

# CALIDAD DEL AGUA Y CORROSIÓN EN TUBERÍAS DE AGUA POTABLE

María del Refugio González Sandoval

Humberto Iván Navarro Gómez

Jesús Emmanuel Cerón Carballo

Rubén Pérez Ángeles

Licenciatura en Ingeniería Civil UA EH

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



# Introducción

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*





## AGUA POTABLE

Se denomina agua para uso y consumo humano, a toda aquella que no causa efectos nocivos a la salud y que no presenta propiedades objetables o contaminantes en concentraciones fuera de los límites permisibles y que no proviene de aguas residuales tratadas.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



## SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

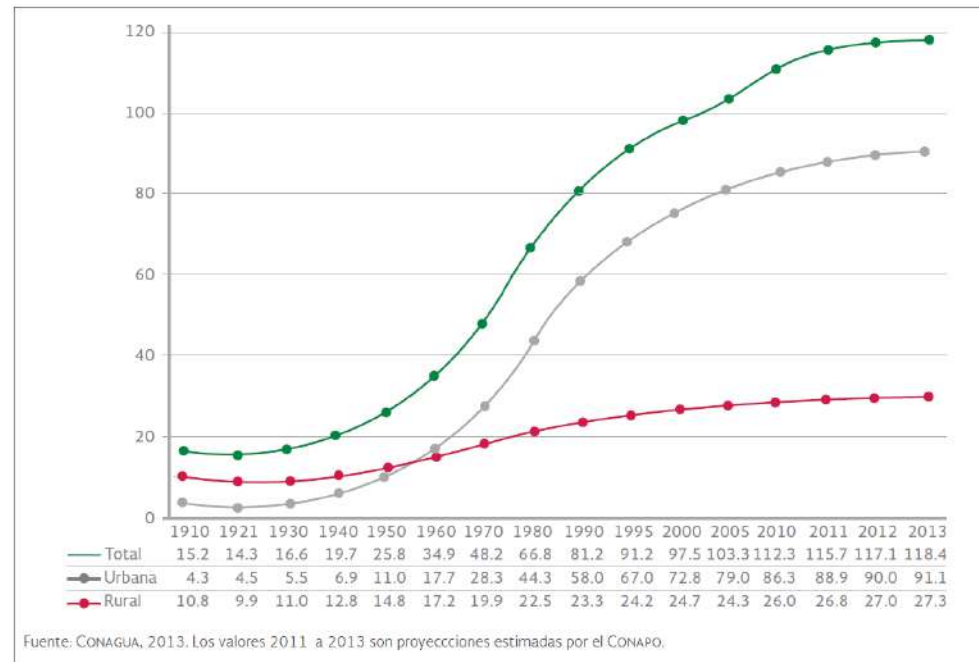
- Se define como sistema de abastecimiento de agua, al conjunto intercomunicado o interconectado de fuentes, obras de captación, plantas potabilizadoras, tanques de almacenamiento y regulación, líneas de conducción y distribución, incluyendo vehículo cisterna que abastece de agua para uso y consumo humano, sean de propiedad pública o privada.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*





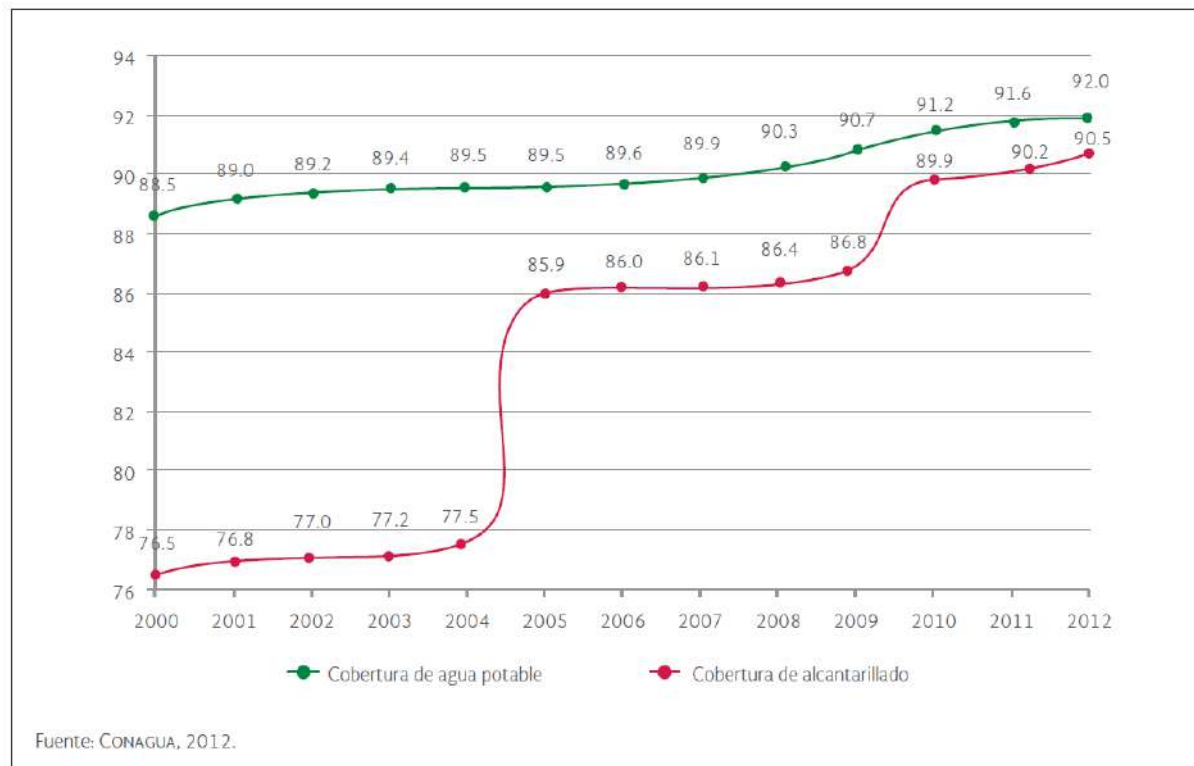
## Variación de la población rural y urbana



*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



## Evolución de las coberturas de agua potable y alcantarillado (%)



*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*

## Usos del agua en México

### Usos del agua:

(del volumen total extraído)

- 77% para riego.
- 14% para uso público urbano.
- 9% para industrias autoabastecidas y termoeléctricas.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



# Importancia del abastecimiento de agua potable

- México es un país con grandes contrastes en sus climas y régimen de lluvias lo cual afecta a los procesos productivos y a las actividades de sus habitantes
- La carencia de agua es un factor de pobreza. En México hay pobreza donde se carece del servicio de agua potable y saneamiento.
- De acuerdo con la reforma al art. 4º de la CPEUM, publicada el 8/02/2012, toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*





## **NOM-127-SSA1-2021 , Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.**

- El pasado 2 de mayo de 2022 se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la norma NOM-127-SSA1-2021, que sustituye a la NOM-127-SSA1-1994, modificación del año 2000
- Deberá entrar en vigor a los 360 días naturales contados a partir del día siguiente de su publicación en el DOF (SEGOB-DOF).

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro*

*sostenible*  
Fuente: Perspectivas IMTA Núm. 17, 2022.

[www.uaeh.edu.mx](http://www.uaeh.edu.mx)



## **NOM-127-SSA1-2021 , Agua para uso y consumo humano.**

### **Límites permisibles de la calidad del agua.**

- El pasado 2 de mayo de 2022 se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la norma NOM-127-SSA1-2021, que sustituye a la NOM-127-SSA1-1994, modificación del año 2000
- Deberá entrar en vigor a los 360 días naturales contados a partir del día siguiente de su publicación en el DOF (SEGOB-DOF).

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro*

*sostenible* Fuente: Perspectivas IMTA Núm. 17, 2022.

[www.uaeh.edu.mx](http://www.uaeh.edu.mx)



## **NOM-127-SSA1-2021 , Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.**

- Los principales parámetros actualizados fueron los límites máximos permisibles de arsénico y fluoruros que se redujeron a 0.025 mg/l y 1.5 mg/l, respectivamente.
- Otro parámetro que disminuye su concentración permitida de 0.025 mg/l a 0.01 mg/l es el plomo
- Con estos nuevos límites será necesario invertir en la potabilización de más fuentes de abastecimiento, que pasarán de calidad aceptable a contaminadas.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro*

*sostenible* Fuente: Perspectivas IMTA Núm. 17, 2022.





# Corrosión en tuberías de agua potable

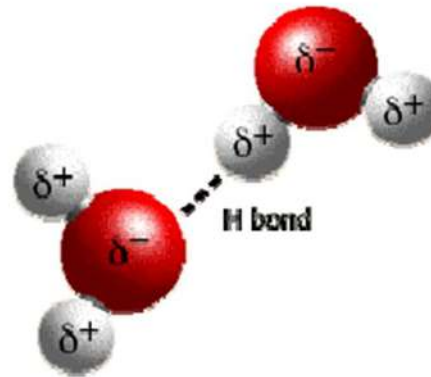


Tubería de fundición con sedimentación e incrustación

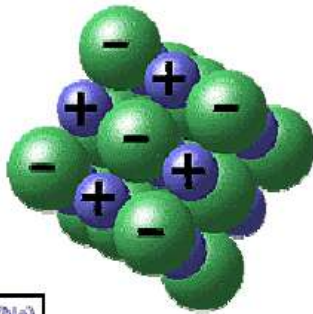
*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



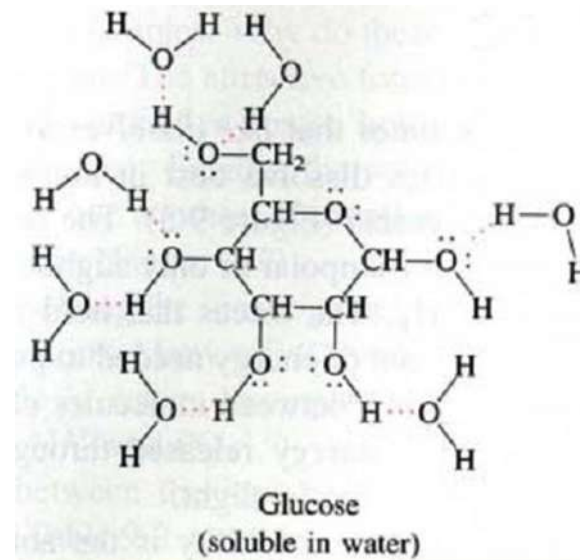
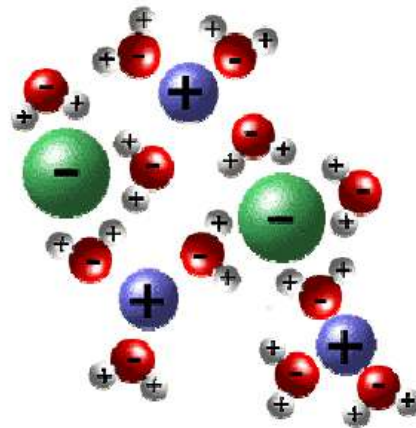
# Estructura del agua y solubilidad

 Hydrogen bonding  
 between water molecules


NaCl crystal structure


 sodium (Na)  
 chlorine (Cl)

NaCl in water



Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
 el diseño y construcción de un futuro  
 sostenible



# La corrosión en tuberías de agua potable

- La corrosión es uno de los problemas más frecuentes en las tuberías metálicas.
- El costo global de la corrosión se ha estimado en \$ 2.5 billones
- Más allá del costo económico, la corrosión puede causar que se desperdicien millones de litros de agua en minutos, pues las tuberías que presentan este problema se llegan a romper o fisurar

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



# La corrosión en tuberías de agua potable

- La corrosión en tuberías de agua potable puede poner en riesgo la salud de las personas que entran en contacto con el agua:
- Se pueden ingerir pequeñas partículas al beberla o pueden quedar sobre la piel al tomar un baño y
- Existe el riesgo de contaminación con aguas residuales o del medio circundante

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*





## Causas de la corrosión

- La causa más simple de corrosión es el contacto continuo con el agua, el oxígeno, un medio contaminado e incluso, con otro metal.
- La corrosión también puede ser microbiológica. Es un proceso en el que determinados organismos biológicos actúan como aceleradores del proceso.
- La corrosión galvánica es una de las más habituales que se pueden encontrar. Se produce de manera muy rápida cuando dos metales distintos se unen en presencia de un electrolito.

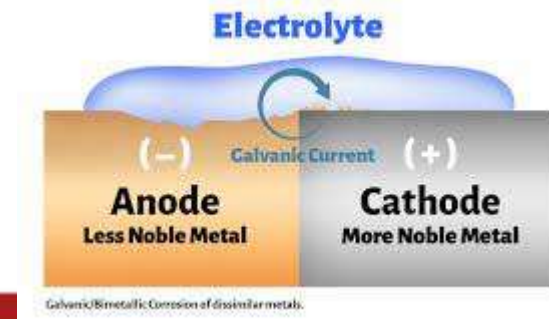
*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*





## Causas de la corrosión

- El ataque galvánico puede darse en toda la superficie, o únicamente entre las aleaciones, y ser especialmente severa. Además, es la que produce las conocidas como celdas galvánicas.
- Esto sucede cuando la oxidación del ánodo inicia un desprendimiento de electrones de la superficie del metal, que acaba produciendo que la superficie del metal se vaya desprendiendo de manera paulatina.



*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*

- Otros problemas de corrosión tienen que ver con tuberías que se llenan y vacían periódicamente, por condensación en el ambiente
- También puede darse el ataque a los materiales férreos mediante corrosión electrolítica debida a corrientes parásitas o vagabundas, o bien a diferente potencial de oxidación de los terrenos atravesados.
- La presencia de irregularidades en la superficie de las tuberías, ocasiona que las partículas arrastradas por el agua se depositen en ellas, produciendo la llamada corrosión de punto o picadura
- Además, las tuberías también son atacadas por los materiales que las recubren como: cal, cemento y hormigones, productos bituminosos, etc.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



- Ejemplos de tuberías con ataques por corrosión



*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*





## Calidad del agua y corrosión

- Los parámetros más importantes a considerar en la calidad inicial del agua son: la dureza, la alcalinidad y el pH.
- La dureza se relaciona con la presencia de iones de calcio y magnesio, aunque puede asociarse a la presencia de otras sales
- A valores bajos de dureza se produce deterioro y corrosión en la red por agua agresiva, pudiendo corregirse añadiendo cloruro cálcico, mientras que si los valores de dureza son elevados se formarán incrustaciones, calcificación de los filtros, agua turbia, etc, y deberá corregirse añadiendo sustancias secuestrantes que mantienen el calcio y el magnesio en disolución.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*





## Calidad del agua y corrosión

- La alcalinidad del agua viene determinada por la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos que actúan como reguladores de los cambios de pH. El intervalo óptimo de pH es 6,8 - 7,2 y se corresponde con una alcalinidad bicarbonatada.
- Si hay una alcalinidad elevada, puede presentarse dificultades para su ajuste, estar el agua turbia por precipitaciones y presentar un pH alto, mientras que si la alcalinidad es baja se pueden producir fluctuaciones del pH, corrosión y pH bajo.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



- El fenómeno de incrustación calcárea es un problema propio del agua, independientemente del material que lo recorra. Se manifiesta por la aparición en la tubería de costras calcáreas constituidas por cristales insolubles de carbonatos cálcicos y magnésicos acompañados a veces de otras sustancias.
- También produce obstrucciones en las tuberías, sobre todo en las válvulas, provocando una disminución de caudal y mayores pérdidas de carga, lo cual da lugar a sobrepresiones.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



- Para determinar el carácter agresivo o incrustante del agua en función de la temperatura, pH, dureza, alcalinidad y sólidos disueltos, se ha propuesto un cierto número de índices, siendo el más utilizado el índice de Langelier (IL).
- A través de este índice se define la agresividad del agua con respecto al carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ).
- El índice de Langelier está basado en el efecto del pH sobre el equilibrio de solubilidad del  $\text{CaCO}_3$ . El pH, al cual el agua está saturada con  $\text{CaCO}_3$ , es conocido como pH de saturación (pHs).

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*





- La relación entre el pH y otros parámetros de la calidad del agua, tales como carbono inorgánico disuelto (CID), alcalinidad, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y la fuerza iónica gobiernan la solubilidad del  $\text{CaCO}_3$
- El pH apropiado para cualquier sistema de distribución de agua es específico para cada calidad de agua y materiales del sistema,
- En los Estados Unidos, se ha recomendado un valor de PPCC de 4 a 10 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , para el control de la corrosión, a un pH de 6.8 a 7.3.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



## Efecto del cloro libre sobre diferentes materiales

- El hierro es el metal más afectado, seguido por el cobre y luego por el plomo, el cual no siempre se ve afectado
- El incremento del valor del pH (originalmente de 7.8, con una alcalinidad de 140 mg/L como carbonato de calcio y 6 mg/L de oxígeno disuelto) result benéfico para contrarrestar del agua clorada sobre el hierro.
- Sin embargo el aumento de pH no es benéfico para controlar la corrosión del plomo y el cobre
- La adición de ortofostato disminuye la corrosión del plomo y del hierro pero puede aumentar la corrosión del cobre

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



## Reemplazo de líneas de conducción por materiales poliméricos

- Uno de los materiales más utilizados es el polietileno de alta densidad
- La tubería de PVC Orientado es una solución eficiente para el transporte de agua



*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*





## Conclusiones

- La corrosión de tuberías de agua potable ocasionan enormes pérdidas de agua potable, además de ser vulnerables a la contaminación con aguas residuales
- El ambiente del suelo, el contacto entre diferentes metálicos e incluso la presencia de microorganismos, pueden ocasionar problemas de corrosión
- La calidad del agua potable en contacto con la tubería tiene también efectos sobre la corrosión de la misma

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*



## Conclusiones

- Es importante investigar de manera local los efectos del cloro libre, el pH, la alcalinidad y otros parámetros del agua potable sobre la tubería
- Es necesario implementar sistemas de detección oportuna de fugas de agua
- También se requiere reemplazar las antiguas líneas de conducción por materiales poliméricos
- Todo ello requiere de la planeación y adecuada administración de recursos para los organismos operadores de aguas en coordinación con sus respectivas poblaciones y con el apoyo de las universidades e institutos de investigación

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*





**¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!**

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para  
el diseño y construcción de un futuro  
sostenible*

[www.uaeh.edu.mx](http://www.uaeh.edu.mx)

