



Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial



Argentina
BICENTENARIO
1810 | 2010

Ministerio de Industria y Turismo
Secretaría de Industria, Comercio
y de la Pequeña y Mediana Empresa



Prevención de la contaminación y tratamientos convencionales de efluentes en la Industria Lactea

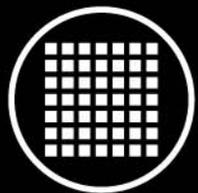
Disertante:

Ing. Ruth Rodriguez

Area Efluentes líquidos y sólidos

INTI – INGENIERIA AMBIENTAL





INTI

Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial



Argentina
BICENTENARIO
1810 | 2010

Ministerio de Industria y Turismo
Secretaría de Industria, Comercio
y de la Pequeña y Mediana Empresa

INTRODUCCIÓN

CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS

LÍMITES DE VUELCO

GENERACIÓN DE EFLUENTES EN LA INDUSTRIA LACTEA

Características generales

Prevención y reducción de la generación

TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIALES

Pretratamientos

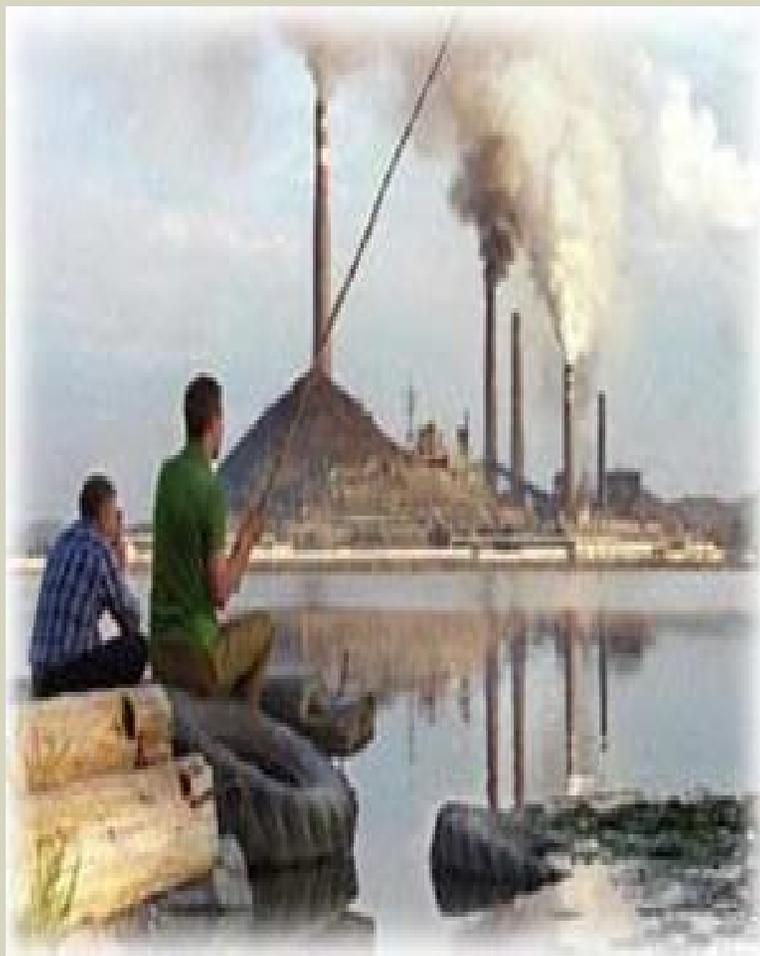
Tratamientos primarios

Tratamientos secundarios

Selección de alternativas



Contaminación



SUSTANCIAS O ENERGÍA



-  **Recursos vivos**
-  **Salud humana**
-  **Calidad/ Usos del agua**

ORIGEN

➤ **INDUSTRIALES:**

- Descartes acuosos de operaciones y procesos productivos.
- Lavados de equipos e instalaciones productivas y anexos.
- Otros.

➤ **DOMÉSTICOS**

COMPOSICION

➤ **AGUA \geq 99%**

➤ **SUSTANCIAS \leq 1%**

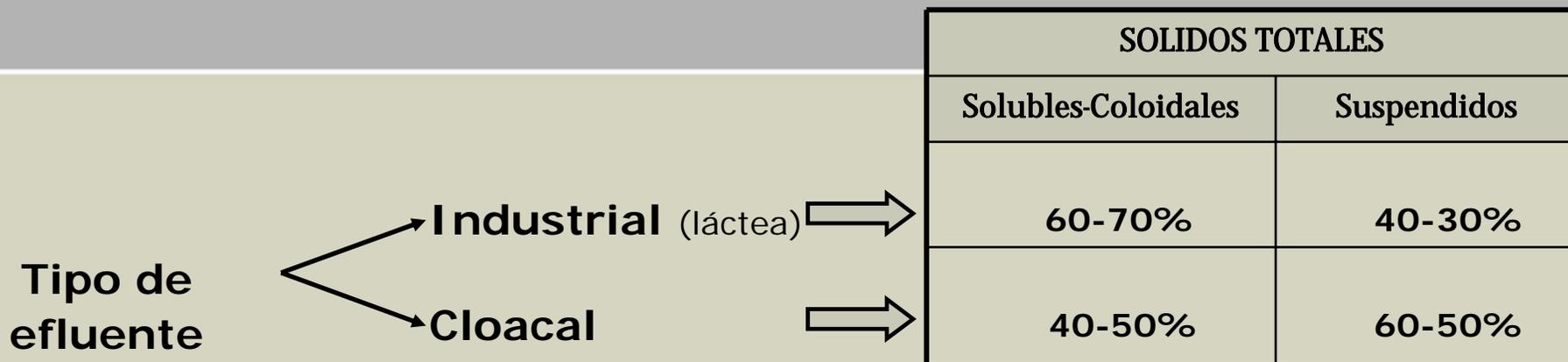


• **Estado de Fase:** Sólidos-Líquidos
Gases- Vapores

• **Tamaño de partícula:** Solubles
Coloides
Suspendidas

• **Naturaleza Química:** Inorgánicas
Orgánicas

Caracterización de los efluentes líquidos

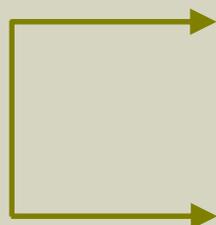


Parámetros contaminantes: aspectos conceptuales y características

PARÁMETROS

EFFECTOS SOBRE Cuerpos de agua

Temperatura



Aumento de la actividad microbiana

Disminución del contenido de oxígeno disuelto

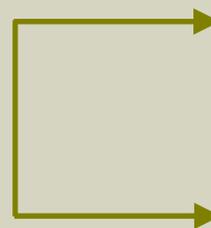
**pH
(potencial hidrógeno)**



Toxicidad sobre la vida acuática

Parámetros contaminantes: aspectos conceptuales y características

Sólidos sedimentables



Formación de sedimentos

Aumento de turbiedad

**Sustancias solubles
en éter etílico
(grasas y aceites)**



Formación de capas flotantes
que impiden la aireación natural
y la penetración de la luz

Parámetros contaminantes: aspectos conceptuales y características

- Demanda Bioquímica de O_2** → Disminución del contenido de oxígeno disuelto por acción bioquímica.
- Cantidad de oxígeno necesaria para estabilizar por acción bacteriana aeróbica la ***materia orgánica biodegradable*** contenida en el agua.
- Demanda Química de O_2** → Disminución del contenido de oxígeno disuelto por acción química y bioquímica.
- Cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios químicos. Involucra la ***materia orgánica biodegradable y la no biodegradable.*** → Toxicidad.

Parámetros contaminantes: aspectos conceptuales y características

Sulfuros totales

→ Formación de **sulfuro de hidrógeno**, (gas muy tóxico)

→ Disminución del contenido de oxígeno disuelto.

→ Toxicidad.

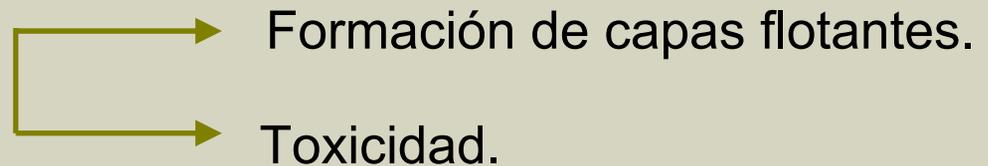
Cianuros

→ Desprendimiento potencial de **Cianuro de Hidrógeno**

→ Toxicidad

Parámetros contaminantes: aspectos conceptuales y características

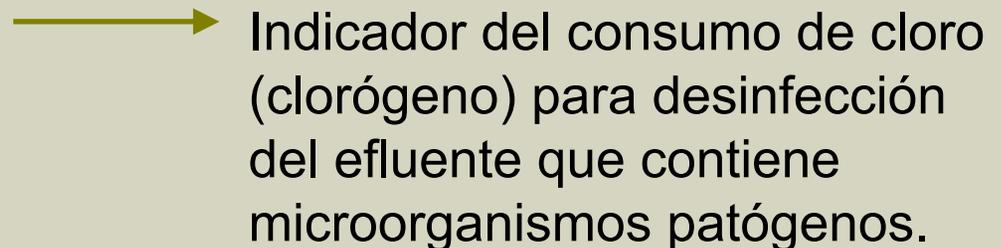
Hidrocarburos totales



Detergentes



Demanda de cloro



Parámetros contaminantes: aspectos conceptuales y características

Sustancias fenólicas

- Toxicidad sin vida acuática.
- Formación de clorofenoles en el proceso de desinfección en plantas.

**Metales
(arsénico, cromo)**

- Toxicidad

**Sustancias nitrogenadas
(orgánicas e inorgánicas)**

- Lagos y lagunas: eutroficación (crecimiento notable de algas).
- Consumo de oxígeno por acción bacteriana.

Plaguicidas

- Toxicidad

Legislación vigente

Límites permisibles de vuelco para descarga a cuerpo superficial

Parámetro	Unidades	Res 336/03 Pcia Bs As	Dec 5837/91 Entre Rios	Dec 415/99 Cordoba (cuena de aporte)
Temperatura	°C	≤ 45	≤ 45	≤ 40
pH	uph	6,5 – 10	5,5 - 10	6,0 – 9,0
SOLIDOS SEDIMENTABLES 10 min	ml / l	Ausente	≤ 0,5	≤ 0,5
SOLIDOS SEDIMENTABLES 2hs	ml / l	≤ 1,0	* Río Uruguay ≤ 100 * Río Paraná ≤ 200 * Q 10 veces mayor al de la industria ≤ 30	≤ 1,0
Sustancias Solubles en éter etílico (S.S.E.E)	mg / l	≤ 50	≤ 100	≤ 20

Legislación vigente

Límites permisibles de vuelco para descarga a cuerpo superficial

Parámetro	Unidades	Res 336/03 Pcia Bs As	Dec 5837/91 Entre Rios	Dec 415/99 Cordoba (cuena de aporte)
Sulfuros	mg / l	NE	≤ 1	≤ 1
Sustancias Fenólicas	mg / l	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	$\leq 0,05$
Sustancias Detergentes (S.A.A.M)	mg / l	≤ 2	-	-
Cianuros Totales	mg / l	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$

Legislación vigente

Límites permisibles de vuelco para descarga a cuerpo superficial

Parámetro	Unidades	Res 336/03 Pcia Bs As	Dec 5837/91 Entre Rios	Dec 415/99 Cordoba (cuena de aporte)
Cloro Libre	mg / l	≤ 0,5	-	
DBO	mg / l	≤ 50	* Río Uruguay ≤ 250 * Río Paraná ≤ 400 * Q 10 veces mayor al de la industria ≤ 50	≤ 30
DQO	mg / l	≤ 250	-	
Oxígeno Consumido	mg / l	-	-	≤ 20
Hidrocarburos Totales	mg / l	≤ 30	-	≤ 10
Fósforo Total	mg / l	≤ 1	-	≤ 0,5

Legislación vigente

Límites permisibles de vuelco para descarga a cuerpo superficial

Parámetro	Unidades	Res 336/03 Pcia Bs As	Dec 5837/91 Entre Rios	Dec 415/99 Cordoba (cuena de aporte)
Coliformes Fecales	NMP / 100ml	≤ 2000	-	1000
Nitrógeno Total Kjeldhal	mg / l	≤ 35	-	≤ 10
Nitrógeno Orgánico	mg / l	≤ 10	-	-
Nitrógeno Amoniacal	mg / l	≤ 25	-	-
Pesticidas Organofosforados	mg / l	-	-	-

Legislación vigente

Límites permisibles de vuelco para descarga a cuerpo superficial

Parámetro	Unidades	Res 336/03 Pcia Bs As	Dec 5837/91 Entre Rios	Dec 415/99 Cordoba (cuenca de aporte)
Plaguicidas Organoclorados	mg / l	$\leq 0,05$	-	-
Selenio	mg / l	$\leq 0,1$	-	-
Plomo	mg / l	$\leq 0,1$	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$
Níquel	mg / l	$\leq 2,0$	-	$\leq 2,0$
Mercurio	mg / l	$\leq 0,005$	$\leq 0,005$	$\leq 0,005$

Legislación vigente

Límites permisibles de vuelco para descarga a cuerpo superficial

Parámetro	Unidades	Res 336/03 Pcia Bs As	Dec 5837/91 Entre Rios	Dec 415/99 Cordoba (cuenca de aporte)
Manganeso (Soluble)	mg / l	$\leq 0,5$	-	-
Hierro (Soluble)	mg / l	$\leq 2,0$	-	$\leq 1,0$
Cromo Total	mg / l	$\leq 2,0$	$\leq 2,0$	$\leq 2,0$
Cromo Hexavalente	mg / l	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$
Cobre	mg / l	$\leq 1,0$	-	$\leq 0,1$

Legislación vigente

Límites permisibles de vuelco para descarga a cuerpo superficial

Parámetro	Unidades	Res 336/03 Pcia Bs As	Dec 5837/91 Entre Rios	Dec 415/99 Cordoba (cuena de aporte)
Cobalto	mg / l	$\leq 2,0$	-	-
Cinc	mg / l	$\leq 2,0$	-	$\leq 0,1$
Cadmio	mg / l	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$
Arsénico	mg / l	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$
Aluminio	mg / l	$\leq 2,0$	-	-



Generación de efluentes en la Industria Láctea

Características generales

Consumo de agua

1.3- 3.2 L de agua/L de leche \longrightarrow Máx. 10 L de agua/L de leche



Valores recomendados por UNEP

0.8-1.0 L de agua/L de leche

 Fabricación de leche de consumo (pasteurizada y esterilizada)	2.5-9
 Fabricación de queso	2-4

PYMES locales \longrightarrow 2-4 L de agua/L de leche

Características generales

Fuentes de generación

▣ Proceso: pérdidas de leche, mazada, suero, salmuera

▣ Limpieza: equipamiento, tanques, tuberías, superficies

▣ Refrigeración: condensados de vapor, aguas de refrigeración

Volumen*

0.8- 1.5 L_{efl}/L_{leche}

2- 4 L_{efl}/L_{leche}



* Fuente: E. Spreer, 19991

Características generales

Fuentes de pérdidas de leche

*90% de la DQO total
del efluente*

PROCESO	FUENTE
Producción de leche	<ul style="list-style-type: none">▪ Derrames de tanques de almacenamiento.▪ Rebose de tanques.▪ Derrames y fugas en conducciones.▪ Depósito en las superficies de equipos.▪ Eliminación de fangos de filtración/clarificación.▪ Derrames por envases dañados.▪ Fallos en la línea de envasados.▪ Operaciones de limpieza
Producción de queso	<ul style="list-style-type: none">▪ Derrames de tanques de almacenamiento.▪ Pérdidas en las cubas de cuajado.▪ Rebose de los moldes.▪ Separación incorrecta del suero del queso.▪ Operaciones de limpieza.

* Fuente: Prevención para la contaminación en la Industria Láctea, CAR/PL-UNEP, 2002.

Características generales

Características de los efluentes líquidos

▣ Alto contenido de materia orgánica → 1000- 6000 mgDBO/l

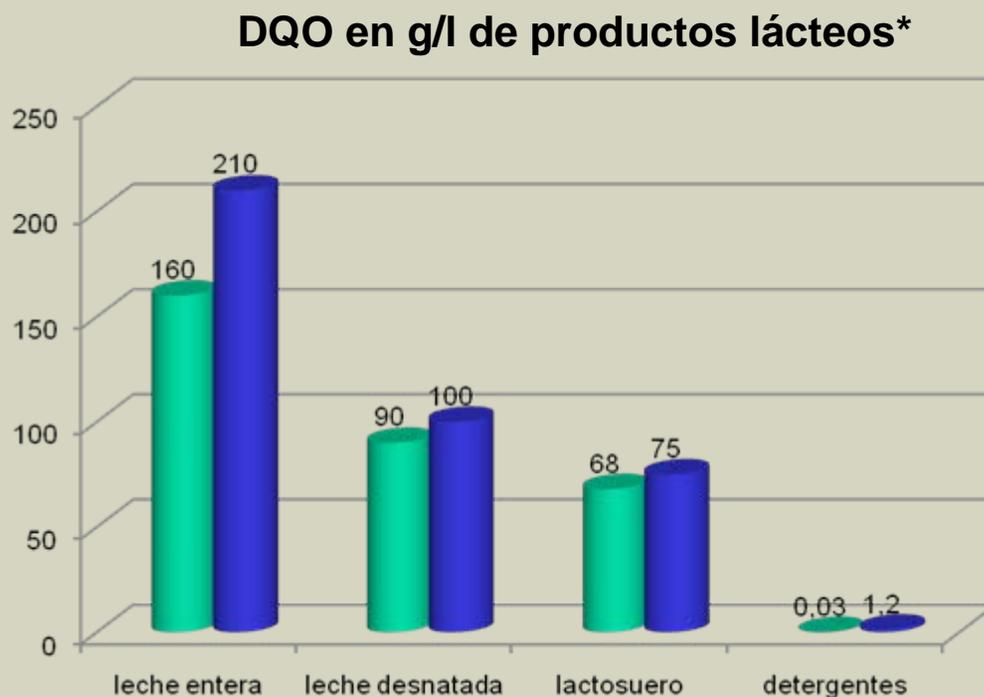
▣ Carga Orgánica → Caudal [m³/d] x DBO [g/m³]

▣ Población equivalente → Carga Orgánica industrial
Carga Orgánica por habitante ≈ 60gDBO/hab.d

*Para 10.000 l leche/d:
Q= 20m³/d
DBO=3000g/m³
COind= 60.000g/d
Pobl. Eq.=1000hab!!*

Características generales

Características de los efluentes líquidos



**Existen pérdidas
de hasta el
3- 4% !!!**

**Para 10.000 l leche/d:
4200mgDQO/l**

* Fuente: F. Arnau, 1995

Características generales

Características de los efluentes líquidos (continuación)

- ▣ Presencia de aceites y grasas
- ▣ Niveles elevados de Nitrógeno y Fósforo (productos de limpieza)
- ▣ Variaciones importantes del pH (2- 11)
- ▣ Conductividad elevada (cloruro sódico del salado de quesos)
- ▣ Variaciones de temperatura (purgas de aguas de refrigeración)

Prevención y Reducción de la generación

Reducción en origen



- ▣ Reducir las pérdidas de leche
- ▣ Segregación de lodos de clarificación
- ▣ Evitar vertido de suero
- ▣ Valorización del suero:
 - ▣ Alimentación animal
 - ▣ Elaboración de bebidas
 - ▣ Fermentación
 - ▣ Concentración
 - ▣ Valoración energética: *biodigestión*

Prevención y Reducción de la generación

Tratamiento de Suero de Quesería



3 Biodigestores x 750 m³
1m³ suero = 20- 25m³ biogas

Planta SANCOR – Charlone – Prov. Buenos Aires

Año 2.000

Prevención y Reducción de la generación

Reducción en origen

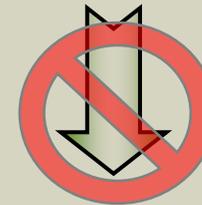


- ▣ Eliminación en seco de la sal de los quesos tras el salado
- ▣ Control fisicoquímico y bacteriológico de las salmueras
- ▣ Recuperación de las salmueras
- ▣ Control del consumo de agua
- ▣ Optimización de operaciones de limpieza:
 - ▣ Limpieza en seco
 - ▣ Cierre automático de agua en mangueras
 - ▣ Agua a presión mediante boquillas y unidades móviles

Pretratamiento: Separación de sólidos gruesos y finos



**Material no
deseable**



**Tratamiento
secundario**

Pretratamiento: Separación de sólidos gruesos y finos

REJAS

- ✓ Retener sólidos gruesos
- ✓ Evitar atascamiento de cañerías y equipos electromecánicos

Gruesas: 5 -15 cm
Medias: 2.5 – 5 cm
Finas: 1 – 2.5 cm

Fijas
Móviles

Accionamiento → a tiempo fijo.
→ por pérdida de carga.
→ manual.

Pretratamiento: Separación de sólidos gruesos y finos

Rejas de limpieza manual



Rejas de limpieza automática



Pretratamiento: Separación de sólidos gruesos y finos

TAMICES

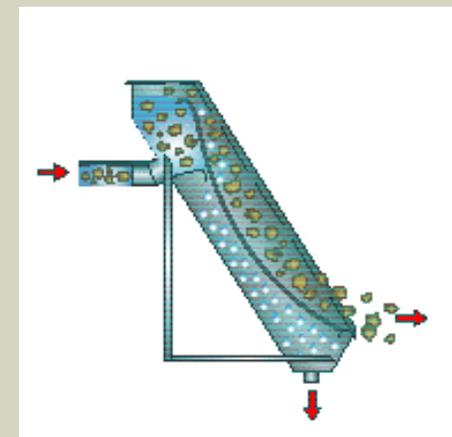
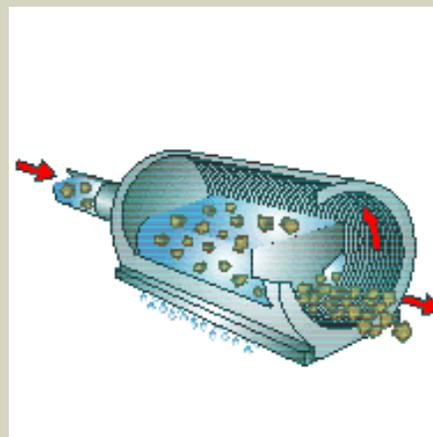
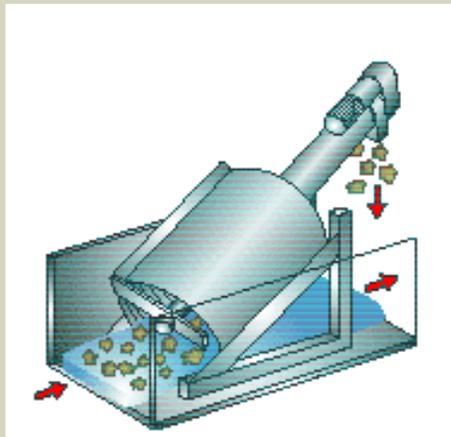
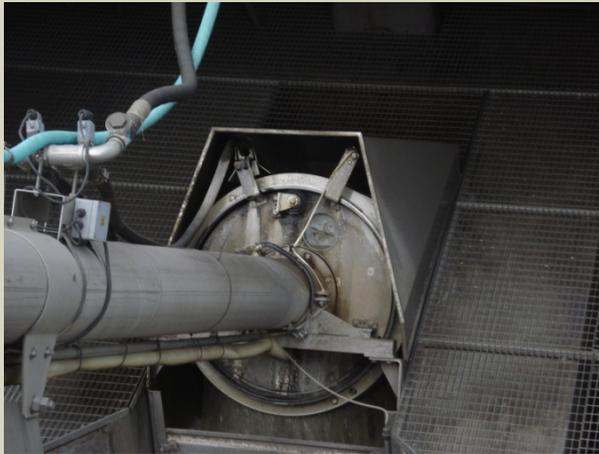
- ✓ *Retener sólidos finos*
- ✓ *Evitar atascamiento de equipos de bombeo*

Malla	[Gruesas: 0.8 -2.5 mm	[Estáticos
		Medias: 250 – 1500 um		Dinámicos
		Finas: 30 – 250 um		

Pretratamiento: Separación de sólidos gruesos y finos

Tamices rotativos

Tamiz estático



Pretratamiento: Separación de sólidos gruesos y finos

DESARENADORES

- ✓ Separación de arenas y partículas con mayor peso específico que los sólidos orgánicos.
- ✓ Evitar abrasión y desgaste de del equipamiento mecánico (equipos de bombeo)

De flujo horizontal → Velocidad de flujo $< 0.4\text{m/s}$
→ Tiempo de permanencia = 1 – 5 min.
→ Necesidad de control de velocidades de flujo.

Aireados → Tiempo de permanencia ≈ 3 min.
→ Flujo helicoidal.

Pretratamiento: Separación de sólidos gruesos y finos

Desarenador horizontal



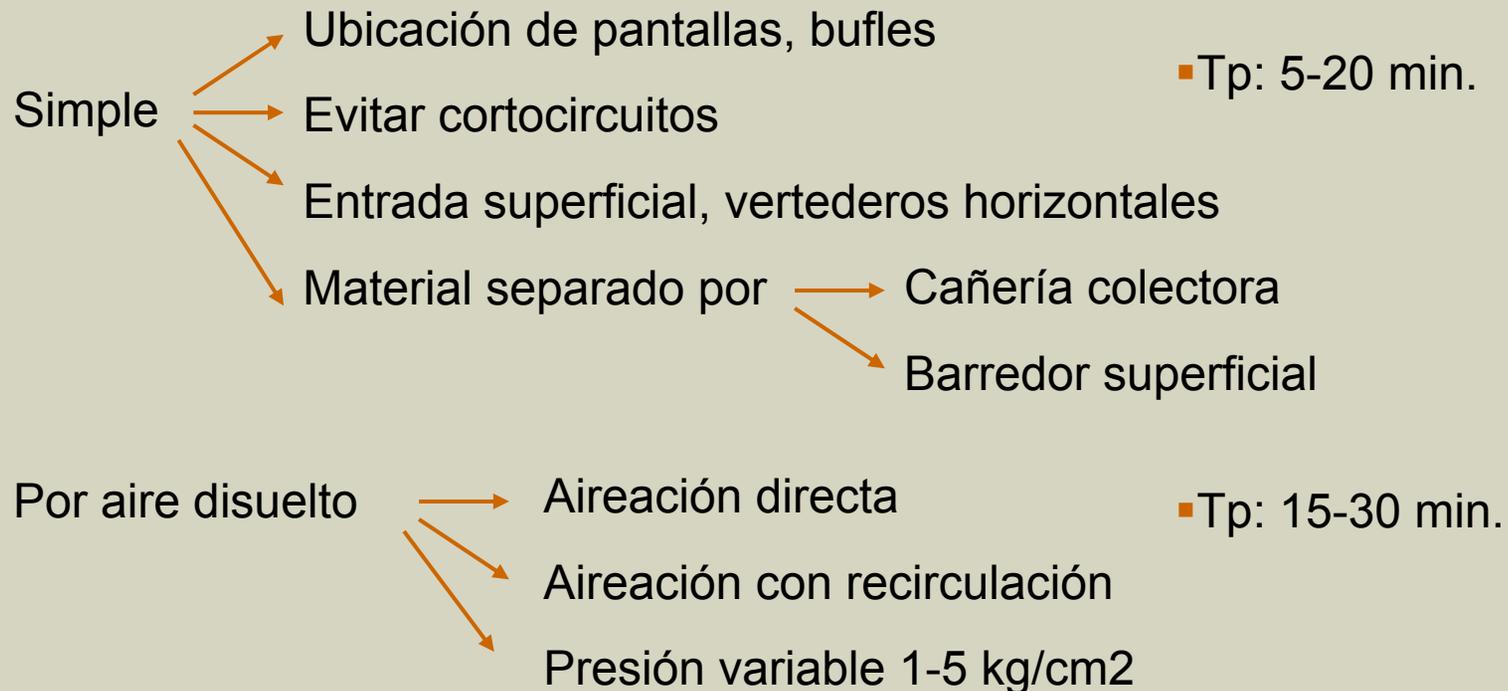
Desarenador aireado



Tratamiento Primario: Remoción de partículas suspendidas

FLOTACIÓN

✓ Separación de grasas y flotantes.



Tratamiento Primario: Remoción de partículas suspendidas

Flotación simple



Flotación con barredor



Tratamiento Primario: Remoción de partículas suspendidas

SEDIMENTACIÓN PRIMARIA

✓ *Separación de sólidos suspendidos y grasas.*



- Forma → Circular
→ Rectangular
- Barredor → Superficial
→ De fondo } $v=0.01-0.02$ m/s
- T_p : 90- 150 min.
- Carga superficial: 80-120 m^3/m^2d

Tratamiento Secundario: Remoción de materia orgánica soluble



*Características
del efluente*



tratamiento



*Legislación
Ambiental*



Tratamiento Secundario: Remoción de materia orgánica soluble

SISTEMAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICOS

✓ *Aeróbico*

✓ *Anaeróbico*

Cultivo suspendido → Biomasa suspendida por medio de agitación.

Cultivo fijo → Biomasa Fija a un medio de Soporte.

Lagunas de tratamiento

Barros Activados

Sistemas Batch- SBR

Aireación extendida

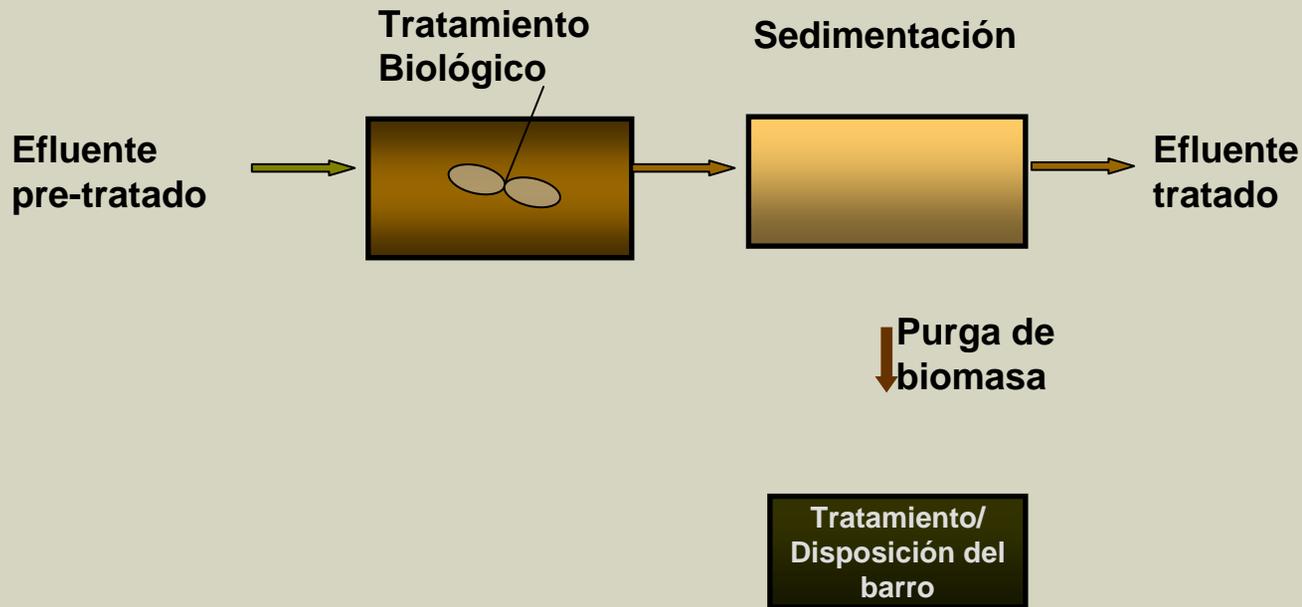
Lechos percoladores

Filtros rotativos

Tratamiento Secundario: Remoción de materia orgánica soluble

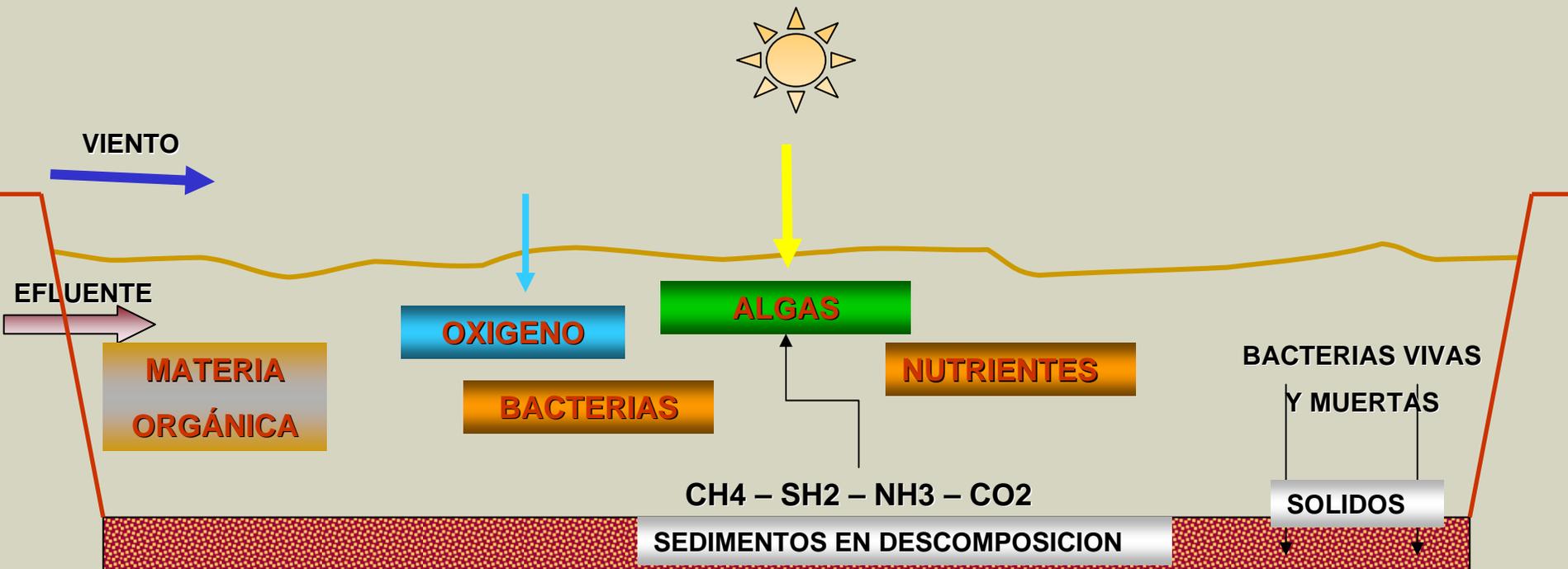
LAGUNAS

✓ *Anaeróbicas- Facultativas- Aeróbicas- de Maduración*



Tratamiento Secundario: Remoción de materia orgánica soluble

LAGUNAS



Tratamiento Secundario: Remoción de materia orgánica soluble

LAGUNAS

Tipo	Anaeróbica	Facultativa	Aeróbica	Maduración
Microorganismos	Bacterias 4 etapas anaeróbicas	Algas, bacterias	Algas, bacterias	Algas, bacterias
Actividad fotosintética	no	si	fuertemente	si
Profundidad (m)	2,5 a 6	1,2 a 2,5	0,3 a 0,5	0,8-1,2
Carga Superficial KgDBO5/Ha-d		60-120	90-180	<20
Carga volumétrica gDBO5/m3-d	80-300			
Eficiencia en remoción DBO5 (%)	40-60	60-80	80	60-80
Tiempo de retención (días)	20 a 50	5 a 30	4 a 6	5 a 50

Tratamiento Secundario: Lagunas de estabilización

Lagunas anaerobias



- ✓ H= 3-5 m
- ✓ Muy sensibles a T, OD, pH
- ✓ Alta degradación de Sól.Sedimentables
- ✓ Formación de costras por generación de metano.

Lagunas facultativas



- ✓ H= 1.2-2.5 m
- ✓ Tres zonas: aeróbica-facultativa-anaeróbica
- ✓ Fuerte incidencia de las algas
- ✓ Eficiencia variable en función de: radiación solar, agitación del viento, Temperatura.

Tratamiento Secundario: Lagunas de estabilización

Lagunas aerobias



- ✓ $H = 0.3-0.5$ m
- ✓ Fuerte incidencia de las algas
- ✓ Eficiencia variable en función de: radiación solar, agitación del viento, Temperatura.

Lagunas de maduración



$H = 0.8-1.2$

Tratamiento Secundario: Lagunas Aireadas

Lagunas aireadas de mezcla completa



- ✓ Aereación necesaria para tener $OD > 3 \text{ mg/l}$
- ✓ Aereación necesaria para tener todos los sólidos en suspensión
- ✓ Laguna de sedimentación aguas abajo

Lagunas aireada de mezcla parcial (facultativa)



- ✓ Aereación necesaria para tener $OD > 3 \text{ mg/l}$
- ✓ Parte de los sólidos sedimentan en la laguna.
- ✓ Laguna de sedimentación aguas abajo.

Tratamiento Secundario: Remoción de materia orgánica soluble

LAGUNAS: Aspectos constructivos



- ❑ Ubicación física, pendientes, drenajes, vientos
- ❑ Suelo: permeabilidad, napas, facilidad de terraplenamiento y compactación (taludes, ángulo posible)
- ❑ Impermeabilización: suelo cemento – arcillas – membranas
- ❑ Protección de taludes externos: césped, drenajes para lluvia
- ❑ Protección de taludes internos: Losetas prefabricadas – Hormigones – Piedra bola
- ❑ Protección de fondo contra erosión de aireadores
- ❑ Acceso vehicular para mantenimiento.

Tratamiento Secundario: Remoción de materia orgánica soluble

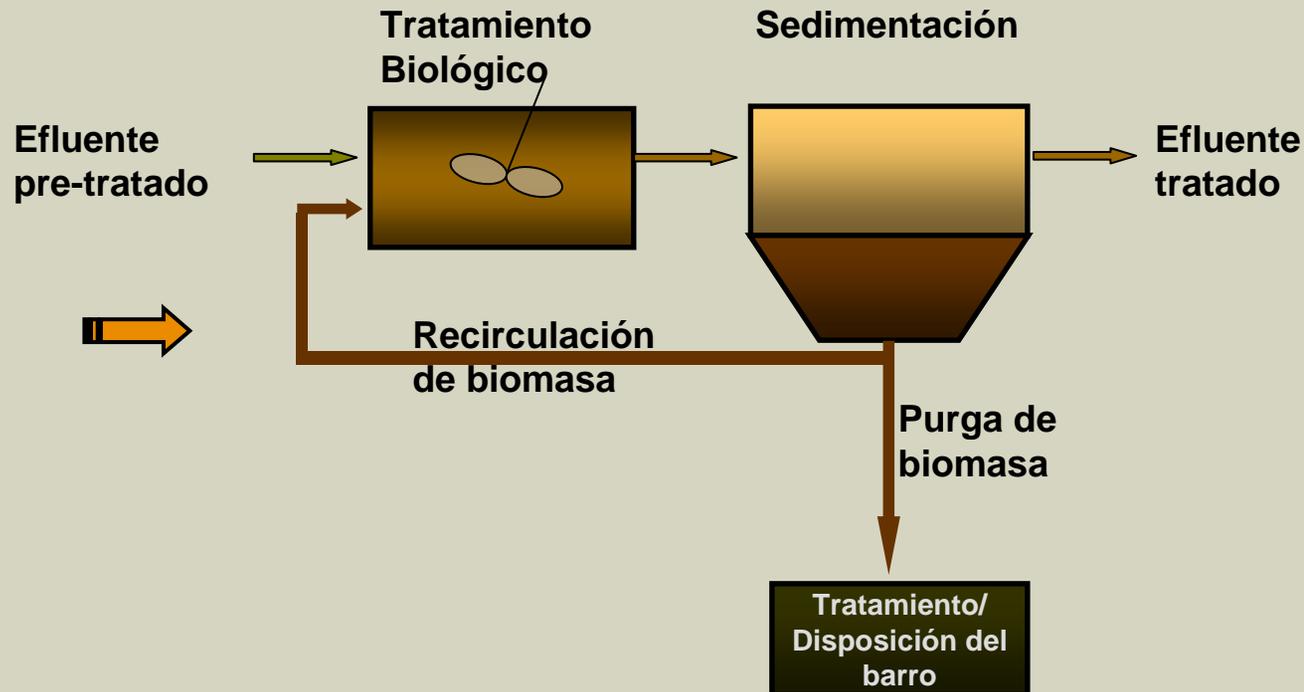
LAGUNAS: Aspectos operativos

- Volumen extenso (tiempo de residencia prolongado)
- Alta dilución del efluente(baja concentración de alimento)
- Baja concentración de microorg. (Baja actividad)
- Aireación forzada(implica también agitación)

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Baja generación de barros Estabilidad frente a variaciones en el efluente Baja necesidad de control	Alto consumo de energía Disponibilidad de terreno Eficiencia limitada

Tratamiento Secundario: Remoción de materia orgánica soluble

BARROS ACTIVADOS



Tratamiento Secundario: Remoción de materia orgánica soluble

BARROS ACTIVADOS



Tratamiento Secundario: Remoción de materia orgánica soluble

BARROS ACTIVADOS: Aspectos operativos

- Alta concentración de microorganismos(Mediante recirculación)
- Volumen reducido (tiempo de residencia bajo)
- Aireación forzada (Implica también agitación)

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Alta eficiencia Baja necesidad de terreno Menor consumo de energía	Necesidad de control Generación de barros Menor estabilidad

Tratamiento Secundario: Sistema de Aereación

Aereadores superficiales



Difusores de burbuja fina



Tratamiento Secundario: Selección del sistema

Eficiencia de Tratamiento (%remoción)	Desengrase/ Sedimentación	Barros Activados	Lagunas Aireadas	Sistema de Lagunas de Estabilización
DBO	15-25	95-99	95-98	90-99
Sólidos Susp.Totales	30-40	85	83-92	95-99
Grasas	60-85	96-99	95-99	95-99
Nitrógeno total	--	30-40	30-35	35-45

Tratamiento Secundario: Selección del sistema

Sistema	Parámetro característico	Espacio requerido (volumen, en m ³)
Rejas, Tamices	Caudal, en m ³ /h	mínimo
Flotación simple	Caudal Q_H , en m ³ /h	$(0,20 \text{ a } 0,35) \times Q_H$
Flotación presurizada	Caudal Q_H , en m ³ /h	$(0,25 \text{ a } 0,50) \times \text{de } Q_H$
Sedimentación	Caudal Q_H , en m ³ /h	$(1 \text{ a } 2) \times Q_H$
Barros Activados	Carga org. , en kg DBO/d	$(0,9 \text{ a } 5) \times \text{kg DBO/d}$
Lagunas Aireadas	Carga org. , en kg DBO/d	$(3,3 \text{ a } 33) \times \text{kg DBO/d}$
Lagunas de Estabilización	Carga org. , en kg DBO/d	$(6,5 \text{ a } 125) \times \text{kg DBO/d}$

Tratamiento Secundario: Selección del sistema

Sistema	Parámetro característico	Espacio requerido (área, en m ²)
Barros Activados	Carga org. , en kg DBO/d	(0,3 a 1,7) x kg DBO/d
Lagunas Aireadas	Carga org. , en kg DBO/d	(1 a 10) x kg DBO/d
Lagunas de Estabilización	Carga org. , en kg DBO/d	(0, 008 a 0,04) x kg DBO/d (en Ha)

Tratamiento Secundario: Selección del sistema

Sistema	Parámetro característico	Potencia eléctrica kW
Barros Activados	Carga orgánica, en kg DBO/d	(0,04 a 0,2) x kg DBO/d
Lagunas Aireadas	Carga orgánica, en kg DBO/d	(0,03 a 0,1) x kg DBO/d
Lagunas de Estabilización	Carga orgánica, en kg DBO/d	nulo
Remoción biológica de Nitrógeno	Nitrógeno a remover, en kg N _R /d	(0,10 a 0,18) x kg N _R /d

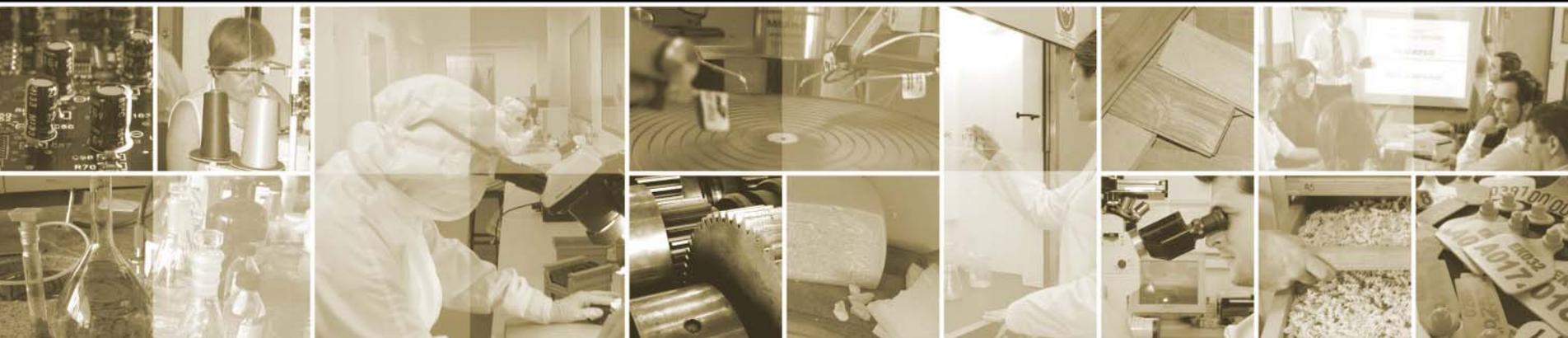


Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial



Argentina
BICENTENARIO
1810 | 2010

Ministerio de Industria y Turismo
Secretaría de Industria, Comercio
y de la Pequeña y Mediana Empresa



MUCHAS
GRACIAS !!!

Av. Gral Paz 5445
San Martín
Bs.As., Argentina
47246200/ int. 6028
ruthr@inti.gov.ar

23 DE ABRIL DE 2010

