

# **Fundamentos, diseño, construcción y mantenimiento.**

## **Plantas desaladoras de agua de mar.**

### **Limpiezas (CIP)**

**José Luis Pérez Talavera**

**La Laguna 22-23 de Febrero de 2.017**

# Limpieza de membranas (CIP)

- \* La limpieza química (CIP-Cleaning in Place) es un procedimiento normal de la operación de las Plantas desaladoras.
- \* La frecuencia depende de:
  - \* Calidad del agua bruta.
  - \* Pre tratamiento.
  - \* Diseño del sistema.
  - \* Procedimientos de la operación.

# Elementos ensuciantes

- \* Carbonatos
- \* Sulfatos
- \* Óxidos metálicos
- \* Coloides
- \* Materia Orgánica
- \* Materia Biológica
- \* Sílice

# Productos de limpieza

- ✧ Productos ácidos
- ✧ Productos básicos
- ✧ Detergentes
- ✧ Quelantes
- ✧ Enzimas
- ✧ Biocidas

# Limpieza de membranas

## ¿Cuándo y como?

### Cuando:

Perdida de la calidad del producto ( 10 – 15 % )

Incremento de la presión diferencial 10 – 15 %.

Perdida de caudal ( 10 – 15 % )

# Limpieza de membranas

- \* Mi opinión personal es que esos límites son muy rígidos.
- \* No creo que muchos operadores sigan esas reglas.
- \* Normalmente el CIP se hace cuando la producción es muy baja.

# Limpieza de membranas

## \* ¿Con que?

Limpieza ácida (Ácidos clorhídrico y cítrico)  
( pH: 2-4.5 )

Limpieza básica ( NaOH – Quelantes (NaEDTA, NTA)  
( pH: 11-13 ) Detergente, Enzimas )

Esterilización ( Biocidas: Isotiazolina y DBNPA )

# Limpieza de membranas

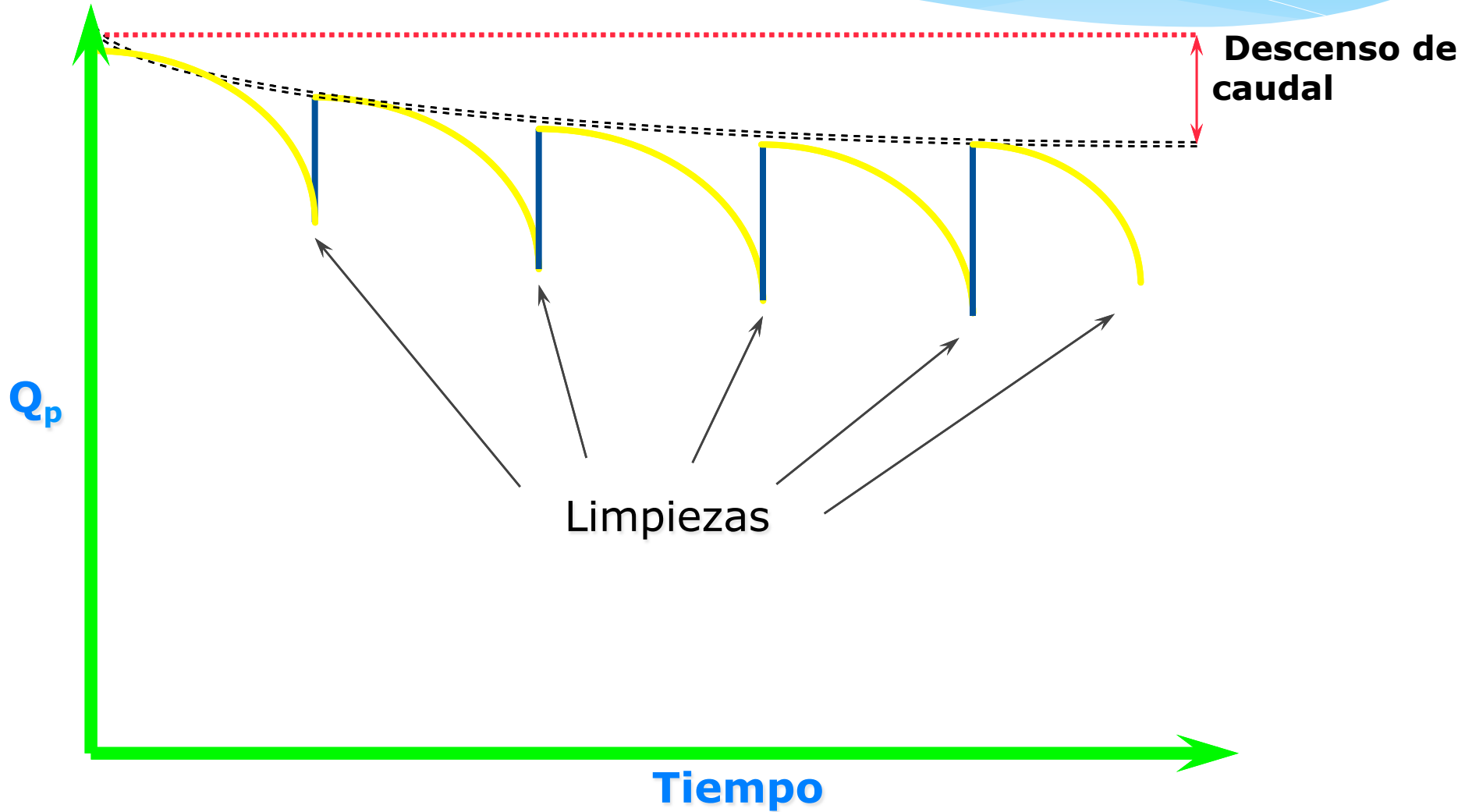
- \* ¿Como?
- \* Para remover materia inorgánica, se necesita un CIP ácido.
- \* Para remover materia orgánica o biológica, un CIP es necesario.
- \* Para esterilización, se necesitan biocidas.

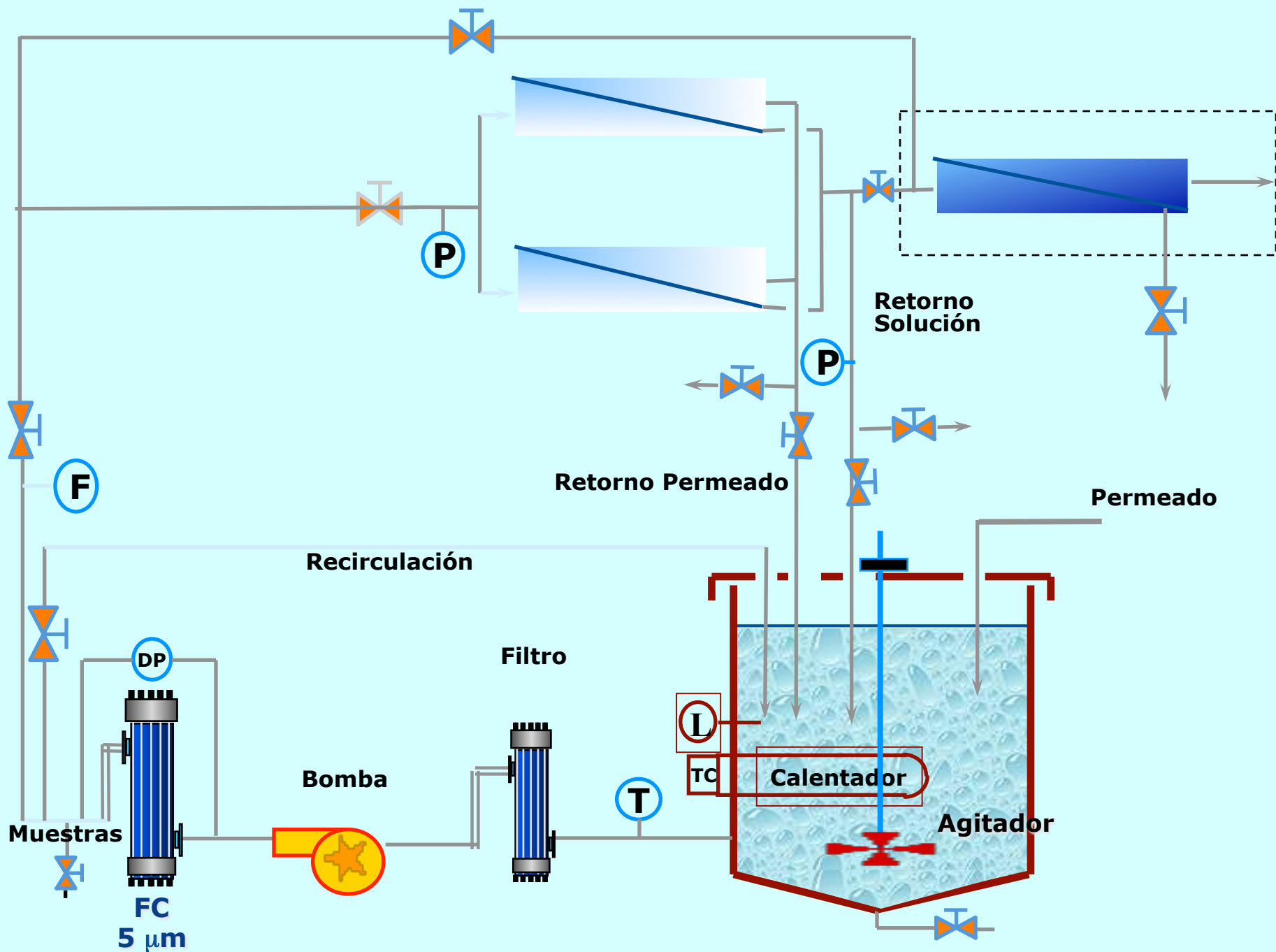


# Limpieza de membranas

- \* Dado que normalmente el ensuciamiento es una mezcla de materia orgánica e inorgánica, es preciso realizar una serie de lavados ácidos y básicos.
- \* Hay dos formas de realizar el CIP:
- \* Primero el ácido seguido del básico o viceversa.
- \* Es necesario probar ambas secuencias para encontrar cual es la mas eficiente.

# Ciclos de limpieza





# Factores de limpieza

- \* Tipo de producto químico
- \* Concentración
- \* Tiempo
- \* Temperatura
- \* pH
- \* Acción mecánica

# Temperatura

- \* La elevación de la temperatura mejora las reacciones químicas.
- \* Hay un límite en la temperatura de la solución, basada en el pH de la misma. Ver tablas de cada fabricante.
- \* Siendo las membranas de naturaleza orgánica, pueden ser dañadas por la solución.

# Temperatura

- \* La temperatura es importante durante el lavado básico.
- \* El limite para un pH de 12 es de alrededor de 35°C
- \* El limite para un pH de 13 es alrededor de 25°C
- \* OJO: El bombeo de la solución hace que la temperatura suba. A veces hay que añadir hielo o drenar la solución y añadir nueva mas fría.

# Acción mecánica

- \* Se requiere un flujo turbulento durante la limpieza, principalmente por dos razones:
- \* Para disminuir en lo posible el efecto de concentración polarización (Formación de la capa limite)
- \* Para ayudar en la remoción de partículas por la generación de fuerzas cortantes.
- \* La bomba debe estar en marcha todo el tiempo. No se deben de intercalar periodos de reposo.

# Acción mecánica

- ✧ El caudal de limpieza es muy importante. Para un tubo de 8" debe ser entre 8 y 10 m<sup>3</sup>/h.
- ✧ La presión debe ser baja (Menos de 4 bar) para evitar una gran producción de permeado y el telescopeado de los elementos.
- ✧ El volumen de la solución debe ser de alrededor de 40 litros por membrana mas el volumen de las tuberías y el del deposito.



# Especificaciones

- \* Cada etapa / paso debe ser limpiada/o individualmente.
- \* Todo el circuito (Tuberías, Tubos, tanques) deben ser enjuagados con permeado después de cada limpieza.
- \* Si el sello de salmuera lo permite, la limpieza debe ser realizada en dirección contraria a la de operación.

# Especificaciones

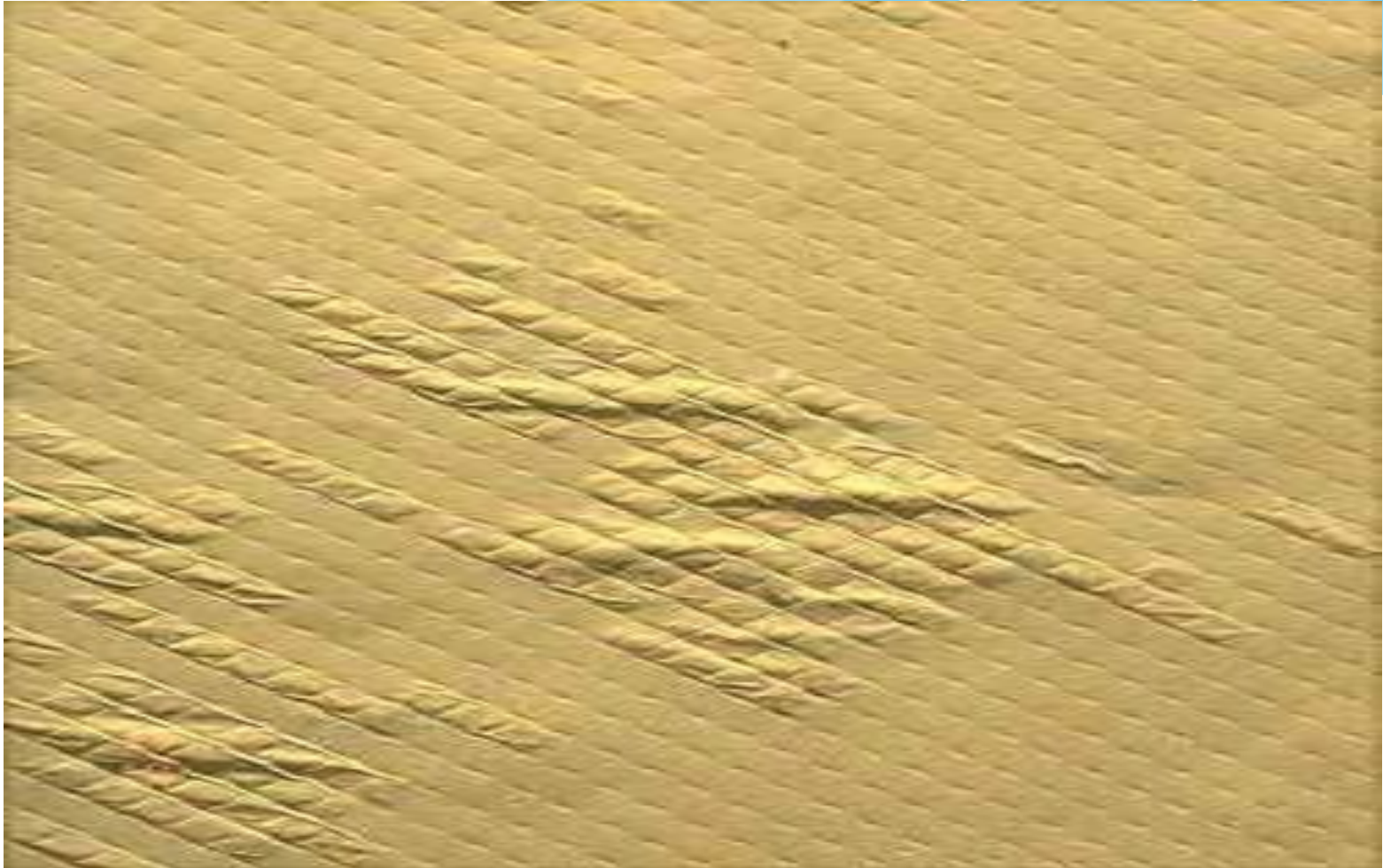
- \* **Dirección del CIP**

- \* Hacer la limpieza en la dirección alimentación – salmuera, origina dos problemas:
- \* Las partículas depositadas en el frente del primer elemento no pueden ser removidas.
- \* Parte del ensuciamiento de los primeros elementos es transferido a los últimos.
- \* El peso de los últimos elementos aumenta.

# Precauciones

- \* Debido a la baja conductividad de la solución de limpieza, se produce permeado.
- \* Todas las válvulas en el circuito de permeado deben estar abiertas durante el CIP.
- \* Si las válvulas están cerradas, se generará una contrapresión en los últimos elementos del tubo, porque la presión del permeado es igual a la de la alimentación, pero la presión exterior es menor.  
(Presión diferencial)

# Efectos de la contrapresión



# Precauciones

- \* Después de una limpieza ácida, el caudal y la conductividad del permeado pueden ser mas altos de lo normal. Esta situación puede durar varios días.
- \* Después de una limpieza caustica, el caudal y la conductividad del permeado pueden ser menores de lo esperado. Los valores normales se alcanzaran pasados algunos días.

# Precauciones

- \* **Filtro de cartuchos**

- \* Es importante cambiar los cartuchos a tiempo.

- \* Si se han diseñado a  $0.5 \text{ m}^3 / \text{h}$  por unidad de  $10''$ , los cartuchos deben cambiarse cuando la presión diferencial llegue a alrededor de 1 bar.

# Precauciones

- \* Si durante los primeros momentos, el color de la solución es muy oscura, debe ser drenada y añadir otra nueva.
- \* El pH de la solución cambia con el tiempo. Debe ser comprobada regularmente y corregida, especialmente al principio.

# Limpieza básica

\* Los productos básicos son:

NaOH –Quelantes, (NaEDTA, NTA) –Detergente

( pH: 11-13 )



# Limpieza básica

- \* Solución casera:
- \* NaOH : Suficiente para alcanzar el pH deseado.
- \* Detergente (Lauril sulfato sódico): hasta que el nivel de espuma es aceptable, pero no más del 1-2% en peso. Hay riesgo de ensuciamiento a pHs y temperaturas extremas.
- \* NaEDTA: 1% en peso

# Limpieza básica

- \* Soluciones Industriales

- \* Las soluciones industriales tienen los mismos componentes que la casera, mas enzimas y otros surfactantes.
- \* Normalmente, producen mejores resultados que la solución casera.
- \* Los fabricantes poseen diferentes formulas, que deben ser probadas para cada caso especifico.

# Limpieza básica

- \* **Papel de los Quelantes (NaEDTA y NTA)**
- \* NaEDTA es el mas usado.
- \* NTA no forma complejos tan solubles como el NaEDTA.
- \* Reaccionan con los cationes para formar sales solubles.
- \* Las preferencias iónicas en la reacción son:
- \*  $\text{Fe}^3 > \text{Cu}^2 > \text{Fe}^2 > \text{Ca}^2 > \text{Mg}^2$

# Limpieza básica

- \* **pH**
- \* Menos de 11 no produce ningún beneficio.
- \* De acuerdo a la severidad del ensuciamiento, el pH debe ser entre 11 y 13, siendo de 12 a 13 la zona mas efectiva.
- \* **Tiempo**
- \* No menos de 8 horas.
- \* Ensuciamientos severos necesitan 24 horas.

# Papel del pH en la remoción de la materia orgánica

Condición química

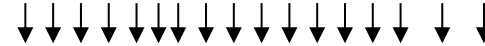
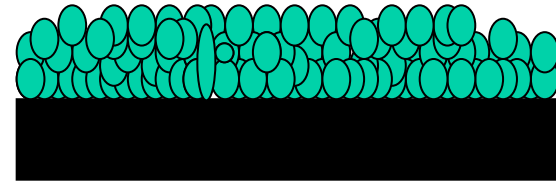
MO en solución

MO sobre la membrana

pH 3



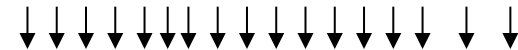
Configuración compacta



Severa reducción del flujo



Configuración lineal



Reducción menor del flujo

pH 9.5

- A pH básico, una capa fina y suelta.
- A pH ácido, una capa densa y compacta.

# Limpieza ácida

- \* Los ácidos usados normalmente son:
  - \* Clorhídrico
  - \* Cítrico
- 
- \* El clorhídrico se usa para la incrustación inorgánica.
  - \* El cítrico se usa para eliminar hierro y manganeso.
  - \* Se recomienda una mezcla de ambos.

# Limpieza ácida

- \* **pH**
- \* Entre 2 y 4
  
- \* **Tiempo**
- \* 2 -3 horas es suficiente.