua) que tiene un comportamiento similar respecto al tiempo (T) como se ilustrara en el **Gráfico N° 5.3.1**, con costo creciente (eje de las ordenadas, S $./m^3$) a medida que las demandas aumentan. En el límite para la cantidad de agua demandada o requerida (Q_L) el costo del agua tenderá a elevarse. A su vez, se superpone una curva de costo de aguas residuales, de valor constante, cuya intersección con la primera curva determina el punto de indiferencia entre asumir una fuente u otra, habiendo interés en sustituir una parte de agua “limpia” con aguas residuales tratadas por encima de este punto, asumiendo que la curva de demanda del agua “limpia” es totalmente inelástica.

GRÁFICO N° 5.3.6
INTERRELACIÓN MERCADO DE AGUA - MERCADO DE AGUAS
RESIDUALES TRATADAS - BIENESTAR DEL USUARIO



La curva de demanda se desplaza hacia la derecha por el eje de las abscisas (Q agua) y puede llegar hasta un límite (Q_L) en que los conflictos se agudizan, los costos se elevan significativamente y no es posible acceder a más agua. Sin embargo, puede desplazarse nuevamente hacia la izquierda en la medida que sustituya agua por aguas residuales (tratadas o no), hasta el límite en que ambas fuentes les cueste por igual (Q_A).

En el segundo cuadrante (inferior derecho) se presenta la línea simétrica diagonal de la variable de cantidad de agua demanda (Q agua), por lo que el eje invertido de coordenadas también representa el volumen de agua requerido o demandado (Q agua).

En el tercer cuadrante (inferior izquierda), se representan las combinaciones posibles de unidades de volumen de agua con volumen de aguas residuales, sujetas a una restricción de presupuesto, que los usuarios pueden obtener para elegir aquellas que les permitirá maximizar su bienestar, representado por las curvas de utilidad o indiferencia (U_0 , U_1 y U_2).

La curva de indiferencia U_1 corresponde a un usuario que tiene acceso al agua y la aprovecha hasta el límite Q_L con todo su presupuesto, sin usar aguas residuales (sus “combinaciones” se dan en el eje de las ordenadas). La curva de indiferencia U_2 corresponde a un usuario que tiene acceso al agua y la aprovecha hasta el límite Q_L sin usar todo su presupuesto, por lo que complementa con aguas residuales para alcanzar una curva de indiferencia superior. La curva de indiferencia U_3 corresponde a un usuario que usar todo su presupuesto en una combinación de agua con aguas residuales en el punto en que el costo de cada fuente le resulta equivalente, logrando alcanzar una curva de indiferencia superior.

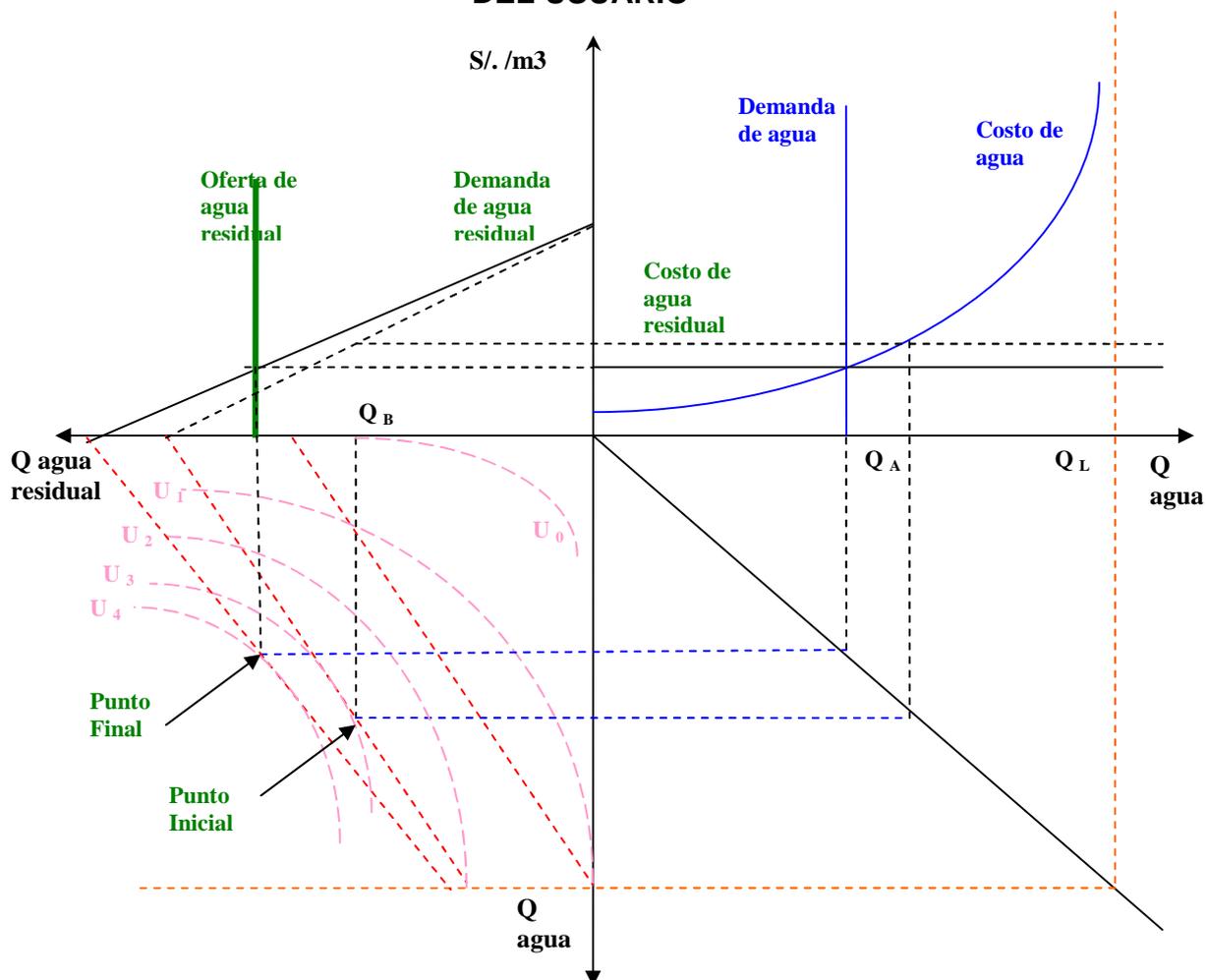
La curva de indiferencia U_0 corresponde a un usuario que no tiene acceso al agua, por restricción de fuente o limitaciones geográficas y que puede obtener un incremento de bienestar en la medida que usa aguas residuales (sus “combinaciones” se dan en el eje de las abscisas).

Finalmente, en el cuarto cuadrante (superior izquierda) se presenta la curva de demanda de aguas residuales, donde la cantidad demandada (Q aguas residuales, eje de las abscisas) está en relación inversa al costo por unidad de volumen ($S/./m^3$, eje de la ordenadas). Se asume que esta demanda es elástica y si se incrementan los costos, la disposición a usar esta agua disminuye, sustituyéndose menor cantidad a agua “limpia”. Lo opuesto ocurrirá si el costo de las aguas residuales disminuye.

De este modelo se desprende que si se consideran las aguas residuales como un bien susceptible de sustituir agua (no de consumo humano), se tendría para los usuarios un incremento en el nivel de bienestar, tanto para los que tiene acceso a fuentes de agua como para los que no la tienen.

Considerando una reducción del costo unitario de aguas residuales, se observa en el primer cuadrante del **Gráfico N° 5.3.7** que se daría un nuevo punto de indiferencia entre la decisión de uso de aguas residuales y uso de agua "limpia", cuyo costo unitario también disminuye frente a la menor presión de demanda.

GRÁFICO N° 5.3.7
EFFECTO DE REDUCCIÓN DEL COSTO UNITARIO DE AGUAS
RESIDUALES TRATADAS - MERCADO DE AGUA – MERCADO DE AGUAS
RESIDUALES TRATADAS - BIENESTAR
DEL USUARIO



La sustitución de agua “limpia” por aguas residuales tendrá también un efecto en la demanda de éstas últimas, que se desplaza por nuevos demandantes que dejan el agua “limpia”, como se observa en el cuarto cuadrante. A su vez, como se ilustra en el tercer cuadrante, la reducción del costo unitario de las aguas servidas y del agua “limpia” implicaría el desplazamiento de la línea de ingresos del usuario que le permitiría alcanzar curvas de utilidad o de indiferencia superiores, como la representada por U_4 .

De este modelo se desprende que si se consideran las aguas residuales como un bien susceptible de sustituir agua (no de consumo humano), se tendría para los usuarios un incremento en el nivel de bienestar, tanto para los que tiene acceso a fuentes de agua como para los que no la tienen.

Obviamente, en la decisión de asumir una combinación o total sustitución, subyacen criterios técnicos y normativos, así como los efectos de políticas que propicien una adecuada utilización de estos recursos, entre los cuales se consideran más importantes los derivados de políticas de subsidios para que el uso de aguas residuales se vuelva competitivo y de interés sostenido para los usuarios.

Una propuesta de mecanismo de subsidio se puede dar entre la población urbana usuaria de los servicios de saneamiento y los interesados en procesar las aguas residuales para fines de riego, por intermedio de la Empresa o Institución Prestadora de Servicios (EPS) de Saneamiento que cada vez más se le exige el cumplimiento de sus funciones en el tratamiento y disposición final de aguas residuales, descuidadas principalmente por tarifas que no incluyen completamente la cobertura de estos conceptos de gastos, tanto de inversiones como de operación y mantenimiento.

En este sentido, la EPS puede cobrar justificadamente por medio de las tarifas lo necesario para cubrir los costos mencionados. No obstante, si antes de llegar a las plantas de tratamiento de aguas residuales, otros involucrados extraen con autorización volúmenes que han de tratar para fines de riego, los requerimientos de la EPS para tratar dichas aguas disminuyen junto con costos

variables relacionados, ahorro que podría ser asignado a los interesados en tratar las aguas residuales por separado, debiendo aportar la diferencia para obtener la calidad de tratamiento requerida.

5.4 MODELO MATEMATICO

La representación matemática de este modelo se puede expresar por una función de costos de abastecimiento de agua y de una función de utilidad de la población por el uso del agua para satisfacer sus necesidades, siendo susceptible de sustituir agua para riego de áreas verdes y en general, con fines no de consumo humano directo, con aguas residuales tratadas tal como se ha indicado en los capítulos anteriores.

La función de costos totales de abastecimiento de agua comprende un componente fijo y un componente variable, tanto para agua “limpia” (agua de fuentes naturales o agua potable) como para aguas residuales tratadas. Esta función de costos estará sujeta a restricciones de fuente de agua “limpia”, de donde a su vez provendrá parte de las aguas residuales que serán tratadas con fines de reutilización. Los componentes de costos de agua “limpia” serán asintóticos respecto a esta restricción, en la medida que las limitaciones hacen que se incurran en crecientes costos de abastecimiento de esta fuente.

La función de utilidad por el uso de agua “limpia” y aguas residuales se asume que corresponde a la definición de curva de indiferencia, de tipo parabólica, donde el lugar geométrico de las combinaciones de las cantidades de agua “limpia” y aguas residuales permiten alcanzar un mismo nivel de utilidad o satisfacción, estando sujeta a la restricción de ingresos así como de disponibilidad de agua “limpia”

Entonces, los costos totales se definen con la siguiente expresión:

$$CT = CMe_{AL} * Q_{AL} + CMe_{ART} * Q_{ART} ,$$

$$\text{Sujeta a: } Q_{ART} < Q_{AL} < Q_{LAL}$$

Donde

CT = Costos totales

CMe_{AL} = Costo medio de agua "limpia" (natural o potable).

Q_{AL} = Cantidad de agua "limpia" (natural o potable).

CMe_{ART} = Costo medio de aguas residuales tratadas.

Q_{ART} = Cantidad de aguas residuales tratadas.

Q_{LAL} = Cantidad límite de agua "limpia" (natural o potable).

Por su parte, la función utilidad estará representada por la siguiente expresión:

$$U = f(Q_{AL}, Q_{ART})$$

$$\text{Sujeta a: } Q_{AL} * P_{AL} + Q_{ART} * P_{ART} = G_A$$

Donde:

U = Utilidad por uso de agua "limpia" y aguas residuales tratadas.

Q_{AL} = Cantidad de agua "limpia" (natural o potable).

Q_{ART} = Cantidad de aguas residuales tratadas.

P_{AL} = Precio o tarifa de agua "limpia" (natural o potable).

P_{ART} = Precio o tarifa de aguas residuales tratadas.

En el margen, la optimización se alcanza con la máxima utilidad y mínimo costos de abastecimiento, es decir, cuando la utilidad marginal y costos totales marginales son nulas. Esto se representa con la siguiente expresión diferencial:

$$\frac{\delta U}{\delta Q_{AL} \delta Q_{ART}} = \frac{\delta CT}{\delta Q_{AL} \delta Q_{ART}} = \frac{CMe_{AL} * \delta Q_{AL}}{\delta Q_{AL} \delta Q_{ART}} + \frac{CMe_{ART} * \delta Q_{ART}}{\delta Q_{AL} \delta Q_{ART}} = 0$$

De donde, se debe cumplir la condición:

$$0 = \frac{CMe_{AL}}{\delta Q_{ART}} + \frac{CMe_{ART}}{\delta Q_{AL}}$$

Dado que el modelo se basa en la premisa de sustitución de agua “limpia” por aguas residuales, el sentido en que varían las cantidades de ambos bienes son opuestos, es decir que se cumple la condición:

$$\delta Q_{AL} * \delta Q_{ART} < 0.$$

En el límite, el valor absoluto de los diferenciales de cantidad de cada tipo de agua son iguales, resultando entonces:

$$- \delta Q_{AL} = \delta Q_{ART}$$

Por lo tanto, el punto de optimización se dará cuando

$$CMe_{AL} = CMe_{ART}$$

Es decir, cuando los costos medios de producción de agua “limpia” y aguas residuales tratadas son iguales, se estarán minimizando los costos de abastecimiento y maximizando la utilidad del consumidor. En efecto, tal como se analizara gráficamente, cuando el costo de abastecimiento de agua “limpia” es elevado, habrá propensión a utilizar alternativas más económicas para riego de áreas verdes y otros fines no de consumo humano directo en general, disminuyendo los costos, hasta el límite en que los costos unitarios respectivos sean iguales.

A su vez, la sustitución de agua “limpia” por aguas residuales tratadas permite disponer de mayor cantidad de la primera a precios menores, considerando que la autoridad reguladora establece las tarifas respectivas en función de los costos de producción y de inversión en infraestructura, los cuales disminuirán por los menores requerimientos.

CAPITULO VI

PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

6.1 APLICACIÓN DEL MODELO MATEMATICO

Para la aplicación del modelo matemático consideramos los valores de costos medios y cantidad producida/tratada entre los meses de Febrero y Junio 2008 proporcionados por La Planta de Tratamiento de aguas Residuales de la Universidad Nacional de Ingeniería – UNITRAR y la Oficina de servicios Agua Potable y Alcantarillado – SEDAPAL, elaborándose el cuadro siguiente:

CUADRO Nº 6.1

**COSTOS MEDIOS Y CANTIDAD DE PRODUCCION DE:
AGUA RESIDUAL TRATADA VS AGUA LIMPIA**

Periodo	CMeART(S/,)	QART (m3)	CMeAL	QAL (m3)	CT
Febrero	0,1688	13.976,11	0,78	19.965,87	17.932,55
Marzo	0,2409	9.795,50	0,74	13.993,57	12.714,98
Mayo	0,2214	10.656,56	0,76	15.223,66	13.929,34
Junio	0,2228	10.592,35	0,75	15.131,93	13.708,92
Promedio	0,2134		0,7575		

Fuente: UNITRAR y SEDAPAL.

LEYENDA:

CMeART: Costo Medio de Agua Residual Tratada.

QART: Cantidad producida de Agua Residual Tratada

CMeAL: Costo Medio de Agua Limpia

QAL: Cantidad producida de Agua Limpia

CT: Costo Total de la producción de Agua Limpia y Agua Residual
Tratada

Supuestos:

- Se considera una recuperación promedio de 70% del agua potable (agua limpia) según los estratos socioeconómicos de nuestro medio.
- El modelo considera el Costo medio de agua residual tratada en función de la cantidad de agua residual tratada.
- El modelo considera el Costo medio de agua potable producida en función de la cantidad de agua potable.

Tomando como referencia el concepto de crecimiento exponencial (1) las Funciones resultan como sigue:

(1): Ecuación Exponencial para costo de agua limpia

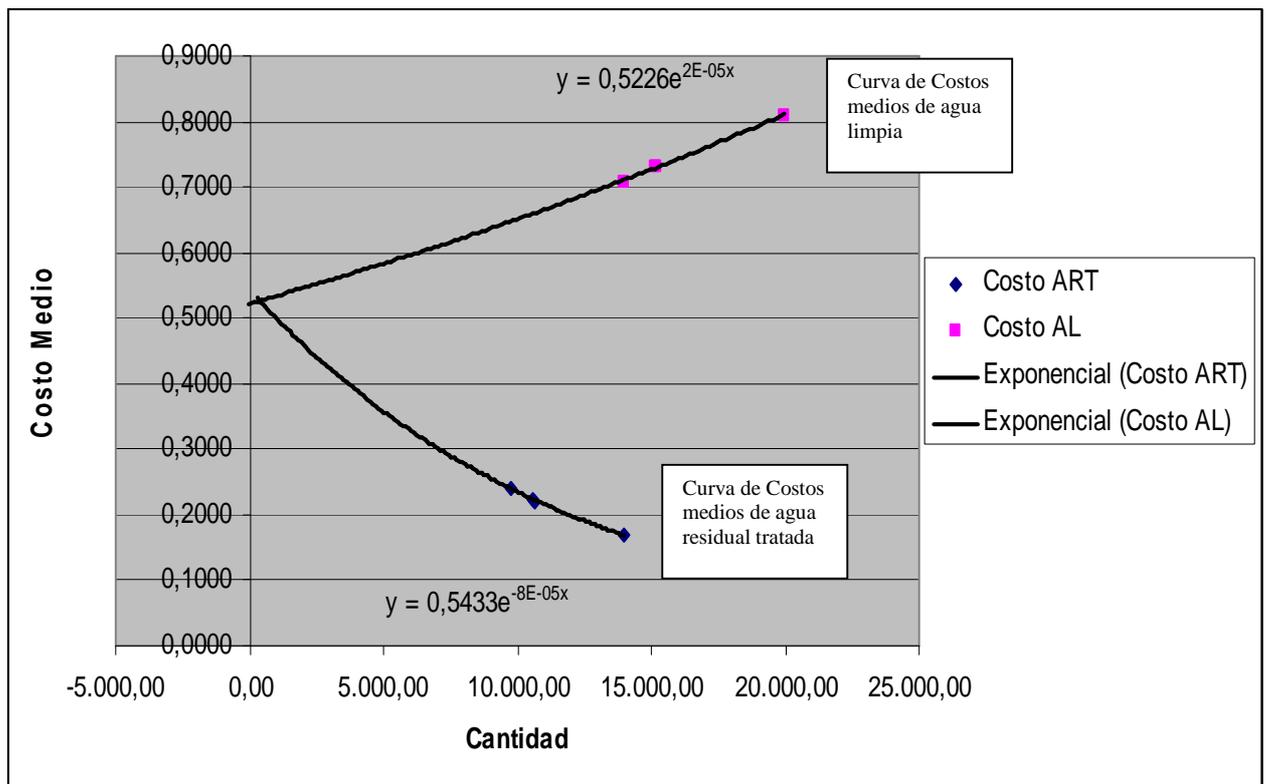
$$Y = 0,5226e^{2E-05X}.$$

(2): Ecuación Exponencial para costo de agua residual tratada

$$Y = 0,5433e^{-8E-05x}.$$

GRÁFICO N° 6.1

COSTOS MEDIOS DE AGUA RESIDUAL TRATADA Y AGUA LIMPIA



El punto de optimización se da cuando $CME_{AL} = CME_{ART}$, ó cuando las funciones expresadas en los puntos (1) y (2) sean iguales, Por lo tanto:

$$CME_{AL} = CME_{ART} = 0.52 \text{ s/. } x \text{ m}^3$$

Dicho valor explicado en el gráfico N° 6.1, indica que los costos medios de producción del agua potable y agua residual tratada son iguales y los beneficiarios serán indiferentes en cuanto al valor de cambio, más en cuanto al valor de uso físico y Químico u otras consideraciones, la población de seguro

(1): Curva exponencial, para la extrapolación de costos medios - Investigación de Operaciones de Wayne L. Winston, Adolfo Andrés

orientará sus preferencias hacia el agua limpia .

Ahora bien, según UNITRAR la producción de agua residual tratada tiene un costo de 0.2134 s/. x m³, siendo en consecuencia mucho menor que dicho valor de equilibrio , y, el de agua limpia es un poco mayor ascendente a 0.7575 s/. x m³.

Tomando como referencia el dato sobre costos de distribución del agua residual tratada del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad Nacional de Ingeniería, UNITRAR, ascendente a la suma de 0.50 s/. x m³ y asumiendo igual monto de distribución en cuanto al agua limpia, se tiene que los usuarios en sus respectivas aéreas verdes ó en sus hogares tendrían como pago de agua residual tratada y agua limpia, las sumas de 0.7134 y 1.2575 s/. x m³, respectivamente.

Se debe señalar que los costos de las aguas residuales tratadas utilizando el mismo método, tenderán a bajar si la planta del UNITRAR o plantas que se implementen, tratan más volumen de aguas residuales, sucediendo lo contrario si tratan menos que aquella.

6.2 CONSUMO Y PRECIOS DE AGUA POTABLE EN RESIDENCIAS

Para el cálculo del pago promedio mensual del agua potable que asumen las viviendas en determinadas residencias, en el mes de Mayo del año 2009 se realizó un trabajo de campo adicional en algunas residenciales de los distritos de Santa Anita, San Martín de Porres y Santiago de Surco, obteniéndose la siguiente información:

CUADRO N° 6.2
PAGO PROMEDIO POR CONSUMO DE AGUA POTABLE EFECTUADO
POR RESIDENCIAS

Distrito	Consumo por mes: m3	Pago efectuado: s/.	Precio :s/. x m3
Santa Anita	40	99	2.475
San Martin de Porres	44	112	2.545
Santiago de Surco	37	89.50	2.594
Promedio			2.538

Fuente: SEDAPAL

El cuadro anterior significa que en la práctica, los precios pagados por los usuarios de agua potable en promedio reflejarían ser más del 357.46 % que los del agua residual tratada puesto en las áreas verdes (0.7134 frente a los 2.538 s/. x m3), situación que estaría indicando que existe un alto margen de ganancia como para interesar a los inversionistas que deseen incursionar en la administración de plantas de tratamiento de aguas residuales así como a los usuarios para reusar el agua residual tratada a costos económicos en áreas verdes en vez de agua potable; sin embargo, con ello no se quiere magnificar en modo alguno que se pretenda cambiar todo el agua potable consumida por agua residual tratada, sino la orientación en esta oportunidad es en el sentido de que solo se cambie el volumen de uso de agua potable en parques, jardines y en aéreas verdes, por agua residual tratada.

6.3 PAGO MENSUAL CONSIDERANDO SOLO CONSUMO DE AGUA POTABLE, LA IMPLEMENTACION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y LA DISPOSICION A PAGAR.

En este acápite se calculan los montos mensuales pagados por todo el consumo residencial por concepto de uso del agua potable, más no el volumen

utilizado ni el pago del agua residual tratada en áreas verdes, tal como se viene operando en muchos lugares del país, vale decir, hay tratamiento de aguas residuales domésticas pero se sigue vertiendo los líquidos resultantes en los cauces de los ríos, quebradas o con dirección al océano.

El resultado de la encuesta en el Distrito de Santa Anita muestra que como consecuencia de la instalación de una(s) planta(s) de tratamiento de aguas residuales domésticas, la población está Dispuesta a Pagar un 10% más sobre la facturación mensual de agua potable; como se explica a continuación:

CUADRO Nº 6.3

DISPOSICION A PAGAR (EN S/. POR M3) POR LA IMPLEMENTACION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Distrito de	Pago al mes agua limpia s/. por m3	Disposición a Pagar (% adicional)	Pago que asumiría la población por mes: s/. por m3
Santa Anita	2.475	10	2.7225

Fuente: Elaboración propia

Es decir, el valor a pagar por la población por el consumo de agua limpia tomando en cuenta el % de Disposición a Pagar estaría en promedio en 2.7225 s/. por m3. Y, Considerando los 40 m3 consumidos al mes el pago total que asumiría la población estaría alrededor de los **108.90 s/.**, como se muestra a continuación:

CUADRO Nº 6.4

DISPOSICION A PAGAR TOTAL POR MES A PARTIR DE LA IMPLEMENTACION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Distrito de	Consumo	Pago por mes s/.	Pago total que asumiría la población por mes
Santa Anita	40 m3	2.7225 s/. * m3	108.9 s/.

Fuente: Elaboración propia

Monto que resulta igual cuando al consumo total que se paga en este mismo distrito ascendente a 99 s/. por mes, se le añade el porcentaje de la Disposición a Pagar (10%) en las facturas de agua potable que asumiría la población por el hecho de contar con plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas: 99 s/. por pago del mes más el 10% indicado, resulta: **108.90 s/.**

6.4 ANÁLISIS CONSIDERANDO CONSUMO DE AGUA POTABLE Y AGUA RESIDUAL TRATADA, ASI COMO LA DISPOSICION PAGAR

En principio, en esta etapa se requiere conocer que volumen de las aguas limpias se utilizan en el riego de áreas verdes, para llegado el caso sean éstas las áreas que serán regadas con aguas residuales tratadas.

En el distrito de Santa Anita, los 40 m³ de agua limpia consumidos al mes en cada vivienda de las zonas residenciales, generan aproximadamente 28 m³ de aguas residuales tratadas, según el supuesto de recuperación promedio (70%) del agua potable que se ha mencionado al inicio de la aplicación del modelo Matemático.

Según el Instituto Metropolitano de Planificación de la Municipalidad de Lima, en este mismo distrito las áreas verdes son 3.9 m²/habitante, indicador mucho menor que lo 8 m²/ habitante establecido por la Organización Mundial de Salud (OMS); Y, estimando una vivienda de cuatro personas en promedio, se tendrá por vivienda 15.6 m² de áreas verdes.

Asumiendo que, 01 m³ de agua potable riega aproximadamente 10 m² de áreas verdes, y considerando que estas riegan suelos con profundidades que van de 10 a 20 cm en promedio, como los campos deportivos ó los sembríos con artículos de pan llevar que son de raíz poco profunda, y teniendo en cuenta también la evaporación del agua residual tratada, para los 15.6 m² precitado se requerirá 1.56 m³ de agua limpia ó de agua residual tratada, solo en riego por inundación ó por gravedad.

De lo anterior resulta entonces que el agua potable consumida neta por residencia es de 38.44 m³, volumen sobre el cual se debe aplicar la disposición a pagar y no al agua residual tratada porque este tiene su propia tarifa resultante y también porque su calidad manifiestamente no es la misma que el de la primera, es decir no es apta para consumo humano, resultando luego lo siguiente:

CUADRO N° 6.5
PAGO DE LA POBLACION POR CONSUMIR AGUA LIMPIA Y AGUA
RESIDUAL TRATADA SEGUN DISPOSICION A PAGAR (DAP) EN EL
DISTRITO DE SANTA ANITA

Consumo	Cantidad en m ³	Pago en S/. por m ³ incluyendo la DAP	Pago total por mes en S/.
Agua limpia	38.44	2.7225	104.6529
Agua Residual Tratada en áreas verdes	1.56	0.7134	1.1129
TOTAL	40.00		105.7658

Fuente: Elaboración propia

Consecuentemente, una vivienda en el Distrito de Santa Anita en realidad debería pagar por consumir 40.00 m³, un total de S/. 105.7658, resultando en este sentido un ahorro de 3.1342 s/. (108.9 - 105.7658), para un área irrigada de 15.6 m², generándose como resultado de esta operación un ahorro de 1.56 m³ de agua limpia por residencia.

Haciendo extensivo este ahorro podemos concluir que cuanto más áreas verdes se irriguen con aguas residuales tratadas en reemplazo de agua limpia, más ahorro de agua limpia y de dinero tendrán las familias; si bien para las familias dicho monto podría parecer imperceptible, no lo es para aquellos que se dedican a la producción agropecuaria, así como para la población que se orienta hacia las actividades recreativas, porque estos cuentan con mayor área a irrigar; y, a nivel agregado cuando el ahorro ya se hace social, se dinamizará

la economía y convendrá que intervenga necesariamente el Estado, para canalizar el agua limpia ahorrada hacia lugares donde se carece de este líquido elemento además de invertir en plantas de tratamiento de aguas residuales para dirigirlos a las áreas productivas y recreativas ó a las zonas carentes de agua a los efectos de ampliar la frontera agrícola y/o recreativa.

En resumen, si la población está **Dispuesta a Pagar** en las facturas de agua potable un porcentaje adicional por el solo hecho de contar en la vecindad con plantas de tratamiento de aguas residuales y que le reporten beneficios de salubridad o de trabajo u otra consideración ambiental, la brecha inicial entre el precio pagado por el agua potable vs. el del agua residual tratada se acrecienta, más al final y llegado el caso, las familias tendrán un aspecto compensatorio favorable dado que estas utilizaran más aguas residuales tratadas al tener menor precio para usarlo en zonas donde antes utilizaban agua potable, por lo que por la cantidad de uso de este último elemento se estaría pagando menos y ahorrando más.

En términos agregados también se está en condiciones de asegurar que existe un beneficio macroeconómico, ya que manifiestamente se utilizará menor agua potable por las tarifas en determinadas áreas para favorecer a otras que carecen del líquido elemento, y, las aguas residuales tratadas se utilizarían en otras actividades económicas y de servicios que no son de consumo humano directo: agricultura, riego de parques y jardines, etc.

A éstos efectos positivos para la sociedad debe añadirse otras que objetivamente se concatenan como son la **generación de empleo**, el **mejoramiento del medio ambiente comunal**: agua residual tratada y capacitación permanente sobre ciudades saludables; **mejoramiento de la salud humana**: disminución de la morbilidad y mortalidad infantil, la disminución de enfermedades gastrointestinales y de la piel así como de enfermedades broncopulmonares; **revaloración y aceptabilidad de las áreas verdes**: áreas de recreación y productivas saludables; **revaloración de los inmuebles**: incremento en el mejoramiento y construcción de nuevas viviendas, nuevo valor de los inmuebles, incidencia en el pago del autoevalúo y

servicios públicos, mejoramiento e incremento del número de nuevos comercios y servicios, migración hacia el distrito no solo de población calificada sino también de inversionistas; **mejoramiento del ornato:** Reparación de vías: pistas y veredas, mejoramiento de parques, jardines y áreas verdes en general y campañas de concientización a la población, entre otras; si a ello se añaden los movimientos financieros, la situación cultural, social y económica de la comunidad tendrá cambios sustanciales así como determinados riesgos, aspectos estos que entre otros se deberán tomar en cuenta cuando se formule el Marco Lógico del proyecto a implementar.

Finalmente se debe mencionar que para la aplicación del concepto de Disposición a Pagar (DAP), se ha hecho lo posible para que no exista ningún Sesgo en la Hipótesis formulada porque hubo una respuesta masiva a las preguntas formuladas, así como tampoco un Sesgo Operativo, porque a todos los entrevistados les interesó el tema, por lo que se concluyó que la disposición a ser compensados por la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales supera las expectativas de los beneficiarios, quedando en este sentido minimizada el monto propuesto de la DAP. Sin embargo, si se evidenció un Sesgo Estratégico, por cuanto, se insinuó a los encuestados a revelar su DAP y a ser compensados, ya que se verían beneficiados por los efectos positivos del Proyecto.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

1. La salud humana se ve seriamente amenazada por la contaminación atmosférica, contaminación del agua, por la presencia de sustancias químicas y tóxicas así como por el deterioro de los recursos naturales y medio ambiente, cobrando vital importancia la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales. A ello debe añadirse la utilización poco racional del recurso hídrico, pues los diversos sectores económicos no son eficientes en su uso.
2. El efecto de las crecientes inversiones y gastos se generan por mayores exigencias de tratamiento de aguas residuales, por el aumento de concentraciones de contaminantes que aumentan junto con el desarrollo de los centros poblados, por lo que se esta tratando de evitar el deterioro de los ecosistemas, lo que a menudo la sociedad desestima por restricciones de recursos y una pobre cultura ambiental y ecológica.
3. La mayor parte de ciudades que cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales sobre todo domésticas, no utilizan o usan limitadamente el agua residual tratada, por lo que el producto se va directo a los ríos, o al mar, donde se pierden, habiéndose incurrido en gastos sin un objetivo claro sobre el producto resultante.
4. El modelo teórico se basa en los supuestos siguientes: que el pago del costo del agua limpia es creciente en el tiempo por efecto del incremento de los costos marginales, que la demanda del agua es totalmente inelástica, que la tarifa o costo medio de largo plazo de agua de medios de abastecimiento (producción y distribución) alternativos con fines no de consumo humano, son diferenciadas según la fuente de abastecimiento y en proporción directa a la calidad requerida para los distintos usos.
5. El costo unitario del reuso de aguas residuales tratadas debe ser igual o menor que el pago o tarifa de agua, situación que ha quedado demostrado cuando se realizó la aplicación del modelo.
6. El modelo matemático se expresa como una función de Utilidad de un

usuario, sujeta a restricciones como agua limpia, costo unitario, ingreso disponible, calidad de agua residual tratada, entre otras variables.

7. En la actualidad, existen diversos actores socio económicos que vienen aplicando el reuso de las aguas residuales tratadas en parques y jardines, como municipios y universidades así como diferentes empresas privadas, bajo diferentes tecnologías, más se desconoce si cobran alguna tarifa por la reutilización del agua residual tratada.
8. La implementación de la metodología de Disposición a pagar, es una herramienta eficaz de equilibrio entre el productor y consumidor de contaminación.
9. En términos agregados existe un beneficio adicional por reutilizar el agua residual tratada, al utilizarse menor cantidad de agua potable en determinadas áreas para favorecer a otras que carecen del líquido elemento, y, las aguas residuales tratadas se utilizarían en otras actividades económicas y de servicios que no son de consumo humano directo como la agricultura, riego de parques y jardines.
10. El problema básico de la contaminación es que sin un sistema de precios, los contaminadores no aprecian el daño que causan y que consiente o inconscientemente ahorran dinero al contaminar.

7.2 RECOMENDACIONES

1. La eficiencia en el uso del agua, variable futura para medir el desarrollo socio económico de los pueblos, solo será posible, si y solo si, se genera conciencia a todo nivel, sobre la escasez de ella; Es decir, no debe permitirse usos irracionales del líquido elemento, generándose así una cultura hídrica y trabajando integralmente, es decir en varios frentes científicos, sociales, económicos y políticos, a los efectos de evitar la contaminación ambiental. En este concepto, se debe incluir la reutilización del agua residual tratada.
2. Que las futuras plantas de tratamiento de aguas residuales que se construyan tengan como base el criterio de disposición a pagar para contar con dicha infraestructura así como para reutilizar las aguas residuales, cubriendo al universo de los contaminadores.
3. Que el gobierno central, delegue en los gobiernos locales, la

administración y fiscalización de la generación y utilización de aguas residuales domésticas tratadas, en cuyo ámbito se deberá integrar a los involucrados de la zona, a los efectos de su sostenibilidad.

ANEXOS

ANEXOS

- ANEXO N° 01: ESQUEMA SOBRE LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA
- ANEXO N° 02: CAUDAL DE AGUAS SERVIDAS RECOLECTADAS POR EL SISTEMA DE COLECTORES PRIMARIOS – 2002
- ANEXO N° 03: CAUDAL DE AGUAS SERVIDAS RECOLECTADAS POR EL SISTEMA DE COLECTORES PRIMARIOS - 2003
- ANEXO N° 04: LA FÓRMULA DEL AGUA SEGURA
- ANEXO N° 05: EFECTOS DE CAMBIOS EN EL MEDIO AMBIENTE ACTUAL
- ANEXO N° 06: EL COLECTOR COSTANERA HABRÍA CREADO UN SISTEMA ECOLÓGICO DE CONTAMINACIÓN
- ANEXO N° 07: MATRIZ DE CONSISTENCIA
- ANEXO N° 08: FORMATO DE ENCUESTA
- ANEXO N° 09: RESULTADO DE ENCUESTAS
- ANEXO N° 10: DEFINICIÓN DE TARIFA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO BÁSICO Y SUS OBJETIVOS
- ANEXO N° 11: 1. MECANISMOS DE ELECCIÓN SOCIAL
- ANEXO N° 12: 1. EFICIENCIA Y MERCADOS
2. EFICIENCIA EN EL INTERCAMBIO DE BIENES Y DE MALES
3. EFICIENCIA EN EL INTERCAMBIO DE MALES
4. EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE CONTAMINACIÓN
- ANEXO N° 13: EXCEDENTE DEL PRODUCTOR Y DEL CONSUMIDOR DE CONTAMINACIÓN
- ANEXO N° 14: EFECTO DE LOS PROGRAMAS GUBERNAMENTALES
- ANEXO N° 15: FALLOS DEL MERCADO
1. EXCLUSIÓN
2. RIVALIDAD
3. INCIDENCIA EN LOS CONSUMIDORES
4. EXTERNALIDADES
5. DERECHOS DE PROPIEDAD
6. PROBLEMAS DE LOS MALES PÚBLICOS Y LA NEGOCIACIÓN
7. SISTEMA DE PRECIOS

8. UN SOLO CONTAMINADOR
9. EL NIVEL DEL IMPUESTO
10. LA PROBABILIDAD DE UN IMPUESTO
11. LOS IMPUESTOS VS LOS SUBSIDIOS
12. TEORÍA DE LOS INVOLUCRADOS

ANEXO Nº 16: BENEFICIOS SOCIO ECONOMICOS DE LA INSTALACION
DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

ANEXO N ° 01

ESQUEMA SOBRE LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA

RECURSO AGUA	Distribución: 97.5% es agua salada: mares y océanos 2.5% es agua dulce, y de este último el:	Usos del agua		Crecimiento población y consumo	Acceso al agua potable	Tratamiento de aguas residuales por grupo de países P : país rico PED : País en desarrollo	Como afecta la escasez del agua al grupo de países	Tarifas de agua potable
		al 2000	al 2015					
El agua es 70% de la superficie mundial	69.7% esta en los glaciares 0.3% en rios y lagos; y el 30.0% está en La humedad del suelo y Capas acuíferas subterráneas ↓ (a)	65% agrícola 25% Industrial 10% doméstico, comercial, servicios urbanos, etc. ↓ En el doméstico el agua para consumirse requiere de tratamiento para eliminar particularidades y organismos dañinos para la salud	58% 34% 8%	Población crece por 3 Consumo crece por 6	20% no la tiene 1,500 millones ubicados en los PED sufren de una escasez severa del agua limpia. 50% carece de saneamiento.	100% en País rico 90 a 95% en PED se vierten sin tratar contaminando el suministro de agua utilizable.	En P afecta a la conservación de la naturaleza y posibilidades de crecimiento económico En PED, además es la causante directa del 80% del total de enfermedades como la diarrea y el cólera que causan 15 millones de muerte de niños por año.	En P los 2/3 de la tarifa corresponde al saneamiento de agua residual (recolección y tratamiento) Y en PED solo se considera el tratamiento del agua potable y la recolección de aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia

Notas:

- a. El agua subterránea se ha convertido en el sostén principal de las actividades agroalimentarias, pero que por un exceso en su extracción esta provocando que los niveles freáticos de agua dulce estén descendiendo; lo que viene originando: el agotamiento, las inundaciones y la salinización causados por un drenaje insuficiente y la contaminación debida a las actividades intensivas agrícolas, industriales y de otro tipo, etc.

- b. Mientras el país es más rico, tiene más población que cuenta con mayor dotación de agua potable y saneamiento y tiene menos tasa de mortalidad infantil, más al contrario, los países pobres con poblaciones que cuentan con menos agua potable tampoco cuentan con la cantidad suficiente de saneamiento y consecuentemente la tasa de mortalidad es grande, especialmente en menores de cinco años, según datos del Banco Mundial a 1998.

ANEXO N° 02

**CAUDAL DE AGUAS SERVIDAS RECOLECTADAS POR
EL SISTEMA DE COLECTORES PRIMARIOS - 2002**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
SURCO	4.654	5.279	5.410	5.478	4.602	4.908	4.995	5.193	5.553	5.621	5.615	5.717	5.252
COMAS	2.537	2.556	2.687	2.512	2.593	2.558	2.957	3.047	2.876	2.787	2.742	2.867	2.727
COSTANERO	2.381	2.349	2.310	2.333	2.370	2.369	2.399	2.510	2.490	2.475	2.449	2.475	2.409
N° 6	2.465	2.844	2.853	2.618	2.466	2.171	2.023	1.744	1.872	1.973	2.020	2.074	2.260
CHOSICA	0.545	0.527	0.527	0.527	0.527	0.527	0.527	0.510	0.537	0.517	0.546	0.530	0.529
PUENTE PIEDRA	0.099	0.099	0.129	0.129	0.129	0.129	0.083	0.083	0.083	0.098	0.098	0.098	0.105
VENTANILLA	0.171	0.190	0.190	0.190	0.190	0.190	0.190	0.190	0.200	0.200	0.200	0.200	0.192
CENTENARIO	2.474	2.474	2.474	2.474	2.474	2.474	2.474	2.313	2.313	2.313	2.313	2.313	2.407
CONDEVILLA	0.269	0.269	0.269	0.269	0.269	0.269	0.324	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.390
BOCANEGRA	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680	0.285	0.253	0.253	0.257	0.252	0.256	0.470
TAYACAJA							0.079	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078
TOTAL	16.28	17.27	17.53	17.21	16.17	16.28	16.34	16.47	16.80	16.87	16.86	17.16	16.82

Fuente: SEDAPAL

ANEXO N° 03

**CAUDAL DE AGUAS SERVIDAS RECOLECTADAS POR
EL SISTEMA DE COLECTORES PRIMARIOS - 2003**

EMISOR	CAUDAL (m3/s)											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
SURCO	5,909	5,829	5,778	5,658	5,599	5,422	5,114	5,120	5,107	5,315	5,547	-
COMAS	2,971	2,789	2,823	2,788	2,941	2,950	3,008	3,118	3,055	2,965	2,920	-
COSTANERO	2,424	2,487	2,400	2,392	2,459	2,435	2,390	2,270	2,255	2,218	2,246	-
N° 6	2,069	2,128	2,084	2,091	2,095	2,067	2,031	2,015	2,001	1,872	1,935	-
CENTENARIO	2,313	2,420	2,420	2,438	2,438	2,424	2,424	2,424	2,424	2,424	2,424	-
CHOSICA	0,515	0,517	0,519	0,516	0,513	0,524	0,509	0,507	0,481	0,503	0,518	-
PUENTE PIEDRA	0,135	0,140	0,140	0,140	0,126	0,130	0,120	0,106	0,147	0,147	0,150	-
VENTANILLA	0,200	0,200	0,200	0,200	0,196	0,196	0,190	0,190	0,190	0,190	0,195	-
CONDEVILLA (*)	0,549	0,549	0,549	0,549	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	-
BOCANEGRA	0,258	0,258	0,254	0,251	0,247	0,259	0,259	0,239	0,239	0,279	0,266	-
TAYACAJA (**)	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	-	-	-	-	-
SAN JUAN	-	0,379	0,379	0,443	0,410	0,419	0,434	0,433	0,394	0,393	0,393	-
TOTAL	17,42	17,77	17,62	17,54	17,60	17,40	17,06	16,92	16,79	16,81	17,09	-

Fuente: SEDAPAL

ANEXO N ° 04

LA FÓRMULA DEL AGUA SEGURA

¿Qué entendemos por acceso a agua segura?

Generalmente, se define como agua segura el agua apta para el consumo humano, de buena calidad y que no genera enfermedades. Es un agua que ha sido sometida a algún proceso de potabilización o purificación casera.

Sin embargo, determinar que el agua es segura solo en función de su calidad no es suficiente. La definición debe incluir otros factores como la cantidad, la cobertura, la continuidad, el costo y la cultura hídrica. Es la conjugación de todos estos aspectos lo que define el acceso al agua segura.

**Agua segura = Cobertura + Cantidad + Calidad + Continuidad +
Costo + Cultura hídrica**

ANEXO N° 05

EFFECTOS DE CAMBIOS EN EL MEDIO AMBIENTE ACTUAL

5.1 LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS GLOBALES

El Efecto Invernadero, originado por acumulación de gases industriales que retienen el calor en la atmósfera y el deterioro de la capa de ozono que cada vez menos protege de los rayos infrarrojos solares, sobreviniendo en el calentamiento global de la Tierra, considerado como la mayor amenaza para la humanidad al generar un lento pero dramático incremento de la temperatura promedio del planeta, originando contrastes severos y cambios climáticos globales que en las últimas décadas se han manifestado en diversas partes del orbe, como fuertes inundaciones, tempestades, sequías e incendios forestales, nevadas.

El efecto más severo se viene dando en los glaciares de los polos norte y sur y de las cumbres nevadas del planeta, cuyas extensiones han reducido significativamente, causando a su vez que el nivel del mar se incremente y esté disminuyendo la disponibilidad de recursos hídricos para consumo humano y para riego, obligando respecto al agua a incrementar los esfuerzos para conseguirla.

En efecto, en los últimos 30 años, nevados en el África han disminuido su extensión hasta en 82%, En Perú, en 1995 el glaciar de Pastoruri tenía 1,8 km² de superficie, pero el 2007 retrocedió a 1,1 km²; de perder 12 metros de masa de hielo por año hasta 1990, ahora retrocede 23 metros cada año. Se estima que se ha perdido en el mundo de 10 a 14 millones de kilómetros cuadrados de glaciares.

El proceso de calentamiento global se presenta a su vez acelerado por sus propios efectos, ya que al reducir las superficies gélidas, que sirven para reflejar el 90% de los rayos solares, la tierra y el mar se exponen más a la absorción de la radiación solar, aumentando el calor del planeta.

5.2 LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL DEL AIRE, AGUA Y SUELOS

Los contaminadores atmosféricos son más nocivos en las áreas urbanas por las altas concentraciones de población e industrias y de los servicios públicos y privados, ocasionando problemas de salud principalmente en los niños. Además, se afectan las estructuras de edificios y se degrada la estética del medio ambiente.

Entre los principales contaminadores de este rubro se tienen:

- Las impurezas de los combustibles que producen emisiones de dióxido de azufre (SO_2) y partículas suspendidas; los depósitos de ácidos con base de sulfuro y nitrógeno, que pueden afectar a las cosechas, bosques y ecosistemas acuáticos.
- La combustión de los carburantes deriva en emisiones de óxido de nitrógeno.
- La utilización del plomo para mejorar el funcionamiento de los combustibles en los vehículos es también un factor contaminante del aire, habiendo causado envenenamientos muy graves en la salud, como el retraso mental, especialmente en las zonas marginales.
- La combustión de derivados del carbón que causan emisiones de carbono oxidado o sea el dióxido de carbono (CO_2), un gas de efecto invernadero. Este es un contaminante que en todas las capas de la atmósfera aumenta la capacidad de retener el calor, generando el calentamiento global.
- Los clorofluorcarbonos (CFC) que causan la destrucción de la capa estratosférica de ozono y que se utilizan como refrigerantes.

La contaminación del agua superficial es generalmente resultado de la descarga de materia orgánica e inorgánica en ríos o lagos. Los desechos orgánicos para descomponerse requieren de oxígeno, por lo que la unidad de medida de la cantidad de contaminación es la demanda Biológica de oxígeno ó DBO y, la contaminación por agentes patógenos, es probablemente la principal amenaza ambiental en todo el mundo. Los desechos inorgánicos pueden

contener sustancias químicas tóxicas, como pesticidas y metales pesados, muchos no siendo biodegradables en el tiempo.

A su vez, las aguas subterráneas con el paso del tiempo se están contaminando junto con los suelos, por muchos factores, dentro de los cuales tenemos las fugas en las instalaciones para almacenar combustibles y la filtración de plaguicidas y fertilizantes así como los derrames accidentales y el desorden generalizado de los agricultores para disponer de los envases de los productos químicos que utilizan. También dañan el medio ambiente, antiguos sitios de confinamiento para residuos tóxicos.

Los lagos y océanos tienen nutrientes y ácidos que están en permanente contraposición, debido a que los primeros promueven el crecimiento de algas y fitoplancton (alimentos de los peces) y los segundos afectan la habitabilidad de las especies marinas.

5.3 DESEQUILIBRIO DE ECOSISTEMAS Y MEDIOS NATURALES

La población humana en crecimiento está ocasionando pérdida del hábitat en los ecosistemas. Así por ejemplo, los grandes bosques se han depredado con el fin de comercializar la madera y luego obtener tierras para uso agropecuario; igualmente las tierras húmedas desecadas son también utilizadas para más tierras agropecuarias, así como para el crecimiento de ciudades, causando que el número de especies y plantas en peligro de extinción aumente cada año, haciéndose muy poco para su protección y control.

Se debe mencionar que en la producción de bienes y servicios se requiere del cumplimiento de muchas acciones y/o procesos, los cuales inevitablemente generan costos. Ahora bien, cada nivel de procesos también genera un nivel de contaminación, de lo que la sociedad toma consciencia recién cuando se perciben los efectos en el medio ambiente y/o ecosistema.

Ejemplificando lo mencionado, para producir sillas de madera, al margen de la especificidad del tamaño, color, diseño, calidad, etc., se requiere utilizar un tipo de madera, otros materiales y recursos humanos. La obtención de madera y su

puesta en la fábrica implica determinar la cantidad necesaria de materia prima y su transporte, la maquinaria y equipo para aserrar que contaminan el aire y el suelo, suministros para campamentos que generan residuos sólidos y líquidos, devastación considerable de áreas de bosque que causa inmediatamente un cambio en el ecosistema del lugar al destruirse el hábitat de plantas, animales e insectos, quedando la zona expuesta a fenómenos de la naturaleza, como lluvias que pueden causar deslizamientos en laderas o ciénagas si no se hace en forma inmediata la forestación y reforestación, en desmedro del entorno de las poblaciones adyacentes.

Luego, un problema por resolver sería determinar el costo social de la contaminación por cada nivel de actividad y/o proceso, así como los mecanismos y recursos necesarios para controlar y/o administrar de modo efectivo el nivel de contaminación. Esto constituye un reto para las entidades públicas y medio ambientales, que a la fecha no han encontrado soluciones totalmente adecuadas a pesar de todos los esfuerzos.

La contaminación continua avanzando, como el caso de las aguas residuales domésticas generadas en mayor volumen en las ciudades costeras del país, las mismas que se vierten sin tratar adecuadamente al mar, ríos y otros cuerpos receptores, originando aparte del rechazo del uso de las playas, incidencias negativas en los productos marinos muchos de los cuales llegan a las mesas de los hogares, repercutiendo finalmente en la salud humana.

5.4 LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO RÍMAC Y LOS RECURSOS HÍDRICOS

En la Cuenca Hidrográfica del río Rímac, gran parte de Lima Metropolitana y el Callao, así como otras ciudades, se abastecen de agua, cuyas reservas se han ido reduciendo por efectos de cambios climáticos causantes de bajas precipitaciones pluviales y sequías, a tal punto que los caudales para disponibilidad de la planta de Tratamiento de La Atarjea también han disminuido, por lo que en algunos periodos se realizaron los racionamientos pertinentes. La explotación llega a privar al río de su caudal ecológico (mínimo

que se debería mantener) en los meses de estiaje (mayo a noviembre), el cual se da en los meses de avenida.

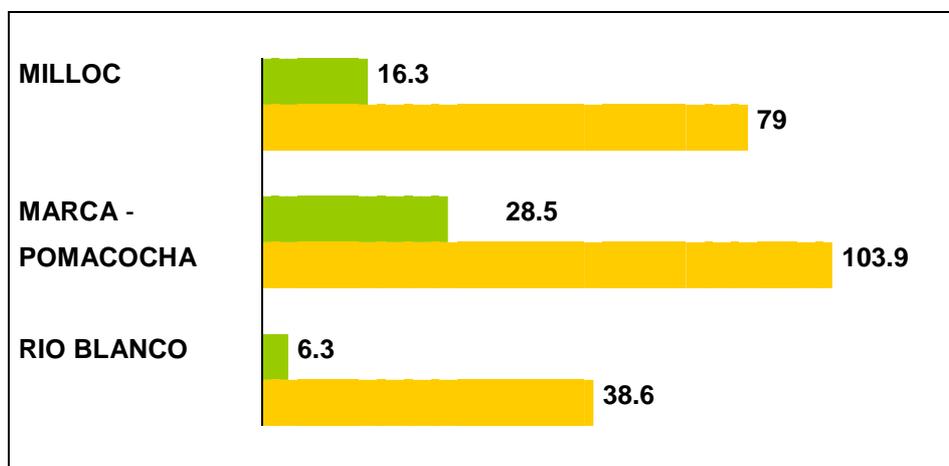
En el **Gráfico N° A 5.4.1**, se observa que en el año 2005, la precipitación estaba lejos de alcanzar el nivel promedio del período 2001-2004 que ostentaba la acotada fuente hídrica.

En el **Gráfico N° A 5.4.2** se aprecian las lagunas y los tributarios del río Rimac, con indicación de las reservas y los caudales del periodo 2001 al 2005 así como los Proyectos Marca II y III, según datos de la empresa SEDAPAL, que contribuirán a la dotación de mayor recurso hídrico a esta cuenca.

GRÁFICO N° A 5.4.1

PLUVIOGRAMA EN LA CUENCA DEL RIO RIMAC

(Precipitación en mm)

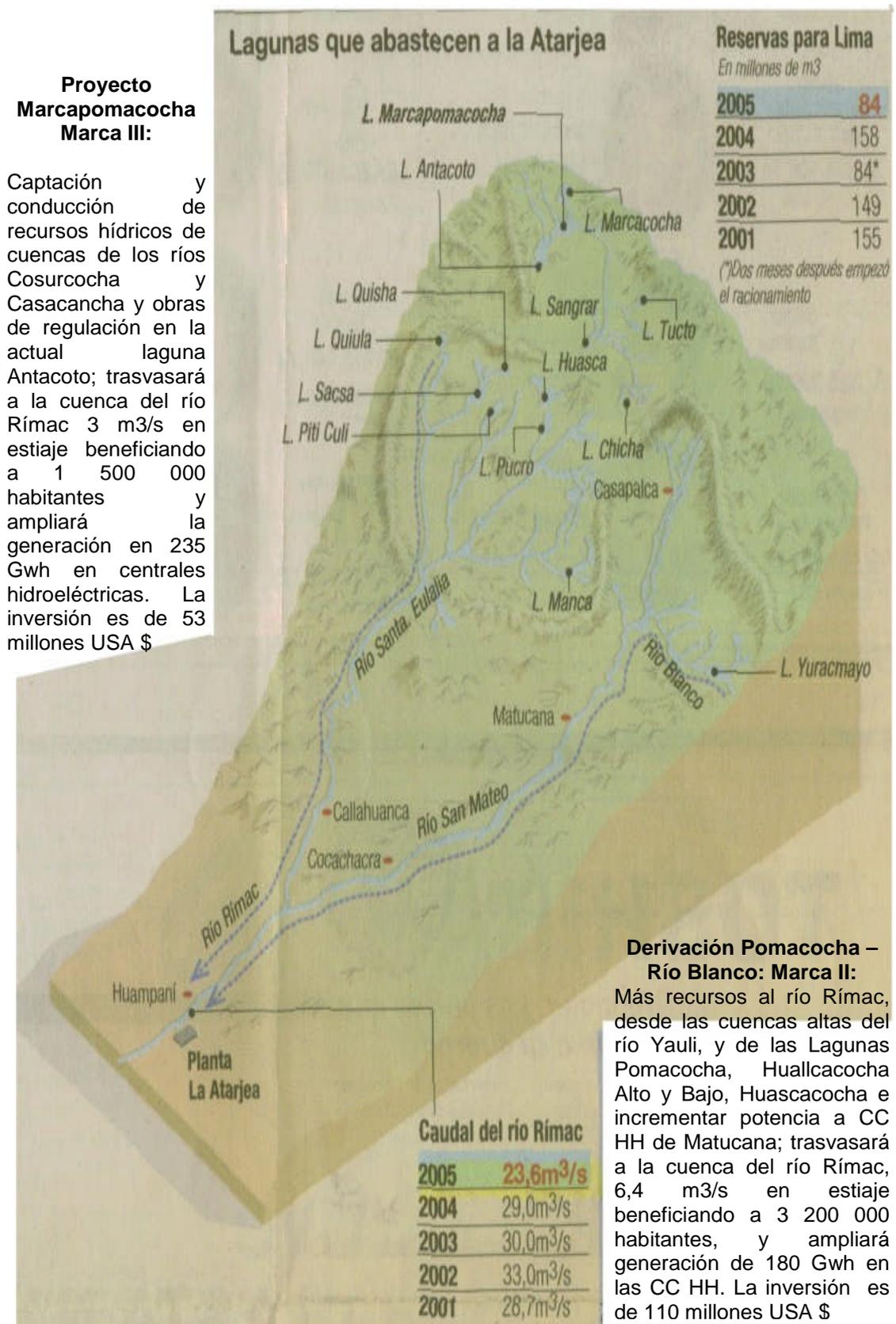


Leyenda:



FUENTE: SENAMHI

GRÁFICO Nº A 5.4.2 PROYECTO MARCAPOMACOCHA



5.5 USO DEL AGUA POR GRANDES SECTORES ECONOMICOS

Una cuenca generalmente no sólo es hidrográfica, sino que también está constituida por una diversidad de centros poblados ubicados a lo largo y ancho de la misma, con suelos en diversas altitudes donde hay recursos de flora, fauna, minerales, etc.; cada uno de ellos tiene una dinámica social, económica y cultural propia, con el consiguiente uso del agua muchas para cada una de sus actividades o fines, no habiendo estadísticas confiables acerca de la demanda de este recurso en estas localidades, particularmente en las zonas alto andinas, por la postergación socioeconómica y el relativo aislamiento.

No obstante, según las estadísticas sobre el uso del agua superficial y subterránea de esta cuenca, por grandes sectores económicos en Lima Metropolitana se estima la distribución de la misma, siendo los sectores domésticos las que más utilizan el agua, seguidos por las actividades agrícolas, industriales y mineras, destacándose que el uso doméstico y agrícola presentan baja eficiencia respecto a su abastecimiento, como se aprecia en el **Cuadro siguiente:**

**CUADRO N°
A 5.5.1
EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA
CUENCA DEL RÍO RIMAC**

Uso de Aguas (*)	Sectores				Total
	Población	Agrícola	Minero	Industrial	
Superficial	460,9	141,9	10	0	612,8
Subterránea	126,1	1,3	0	38,4	165,8
Total	587	143,2	10	38,4	778,6
Eficiencia de uso	60%	35%			

Fuente: SEDAPAL

(*) en millones de m³

Las poblaciones de la cuenca van creciendo en forma geométrica y el recurso agua es cada día más escaso, como se comprueba en las zonas alto andinas, donde ya hay algunos conflictos permanentes entre el campo y la ciudad por el uso racional, sobretodo, en épocas estivales. Por ello la necesidad de generar en las partes altas de la cuenca proyectos de desarrollo sostenible y de largo plazo, que comprendan la forestación y reforestación con especies nativas, reconstrucción de sistemas de andenería, rehabilitación de sistemas de reservorios tradicionales, entre otros trabajos, de modo tal que se pueda captar la humedad del medio ambiente y preservar el recurso agua cuando hay periodos de lluvias, factor que incluso empobrece a los terrenos por el arrasamiento a su paso de las materias orgánicas pertinentes.

Los sistemas para el manejo de recursos hídricos se ilustran en el **Gráfico N° A 5.5.2**, generalmente compuestos por sistemas de almacenamiento o represamiento para generación de energía eléctrica, sistemas de relaves mineros y de canales de riego de terrenos agrícolas y, en centros poblados, por sistemas de agua potable y de alcantarillado.

Los sistemas de agua potable a su vez comprenden:

- Captación de fuente: superficial (río, lago, etc.), subterránea (pozos, galerías filtrantes, etc.) u otras (mar, etc.).
- Tratamiento de agua potable: con plantas de considerable magnitud y procesos físico-químicos (sedimentación, floculación, filtración, cloración, eliminación de lodos, etc.) para aguas de captación superficial, con unidades de procesamiento sencillas (clorinadores) para aguas de captación subterráneas y de otros métodos no convencionales para agua de fuentes distintas (desalinización de agua por ósmosis invertida, vaporización con combustibles o energía solar, etc.).
- Almacenamiento, en grandes reservorios para agua de plantas de tratamiento.
- Distribución primaria, con tuberías de gran diámetro y sistema de reservorios con cámaras cisternas y estaciones de rebombeo, según las diferentes cotas topográficas o alturas sobre el nivel del mar de las áreas

de servicio, para regular el abastecimiento en horas de máximas demandas diarias.

- Distribución secundaria, con sistema de reservorios menores, con cámaras cisternas y estaciones de rebombeo, tuberías de menor diámetro y conexiones domiciliarias por predio atendido, piletas o pilones por cada grupo de lotes o viviendas (que deben acarrear el agua en baldes o alternativamente usar mangueras, administrando la comunidad o vecindario el abastecimiento) o surtidores con agua suministrada de plantas de fuente superficial o de pozos, siendo distribuida mediante camiones cisterna particulares o de instituciones públicas).

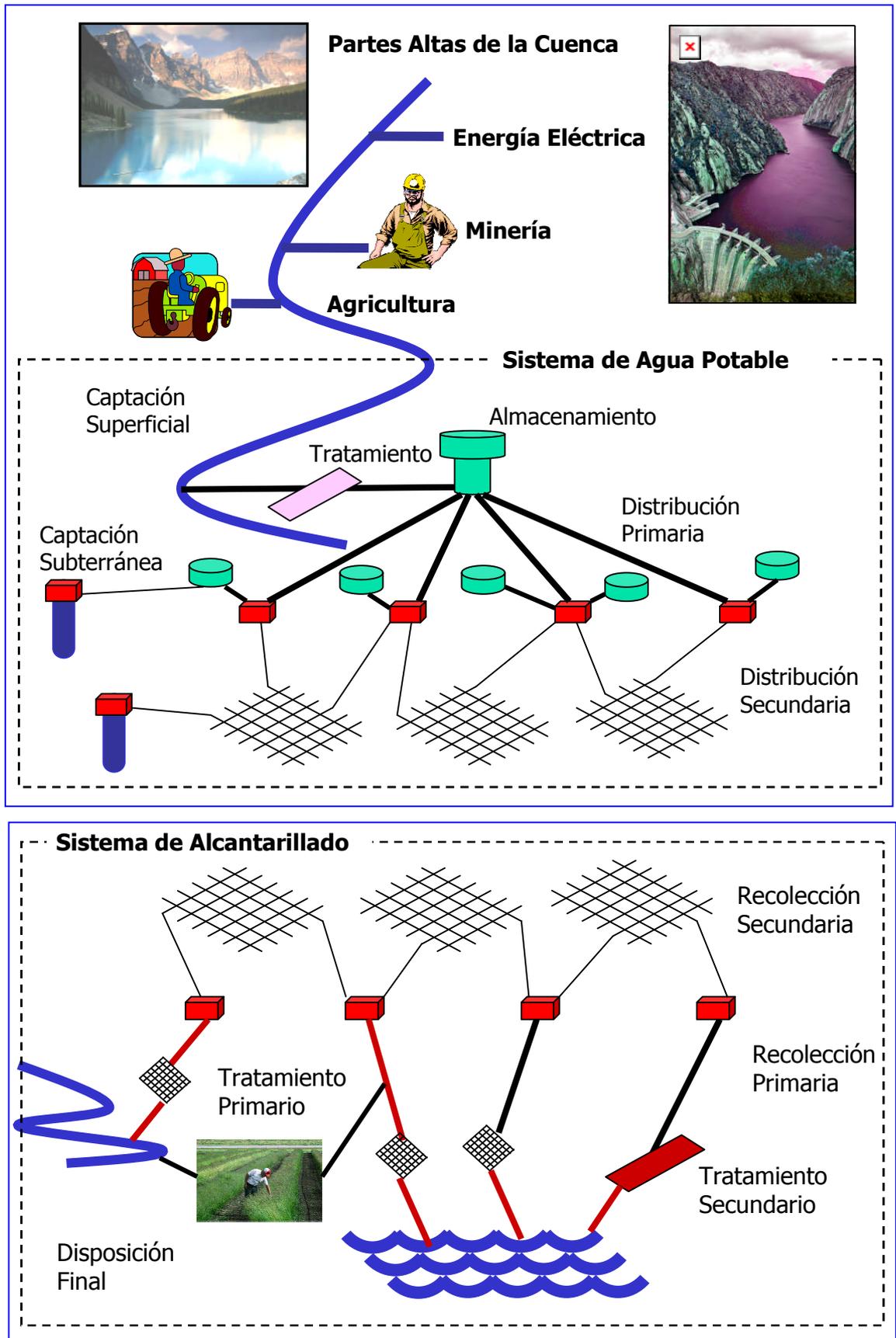
Complementariamente, los sistemas de alcantarillado comprenden:

- Recolección secundaria: conexiones domiciliarias por predio atendido, tuberías de colectores de menor diámetro con buzones para operación y mantenimiento, cámaras de reunión y cámaras de rebombeo en casos de colectores interconectados en puntos de diferentes cotas topográficas o alturas sobre el nivel del mar.

En los casos que no se cuenta con conexiones a la red pública de alcantarillado se emplean letrinas, pozos o fosas ciega o sépticas, silos y similares, dentro o fuera de los lotes ocupados.

- Recolección primaria: con tuberías de colectores de mayor diámetro, cámaras de reunión y cámaras de rebombeo).
- Tratamiento de aguas residuales: Primario de retención de sólidos (cámara con criba o rejillas), secundario con lagunas facultativas o de oxidación (con aereación extendida generalmente) con otros procesos físico-químicos (plantas compactas).
- Disposición final en cuerpo receptor: río o mar a la salida de colectores (sin tratamiento) o de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), emisario submarino, terreno erizado, etc.)

GRÁFICO N° A 5.5.2
USO DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA DEL RÍMAC



El gráfico anterior ilustra los sectores que se encuentran en constante competencia por el uso del agua de la cuenca.

Las generadoras de energía eléctrica tienen interés en acumular agua que descargarán para atender sus demandas en los pueblos y ciudades, pero esto puede afectar los intereses de mineras, agricultores y centros poblados de mantener reservas para tiempos de sequías.

En la minería se requiere el agua para sus relaves, vertiendo sustancias contaminantes que afectan el agua de riego de cultivos y la que debe ser tratada para consumo humano.

Los agricultores de comunidades andinas y parcelaciones no comunales en su mayoría no cuentan con sistemas de riego tecnificado (por el alto costo de inversión), usando sistemas de canales de riego por inundación con elevados porcentajes de pérdida de agua.

Por su parte, los centros poblados de acuerdo a su magnitud (según cantidad de habitantes, concentración y actividades), requieren el agua para diversos usos. En las localidades menores de las partes altas, se utiliza el agua directamente para consumo humano, acarreándola o distribuyéndola con pequeños sistemas de tuberías, en algunos casos aplicando una potabilización básica.

De modo análogo, la eliminación de excretas y aguas residuales en parte (no se arroja en silos, letrinas o a campo abierto) se hace con el río o acequias, los cuales a su vez son también usados como lavaderos de ropa con jabón y detergente, contaminando el agua.

A medida que se desarrolla el cauce del río hacia la parte baja de la cuenca, es creciente la contaminación del agua, aumentando cada vez los requerimientos para su potabilización y distribución, así como para recolección y eliminación de aguas residuales, lo cual hasta el momento se realiza en la mayoría de casos sin tratamiento previo.

La gravedad de este último aspecto no sólo comprende el arrojado en los cuerpos receptores de sustancias de biodegradación lenta o nula, sino que también se aplican en riego de terrenos agrícolas y áreas verdes y en zonas de pesca o recolección de especies acuáticas, afectando la cadena alimenticia de consumo humano y su hábitat.

Se estima que en áreas agrícolas cercanas a Lima Metropolitana se utilizan un caudal promedio de 2 m³ por segundo de aguas servidas **sin tratamiento**.

ANEXO N° 06

EL COLECTOR COSTANERA HABRÍA CREADO UN SISTEMA ECOLÓGICO DE CONTAMINACIÓN

El director ejecutivo de la Dirección de Ecología y Protección del Ambiente de Digesa, Segundo Roncal, expresó su preocupación por las molestias que el colector Costanera, ubicado en el distrito limeño de San Miguel, causa a las familias de la zona, que tienen que vivir con los "olores putrefactos y hediondos" que provienen del desagüe.

En diálogo con **EL DIARIO EL COMERCIO**, Roncal comentó que estos gases son motivo de incomodidad para las familias, pero también afectan su bienestar y, eventualmente, su salud.

Por otra parte, comentó que la cantidad de materia orgánica que despiden el colector, atraen ciertos peces y aves que se alimentan de las aguas. A opinión del experto, esta situación se trata de un sistema ecológico en base de la contaminación.

"Si se dejara de verter desechos en el colector costanero o se hiciera una descarga técnicamente diseñada o construida, definitivamente se controlaría el efecto que actualmente provoca la excesiva carga orgánica", refirió.

Roncal manifestó que se debe ordenar el tema de las descargas en las ciudades del litoral, a través de un sistema de depuración, como el proyecto de Sedapal en playa Taboada, y la expulsión de las aguas servidas a través de "emisarios subacuáticos que estén alejados de la zona".

El Ministerio de Vivienda declaró en emergencia el colector Costanero de San Miguel, debido al mal estado en que se encuentra. La tubería de 19 kilómetros ya construidos, costó 60 millones de dólares. 22.02.08. EL COMERCIO

ANEXO Nº 07

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	SUB VARIABLES	INDICADORES
<p>DEFICIENCIA CRECIENTE EN LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA</p> <p>INEXISTENCIA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</p>	<p>Proponer un modelo socio económico de decisión sobre el uso de las aguas residuales domésticas tratadas con fines productivos y de servicio</p>	<p>La Construcción y equipamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales son necesarios para mejorar la salud humana así como su entorno.</p>	<p>ENDOGENAS</p> <p>EXOGENAS</p>	<p>Económico</p> <p>Social</p> <p>Calidad</p> <p>Involucrados</p>	<p>Nivel de ingreso</p> <p>Costos de producción</p> <p>Inversiones</p> <p>Demanda de agua</p> <p>Cantidad de agua limpia y residual</p> <p>Bienestar</p> <p>Disposición a Pagar</p> <p>Tecnología vs. Economías de escala.</p> <p>Beneficiarios</p> <p>Perjudicados</p> <p>Conflictos e intereses</p>
	<p>Identificar las condiciones socio económicas en las cuales sean comparables y sustituibles las aguas residuales tratadas con respecto al agua potable no destinada para consumo humano</p>	<p>En determinadas condiciones, el costo unitario del reuso de aguas residuales tratadas debe ser igual o menor que el pago o tarifa de agua abastecida para que los usuarios opten por esta alternativa.</p>	<p>ENDOGENAS</p> <p>EXOGENAS</p>	<p>Económico</p> <p>Social</p> <p>Calidad</p> <p>Involucrados</p>	<p>Nivel de ingreso</p> <p>Costos de producción</p> <p>Inversiones</p> <p>Demanda de agua</p> <p>Cantidad de agua limpia y residual</p> <p>Bienestar</p> <p>Disposición a Pagar</p> <p>Tecnología vs. Economías de escala.</p> <p>Beneficiarios</p> <p>Perjudicados</p> <p>Conflictos e intereses</p>

ANEXO N° 08

FORMATO DE ENCUESTA.

OBJETIVO: Instalación De Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas en el Distrito de

MUESTRA: ALEATORIA EN CALLES Y PERSONAS

INTRODUCCION

Estamos interesados en conocer la opinión de los vecinos acerca de la instalación de una o varias plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD) en el Distrito. En términos generales, una planta de esta naturaleza, mejora el entorno y hace el medio ambiente más saludable.

No se preocupe, que su respuesta será confidencial y la información se utilizará para asuntos netamente académicos.

Luego, le agradeceré responder a las preguntas que le formulo de acuerdo a las indicaciones dadas:

Ud. debe saber que si no se tratan las aguas residuales domésticas, estas se constituyen a lo largo de los canales, acequias, tuberías, fuentes de recepción y depósitos, etc., en focos de contaminación.

En tal sentido:

1. Le interesaría que se instalara en su distrito una o varias PTARD? SI NO
2. Estaría dispuesto a financiar una parte de la construcción, equipamiento y operación de una PTARD? SI NO
3. Cuanto estaría dispuesto a pagar sobre el precio de agua potable si se trataran las aguas residuales domésticas? (Indicar hasta que porcentaje)
.....
4. Utiliza el agua potable para regar sus parques y jardines? SI
NO
5. Qué uso más le da al agua potable aparte del consumo humano:
 0. Limpia cocheras
 - i. Limpia techos
 - ii. Lava vehículos
 - iii. Limpia aceras
 - iv. Riega maceteros
 - v. Otros usos (indique)
6. Si como consecuencia de la instalación de una PTARD se generara material orgánico apta para la agricultura y/o para utilizar en parques y jardines: se dedicaría Ud al negocio de vender este material.
NO
POR AHORA NO
SI, pero previa capacitación

ANEXO Nº 09

RESULTADO DE ENCUESTAS

OBJETIVO: INSTALACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS (PTARD)

DISTRITO DE SANTA ANITA DISTRITO DE SAN MIGUEL

Pregunta 1

Le interesaría que se instalara una o varias PTARD en su distrito?

SI : 214
NO: 1

SI : 185
NO: 0

Pregunta 2

Estaría dispuesto a financiar una parte de la construcción, equipamiento y operación de una PTARD?

SI : 203
NO: 12

SI : 180
NO: 5

Pregunta 3

Cuanto estaría dispuesto a pagar sobre el precio de agua potable si se trataran las aguas residuales domésticas? (indicar hasta que porcentaje)

Nº	%
190	10
2	15
23	5

Nº	de	hasta
180	15 a	20 %
1		30
3		10
1		5

Pregunta 4

Utiliza el agua potable para regar sus parques y jardines?

SI : 214
NO : 1

SI : 175
NO: 10

Pregunta 5

Que usos más le da al agua potable aparte del consumo humano?

o. Limpia cocheras	10	4
i. Limpia techos	5	6
ii. Lava vehículos	20	10
iii. Limpia aceras	40	5
iv. Riega maceteros	140	160
v. Otros usos (indique)		

Pregunta 6

Si como consecuencia de la instalación de una PTARD se generara material orgánico apto para la agricultura y/o para utilizar en parques y jardines: se dedicaría Ud. al negocio de vender este material?

NO 38
POR AHORA NO 150
SI, PERO PREVIA CAPACITACION 27

6
113
46

ANEXO N° 10

DEFINICIÓN DE TARIFA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO BÁSICO Y SUS OBJETIVOS

La tarifa de los servicios de agua y alcantarillado, que es el precio adecuado que el usuario espera pagar, puede tener varios objetivos: recuperación de costos y financiamiento sustentable, asignación eficiente de los escasos recursos del sector, distribución del ingreso y viabilidad fiscal.

En teoría, el precio del agua debería incluir su costo marginal o incremental, es decir, el costo de producir la última unidad vendida. El propósito de contar con una política de precios basada en el costo marginal (CMg) es que se logre el uso óptimo de la capacidad existente. Interpretado en sentido estricto, el enfoque del costo marginal requiere que se use el precio del agua para racionar la capacidad sólo cuando esa capacidad se está utilizando completamente.

Cuando esto ocurre, se justifica entonces la inversión adicional. Una vez recuperada la inversión del nuevo capital, el precio disminuirá ya que sólo se necesita recuperar los costos de operación. De esta manera, con el establecimiento eficiente del precio se alcanzan dos metas: (1) uso eficiente de los recursos cuando se opera a menos de la capacidad total y (2) advertir sobre la necesidad de aumentar la capacidad del sistema.

Sin embargo, determinar el costo marginal en las empresas de agua y alcantarillado resulta problemático por la dificultad de dividir los grandes capitales, o por la "totalidad" asociada a los grandes bloques de inversión, así como la capacidad se sobredimensiona en determinados puntos, tales como plantas de tratamiento, reservorios y tuberías troncales. Los costos iniciales relativamente altos, característicos de las áreas urbanas, contrastan con los costos relativamente bajos de operación y mantenimiento.

Por otro lado, cuando el cálculo se basa únicamente en el costo marginal, pueden ocurrir fluctuaciones significativas en el precio del agua o tarifa. La recuperación del costo total de la inversión mediante el cobro a los usuarios actuales no sería justo porque se les está cobrando por una instalación que ellos usan sólo en una pequeña proporción y que ha sido construida anticipando una demanda futura.

Una adaptación usual del enfoque de costo marginal que toma en cuenta los costos desiguales tan característicos del sector agua, es fijar el precio de acuerdo a un promedio de los costos incrementales de operación y capacidad del sistema con relación al tiempo, utilizando flujos de caja descontados. A esto se le denomina el enfoque del costo incremental promedio.

A esto se suma la falta de información sobre el consumo real, futuras inversiones, costos de operación y dificultades para predecir la demanda.

Por otro lado, las tarifas basadas en el promedio de costos anteriores pueden enviar mensajes erróneos a los consumidores y resultar en una tarifa muy barata. El objetivo principal que debe prevalecer es el uso más eficiente del agua a través de un mecanismo de precios.

No obstante una crítica a las técnicas de la "eficiencia del precio", es que podrían entrar en conflicto con una operación financiera viable y con los aspectos relacionados con la equidad. El precio basado en el costo marginal necesita tener una visión del futuro, mientras que los análisis financieros basados en las técnicas contables tienen una proyección temporal más corta. Sin embargo, debido a que en el sector agua los costos marginales generalmente están por encima de los costos promedios, se debe cumplir también con objetivos financieros.

Tanto los objetivos financieros como los de equidad son importantes en el sector agua y alcantarillado. Cuando los costos promedio disminuyen (y por lo tanto el costo marginal es menor que el costo promedio), el precio derivado del costo marginal podría significar una pérdida financiera para la empresa. Esta

situación es común pero casi siempre es temporal y sucede cuando hay exceso de capacidad en el sistema. En la práctica, se usan tarifas de dos partes, una basada en el costo marginal y otra en el costo financiero.

Las tarifas a menudo se diseñan para que unos usuarios subsidien a otros, como los consumidores industriales, considerando una tasa unitaria que se incrementa proporcionalmente al consumo hasta alcanzar el costo marginal de la producción.

Una tarifa bien estructurada es un componente importante para asegurar la eficiencia de la empresa. La estructura tarifaria debe reunir una serie de criterios financieros e incluir una tasa adecuada de retorno en activos, operaciones apropiadas y suficiente generación de flujo de caja interna.

Sin embargo, estudios han demostrado que aún las tarifas debidamente diseñadas no bastan para asegurar la recuperación de costos y la sustentabilidad cuando los sistemas de medición de consumos, facturación y cobranza son deficientes. Además, a la estructura le podría faltar flexibilidad para responder rápidamente al incremento de agua no facturada en el corto plazo debido a procesos administrativos o legales.

En nuestro medio, es la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS, la institución encargada de la Regulación Tarifaria, cuya función comprende los siguientes aspectos:

- Establecer la estructura tarifaria para las empresas prestadoras a nivel nacional.
- Fijar y reajustar las tarifas de los servicios de saneamiento para las empresas prestadoras.
- Establecer los niveles de cobertura y calidad de los servicios de saneamiento para cada localidad administrada por las empresas prestadoras.
- Aprobar los procedimientos para la determinación de los precios de los servicios colaterales.

Sus principios se encuentran establecidos en el artículo 29° de la Ley General de Servicios de Saneamiento, Ley 26338. El Artículo 94° del Reglamento de la Ley, Decreto Supremo 09-95-PRES, desarrolla dichos principios, precisándolos de la forma siguiente:

- **Eficiencia Económica:** Las tarifas que cobre la EPS por la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado, deberán inducir a una asignación óptima de recursos, que posibilite la maximización de los beneficios de la sociedad.
- **Viabilidad Financiera:** Las tarifas aplicadas por la EPS buscarán la recuperación de los costos requeridos para su funcionamiento eficiente, en función a los niveles de calidad y servicio que fije la SUNASS.
- **Equidad Social:** El Estado implementará una política que permita el acceso a los servicios de saneamiento del mayor número posible de pobladores.
- **Simplicidad:** Las tarifas serán de fácil comprensión, aplicación y control.
- **Transparencia:** El Sistema Tarifario será de conocimiento público.

Como política, se poner a disposición del público en general toda la información, modelos e instrumentos que sustentan la regulación de las tarifas, las que se deben determinar sobre la base de la información técnica sustentatoria y de las opiniones o recomendaciones de los grupos de interés y autoridades de las localidades involucradas. Hay interés de mejorar continuamente la metodología e instrumentos de regulación tarifaria, dando prioridad a las medidas que mejoren la situación económica y financiera de las Empresa Prestadora, propiciando el apoyo financiero al Sector Saneamiento.

Al amparo de la Resolución de Superintendencia No. 179-96-PRES-VMI-SUNASS -26/08/1996- que aprueba la “Directiva para la Formulación de los Planes Maestros de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento”, así como sus modificatorias, aprobadas por Resoluciones de Superintendencia No. 854-99-SUNASS y Resolución de Superintendencia No. 056-2001-SUNASS-CD, es que se calcula la tarifa media y estructura tarifaria de la EPS en base al Costo Medio de Largo Plazo, el cual incluye todos los costos de

inversión y de operación y mantenimiento en que la empresa incurre para asegurar en el largo plazo -30 años-, la sostenibilidad de los servicios con calidad adecuada. Para estos efectos, se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{CMeLP} = \frac{\sum_{T=0}^0 \frac{I_t}{(1+r)^t} - \frac{VR_t}{(1+r)^t} + [1-(1-p)(1-i)] \sum_{T=0}^0 \frac{C_t}{(1+r)^t} - i \sum_{T=0}^0 \frac{D_t}{(1+r)^t}}{(1-a) \sum_{T=0}^0 \frac{Q_t}{(1+r)^t}}$$

Donde:

CMeLP = Costo Medio de Largo Plazo

I_t = Inversión del Plan Maestro en el año “t”

VR_t = Valor Residual de las inversiones en el año “t”

C_t = Costos de explotación (sin deprec.) en el año “t”

D_t = Depreciación anual contable en el año “t”

Q_t = Facturación de m3 en el año “t”

n = Número de años del horizonte de planeamiento

r = Tasa de actualización definida por la SUNASS

p = Participación de los trabajadores

i = Tasa de impuesto a la Renta

Es en base a este costo referencial que las EPS presentan sus propuestas tarifarias de mediano plazo y estructuras tarifarias, ajustándose a la Resolución de Superintendencia No. 252-2000-SUNASS que aprueba la “Directiva para la presentación de los Planes Financieros de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento” y la Resolución de Superintendencia No. 240-2000-SUNASS que regula los ajustes tarifarios de las empresas prestadoras de servicios.

Este costo, incorpora un efecto de economías de escala, pero también una tendencia creciente en el largo plazo a medida que las inversiones se

incrementan ante el requerimiento de ampliar las fuentes de agua y de preservación del medio ambiente con tratamiento de aguas residuales y su adecuada disposición.

En un entorno previsible de incrementos tarifarios, a la par de la escasez de recursos hídricos y riesgo de deterioro del medio ambiente por desequilibrio en la producción y uso de los servicios de saneamiento, es que empieza a buscar nuevas alternativas de fuentes de agua y medidas políticas conducentes a la conservación y uso racional de las actuales.

En este contexto, se propone un modelo en el cual se identifican las condiciones bajo las cuales, las distintas alternativas de fuentes de agua han de “competir entre sí” para que los usuarios opten entre ellas con diversos fines.

ANEXO Nº 11

1. MECANISMOS DE ELECCIÓN SOCIAL

En general el consumo de bienes y servicios en cantidad y calidad varía de una persona a otra, dependiendo incluso de muchos factores como la localización, el clima, etc., lo cual no se aplica con los bienes ambientales, pues se consume relativamente lo mismo y no se puede acumular su consumo, por lo que la decisión por medidas ambientales tienden a asumirse individualmente, aunque realmente se afecta a toda la sociedad.

Así por ejemplo, el agricultor que prefiere usar insecticidas y/o cualquier producto químico en sus sembríos, no está tomando en cuenta que con su empleo está contaminando el aire que respiran ellos mismos así como también toda una comunidad; y, si tales productos así como la vestimenta que utilizan, tienen contacto con el agua que beben las personas y los animales, el problema se agravará; consecuentemente, como a corto plazo no se vislumbra aún ninguna enfermedad, los demás productores agropecuarios actúan bajo la misma orientación, por lo que con su decisión solo han previsto su propio beneficio inmediato.

Debe intervenir entonces una autoridad para alertar sobre la contaminación y aplicar las medidas adecuadas, de tipo preventiva y correctiva. Al respecto, para orientar el diseño de estas medidas, existen diversos enfoques para la toma de decisiones sociales, siendo los más importantes: el Criterio de Unanimidad, el Principio de Compensación y la Regla de la Mayoría.

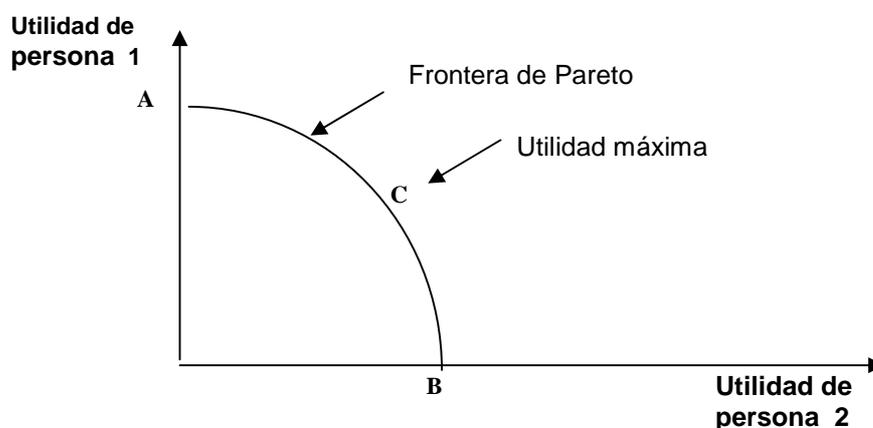
a) EL CRITERIO DE LA UNANIMIDAD

Conocido cómo el principio de Pareto, sostiene que si, por ejemplo hay dos paquetes de bienes: materiales y ambientales, se comparan las utilidades que obtiene una persona cuando consume distintas combinaciones del contenido de tales paquetes y si una combinación es la elegida, las demás personas de la sociedad también elegiría dicha opción.

Ahora, si la sociedad la componen dos personas, solo puede lograrse diferentes utilidades bajo el área de la curva **AB** que se ilustra en el **Gráfico N° A 11.1**; esta curva se denomina Frontera de Pareto y representa las distintas combinaciones de utilidad entre los miembros de la sociedad. En el punto **A**, todos los recursos de la economía son asignados a la persona 1, mientras que en **B** ocurrirá lo opuesto, siendo posible maximizar la utilidad en un punto ubicado dentro de dicha curva, como por ejemplo **C**; la utilidad en cualquier punto dentro de esta curva será mejor que otro ubicado fuera de ella, como **P** por ejemplo, siendo posible las transferencias de recursos entre los que prefieren una opción de otra.

GRÁFICO N° A 11.1

CRITERIO DE UNANIMIDAD



b) EL PRINCIPIO DE COMPENSACIÓN DE KALDOR

Sostiene que quienes obtienen un beneficio por alguna acción o proyecto, deben compensar a las personas que resulten perjudicadas.

c) LA REGLA DE LA MAYORÍA

Se refiere a la votación sobre un aspecto de conveniencia para la comunidad donde participa un grupo humano, y cuyos resultados son respetados por los participantes.

Sin embargo, los planteamientos basados en estos enfoques no dejan de ser cuestionados por su subjetividad y la fragilidad institucional y legal para que se apliquen con efectividad.

ANEXO N° 12

1. EFICIENCIA Y MERCADOS

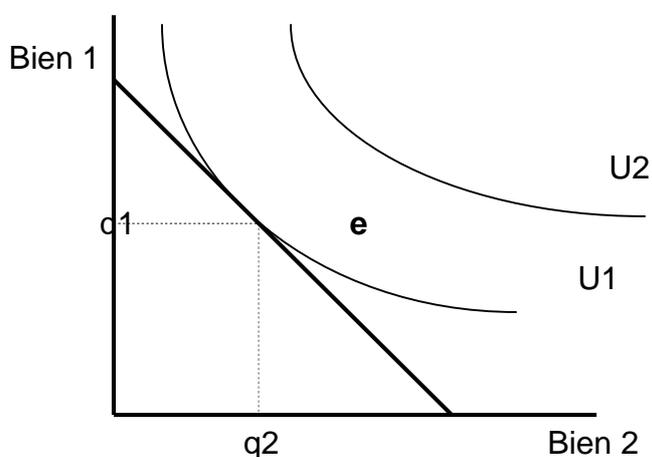
Como es de apreciar, en los aspectos planteados, puede utilizarse el concepto de **Eficiencia**, aplicable sobre todo en la contaminación ambiental, donde si bien es materialmente imposible obtener la cantidad correcta de contaminación, si es posible establecer cual sería la cantidad deseable y con la cual estén contentos todos los pobladores, para lo cual en muchos países se cuenta con los organismos técnicos y normas que deben cumplir los responsables del control a agentes específicos.

2. EFICIENCIA EN EL INTERCAMBIO DE BIENES Y DE MALES

Si se considera que la mezcla de bienes consumidos da una mayor utilidad, como en el punto **e** que se ilustra en el **Gráfico N° A 12.1**, mientras más lejos estén las curvas de indiferencia del vértice, habrá mayor utilidad de los bienes: $U2 > U1$. Situación que es importante mencionar, porque da como resultado el concepto de Tasa Marginal de Sustitución (TMS) de un bien por otro, que indica cuanto se requerirá aumentar el consumo de un bien para compensar la baja de una unidad en el consumo del otro bien a fin de mantener constante la utilidad. A la TMS, corresponde a la inclinación o pendiente de la tangente a la curva de indiferencia en ese punto, tal como "e".

GRÁFICO N° A 12.1.

UTILIDAD EN EL CONSUMO DE BIENES



El intercambio o sustitución entre bienes se realiza en la denominada Caja de Edgeworth, que en resumen indica que la tangente entre la inclinación de dos curvas de indiferencia de dos personas da la tasa a la cual cada persona puede sustituir un bien por otro y al mismo tiempo mantener la utilidad constante; es decir la TMS de B2 por B1 = TMS de B1 por B2, y en el óptimo dichas tasas deben ser iguales para todos los individuos. Con la inclusión del precio de las mercancías habrá también intercambios pero necesariamente pagos.

3. EFICIENCIA EN EL INTERCAMBIO DE MALES

Cuando se trata de bienes ambientales las curvas de indiferencia son de otra forma, dado que los intercambios propiamente dichos no son de bienes donde uno puede sustituir una cantidad de un bien por otro y luego tener la misma utilidad, sino que aquí la población prácticamente convive con los males, como son la basura, los malos olores, aire enrarecido, etc, y va en aumento a medida que se incrementa la producción y/o consumo de bienes y servicios, y, si es que se desea tener un ambiente más limpio y saludable se tiene que sacrificar o esforzar, al menos económicamente.

Debe precisarse que este sacrificio o esfuerzo no significa que con ese aporte se va a contribuir a la erradicación total de los males, sino solo será hasta que el "fastidio" cotidiano sea aceptable, salvo casos excepcionales, siendo los afectados en gran manera los grupos más vulnerables, dado que ellos no cuentan con los medios como para sacrificarse o esforzarse.

El fundamento teórico es el mismo que para el intercambio de bienes, es decir que, cualquier elección de una persona debe estar en el punto donde la línea presupuestal sea tangente a una curva de indiferencia, y el precio de intercambio de un bien con relación a otro, será igual a la inclinación de tal línea presupuestal.

4. EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE CONTAMINACIÓN

El concepto de Tasa Marginal de Transformación (TMT) muestra la tasa a la cual se tiene que sacrificar la producción de un bien para aumentar la de otro; y

la condición necesaria para la eficiencia es que la TMT entre dos productos sea la misma para todos los productores que están en el mercado.

Luego, la eficiencia total se da cuando la TMT entre dos bienes es igual a la TMS para cualquier persona que consuma ambos bienes.

Entonces, la producción de contaminación es un problema en una economía de mercado, porque viola los supuestos del mercado competitivo, como el derecho de propiedad por ejemplo, ya que normalmente bajo este concepto se invaden los derechos de otros y más de las veces en exceso, cuando en una condición de equilibrio debe respetarse y guardarse las formas de una convivencia, de forma tal que todos satisfagan sus necesidades de acuerdo a sus posibilidades, y sin menoscabar la satisfacción de necesidades de terceras personas.

ANEXO N° 13

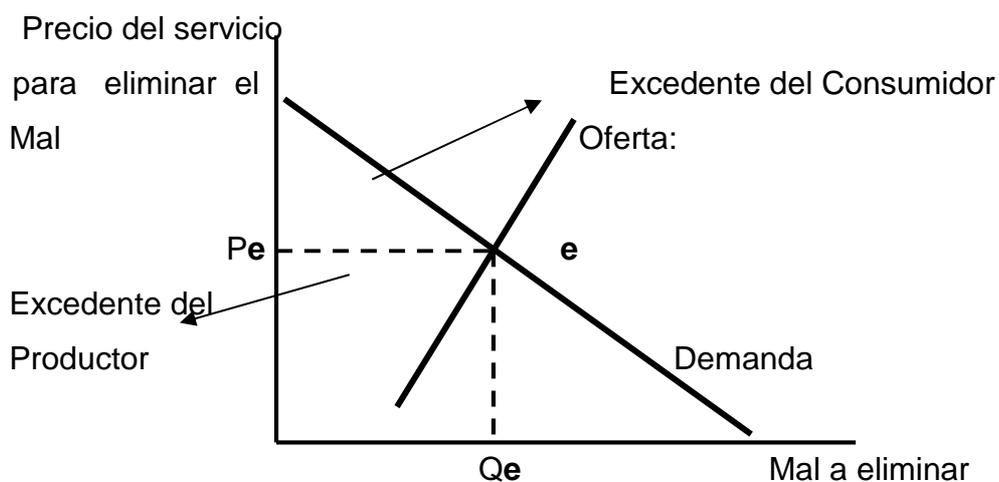
EXCEDENTE DEL PRODUCTOR Y DEL CONSUMIDOR DE CONTAMINACIÓN

Si se considera a las aguas residuales como mercancía en un mercado competitivo, para el que las genera tendrá un precio negativo, pues tiene que pagar un servicio para eliminarlas. Su almacenamiento en el hogar ó en el centro de producción, ocasionará un mal olor, enfermedades, molestia, costos de almacenaje, etc, afectando poco a poco a los vecinos, por lo que su erradicación cotidiana implicará recurrir a los servicios de terceros a cambio de un precio, y estar dispuestos a no contar con ese bien o mal.

El Excedente del Productor es la diferencia entre lo que ingresa por ventas versus lo que cuesta producir la prestación de un servicio y el Excedente del Consumidor, es la disposición a pagar por la prestación de un servicio y lo que realmente se paga, como se ilustra en el **Gráfico N° A 13.1**

GRÁFICO N° A 13.1

EXCEDENTE DEL PRODUCTOR Y DEL CONSUMIDOR DE CONTAMINACIÓN



En el gráfico precedente, cualquier punto (P,Q) por encima del precio P_e pero debajo de la curva de demanda favorece al consumidor, dado que en el mercado la población está dispuesta a pagar por eliminar el mal, más de lo que realmente paga; luego, dicha área resultante es el Excedente del Consumidor (ECr)

En contraposición, cualquier punto (P,Q) por debajo del precio P_e y encima de la curva de oferta, favorece al prestador del servicio para eliminar el mal, dado que se encuentra en el mercado por la prestación de dicho servicio, con precios mayores de lo que realmente cuesta "producir" tal servicio, de lo contrario se perderá. A ésta área se le denomina Excedente del Productor (EPr).

Si sumamos las dos áreas, ECr y EPr, se tendrá el Excedente Total por la eliminación del mal, que no son más que los beneficios menos los costos de proporcionar el servicio. Luego, en un mercado competitivo, el excedente total se maximiza en el equilibrio de mercado (punto P_e), denominado también el óptimo de Pareto, pudiendo esta utilizarse como medida de bienestar.

Sin embargo, como la economía de libre mercado no puede corregirse así mismo por la gran contaminación que se viene produciendo en el riego por los agricultores, en parques y jardines, etc, con el consiguiente riesgo para la salud humana, se hace necesaria la intervención del gobierno quien buscará alternativas que produzcan el mayor excedente posible, con la imposición de sanciones a los generadores de éstas y de otro lado también apoyaría al empleo y generación de plantas de tratamiento de dichas aguas que serían operadas por algún agente económico: empresas, municipios, personas naturales, etc. cuyo producto, el agua residual doméstica ya tratada, debería pagarlo finalmente el usuario: llámese agricultor, municipio, particulares, es decir, quienes tienen a su cargo áreas verdes (extensas ó de riego permanente) como los parques y jardines y aquellos que utilizan el recurso para actividades productivas (sobre todo agrícolas y en menor escala en las otras actividades)

ANEXO N° 14

EFFECTO DE LOS PROGRAMAS GUBERNAMENTALES

Lo anterior implica que el gobierno juega un papel preponderante en cuanto a la educación de la población para que la contaminación del agua sea mínima y, se prohíba o se pague un sobrepago por emplear el agua potable en parques y jardines y en actividades productivas, lo que equivale a sostener que por el uso del agua residual doméstica tratada, también se pagará.

Luego el problema radica en la cantidad de agua residual a tratar y el costo que supondrá su tratamiento, en comparación con la satisfacción de los usuarios y si estos estarían dispuestos a pagar por el producto ya tratado. Teóricamente debe ser aquella zona donde el agua residual doméstica generada, lo que equivale a la demanda por servicios de tratamiento y los servicios de tratamiento en si de tales residuos líquidos (oferta), generen el máximo excedente, siempre y cuando se garantice por la entidad competente el cumplimiento de los límites máximos permisibles para el uso de las aguas residuales domésticas tratadas según los diversos fines.

No obstante, al gobierno le preocupa que se esté generando demasiada agua residual frente a una limitada oferta de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, pues en la mayoría de las ciudades del país o no se ha contemplado construirlos en los respectivos planes de crecimiento urbano ó no se ha contado con dicho instrumento, campeando en este sentido un crecimiento urbanístico desordenado, y los pocos que existen solo hacen un tratamiento primario de las aguas residuales domésticas.

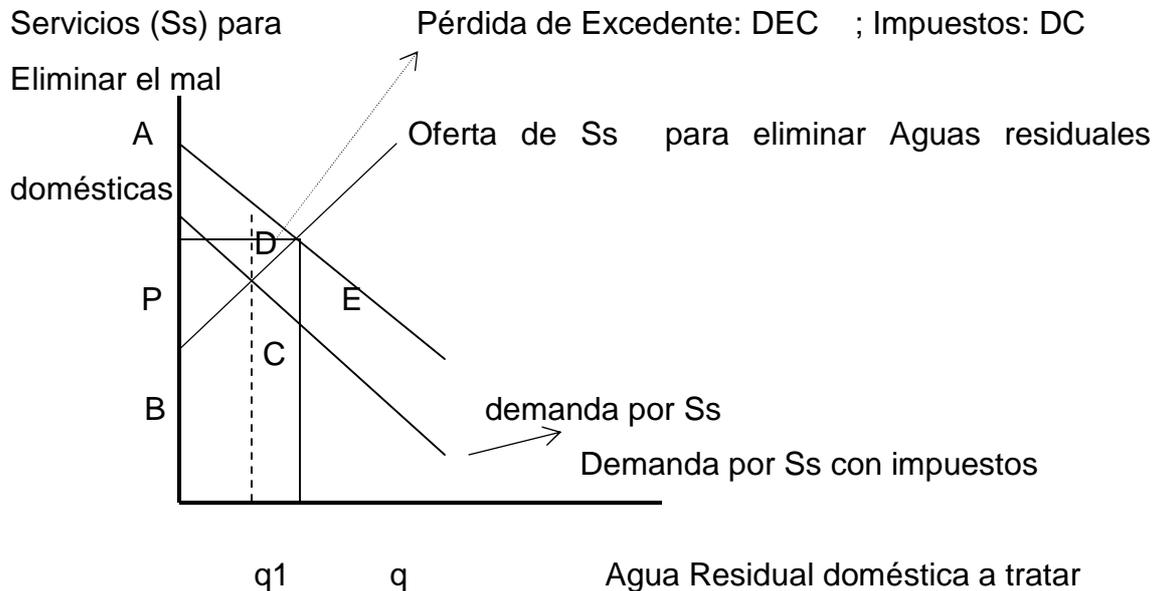
Se debe entender que el beneficio del tratamiento no es solo para el usuario final del agua residual doméstica tratada, sino lo es también para todo el que lo genera, ya que de por medio está el equilibrio del entorno ambiental: ecosistema, así como la preservación de la salud humana.

Como se ilustra en el **Gráfico N° A 14.1**, si funcionara el mercado de modo perfecto, donde se cruzan las curvas de oferta y demanda, se obtendrá un

precio como P y una cantidad como q , siendo luego una situación de Equilibrio en el punto E y donde el excedente será máximo dado por el área ABE . Ahora bien, si el gobierno decidiera intervenir proporcionando el servicio, cubrirá parte de su costo con un impuesto tal como el segmento DC , pero, el excedente también se reducirá en el área DEC . El productor del servicio se favorecerá porque podrá cobrar más que en la situación de equilibrio y por la disposición a pagar serán menos los demandantes en el mercado. Sin embargo, en la práctica podemos sostener que todos los beneficiarios del agua residual doméstica tratada estarán afectos a un pago, porque el agua residual se seguirá generando y a todos concierne el beneficio de su tratamiento.

GRÁFICO Nº A 14.1

EFFECTO DE LOS PROGRAMAS GUBERNAMENTALES



Hay que tener en cuenta que por la intervención del gobierno habrá siempre un efecto en otros mercados de la economía, fundamentalmente en los relacionados con el rubro que se está tratando. Tal eslabonamiento debe analizarse cuidadosamente y escogiendo los más relevantes en forma sustentada.

En el caso que nos ocupa por ejemplo, si el gobierno regula las emisiones de aguas residuales domésticas, se espera que aumente la demanda de profesionales ambientales, así como de las industrias conexas que tengan que ver con la calidad del agua residual doméstica, los laboratorios y otros productores que proporcionen insumos que se utilizan en el tratamiento de este recurso, así como aumentarán las capacitaciones sobre el uso del agua potable como del agua residual, colaborando en gran medida otros profesionales (nutricionistas, médicos, etc.) que confluirán para que la solución se haga más integral.

Esto estará en función de, entre otros aspectos:

1. Volumen de aguas residuales que se generan y pueden reusarse.
2. Límites máximos permisibles de estas aguas tratadas, para que sean susceptibles de ser aprovechadas en diversos sin afectar la salud humana.
3. Metas socioeconómicas: disminuir las enfermedades gastrointestinales, producir alimentos agrícolas sanos, etc.
4. Las tarifas por utilizarse el agua residual tratada, compatibles con las expectativas de los usuarios.
5. Volumen de agua residual no tratada (no aprovechable y susceptible de ser biodegradable) que iría finalmente a ríos, quebradas o al mar
6. Economía de los procesos tecnológicos de tratamiento disponibles y capacidad de gestión y control de las organizaciones involucradas.
7. Apoyo gubernamental con las políticas apropiadas.
8. Consenso entre la población beneficiada.
9. Factores externos favorables.

ANEXO N° 15

FALLOS DEL MERCADO

1. EXCLUSIÓN

Para algunos bienes del mercado, si uno no paga no está en la facultad de usarlo; sin embargo, por los bienes ambientales no se pagan precio alguno pero se le usa en la forma más corriente: el aire, la señal de TV, las áreas verdes en los jardines públicos que carezcan de control, las aguas residuales domésticas, etc.

Debido a ello, los factores a tener en cuenta en la exclusión son: su costo, las normas, la tecnología cambiante en el tiempo y por que no, las costumbres; tradicionalmente, el costo de excluir ha sido caro, pero con el transcurso del tiempo y los avances tecnológicos la exclusión se ha vuelto económicamente factible.

Para nuestros efectos, las aguas residuales domésticas serán un mal excluyente siempre y cuando se permita selectivamente que los consumidores eviten su consumo. Así por ejemplo, si bien la población de una ciudad que tenga los servicios de agua y desagüe instalados paga por esos servicios, pueden evitar consumir su propia agua residual doméstica producida, pero no se puede decir lo mismo del entorno por donde pasará dicho líquido elemento hasta llegar a su disposición final, pues en su recorrido son aprovechados sobre todo en el área rural, con las inconcientes secuelas consiguientes.

En este último sector, a la fecha no hay estudios serios que demuestren la viabilidad socio económica del costo beneficio de utilizar las aguas residuales domésticas tanto sin tratar como tratadas. Hay inferencias genéricas, por las consecuencias que trae su uso, más se carece de estudios en áreas piloto, para por efecto demostrativo replicar la alternativa más conveniente en otras zonas. Tarea que es urgente hacer, porque la contaminación ambiental por la generación de aguas residuales va en aumento, debido principalmente al crecimiento de la población.

Situación que no parece tener mayor importancia para el gobierno peruano actual a través del Programa Agua para Todos, símil del Proyecto con igual nombre que ya funciona en la ciudad de Sumapaz en Colombia, no solo porque viene propalando sino también ejecutando proyectos de agua y desagüe en la costa del país, pero sin un verdadero estudio de impacto ambiental, pues en ningún paquete de proyectos se menciona que se tratará el agua residual doméstica resultante, que de todas maneras se origina en mayor cantidad allí donde hay asentamientos humanos, lo que equivale a afirmar que se agravará la crisis sobre todo en el medio ambiente costero y en el ecosistema marino, receptor final de dichas aguas.

2. RIVALIDAD

Un mal es rival si el consumo de una unidad de este mal por una persona disminuye la cantidad del mal disponible para el consumo de los demás; en nuestro caso, las plantas de tratamiento y/o el procesamiento de las aguas residuales domésticas serán un rival de aquellos consumidores que utilizan el agua sin tratar; es decir habrá un costo social negativo de oportunidad, dado que el concepto significa posesión y destrucción por medio del consumo.

A este respecto debe señalarse que las propiedades del consumo de contaminación son las que ocasionan los fallos del mercado, pues no se puede mantener restringidos a los consumidores, además de que el consumo de una persona ó varias no reduce los índices de contaminación.

Igualmente, las aguas residuales domésticas sin tratar se consideran como un mal público y se puede sostener que este es no excluible en cuanto al consumo, ya que a pesar de las advertencias de los ambientalistas, todo aquel que puede, lo consume; sin embargo, si tal liquido ya recibe el tratamiento correspondiente, pasa por un proceso de producción , lo que implica costos, y si sale al mercado, se pondrá a disposición de los interesados por el precio socialmente más conveniente, siendo ésta tarifa fijada por un ente que designe el gobierno, dado que ahora ya tiene un componente técnico, y siendo que la

misma se estima que debe ser lo extremadamente suficiente para mantener y cubrir los costos del servicio.

Sin embargo, en nuestro país el agua residual bien tratada, es aún muy escasa, por lo que tiende a ser excluible, ya que solo lo consumirán aquellos que pueden pagar y estos están ubicados en el sector productivo principalmente, ó si el gobierno entra con un sistema de incentivos, se puede ampliar la base de los beneficiarios, dado que socialmente utilizar este tipo de agua va en beneficio de la población y del medio ambiente.

Como se apreciará, el mal público involucra a varios contaminadores que en cierta forma también son afectados por su propia contaminación, que pueden controlar parcialmente, pero que la mayor parte del daño recae en terceros y que se torna incontrolable para los contaminadores, dado que en principio desconocen quienes son los afectados principales, y desde luego es difícil que asuman los costos para reparar los daños causados, por no existir un ente que los obligue a dicho resarcimiento.

3. INCIDENCIA EN LOS CONSUMIDORES

La generación de aguas residuales domésticas en las ciudades y que discurren sin tratamiento, generalmente hace más daño allí donde hay una disposición final del líquido. Así los más afectados son las áreas rurales y agrícolas ó las áreas verdes de las ciudades donde se les usa previo tratamiento artesanal (sistema de rejillas); y en la costa, las áreas urbanas aledañas a las playas

Ahora bien, a los que viven alrededor de dicha áreas, se les debe reconocer o pagar por el daño al que están expuestos.

Por exigencias de la vida actual: trabajo, estudios, etc, cada uno está en la localización de vivienda cotidiana, más no es una cuestión inducida por nadie para que vayan a vivir allí y a contaminarse con el grave riesgo para la salud; la situación ideal sería que nadie viva ni trabaje en dicho entorno, y tampoco

alentar para que nadie se mude por esa zona, salvo que existan las condiciones mínimas saludables.

Pero, si se paga a las personas por el daño mencionado se estaría distorsionando la probable decisión de las personas para ubicarse donde vivir, y alentando de igual modo a que otras personas se muden a dichas zonas. Sin embargo, hasta tanto no haya prohibición alguna para localizarse donde ir a vivir y/o trabajar en el lugar libremente elegido, tal pago no es socialmente recomendable hacerlo.

En cualquiera de los casos, la disminución del daño tanto para los que contaminan como para los que lo soportan, no puede solucionarse si no existe una posición política, debido a que el volumen producido siempre será más grande que las posibilidades financieras de los involucrados, habiéndose en este sentido convertido tal situación en un problema social, pues afecta finalmente tanto al campo como a la ciudad.

4. EXTERNALIDADES

Una externalidad debe entenderse como la ocurrencia de un evento ó acción que afecta a una persona (natural ó jurídica) sin que esta la haya autorizado. Es decir, si se ponen de acuerdo no se aplica el concepto, al igual que por daño o beneficio intencional o el altruismo.

La fuerza de la externalidad decaerá cuando dos ó más sujetos comprendidos en el tema, se separan entre si lo más lejos posible.

Así, las aguas residuales domésticas en nuestro país son externalidades a la función de producción de los agricultores y de la función de utilidad de los que utilizan dicha agua en los parques y jardines públicos, porque ellos no pueden influir en la forma como entran en sus respectivas funciones, limitándose a lo más a opinar sobre su conveniencia ó no, pero no deciden cuanto y que calidad de aguas desearían recibir. Y, en contraposición los generadores de este

líquido elemento, tampoco conocen la calidad de lo emitido ni mucho menos toman en cuenta en que medida afecta su accionar en los demás.

La existencia de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, implicará entonces una externalidad pecuniaria por cuanto ahora habrá un precio que alguien tendrá que pagar, debido a la intervención de terceros.

5. DERECHOS DE PROPIEDAD

Algunos cambios que se pueden dar para corregir los fallos del mercado son la corrección a los derechos de propiedad imperfectos así como los precios administrados para la contaminación.

En principio, una intervención gubernamental ó no, convierte a los bienes y servicios en excluibles, dado a que solo unos cuantos pueden acceder a ellos.

Para el uso de las aguas residuales domésticas no existen leyes que prohíban ni limiten su generación así como su disposición final, ni existen imposiciones para su tratamiento, por lo que no hay tampoco un sistema de precios, que asegure paulatinamente su disminución y/o ideal eliminación.

Empero, si hubiera, una ó varias plantas de tratamiento de este líquido ya sean privadas ó públicas, de algún sector tendría que salir el financiamiento, correspondiéndole el aval al estado así como la normatividad a la que se tendrían que adecuar todos los involucrados.

Según Ronald Coase, Premio Nóbel de Economía, “el derecho a contaminar es un derecho de propiedad que tiene cierto valor”. Y esta afirmación tiene sentido, por cuanto en muchos países es de aplicación cotidiana bajo la política pública de subsidios para fomentar el control de la contaminación, lo cual indica que al menos hay cierto reconocimiento de los derechos del contaminador; es decir, se abre la posibilidad de la contaminación porque la entidad pública afrontará si no es todo, por lo menos una parte de los costos para controlarla,

lo que equivale a afirmar que este es un premio a los contaminadores, y cuya contraposición son los impuestos por contaminar.

Como ejemplos se puede citar a los fumadores, quienes contaminan el medio ambiente con el humo del tabaco, pero a quienes en ciertos servicios se les ha diseñado y habilitado un ambiente especial para que tengan el placer de fumar. Otro ejemplo característico, es la contaminación de los ríos que se hacen a partir de las basuras que se elimina en las ciudades; a estas las administraciones de las centrales hidroeléctricas financian el procesamiento y disposición de basurales en otros lugares, ya que les resulta más barato para mantener en buenas condiciones el equipo electromecánico que mueve toda la central, toda vez que de no hacerlo aparte de recoger y eliminar la basura, tendría que repararse en forma especializada y continua algunas piezas que están en contacto directo con las aguas del río.

Como es de apreciar, en los ejemplos anteriores ya encontramos costos de transacción donde hay una negociación para que no se contamine y/o se reduzca la contaminación.

Es preciso señalar que en un costo de transacción se incluyen pagos monetarios y pagos no monetarios, pues mucho tiene que ver con la consumación de un intercambio, y más vale la forma en que se conduce la negociación, como la amistad, persuasión, promesas futuras, las apariencias, etc, que incluso pueden terminar en un rotundo fracaso; después que ello ya ha concluido puede acompañarse una suma de dinero para gastos operativos para que sea utilizado por el contaminador y/o el perjudicado, en la educación a la población, para la búsqueda de alternativas de tratamiento y uso del basural, contratación de especialistas, etc.

6. PROBLEMAS DE LOS MALES PÚBLICOS Y LA NEGOCIACIÓN

En este aspecto, lo ideal es que el costo de transacción sea cero, que reflejaría el equilibrio entre la contaminación y el respectivo control, y donde el contaminador y el afectado se encuentren satisfechos. Situación que no es

aplicable en la realidad por los riesgos y manejo administrativo inherentes, ya que en la sociedad más de uno probablemente no contribuya a solucionar el tema de la contaminación, ya sea porque no les interesa ó porque se aduce que todo debe solucionarlo el gobierno, entre otros motivos.

A veces también si no interviene un mediador en la negociación, se pueden generar caos por la posición de los grupos de poder económico hasta llegar a cometer abusos de uno u otro lado y/o a emitir falsos cumplimientos respecto a lo acordado.

Con el uso del agua sucede una situación muy sui géneris.

Así por ejemplo si el grupo beneficiario tiene derecho a su uso sin contaminación, entonces los grupos contaminadores pagarían los daños. ¿Pero, lo harán libremente y en la cantidad y el tiempo suficiente para no ocasionar perjuicios? Lo más probable es que no; una probable alternativa sería que aquel grupo de beneficiarios se organice de tal forma que ellos mismos se ingenien el procedimiento para eliminar la contaminación y luego de esta demostración presionen para que los contaminadores también colaboren en la erradicación del mal.

Sin embargo para llegar a dichas situaciones no será fácil, luego será menester la participación del gobierno dado que debe alentar el desarrollo económico y social, que tiene costos cuantiosos y que requiere de procesos muy acelerados en la época actual, como la gestión ambiental con medidas innovadoras y creativas y que aún no encuentra la vía efectiva para evitar la contaminación desmedida.

7. SISTEMA DE PRECIOS

El problema básico de la contaminación es que sin un sistema de precios, los contaminadores no aprecian el daño que causan, y conciente ó inconcientemente ahorran dinero al contaminar. En consecuencia, el costo social de la contaminación es mayor el costo privado del contaminador.

Cuando interviene el gobierno, es normal que ponga un precio por los servicios para eliminar la contaminación. Así por ejemplo, hay un precio por eliminar la basura, y los productores de ella reciben los beneficios de tales servicios y la satisfacción de tener su medio ambiente más saludable, pero, han pagado por algo que se ha producido y se lo han llevado, cuando lo lógico pareciera que es, que cuando se pague el producto, este se quede con uno.

En este orden de ideas, los contaminadores deben pagar un precio por cada unidad de contaminación generada; sin embargo, este procedimiento aún al menos en el país, no se ha institucionalizado, dado a que por ejemplo en el caso de la basura, el precio se basa en los promedios generados por las familias, siendo el precio fijo para todo un período y a veces se torna permanente por un periodo de dos a más años.

Y, para otro tipo de contaminación, pareciera que basta con saber si se sobrepasa los límites máximos permisibles ó no para imponer las respectivas multas ó cuando las evidencias delatan la destrucción del ecosistema por derrames de combustibles en mares y ríos, en torno a los cuales incluso no hay definiciones precisas sobre que bien ambiental debe ser objeto de valuación así como de la forma de resarcimiento, y solo se trata de “pagar algún monto” y remediar lo visible inmediato, cuando la recuperación medioambiental requiere en general de un programa integral de mediano ó largo plazo.

8. UN SOLO CONTAMINADOR

Según el Eco^o Arthur Pigou, se deben fijar impuestos a los generadores de contaminación. Sea por ejemplo, el costo de producción que produce el bien y , que genera contaminación en cantidad x , su función de producción será:
 $c = f(y, x)$ para los insumos empleados y sean constantes sus precios.

La producción será beneficiosa si los Costos Marginales de producción son iguales al precio de venta del producto, ó sea $CMg_y = P_y$

En cuanto a la contaminación, a mayor producción del bien, también habrá mayor contaminación; en cambio, su costo marginal será negativo porque es un mal, un daño, es algo que no sirve pero que necesariamente se genera; no hay producción sin contaminación. Los ahorros marginales son lo contrario de los costos marginales. A mayor ahorro en la contaminación, significará que se contaminara menos.

Si representamos el Daño Total como **Dt**, que representa a la suma de los daños a cada individuo, vale decir a la población total, se tiene que la Cantidad Eficiente de Contaminación: **Ce** es la que minimiza los Costos Totales: **Ct** de la contaminación, con los daños totales.

Así:
$$C_e = \min \{ C_t + D_t \}$$

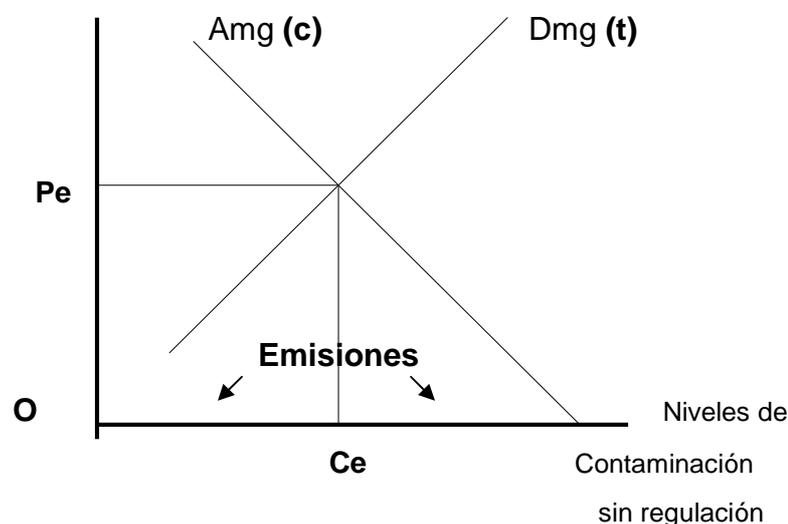
En el margen: $C_{mg}(c) + D_{mg}(t) = 0$

O lo que es lo mismo: $A_{mg}(c) = D_{mg}(t)$

Lo que significa, que el nivel de contaminación es tal, que los ahorros marginales por la contaminación serán igual a los daños marginales totales.

9. EL NIVEL DEL IMPUESTO

Se define el impuesto pigoviano como un impuesto por unidad de contaminación pagado por el contaminador y que es exactamente igual al daño marginal total, según se aprecia el **GRÁFICO N° A 15.1** siguiente:



En la figura se aprecia que, a medida que hay más emisiones, los ahorros marginales son bajos, por lo que la curva es descendente.

En cambio, la del **Dmg (t)** es ascendente, por cuanto que a mayor emisión, mayor daño.

Y, habrá un punto de equilibrio, como (Pe, Ce) , donde Pe es el impuesto y Ce la cantidad eficiente de emisiones.

Pensando en la contaminación como un producto, la empresa recibe Pe de ingresos, por cada unidad de contaminación generada.

Luego: el $Amg(c) = Pe$

Sabemos que al contaminador no le conviene pagar nada por la contaminación, o sea costo cero, lo que tradicionalmente equivale a que tales contaminadores tengan carta blanca para contaminar: caso pesqueras, aguas residuales domésticas, etc, por lo que es necesario poner un impuesto como un efecto disuasivo para contaminar. Y tal impuesto será hasta llegar al nivel de eficiencia, y en nuestro caso al punto (Pe, Ce) , pagando el contaminador Pe . Pero, se debe tener cuidado que si la contaminadora apreciara que no se ha hecho nada o casi nada para solucionar el tema de la contaminación no obstante los pagos realizados, reaccionaran para que se cumpla tal medida;

En consecuencia el impuesto piguviano equivale a los ahorros Marginales de la contaminación, en su nivel óptimo.

10. LA PROBABILIDAD DE UN IMPUESTO

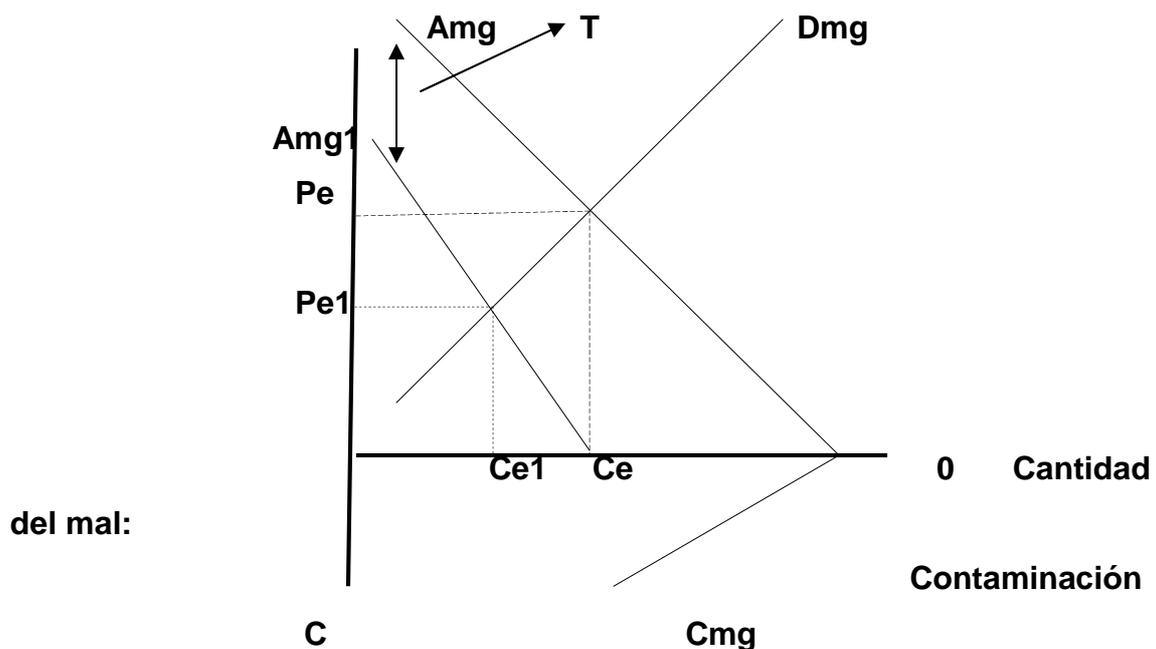
Si se paga a los contaminadores por la contaminación, se reduce la eficiencia, pues muchos tenderán a mudarse con el fin de que se les pague, muchos de los cuales serán concientes que no influirán por sí solos en el grado de contaminación.

Cuando se trata de un mal público, el impuesto debe imponerse y recaudarse, pero no pagarse a las víctimas; y, deberá evaluarse cuando el daño es muy grave y reviste una urgente atención del gobierno; allí, no puede pensarse en tarifas ni medida impositiva alguna ya que de por medio está la salud humana y/o la preservación del ecosistema. Aquí será necesario discernir sobre el momento oportuno en que se considerará poner el impuesto; Y, lo más probable ante la situación presentada es que se subsidie a las víctimas, cuyas incidencias se verán más adelante.

Por ejemplo, consideremos a dos personas vecinas: 1 y 2, una de las cuales genera contaminación en perjuicio de la otra, entonces aparecerán los conceptos de ahorro marginal del contaminador: **Amg**; frente al daño marginal del vecino contaminado: **Dmg**; Aquí el ahorro marginal opera libremente sin respetar los derechos de propiedad del otro, y lo hará hasta que el **Cmg** sea igual a cero.

Es necesario tener en cuenta que a un incremento del **Cmg**, el Costo Total disminuye, como se aprecia en el **Gráfico N° A 15.2** siguiente:

GRÁFICO N° A 15.2



Entonces ¿Cuál será la unidad de contaminación por cada bien o servicio producido a los efectos de calcular rápidamente el daño y el ahorro marginales?

En un inicio la persona 1 contamina hasta un punto tal como "0", donde el C_{mg} de la contaminación es mínimo e igual al A_{mg} que se obtiene de tal contaminación.

En realidad este punto es el que le conviene a la sociedad. Si el productor de contaminación sigue laborando a partir de aquí, lo hará a pérdida con conocimiento de causa aparte de generar contaminación, y lo que produce no cubre sus costos y tampoco cuenta con excedentes; luego tal productor está allí en el negocio por un afán de orgullo y para estar vigente y/o para ser tomado en cuenta cuando se presenten mejores tiempos y/o oportunidades para revertir su pésima situación; y hasta tanto, estará siendo subsidiado para subsistir.

Más al contrario, a la izquierda del punto "0", el productor de contaminación ya comienza a ser controlado, hasta llegar al punto de eficiencia (P_e , C_e), donde P_e son los impuestos y C_e la cantidad de eficiencia ambiental. Tal punto no implica que se haya erradicado totalmente la contaminación, sino solo es un punto de equilibrio y satisfacción y conveniencia para los vecinos 1 y 2.

La imposición que ahora sufre el vecino 1, reducirá su curva marginal en P_e , obteniéndose la curva A_{mg1} con la del daño marginal inicial, dando como consecuencia un P_e más pequeño tal como P_{e1} , que indica una menor contaminación, y no le convendrá a este vecino producir contaminación por encima del precio P_{e1} , favoreciendo de este modo al vecino 2, al haberse reducido también su daño marginal.

En la realidad uno se encuentra con varios contaminadores del mismo tipo así como también con distintos grupos de contaminadores, para lo cual habrá que utilizar los conceptos de daño agregado como ahorro marginal agregado, cuyas

soluciones requieren respuestas como: ¿cuánta contaminación debe generar cada vecino? ¿Cuál sería el impuesto a cobrar?, y si hay control de contaminación por algunos de ellos, ¿cómo se distribuirían los ahorros marginales entre los contaminadores?, entre otros aspectos.

Una primera aproximación para lograr una reducción de emisiones al menor costo posible sería que el Cmg de control de la contaminación sea igual entre todos los contaminadores.

Se debe añadir que la curva de ahorro marginal agregado se obtiene de sumar horizontalmente los ahorros marginales de todos los contaminadores.

11. LOS IMPUESTOS VS LOS SUBSIDIOS

Aquí el tema a resolver es cuanto más eficiente será el usar un subsidio de un impuesto.

Mientras que el impuesto es eficiente a corto plazo y no se da tiempo para que nuevas empresas entren a contaminar, el subsidio es de largo plazo y hay tiempo suficiente para que las compañías entren y salgan a contaminar.

En el primer caso, cuando la empresa produce P , también como un todo tiene emisiones e ; a su vez e depende de P , de lo que resulta $e = kP$, donde k es una constante; luego la fórmula del Costo Total (CT) es:

$$CT(P) = CV(P) + CF + tkP$$

En el límite: $Cmg(P) = CVmg(P) + tk$

Lo que indica que fundamentalmente los Cmg varían en una cantidad igual a tk .

Igualmente, un subsidio supondrá que una entidad contamine menos, luego e' menor que e , y el costo total se presenta como sigue:

$$CT(P) = CV(P) + CF + skP$$

En el margen: $Cmg(P) = CVmg(P) + sk$

Los costos marginales de producción cuando se trata de compañías similares serán iguales a corto plazo tanto cuando se trata de impuestos como subsidios y la firma producirá resultados similares de contaminación como de productos.

Sobre lo anterior se debe aclarar, que solo pagará un impuesto ó será beneficiario de un subsidio aquella empresa que produce, si se deja de producir o hay quiebra, esto no será posible, ya que lo que se desea es que haya menos contaminación.

Cuando hay producción, lo que interesa es que si los precios cubren los costos variables, entonces los costos marginales serán iguales al precio.

Ahora bien, un subsidio baja los costos variables, mientras que un impuesto los aumenta, lo que al final de cuentas influirá en el precio de mercado.

En nuestro país, depende de las circunstancias de lugar y tiempo para evaluar la conveniencia de imponer un impuesto u otorgar un subsidio, porque las zonas atrasadas requerirán de incentivos para instalar una empresa, pero en una zona más o menos desarrollada, es mejor anteponer los impuestos que los subsidios, dado que con estos últimos se daña la imaginación productiva e inventiva de los emprendedores.

No obstante ello, los subsidios son los que han primado hasta nuestros días incluso para empresas en operación, sobre todo porque da réditos políticos, empero, históricamente se ha demostrado que no han dado resultados de desarrollo económico ni social, sino han sido un apoyo a la ineficiencia.

Por ello es que siempre, los precios subsidiados serán menores que los precios no regulados y estos a su vez serán menores que los precios con impuestos.

La situación anterior se grafica mejor con la concurrencia de los monopolistas, quienes ante un impuesto reducen su producción, por elevación de sus costos de producción, disminuyendo, es cierto, la contaminación; en cambio un

subsidio originará un exceso en la producción de contaminación (entran al mercado un sin número de empresas).

Encontrándose casos en que el proveedor monopolista de contaminación puede manipular el impuesto por emisiones para reducir la contaminación, pues ello puede significar la utilización de demasiados recursos, con costo alto por la tecnología a emplear, por lo que pone una infraestructura de control de contaminación de baja calidad para aparentar cumplimientos legales.

12. TEORÍA DE LOS INVOLUCRADOS

Un proyecto solo puede tener éxito si todos los beneficiarios aportan decididamente al logro de los objetivos, cuya situación debe estar claramente especificada en el enfoque del Marco Lógico del mismo.

Para el caso que nos ocupa del tratamiento de las aguas residuales domésticas, ¿quienes serán los involucrados?

En principio, lo conformaran todos los vecinos de una localidad, los sectores económicos y sociales y el estado donde además estarán las entidades controladoras del medio ambiente.

Ahora bien, los gobiernos locales como entes rectores del desarrollo socio económico de una zona, vienen liderando en mayor o menor medida dichas implementaciones y son los llamados a normar dentro de su ámbito de competencia, los deberes y derechos de la población a su cargo, máxime si manejan presupuestos anuales que les permitiría el apalancamiento financiero de conformidad a las leyes vigentes.

Dicho de otro modo, las municipalidades como células democráticas de primer orden en el aparato de gobierno, al liderar las inversiones priorizadas y con participación ciudadana, merecen todo el apoyo del gobierno central no solo con presupuestos adecuados sino también con las normas pertinentes que ayuden al alivio de los daños ambientales. En este sentido, al gobierno central

solo le toca ser un gran supervisor de las acciones emprendidas, de acuerdo a los parámetros que se establezcan.

Es necesario tener presente que si dentro de un ámbito local no se afronta el tratamiento de las aguas residuales domésticas, la sumatoria de lo no tratado y procedente de otras localidades será tecnológicamente más difícil y costoso hacerlo, y para lo cual incluso habrá que crear un organismo burocrático para administrar el mal creado y con grandes probabilidades de que las soluciones solo sean parciales, y consecuentemente de muy largo plazo; hasta tanto, las secuelas de ese mal expandido, repercutirá en el entorno y en la salud humana.

ANEXO N° 16

BENEFICIOS SOCIO ECONOMICOS DE LA INSTALACION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La reutilización de aguas residuales tratadas como alternativa o sustituto de agua no destinada a consumo humano es una necesidad imperiosa y estará en función de muchas variables como sus cualidades físico químicas, el volumen o continuidad de abastecimiento disponible y el precio o costo unitario por unidad de volumen abastecido, que debe ser competitivo en relación al pago, tarifa o costo unitario de agua de distintos modos de abastecimiento.

En determinadas condiciones, se pueden considerar alternativas para el aprovechamiento efectivo de las aguas residuales domésticas tratadas para fines productivos y de servicios, propiciando proyectos con impacto socioeconómico y ambiental, principalmente en la agricultura, forestación, acuicultura, limpieza pública, parques y jardines y otros similares, donde se puede utilizar estas aguas como sustituto del agua de fuentes superficiales y subterráneas, logrando un doble efecto en relación al manejo de recursos hídricos en la cuenca: descontaminación del ambiente y conservación de las fuentes. A su vez, el agua ahorrada podrá destinarse a sectores de la población urbana sin abastecimiento o consumos restringidos, incrementándose el bienestar social.

Cabe mencionar que los mismos criterios y principios se podrían aplicar en consideración de otros usos industriales y comerciales (ladrilleras, construcción, lavado de autos, etc.), para identificar las condiciones en que el reuso de aguas residuales pueda ser considerado como opción en estos sectores.

En este sentido, la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales reporta más beneficios que costos, por cuanto que actúa como un medio preventivo para tener y usar un recurso saludablemente.

En cambio, su no implementación oportuna implica un costo no solo económico, pues más tarde que temprano se harán dichas obras con su equipamiento respectivo, sino tendrá también un costo social porque el agua residual no tratada estará impactando en el entorno del lugar donde se deposita, llámese en los lechos de los ríos, lagunas, o en el mar, perjudicando el hábitat de las especies de flora y fauna silvestre y con graves consecuencias para la salud del hombre, pues muchos de esos productos llegan a la mesa de consumo humano.

En el caso de nuestro país, existen casos aislados y recién en los últimos años SEDAPAL ha priorizado la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas de gran envergadura en diversos puntos de Lima metropolitana, pero que hasta tanto entren al servicio operativo programado para el año 2011, las aguas servidas perjudicaran al entorno vecindario de varios distritos ubicados en la costanera; problema que como es de apreciar, se acumuló por muchos años, al punto que el medio ambiente de esos lugares era no apto para vivir y de otro lado dichas aguas están sirviendo para regar zonas agrícolas como La Taboada y Bocanegra entre otras ubicadas en el Callao, situaciones que tienen una alta incidencia en la salud humana.

Pero, esas inversiones ¿serán la solución o serán una parte de la solución? Nosotros creemos que dicha acción solo será para satisfacer la necesidad de la población actual, vale decir es una solución coyuntural, pues no se viene tomando en cuenta los datos de proyección de la población futura así como los incentivos de grandes inversiones en vivienda para los próximos años y peor aún no se ha publicitado por cuestiones políticas si en el futuro se cobrará o habrá una tarifa para cubrir el costo del tratamiento de las aguas residuales, así como si se cobrara por utilizar el agua residual tratada; estos últimos elementos también tendrán un alto contenido de costos que algún actor socioeconómico tendrá que asumir, por lo que creemos valedero emplear la metodología de Disposición a Pagar del usuario partiendo de la aplicación de costos medios de producción del agua residual tratada.

La acumulación por años de este mal (agua residual sin tratar), y las grandes inversiones que se aprecian sobre todo en las urbes más populosas nos hace pensar en que se tiene que replantear y adoptar una política de estado, siendo nuestro aporte sobre este caso en particular, que se descentralice la solución y sean los gobiernos locales los que afronten el tema, al tener cada uno de ellos conocimiento de las actividades económicas y sociales que se realizan en su ámbito o por las licencias de funcionamiento que otorgan, pudiendo luego detectarse muy puntualmente la calidad y cantidad de efluentes, para la aplicación rápida de correctivos, sanciones o beneficios si los hubiere,

Debe señalarse igualmente que en nuestro medio las aguas residuales también se generan en áreas rurales, y se han dado disposiciones para el otorgamiento de autorización de vertimiento y reuso de aguas residuales industriales y domésticas o municipales tratadas a través de la Resolución Jefatural N° 0291-2009-ANA de fecha 01 de Junio del 2009, mencionándose en su Cuarta Disposición Complementaria, que en realidad es la parte que interesa a nuestros fines, “Que para las autorizaciones de reuso de aguas residuales tratadas, **en tanto no exista normatividad de calidad**, se aplican las Directrices Sanitarias de la Organización mundial de la Salud – OMS. U otras normas internacionales que el Ministerio de Salud establezca”.

Al respecto los límites máximos permisibles para el reuso de las aguas residuales en las actividades económicas han sido planteados por la OMS en el año 1989.

Según un estudio patrocinado por el Banco Mundial en 1997 cuya autora es Kelly A. Reynolds, MSPH, Ph.D., científica de la Universidad de Arizona, EE.UU., la construcción de una planta convencional para el tratamiento secundario de aguas residuales para una población de 1 millón de habitantes requiere una inversión capital de aproximadamente US\$ 100 millones, sin mencionar los costos sustanciales de operación y mantenimiento para su operación continua. Sin embargo, los costos económicos asociados con un brote de enfermedad indican que la inversión inicial de capital valdría mucho la pena. En el primer año de la epidemia del cólera de 1991 en el Perú, se

asociaron altos costos a las necesidades curativas y de atención preventiva de la salud para el público. Asimismo se incurrieron en pérdidas debido a la disminución de turismo y una prohibición temporal sobre las importaciones de productos alimenticios peruanos. Sólo en el primer año, los cálculos de estas pérdidas variaron entre US\$ 180 a 500 millones.

Sobre tal aseveración podemos sostener que tal planteamiento del Banco Mundial, no considera el tratamiento las aguas residuales industriales, con los cuales el costo será mucho mayor, pero ya deja entrever, que de no realizarse ninguna acción la sociedad como un todo pierde pues aparte de repercutir en la salud humana, también incide en las actividades económicas: producción, comercialización, empleo y servicios a ofrecer.

RELACION DE CUADROS

CUADRO N° 1.4.1: CONSUMO PROMEDIO DE AGUA - FAMILIA DE CINCO PERSONAS.

CUADRO N° 2.3.1: COMPONENTES Y VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS QUE TIENEN LAS AGUAS RESIDUALES.

CUADRO N° 4.3.1: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS – OMS. 1989.

CUADRO N° 4.3.2: CONDICIONES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDADES DE PERÚ.

CUADRO N° 4.3.3: PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES NO OPERATIVAS DE CIUDADES DE PERÚ.

CUADRO N° 4.3.4: CAUDALES PROMEDIO DE COLECTORES DE LIMA METROPOLITANA AÑOS 2000 A 2003 (en m³/s)

CUADRO N° 4.7.1: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, UNITRAR – 2008.

CUADRO N° 6.1: COSTOS MEDIOS Y CANTIDAD PRODUCIDA DE: AGUA RESIDUAL TRATADA VS AGUA LIMPIA.

CUADRO N° 6.2: PAGO PROMEDIO POR CONSUMO DE AGUA POTABLE EFECTUADO POR RESIDENCIAS

CUADRO N° 6.3: DISPOSICION A PAGAR POR LA IMPLEMENTACION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

CUADRO N° 6.4: DISPOSICION A PAGAR TOTAL POR MES A PARTIR DE LA IMPLEMENTACION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

CUADRO N° 6.5: PAGO DE LA POBLACION POR CONSUMIR AGUA LIMPIA Y AGUA RESIDUAL TRATADA SEGÚN DISPOSICION A PAGAR EN EL DISTRITO DE SANTA ANITA.

RELACION DE GRAFICOS

- GRÁFICO N° 1.4.1 SALIDA DE COLECTOR Y DISPOSICIÓN FINAL EN LA RIBERA DEL RÍO RÍMAC CERCA DE LA DESEMBOCADURA AL MAR.
- GRÁFICO N° 1.4.2 SALIDA DE COLECTOR Y DISPOSICIÓN FINAL EN LA PLAYA.
- GRÁFICO N° 4.4.1 ATEMAR S.A. TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS PARA RIEGO
- GRÁFICO N° 5.3.1 CURVAS DE COSTOS UNITARIOS O PROMEDIOS DE FUENTES DE AGUA “LIMPIA” Y FUENTES ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.
- GRÁFICO N° 5.3.2 CURVAS DE COSTOS UNITARIOS O PROMEDIOS DE FUENTES DE AGUA “LIMPIA” Y FUENTES ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA
- GRÁFICO N° 5.3.3 CURVAS DE UTILIDAD DE USUARIO DE AGUA “LIMPIA” Y AGUAS RESIDUALES Y OPTIMIZACIÓN CON RESTRICCIONES.
- GRÁFICO N° 5.3.4 CURVAS DE UTILIDAD DE USUARIO SÓLO DE AGUAS RESIDUALES Y OPTIMIZACIÓN CON RESTRICCIONES.
- GRÁFICO N° 5.3.5 CURVAS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUAS RESIDUALES.
- GRÁFICO N° 5.3.6 INTERRELACIÓN MERCADO DE AGUA - MERCADO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS - BIENESTAR DEL USUARIO.
- GRÁFICO N° 5.3.7 EFECTO DE REDUCCIÓN DEL COSTO UNITARIO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS - MERCADO DE AGUA - MERCADO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS – BIENESTAR DEL USUARIO.
- GRÁFICO N° 6.1 COSTOS MEDIOS DE AGUA RESIDUAL TRATADA Y AGUA LIMPIA.

GLOSARIO DE TERMINOS

AGUAS RESIDUALES: Son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no deben desecharse vertiéndolas sin tratamiento: en lagos, ríos u otros depósitos, que vienen a ser el **Cuerpo receptor** de estas aguas.

CUENCAS HIDROGRÁFICAS: zona cuyas aguas fluyen a un mismo cauce.

DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO)

La DBO se define como la cantidad de oxígeno usada por la materia orgánica en la estabilización del agua residual o servida en un período de 5 días a 20° C.

LAGUNAS DE OXIDACIÓN: llamadas también lagunas de estabilización; son excavaciones de poca profundidad expresamente construidas para recibir el agua residual donde se desarrolla una población microbiana compuesta por bacterias, algas y protozoos, y eliminan en forma natural, patógenos relacionados con excrementos humanos, sólidos en suspensión y materia orgánica, causantes de enfermedades tales como el cólera, el parasitismo, la hepatitis y otras enfermedades gastrointestinales. Generalmente están al aire libre, experimentando un proceso de oxidación y sedimentación, transformándose así la materia orgánica en nutrientes.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES: Son los estándares oficiales de contaminantes cuyo límite no deben sobrepasar las descargas de aguas residuales en los cuerpos receptores. Si pese al tratamiento de estos elementos se sobrepasan los límites establecidos, habrá contaminación.

PLANTAS DE TRATAMIENTO ANAERÓBICAS: proceso microbiológico de tratamiento de las aguas residuales, caracterizada por que comprende una serie de reacciones complejas de digestión y fermentación efectuadas por un huésped de diferentes especies bacterianas, siendo el resultado neto la conversión de materiales orgánicos en CO₂ y gas metano.

PLANTAS DE TRATAMIENTO AERÓBICAS: En el tratamiento aeróbico de las aguas residuales se incrementa fuertemente el aporte de oxígeno por riego de superficies sólidas, por agitación o agitación y aireación. El crecimiento de los microorganismos y su actividad degradativa crecen proporcionalmente a la tasa de aireación. La acción degradativa o depuradora de los microorganismos en un proceso se mide por el porcentaje de disminución de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) en las aguas residuales tratadas.

REUSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS: Es cuando al agua residual tratada se tiene la intención de utilizarla, siendo los criterios de calidad más importantes los relacionados con la salud pública (remoción de coliformes fecales y de huevos de helmintos) y las necesidades de los agricultores (volumen de sólidos suspendidos y nutrientes como nitrógeno y fósforo ya que incrementan la fertilidad del suelo y disminuyen la necesidad de aplicar fertilizante).

UNITRAR: Planta de Tratamiento de aguas Residuales de la Universidad Nacional de Ingeniería.

BIBLIOGRAFIA

1. Wikipedia, Enciclopedia libre
2. Desarrollo Local Sostenible: Evaluación del, primer plan 1997 – 2002, Corporación de Desarrollo del Nor Yauyos, auspiciado por USAID, 2002.
3. Sustentabilidad y Desarrollo Económico, Borrayo López, Rafael, Edit. McGraw-Hill, 2002.
4. Alternativas de solución a los principales problemas agrarios del país, autores varios: Paz Silva, Luis, Prochazka, Gustavo,.....; CIP, 1986.
5. Economía y Política Medioambiental, Bolaños Valentin, Antonio Fernandez, Ed. Pirámide, 2002.
6. Economía Ecológica, Constanza, Robert, Daly, Herman, Cia. Editorial Continental, SA de CV, 1999.
7. Desarrollo Economía Ambiental, Kolstad, Charles, Oxford University Press, 2000.
8. Sostenibilidad y Economía Ecológica, Jiménez Herrero, Luis M., Ed. Síntesis, 1997.
9. Construcción de Surcos y Terrazas, Instituto de Apoyo Agropecuario, auspicio Fondo Contravalor Peru- Suiza, 1996.
10. La Gestión de los Recursos y Medio Ambiente, Mitchell, Bruce, Ed. Mundi Prensa, 1999.
11. Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Jiménez Herrero, Luis M., Ed. Iepala, 1989.
12. Sistemas Integrados de Tratamiento de aguas Residuales en América Latina, Guía para la formulación de Proyectos, Moscoso, Julio, Egocheaga, Luis, Ugas, Roberto y Trellez, Eloisa; CEPIS – OPS – CIID, 2002.
13. Evaluación Social de Proyectos, Fontaine, Ernest, Ed. Alfaomega, 1999.
14. Evaluación Socio económica de Proyectos, Ferrá, Coloma, Universidad de Cuyo – Argentina, 2000.
15. La Verdad sobre El Calentamiento Global, Revista Selecciones, Febrero 2008.

16. An index directly indicates land-based pollutant load contributions of domestic wastewater to the water pollution and its application. Yoshiaki Tsuzuki. Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University Nishikawatsu-cho 1060, Matsue, Shimane 690-8504, Japan. Received 4 November 2005; received in revised form 5 July 2006; accepted 6 July 2006. Available online 17 August 2006.

17. Water quality and pollutant load in the ambient water and domestic wastewater pollutant discharges in the developing countries: survey results in autumn and winter in 2006.
Yoshiaki Tsuzuki¹, Thammarat Koottatep², Faruque Ahmed and MD Mafizur Rahman.

18. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiente, 2003

19. Asociación Caribeña de agua residual, 2003.

20. Manuel del Ingeniero Industrial, Maynard, 2000.

21. Pre - Visión 20 por 20 de Courtney, Hugo, 2005.

