

Suministro de Agua

CI4102 Ing. Ambiental

James McPhee

¿En qué consiste el problema de suministro de agua?

Proveer la **cantidad** y **calidad** de agua requerida para diferentes necesidades de la sociedad.

Tres aspectos fundamentales:

- Determinar **demandas** de agua y **calidad** requerida para cada uso
- Identificar fuentes de abastecimiento tomando en cuenta disponibilidad y calidad
- Definir el proyecto de ingeniería para satisfacer un determinado uso

Usos del agua

- Riego: lejos el uso más intensivo. Hace posible la agricultura en lugares donde no se podría cultivar.
- Agua potable: suministro seguro de agua para hogares, escuelas, hospitales, lugares de trabajo, etc. Importante para la salud de las personas.
- Industrial: agua utilizada como factor de producción (como componente del producto o indirectamente en el proceso productivo)
- Transporte: en lugares donde existe cursos o cuerpos de agua navegables
- Recreación: directo o indirecto (requisitos de calidad)

Conceptos importantes:

Algunos usos requieren **extraer** el agua de una fuente y otros no.

Uso consuntivo del agua: Fracción del agua extraída que no retorna a la fuente.

Requerimientos de cantidad

Ejemplo: En ciudades de Norteamérica:

Uso	Consumo promedio (lt/hab/día)	% del total
Doméstico	300	45
Comercial	100	15
Industrial	160	25
Otros (incl. pérdidas)	100	15
TOTAL	660	

(Fuente: Adaptado de Henry & Heinke)

Dentro del uso doméstico:

- Ducha y W.C. (80%)
- Bebida y cocina (10%)
- Lavado de ropa, limpieza de casa y auto, riego del jardín, etc (10%)

Requerimientos de cantidad usos industriales

Industria/Producto	Consumo unitario (lt/unidad)
Refinación de petróleo	18.000/ton
Papel	160.000/ton
Acero	150.000/ton
Minería del cobre	1.000/ton
Termoelectricidad	300/kWh
Procesamiento de lana	580.000/ton

(Fuente: Adaptado de Henry & Heinke)

Fluctuaciones temporales en uso del agua

Distintas escalas de tiempo: anual, estacional, mensual, diario, horario.

	Proporción respecto al promedio anual
Anual	1.0
Verano	1.25
Invierno	0.8
Máximo diario	1.5 (1.2 - 2.0)
Máximo horario	2.5 (1.5 – 3.5)

(Fuente: Adaptado de Henry & Heinke)

Concepto de Calidad del Agua

El concepto de calidad de aguas tiene que ver, en general, con la presencia o ausencia de ciertas sustancias. (Aunque también se consideran otras propiedades como la temperatura y el pH).

Un agua es de “buena calidad” si el conjunto de propiedades permiten su uso para un determinado fin.

Los requisitos de calidad de aguas dependen del uso que se dará al agua.

¿Ejemplos de usos del agua?

Enfermedades infecciosas transmitidas por el agua

Cólera

- Causado por ingestión de la bacteria *vibrio cholerae*, la cual se encuentra presente en aguas o alimentos contaminados.
- Luego de 2 a 5 días, causa dolores abdominales, náusea, vómitos y diarrea que puede llevar a deshidratación, shock, y muerte.

Hepatitis infecciosa.

- Enfermedad viral que tiene como síntomas característicos fiebre, una falta de apetito y de energía, dolor de cabeza y de espalda.
- Después de un par de días aparece el color amarillo, típico de esta enfermedad.
- Muy rara vez esta enfermedad es fatal.

Contaminantes inorgánicos

Arsénico

- Subproducto de la producción de cobre y plomo, así como oro, plata y cobalto.
- Componente de algunos pesticidas agrícolas y fungicidas.
- Principalmente transmitido por el aire, pero está también presente en cuerpos de agua y puede ser acumulado en peces.
- Su principal efecto es el envenenamiento de los trabajadores en empresas mineras y la población expuesta debido a la ingesta de arsénico en su agua potable (Antofagasta).

Nitratos y nitritos

- Se derivan del uso excesivo de fertilizantes.
- El cuerpo humano es capaz de convertir el nitrato en nitrito.
- El **nitrito** puede producir dos efectos diferentes:
 - Oxidación de hemoglobina (contiene Fe^{2+}) a metemoglobina (contiene Fe^{3+}), la que es incapaz de transportar oxígeno a la sangre. Esta enfermedad es especialmente grave para los niños.
 - Los nitritos se pueden combinar con aminas (nitrógeno orgánico) en el sistema digestivo para formar *nitrosaminas*, las que son cancerígenas.

Contaminantes orgánicos

DDT (*diclorodifeniltricloroetano*)

- Usado ampliamente a través del mundo como insecticida.
- Compuesto muy estable → permanece en el ambiente durante un tiempo largo.
- Poco soluble en agua, pero muy soluble en grasa y tejidos animales → se puede acumular en las grasas y tejidos de muchas especies, incluyendo los seres humanos.
- Síntomas de envenenamiento por DDT incluye desórdenes nerviosos y descensos anormales del conteo de glóbulos blancos en la sangre.

Contaminantes orgánicos

Dioxinas

- Familia de compuestos químicos obtenidos a partir de procesos de combustión que implican al cloro
- Aparecen como impurezas en la manufactura de varios productos químicos y pesticidas que tienen una base de triclorofenol.
- Incluye uno de los compuestos químicos más letales producidos por el hombre (TCDD o *2,3,7,8-tetraclordibenzoparadioxin*).
- Son estables químicamente, poco biodegradables y muy solubles en las grasas, tendiendo a acumularse en suelos, sedimentos y tejidos orgánicos, pudiendo penetrar en la cadena trófica.
- La exposición a dioxina incluye cambios en órganos internos, cloroacne, desórdenes nerviosos y muerte en el caso de exposición a elevadas concentraciones.
- El dioxin es un compuesto teratógeno, es decir puede producir defectos de nacimiento, y es también un conocido cancerígeno.

Indicadores de calidad del agua

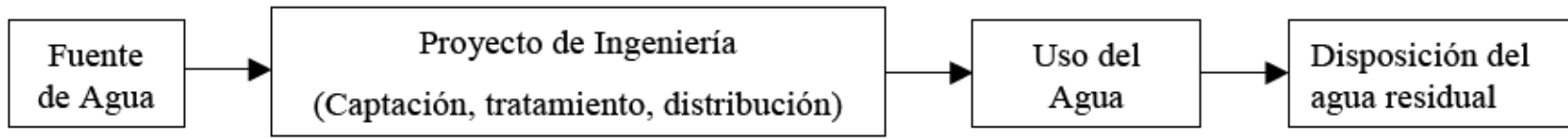
- Oxígeno Disuelto
- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Sólidos (suspendidos y disueltos)
- Nitrógeno
- Indicadores bacteriológicos
- Parámetros físicos

Relacionados con los siguientes contaminantes:

- Sustancias biodegradables (aguas servidas domésticas e industriales)
- Patógenos:
 - Bacteria: Cólera, tífus
 - Virus: Hepatitis infecciosa, poliomelitis
 - Protozoos y gusanos parásitos
- Contaminantes orgánicos e inorgánicos

Etapas en un sistema de suministro de agua

Esquema Conceptual de un Sistema de Suministro de Agua



Decisiones respecto a:

- Cuánta agua se requiere (población y dotación que definen la demanda).
- Cuál es el período de servicio del proyecto (período de previsión que define el tamaño del proyecto).
- Cuál es la fuente de agua a utilizar (determinación de la cantidad y calidad del agua, esta última determina las necesidades de tratamiento).

Fuentes de agua

- Agua subterránea: acumulada en **acuíferos** (formaciones de suelo y roca que se saturan de agua). Extracción se realiza a través de **pozos**. La tasa a la cual se puede extraer agua depende de las propiedades del acuífero (permeabilidad, tamaño) y de la viscosidad del agua. En general de muy buena calidad (salvo en zonas costeras).
- Agua superficial: ríos y lagos. Sujeta a contaminación de diferentes tipos.
- Agua de mar: puede ser convertida en agua dulce a través de desalinización.
- Agua residual reutilizada

DEMANDA DE AGUA POTABLE

$$Q_{medio} = Población (háb) \cdot dotación(l / háb / día)$$

Por ejemplo, en abastecimientos rurales, los proyectos sociales asignan una dotación del orden de los 100 l/háb-día, mientras Aguas Andinas registra una dotación media del orden de los 200 l/háb-día. Finalmente, empresas que abastecen sectores pequeños de nivel socio-económico alto registran dotaciones medias del orden de 800 l/háb-día.

También es importante mencionar que debe diferenciarse dos tipos de dotación:

- De consumo: registrada a nivel de medidor domiciliario.
- De producción: determinada a nivel de fuentes de producción.

$$Q_{prod} = \frac{Q_{consumo}}{(1 - p)}$$

donde p: pérdida de agua en tanto por uno.

Pérdidas (SISS, 1997):

- EMOS: 22%
- ESVAL: 38%
- Aguas Cordillera: 21%
- Aguas Manquehue: 9%

Fluctuaciones temporales en uso del agua

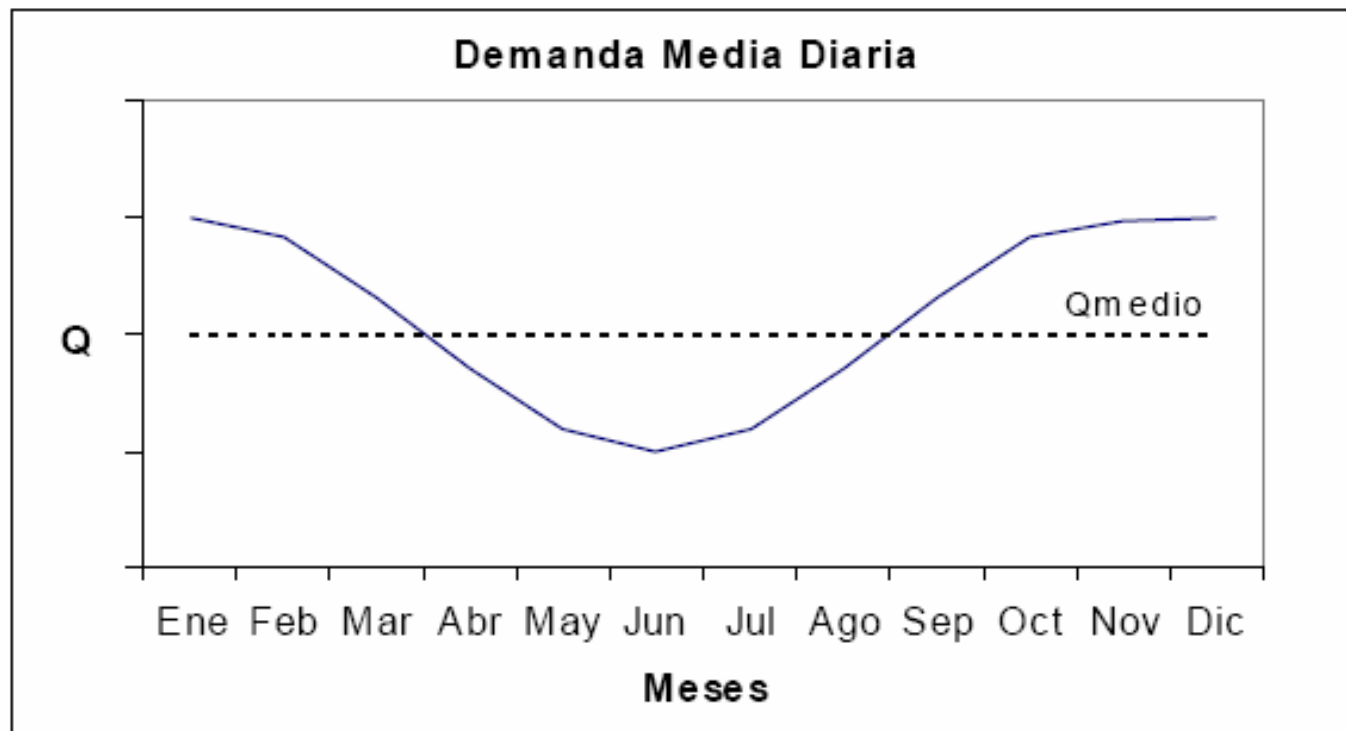
Distintas escalas de tiempo: anual, estacional, mensual, diario, horario.

	Proporción respecto al promedio anual
Anual	1.0
Verano	1.25
Invierno	0.8
Máximo diario	1.5 (1.2 - 2.0)
Máximo horario	2.5 (1.5 – 3.5)

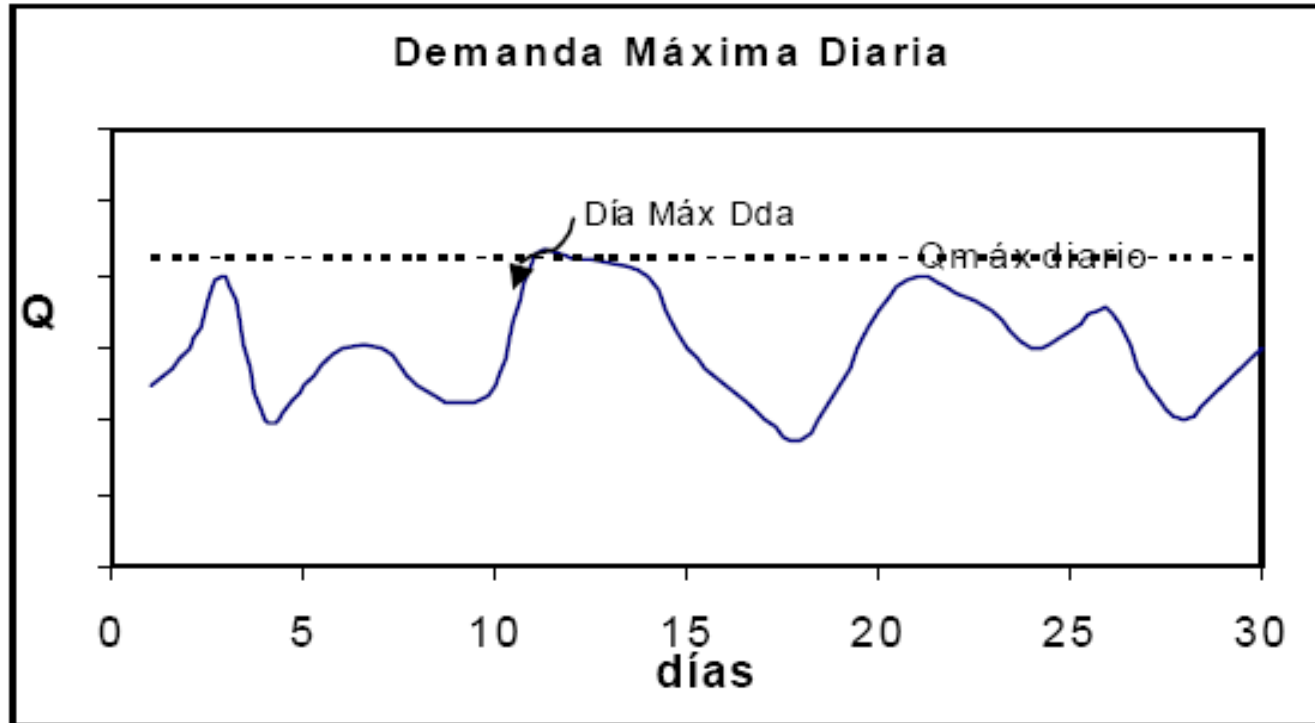
(Fuente: Adaptado de Henry & Heinke)

Incluyendo fluctuaciones a diferentes escalas de tiempo:

Variaciones de la Demanda Durante el Año

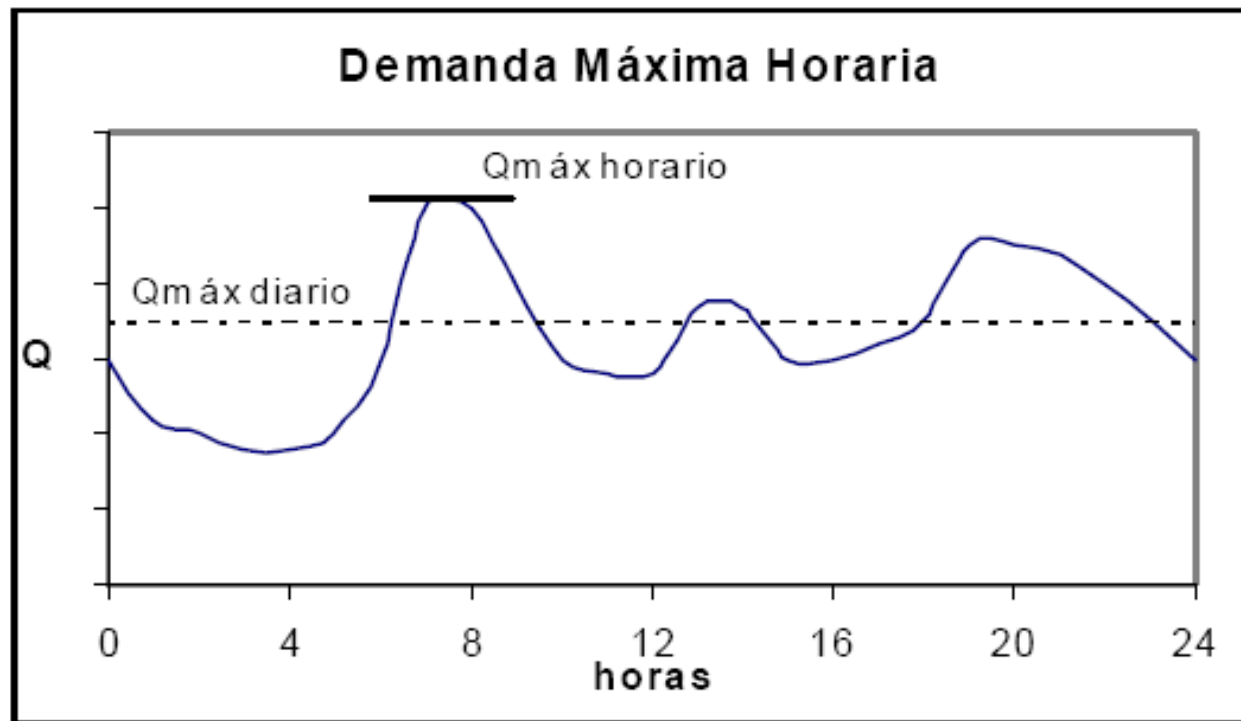


Variaciones Diarias Durante el Mes de Máxima Demanda



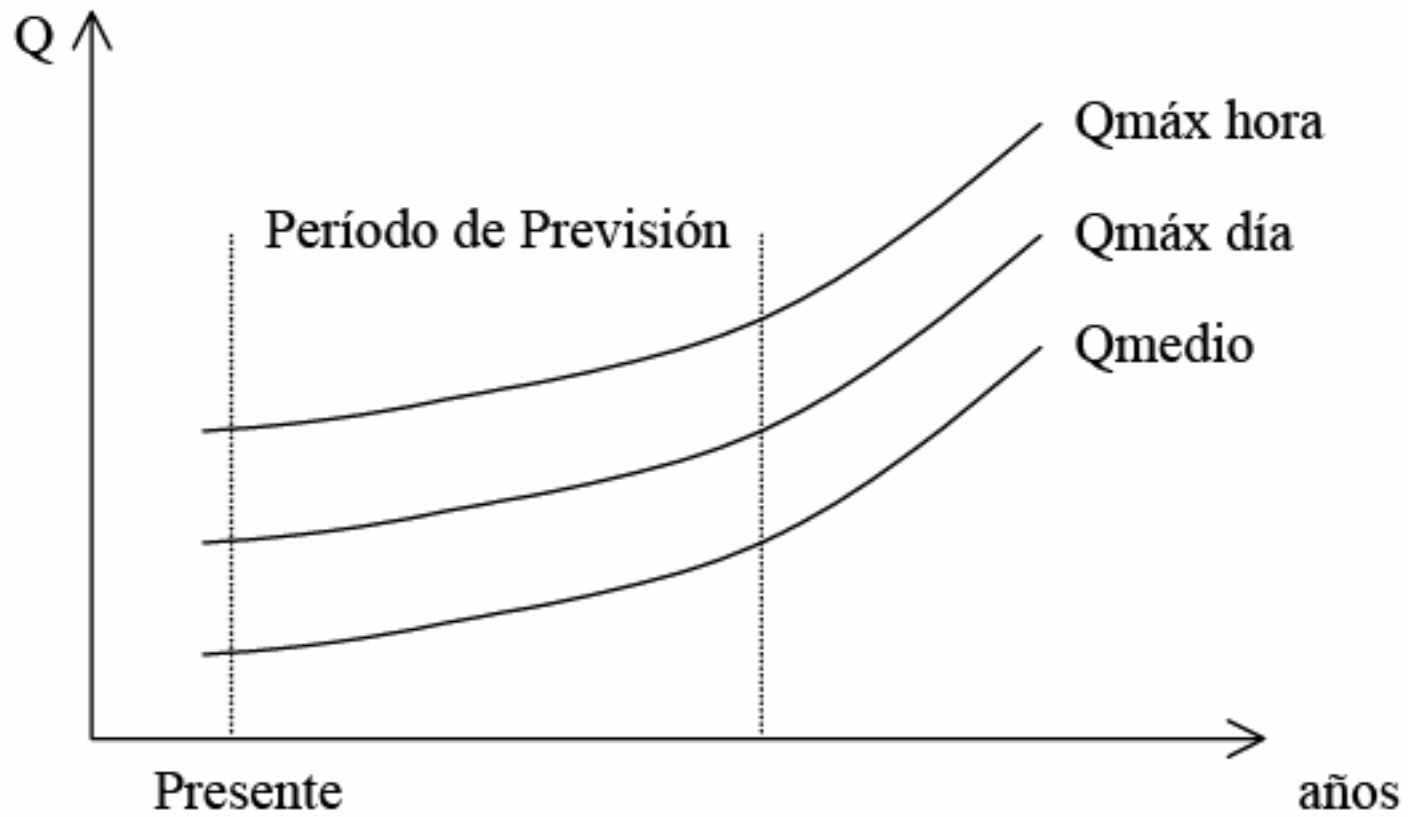
$$Q_{máz\ día} = C_{md} \cdot Q_{medio} \quad \text{donde } C_{md}: \text{ coeficiente de demanda máxima diario (1.2-2.0)}$$

Variaciones Horarias Durante el Día de Máxima Demanda

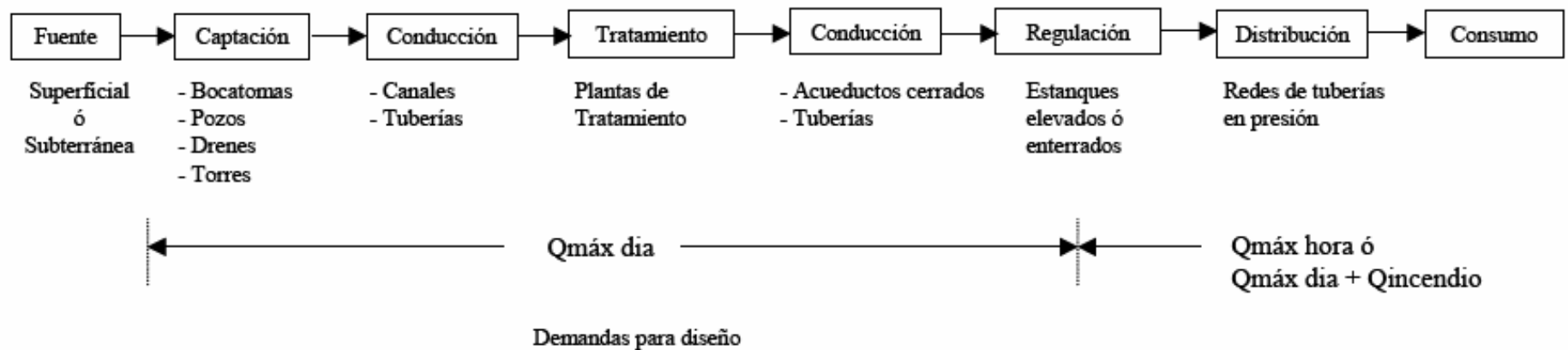


$$Q_{máz\ hora} = C_{mh} \cdot Q_{máz\ día} \quad \text{donde } C_{mh}: \text{ coeficiente de demanda máxima horaria (1.4-3.0)}$$

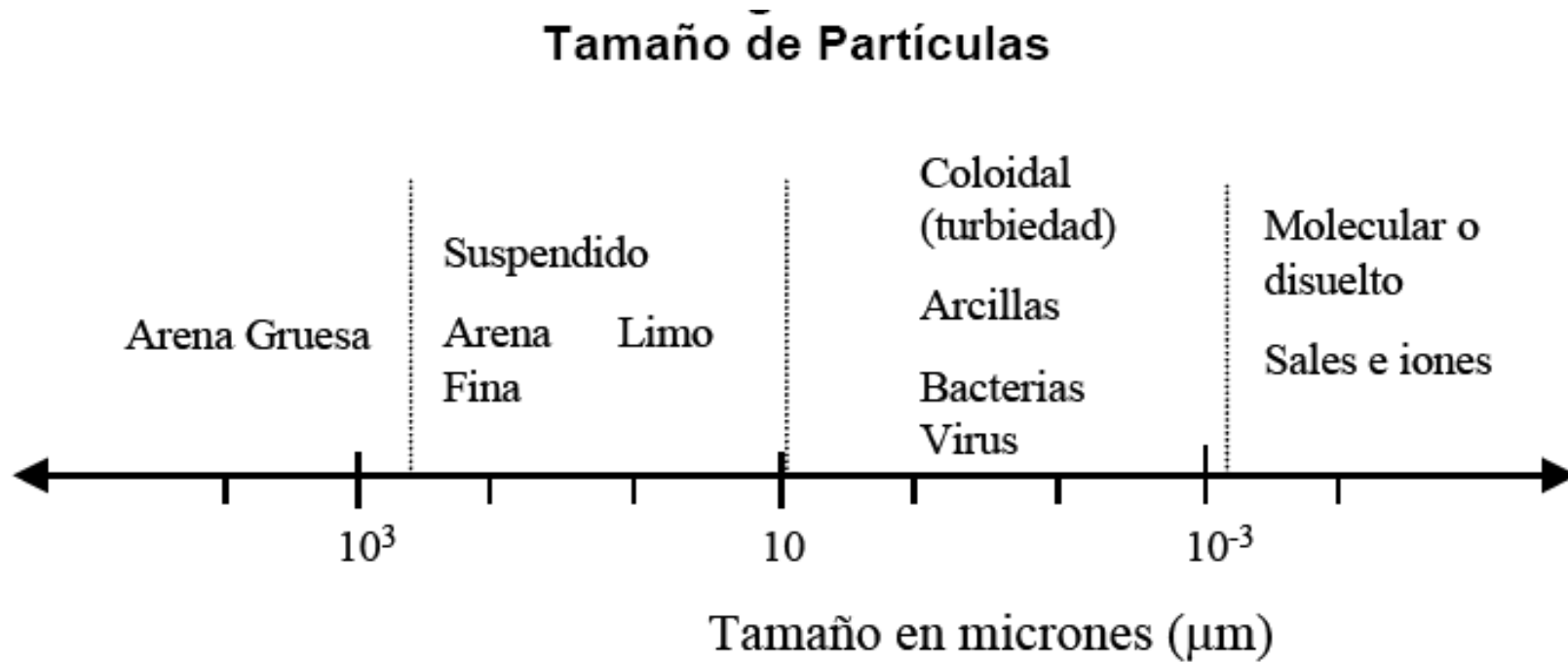
Curvas de Demanda de Agua Potable



Esquema de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable



Tratamiento de agua potable



Esquema General Planta de Tratamiento de Agua Potable del Tipo Filtración Rápida

