

Si el consumo diario es mayor o menor que 200 l/P, las aguas residuales serán, según el caso, más diluidas o más concentradas, puesto que la descarga de desechos sólo aumenta ligeramente, al incrementarse el consumo de agua. Respecto a las sustancias disueltas, hay que tener en cuenta que una parte de ellas, en especial las inorgánicas, ya están presentes en el agua del sistema de abastecimiento.

CUADRO 2.2.-9
CONCENTRACIONES PROMEDIO DE AGUAS RESIDUALES EN g/m³ /73/

	inorgánico	orgánico	total	DBO ₅
Sustancias sedimentables	50	150	200	100
Sustancias no sedimentables	25	50	75	50
Sustancias disueltas	375	250	625	150
Total	450	450	900	300 g/(m³)

El Cuadro 2.2.-10 presenta un análisis de las concentraciones de residuos líquidos (bajas, medias y altas) para las condiciones de Europa.

CUADRO 2.2.-10
CONCENTRACIONES DE RESIDUOS PARA CONDICIONES DE EUROPA

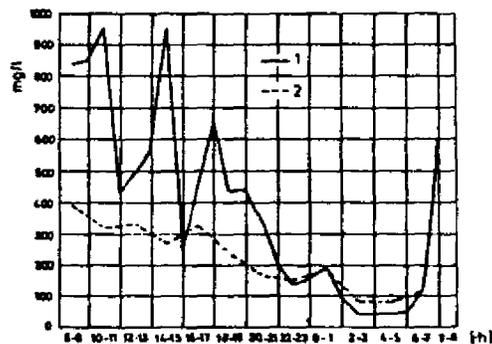
Concen- tración	Valor pH	Sust. sediment. ml/l después de 2 horas	Sust. suspensi- didas mg/l	Sust. disueltas mg/l	DBO ₅ no filtrada mg/l	Consumo de KMnO ₄ no filtrada mg/l	DQO no filtrada mg/l	Amoníaco mg/l
Baja	7-8	2,0	300-500	400-600	100-200	150-250	150-300	15-30
Media	7-8	4,5	500-700	600-800	200-400	250-600	300-450	30-40
Alta	7-8	5,0	700	800	400	500	450	50

2.2.5 Fluctuaciones en la concentración y en la carga de desechos

Las variaciones por hora y por día de la concentración y de la carga de desechos en las aguas residuales municipales también se determinan según los hábitos de la población, las operaciones industriales (turnos laborales, etc.), las instalaciones comerciales y de servicio público, y las condiciones de flujo en la red de alcantarillado. Durante la noche, la concentración de residuos (mg DBO₅/l) desciende de manera significativa. Esto se debe a que la producción de residuos disminuye, pero también en gran medida, al hecho de que se depositan en las alcantarillas debido al mínimo caudal nocturno. En la mañana, al aumentar los volúmenes de agua y la carga, estos depósitos son arrastrados parcialmente por el flujo, con lo cual las concentraciones y la carga residual se elevan pronunciadamente.

Si la dilución y la mezcla son insuficientes, las aguas residuales que se descargan intermitentemente y cuya composición varía mucho durante el día pueden producir efectos desfavorables. Este es el caso, especialmente, de las aguas industriales que contienen grandes cantidades de sedimentos y/o lodos, o de aquellas con elevadas concentraciones de componentes orgánicos o inorgánicos disueltos.

Estas dificultades pueden superarse mediante estanques de mezcla e igualación, que estén integrados dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales. En la Figura 2.2.-2 se muestra un ejemplo de la variación en la concentración de residuos para el caso de una pequeña comunidad con descargas intermitentes de diferente magnitud y su igualación mediante estanques de preclarificación y sedimentación.



1. Demanda bioquímica de oxígeno a la entrada de la planta de tratamiento de aguas residuales (sin filtrar)
2. Demanda bioquímica de oxígeno a la salida del estanque de preclarificación y del estanque de sedimentación de 24 horas (sin filtrar)

Figura 2.2.-2: Homogenización de aguas residuales de gasto intermitente mediante un estanque de clarificación y un estanque de sedimentación de 24 horas (Niersverband)

2.3 AGUA FORANEA

2.3.1 Tipos de agua foránea

Se entiende por agua foránea al conjunto de aguas que, a pesar de no estar contaminadas, no son conducidas hacia los reservorios sino que son canalizadas junto con las aguas residuales hacia el sistema de alcantarillado, pasando de este modo a incrementar el caudal durante las temporadas de clima seco. Las razones de esta derivación son de carácter técnico o económico.

El agua de lluvia o la nieve derretida que se encauza o es encauzada hacia una red de alcantarillado en vez de hacia un drenaje pluvial, también puede ser considerada como agua foránea.

2.3.2 Origen y cantidad del agua foránea

Si se considera el origen del agua foránea señalado en la Sección 2.3.1, se verá cuán difícil es definir cantidades exactas. Igualmente, no es posible determinar con exactitud la cantidad porcentual debida a la filtración de aguas subterráneas hacia el sistema. El Cuadro 2.3.-1 (de FAIR y GEYER /48/) contiene información sobre la infiltración de aguas subterráneas en la RFA y los EE.UU.

CUADRO 2.3.-1
INFILTRACION DE AGUAS SUBTERRANEAS EN SISTEMAS DE ALCANTARILLADO /48/

	Infiltración de aguas subterráneas		
	respecto a las aguas residuales totales en un sistema de alcantarillado municipal	respecto a la superficie servida por el sistema de alcantarillado	respecto a la longitud de las alcantarillas
	%	l/(s . ha)	l/(s . km)
República Federal Alemana	17 - 50	0,02 - 0,06	0,17 - 0,5
EE.UU. mínimo	5 - 40	0,058	0,14
medio	20 - 75	0,23	0,81
máximo	30 - 85	0,58	2,78

Para determinar la cantidad de aguas subterráneas que se infiltran en el sistema de alcantarillado, pueden practicarse mediciones durante las horas diurnas o nocturnas y compararse con los consumos de agua.

En lo posible, ningún tipo de agua proveniente de manantiales o corrientes superficiales deberá ser conducida al sistema público de alcantarillado, ya que esto elevaría los costos de tratamiento y reduciría el volumen de agua superficial limpia. Sin embargo, en las zonas urbanas, esto resulta algunas veces inevitable debido a razones económicas o a la falta de espacio que obliga a desviar como agua foránea, el agua de manantiales o corrientes superficiales hacia el sistema de alcantarillado.

Es posible calcular con bastante exactitud los volúmenes de agua de lagunas termales y medicinales específicas.

En el caso de sistemas de alcantarillado separados (alcantarillado y drenaje pluvial), la infiltración de agua de lluvia y de nieve derretida se sigue considerando como agua foránea. Si los procedimientos de inspección son deficientes, es posible que los sistemas de drenaje de los tejados o patios se conecten erróneamente a la línea de alcantarillado. En algunos casos, se lleva intencionalmente el agua de lluvia hasta ciertos puntos de la red de alcantarillado con el propósito de limpiarlo. Si en un sistema de alcantarillado separado, el caudal en clima húmedo supera en más del doble al caudal de clima seco, deberá inspeccionarse la red de alcantarillado y rectificarse las conexiones incorrectas.

2.4 CANTIDADES DE AGUAS RESIDUALES COMERCIALES E INDUSTRIALES

En la industria, el agua se utiliza como materia prima, como un medio de producción (agua de proceso) y para propósitos de enfriamiento.

El agua dulce utilizada proviene ya sea de la empresa pública de abastecimiento de agua o directamente de aguas superficiales o subterráneas, cuando la compañía posee sus propias instalaciones de abastecimiento. El agua eliminada después de usarse es descargada en forma de agua residual.

Además de alteraciones cuantitativas, el agua también sufre alteraciones cualitativas. Algunas veces, durante la extracción y el procesamiento de materias primas, se separa agua en demasía que pasa a ser eliminada.

Las aguas residuales que se descargan contienen una gran variedad de sustancias. Para determinar su cantidad y composición deberán realizarse análisis locales.

Los requerimientos de abastecimiento de agua y la producción de aguas residuales dependen de varios factores. Las diferencias en la cantidad de aguas residuales que producen las diferentes industrias, en alguna medida sujetas también a considerables fluctuaciones diarias y horarias, tienen las siguientes causas:

- Diferencias según el tipo de industria. Se necesitan diferentes cantidades de agua para la producción de materias primas, su procesamiento o la fabricación de productos terminados.

- Diferentes materiales básicos. La materia prima pura o contaminada, los productos semiacabados en diferentes etapas de procesamiento o preparación producen diferentes cantidades de aguas residuales.
- Diferentes procesos de fabricación. Por ejemplo, los procesos secos y los procesos húmedos que utilicen los mismos productos primarios darán diferentes cantidades de aguas residuales.
- El tamaño de la planta.
- Modo de operación. La uniformidad en la cantidad de aguas residuales y su composición durante el período de un día o el de una semana, se verá afectada por la periodicidad con que se esté trabajando: en un solo turno o en turnos múltiples.
- Actividades temporales. Las refinerías de azúcar, las fábricas de mermeladas, las fábricas de conservas, las fábricas de jugos de frutas y los lagares de vino tienen una mayor producción de aguas residuales sólo durante la cosecha y un corto período posterior (temporada de trabajo o "campaña").
- Diferencias en el suministro de energía. La necesidad de agua de enfriamiento varía según el caso, si una planta tiene su propia fuente de energía o si recibe energía del exterior. También es importante el tipo de energía que se use, por ejemplo, electricidad, vapor, motor diesel o energía hidroeléctrica.
- Condiciones locales. La escasez de agua o las tarifas elevadas, por ejemplo, hacen necesaria la economía en el uso del agua. Las condiciones en las que se recibe el agua o las restricciones oficiales pueden, al mismo tiempo, limitar la descarga de aguas residuales.
- Uso de sistemas de recirculación dentro de la planta. Tienen una influencia decisiva sobre la cantidad de aguas residuales y el momento en que éstas se descargan.
- Variación de la producción. Muy pocas industrias de procesamiento se limitan a fabricar un solo producto. Generalmente es imposible establecer exactamente la necesidad de agua por unidad de producción en base a las cifras de producción de las estadísticas industriales.

Muchas plantas industriales tienen su propio abastecimiento de agua. El Cuadro 2.4.-1 muestra el uso de agua proveniente de un sistema de abastecimiento propio en industrias de Alemania Occidental (1965).

En el Cuadro 2.4.-2 se muestran los tipos de usos que dan al agua proveniente de abastecimientos propios las diferentes industrias de Alemania Occidental (1965).

CUADRO 2.4.-1
AGUA DE ABASTECIMIENTO PROPIO UTILIZADA POR LA INDUSTRIA
EN ALEMANIA OCCIDENTAL (1965)

Grupo industrial	Abastecimiento de agua	Descargada sin usar	Brindada a terceros	Uso propio
	Mill. m ³ /a			
Minería	3 064	1 410	232	1 423
Productos primarios y bienes de capital	6 755	82	157	6 515
Bienes de inversión	567	4	9	553
Bienes de consumo	468	3	4	460
Alimentos y bebidas	536	6	4	525
Total	11 390	1 505	406	9 476

CUADRO 2.4.-2
USOS DEL AGUA PROVENIENTE DE ABASTECIMIENTO PROPIO POR INDUSTRIAS
EN ALEMANIA OCCIDENTAL (1965)

Grupo industrial	Cantidad usada	Agua de enfriamiento	Agua para calderos	Agua de proceso	Usada por el personal
	Mill. m ³ /a	%	%	%	%
Minería	1 423	80,4	2,4	14,6	2,6
Productos primarios y bienes de capital	6 515	74,2	2,1	22,0	1,6
Bienes de inversión	553	56,5	1,5	27,4	14,6
Bienes de consumo	460	36,4	5,3	52,0	6,2
Alimentos y bebidas	525	52,3	4,1	40,9	2,7
Total	9 476	71,1	2,4	23,7	2,8

A diferencia del caso de las aguas residuales domésticas, normalmente no es posible determinar de manera uniforme la cantidad del efluente industrial que se descarga en un período dado.

Aun dentro de una misma rama industrial, la cantidad de aguas residuales varía por las razones señaladas anteriormente. Por lo tanto, la información acerca de la cantidad y calidad de un tipo específico de aguas residuales deberá considerarse siempre desde una óptica crítica y verificarse localmente.

Debe prestarse especial atención a aquellas industrias que descargan sustancias tóxicas en las aguas residuales.

El mejor procedimiento es la medición local directa, pero ésta suele efectuarse solamente cuando se amplían las instalaciones existentes. También debe tomarse en consideración cualquier cambio previsto para el futuro referente al proceso productivo o a la materia prima. Por ejemplo, si en la producción de celulosa de madera se cambia el tipo de la misma, con ello se modifica también la cantidad y calidad de las aguas residuales. Puede obtenerse la mayor reducción de la demanda de agua, y por ende, de la cantidad de aguas residuales, mediante un cambio en el proceso de fabricación o mediante el uso múltiple del agua. Esto último puede lograrse a través de un sistema de recirculación o de cascada. En un sistema de cascada, el agua pasa a través de varios puntos de utilización, mientras que en un sistema de recirculación el agua retorna siempre al mismo punto de utilización.

El Cuadro 2.4.-3, según ATV/1/, muestra la demanda de agua y el flujo de aguas residuales para varias industrias con y sin sistema de recirculación del agua. Por ejemplo, la demanda de agua y, por ende, el flujo de aguas residuales en la industria siderúrgica, puede reducirse en un 92%.

En la mayoría de casos, las cifras que aparecen en la literatura técnica para estas mediciones, deben tomarse sólo como base para cálculos. Las cifras específicas varían con frecuencia sustancialmente. En muchos casos, la información se refiere a condiciones especiales en plantas determinadas.

La información sobre la cantidad de aguas residuales por unidad de producción, según la industria, (/1/) está resumida en los cuadros siguientes:

- Cuadro 2.4.-4 Industria minera
- Cuadro 2.4.-5 Industria de productos primarios y bienes de capital
- Cuadro 2.4.-6 Industria de bienes de consumo
- Cuadro 2.4.-7 Industria de alimentos y bebidas
- Cuadro 2.4.-8 Otras empresas comerciales e industriales

En la literatura especializada también se brinda información específica sobre las cantidades de aguas residuales por trabajador.

El Cuadro 2.4.-9 muestra un resumen de la información "en base a empleados" (de SIERP /158/).

Esta información no tiene como objetivo primario el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, sino más bien, el cálculo de tarifas para la descarga de efluentes comerciales e industriales en el sistema público de alcantarillado o en una planta municipal de disposición de aguas residuales.

CUADRO 2.4.-3
 DEMANDA DE AGUA Y CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES CON SISTEMAS DE
 RECIRCULACION DEL AGUA DENTRO DE LA PLANTA /1/

No.	Industria	para (unidad de medición)	demanda de agua		aguas residuales	
			sin recirculación	con recirculación	sin recirculación	con recirculación
			m ³	m ³	m ³	m ³
1	Estaciones hidro-eléctricas	1000 Kwh	219	31	206	31
2	Producción de briquetas de lignito	1 t de briquetas	1,4	1,2	1,2	0,7
3	Producción de hierro y acero	1 t de hierro bruto	23,6	1,9	22,1	1,5
		1 t de acero en bruto	10,4	5,1	10,2	5,1
4	Procesamiento de hierro y acero	1 t de acero forjado y fundido	12,1	9,0	10,2	7,5
5	Producción de ácido sulfúrico	1 t de SO ₃	49,5	7,3	47,2	7,0
6	Fabricación de soda	1 t de Na ₂ CO ₃	117,2	34,8	94,5	19,9
7	Textiles	1 t de fibras de rayón	556	234	512	220
		1 t de hilos	132	47	124	45
8	Productos lácteos	1 m ³ de leche	10,7	4,2	10,4	7,2
		1 t de manteca	32,4	8,5	31,1	15,7
9	Cervecería	1 m ³ de cerveza	23,6	22,1	20,7	19,5

CUADRO 2.4.-4
CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA MINERA /1/

Industria	Unidad de medición	Tipo de aguas residuales	Cantidad de aguas residuales en m ³		
			mín.	máx.	promedio
Extracción de carbón	1 t de carbón	agua de excavación	1,0	4,5	1,5
	1 t de carbón	agua de lavado del carbón	3,0	6,0	
	1 t de carbón	total de aguas residuales			10
Fábricas de briquetas	1 t de briquetas	total de aguas residuales	0,2	3,6	1
Plantas de elaboración de coque	1 t de coque	agua de enfriamiento del coque	0	0,5	0,4
	1 t de carbón cargado	agua del lavado de gases	0,05	0,25	0,15
	1 t de carbón cargado	agua del lavado de NH ₃ (proceso indirecto)	0,05	0,25	0,22
		(proceso semidirecto)			0,15
		(proceso con condensador-evaporador)			0,05
	1 t de coque	total de aguas residuales	0,5	3,8	2
Fábricas de benzol	1 t de benzol	condensado			1
		agua de refrigeración			100
Plantas de carbonización de lignito	1 t de carbón para carbonización	agua de carbonización	0,1	1,2	
	1 t de briquetas	agua de carbonización	0,1	0,15	
Extracción de minerales	1 t de mineral	(proceso de calcinado y lixiviación)			2
Extracción de sal	1 t de carnalita	solución desechada			0,5-1
	1 t de sal dura	solución desechada			0,15
	1 t de sal Glauber	solución desechada			1
	1 t de K ₂ O	total de aguas residuales	1	70	15

CUADRO 2.4.-5
CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA DE PRODUCTOS PRIMARIOS
Y BIENES DE CAPITAL /1/

Industria	Unidad de medición	Tipo de aguas residuales	Cantidad de aguas residuales en m ³				
			min.	máx.	promedio		
0	1	2	3	4	5		
Fabricación de soda	1 t de CO ₂	total de aguas residuales	10	100	20		
Fábricas de pentasulfuro de antimonio	1 t de pentasulfuro de antimonio	total de aguas residuales	180	200			
Fabricación de ácido sulfúrico	1 t de SO ₂	total de aguas residuales	5	100	50		
Síntesis de amoníaco	por planta	total de aguas residuales	ca. 1000 m ³ /h				
Fabricación de superfosfato			ca. 10 m ³ /h				
Fábricas de flúor	planta mediana	total de aguas residuales	ca. 1000 m ³ /d				
Procesamiento de uranio	1 kg de uranio	total de aguas residuales		20			
Fabricación de cemento	1 t de cemento	total de aguas residuales			0,5		
Trabajos con hierro	1 t de hierro bruto	agua de refrigeración	10	50			
	1 t de hierro bruto	agua para el lavado de gases				20	
	1 t de hierro bruto	total de aguas residuales					22
	1 t de hierro bruto						
Producción de acero	1 t de acero en bruto	total de aguas residuales			10		
Siderúrgicas Thomas-Gilchrist	1 t de acero en bruto	agua de refrigeración	3	4			
Siderúrgicas Siemens-Martin	1 t de acero en bruto	agua de refrigeración	12	18			
Planta de decapado de hierro	1 t de ácido usado como materia prima	residuos del licor de decapado	3	5			
	1 t de ácido usado como materia prima	agua de enjuague	10	20			
Plantas de galvanoplastia	por punto de enjuague	total de aguas residuales	ca. 0,9 m ³ /h				
Fábricas de pulpa de sulfito	1 t de pulpa química	residuos de licor	9	12			
	1 t de pulpa blanqueada	agua de lavado				1000	
Fábricas de pulpa de sulfato	1 t de pulpa química	agua condensada del digestor	13	15			
	1 t de pulpa química	agua condensada + residuos difusos					
	1 t de pulpa química	vapores de escape condensados					
	1 t de pulpa química	agua de lavado				1000	
	1 t de pulpa química	total de aguas residuales				100	1000
					0,135		
					0,27		

CUADRO 2.4.-6
CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA DE BIENES DE CONSUMO /1/

Industria	Unidad de medición	Tipo de aguas residuales	Cantidad de aguas residuales en m ³		
			mín.	máx.	promedio
Fábricas de lavado de lanas	1 t de lana	total de aguas residuales	8	15	
Fábricas de blanqueado de algodón	1 t de algodón 1 t de algodón	solución de la caldera total de aguas residuales	4 400	5 4000	1000
Fábricas de seda artificial y fibras de viscosa	1 t de fibra 1 t de triacetato	(proceso de la viscosa) (proceso de la celulosa de acetilo)	80 10	1000 15	100
Fábricas de hilado	1 t de hilo	total de aguas residuales	3	250	125
Fábricas de tejido	1000 m ² de algodón tejido	total de aguas residuales	10	350	50
Fábricas de teñido	1 t de tela	total de aguas residuales	30	160	
Curtiembres	1000 m ² de pieles	total de aguas residuales	0,7	0,5	1,0-1,5
Manufactura de cuero	1000 m ² de cuero	total de aguas residuales	280	450	400
Fábricas de goma	1 t de huesos 1 t de goma húmeda 1 t de goma de piei	total de aguas residuales total de aguas residuales total de aguas residuales	 30 300	 8 140 1200	
Fábricas de seda	planta de gran escala	total de aguas residuales	ca. 200,0 m ³ /h		
Fábricas de velas	planta mediana	total de aguas residuales	ca. 50,0 m ³ /h		
Fundición y forja	1 t de materia prima	total de aguas residuales	1	30	10
Remojo de lino y cáñamo	1 t de lino 1 t de lino	(remojo en tanque) (remojo en canal)	40	60	20
Planta de cocción de seda	1 t de seda en bruto	total de aguas residuales	15	70	
Manufactura de buna	1 t de producto terminado	total de aguas residuales			750
Refinerías de petróleo	1 t de petróleo crudo	total de aguas residuales	3	70	17
Procesos de hidrogenación	1 t de bencina	total de aguas residuales	1,0	1,25	

CUADRO 2.4.-7
CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS /1/

Industria	Unidad de medición	Tipo de aguas residuales	Cantidad de aguas residuales en m ³		
			mfn.	máx.	promedio
0	1	2	3	4	5
Refinerías de azúcar	1 t de remolacha	agua de descarga y lavado	5	7	
	1 t de remolacha	agua del prensado de pulpa y residuos difusos	1,4	2	
	1 t de remolacha	agua de pozo caliente	4	5	
	1 t de remolacha	total de aguas residuales	10	20	
Sacarificación de madera	1 t de azúcar producida	total de aguas residuales	1,7	2,4	
Fabricación de almidón de papa	1 t de papas	agua de lavado	5	8	
	1 t de papas	agua de pelado		12	
	1 t de papas	agua de lavado del almidón	1	3	
	1 t de papas	agua de prensado de papa	0,4	0,6	
	1 t de papas	total de aguas residuales			20
Almidón de maíz, trigo, arroz	1 t de almidón producido	total de aguas residuales	24	28	
Fábricas de pasta de levadura	1 t de melaza	total de aguas residuales	15	80	
Destilerías	1 t de papas	total de aguas residuales	8,5	25	
	1 t de cereal	total de aguas residuales			10
	1 t de uvas	total de aguas residuales			0,75
Fábrica de licores de sulfito	1 t de celulosa	total de aguas residuales	9	10	
Malterías	1 t de cebada	total de aguas residuales	5	18	10
Cervecerías	1 m ³ de cerveza	(sin elaboración de malta)	3	17	15
	1 m ³ de cerveza	(con elaboración de malta)	15	60	33

0	1	2	3	4	5
Bebidas no alcohólicas	1 m ³ de bebidas	total de aguas residuales	1	10	6
Productos lácteos	1 m ³ de leche procesada	agua de proceso	0,5	3	
	1 m ³ de leche procesada	agua de refrigeración	2	4	
	1 m ³ de leche procesada	total de aguas residuales	2	7	5
Fábricas de margarinas y aceite	1 t de aceite vegetal	agua de lavado			0,9
	1 t de aceite vegetal	agua desechada			0,17
	1 t de grasas comestibles	aguas residuales de la refinería			0,06
	1 t de grasas comestibles	aguas residuales del batido			0,02
	1 t de grasas comestibles	total de aguas residuales	2	3	
Fábricas de conservas	1 t de frutas o verduras	total de aguas residuales	5	500	35
Fábricas de harina de pescado	1 t de materia prima	agua de la sangre	0,05	0,1	
	1 t de materia prima	agua viscosa obtenida como subproducto	0,65	1,0	
	1 t de materia prima	agua de la condensación	5	10	
	1 t de materia prima	total de aguas residuales		50	30

La norma DIN 4045 distingue entre descargas de aguas residuales industriales = Q_{sj} , comerciales = Q_{sg} y otras descargas.

El significado del término comercial no está claramente definido. Sin embargo, puede suponerse que, en general, abarca a todas las empresas de comercio locales, como es el caso de carnicerías, panaderías, lavanderías, restaurantes y otros establecimientos pequeños. Sus respectivos consumos de agua y sus caudales de aguas residuales se incluyen bajo el rubro de caudal "doméstico" o "comunal". No obstante, cuando estos establecimientos brindan servicios no sólo a los residentes locales sino que van más allá, deben ser considerados como empresas comerciales de mayor magnitud, o empresas industriales, como es el caso de las carnicerías de venta al por mayor, que abastecen a sectores fuera de la ciudad, hoteles que albergan mayormente a turistas, lavanderías de gran escala, etc.

Cuando no se dispone de datos definidos, se recomienda tomar en consideración los siguientes supuestos para empresas comerciales futuras sin agua de refrigeración (según LAUTRICH /92/):

con bajo consumo de agua	=	0,5 l/(s.ha)
con consumo medio de agua	=	1,0 l/(s.ha)
con elevado consumo de agua	=	1,5 l/(s.ha)
sin información	=	1,0 l/(s.ha)

Para empresas grandes, se determinará en forma independiente el Q_{sg} o Q_{sj} . Además de la cantidad de consumo diario, deberá tomarse en cuenta la distribución durante el día y durante la semana. Las aguas residuales industriales y comerciales contienen sustancias con grado muy diverso de contaminación. Incluso dentro de una misma rama industrial, los valores pueden variar considerablemente, debido a los procesos de producción específicos o a las condiciones ambientales particulares.

En los últimos años, un número creciente de industrias ha estado desarrollando procesos que tienden a la preservación del agua, otras han expandido su producción de manera tal que, a través del reprocesamiento de las aguas residuales, les sea posible obtener agua de uso industrial así como recuperar materiales de producción. Estos cambios se han producido en los países industrialmente desarrollados, en parte como resultado de mandatos emitidos por las autoridades a cargo de la supervisión del agua y en parte debido a consideraciones económicas en las diferentes industrias.

CUADRO 2.4.-8
CAUDAL DE AGUAS EN OTRAS EMPRESAS INDUSTRIALES Y COMERCIALES /1/

Industria	Unidad de medición	Tipo de aguas residuales	Cantidad de aguas residuales en m ³		
			mín.	máx.	promedio
Generación de energía eléctrica	1000 Kwh	total de aguas residuales	1	600	200
Producción de gas	1000 m ³ de gas	total de aguas residuales	1	23	10
Lavanderías	1 t de ropa	total de aguas residuales	10	40	15
Mataderos	por beneficio	total de aguas residuales	0,3	4,0	1,0
	1 t de animales beneficiados	total de aguas residuales	2	40	14
Procesamiento de la carne	1 t de carne	total de aguas residuales	0,3	7,5	2
Utilización de animales	1 t de materia prima	total de aguas residuales	2	30	

CUADRO 2.4.-9
 CONSUMO DE AGUA Y CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES EN DIFERENTES INDUSTRIAS
 SEGUN DIFERENTES DATOS Y SEGUN EL CONSUMO DE AGUA POR
 EMPLEADO POR AÑO /158/

No.	Industria	para	Consumo de agua	Flujo de aguas residuales	Consumo de agua por empleado en m ³ /año (KELLER)
0	1	2	3	4	5
1	Cervecería	1 litro de cerveza	241	5,65 l	1000
2	Malterías				1115
3	Destilerías	1 t de papas	20 m ³	8,5 m ³	
4	Destilerías	1 t de melaza	17,5 m ³	7,5 m ³	
5	Destilerías de brandy y fábricas de licor				294
6	Sacarificación de madera (BERGINS) (SCHOLLER)	1 kg de azúcar producida 1 t de madera 1 kg de azúcar producida 1 t de madera	2,4 l 700 m ³ 1,7 l 500 m ³	2,4 l 1,7 l	
7	Industria de golosinas				148
8	Refinerías de azúcar	1 t de remolacha	10-20 m ³	10-20 m ³	10 000
9	Industria de cereales preparados				50
10	Productos lácteos	1 l de leche tratada	5-6 l	5-6 l	900
11	Fábricas de margarina	por 50 kg de margarina		2-3 m ³	1100
12	Industria de jabones y detergentes				300

0	1	2	3	4	5
13	Industria de agua mineral y bebidas gasificadas				450
14	Mataderos	por beneficio	hasta 4 m ³	1,5-2 m ³	180
15	Fábricas de harina de pescado	por t de materia prima	80 m ³	50 m ³	180
16	Enlatado de frutas y verduras				105
17	Curtido (pala)	por piel		1,2 m ³	512
	Curtido (suela)	por piel		1,5 m ³	
	Curtiembres (grandes)	por piel		2-3 m ³	
18	Industria de ropa y calzado				5
19	Fábricas de almidón	por kg de papas	20 l	20 l	
	Agua de blanqueado			50-60 m ³	
	Agua de pulpa	por 5000 kg de papas		2-3 m ³	
	Agua de lavado del almidón			5-15 m ³	
20	Industria papelera				20 000
	Pulpa blanca	1 t	300 m ³		
	Pulpa sin blanquear	1 t	200 m ³		
	Papel blanqueado	1 t	500-550 m ³		
	Papel inferior	1 t	350-450 m ³		
	Papel de impresión	1 t	500 m ³		
	Papel fino	1 t	900-1000 m ³		
	Papel para periódico	1 t	200 m ³		
	Cartón	1 t	135 m ³	130 m ³	
	Imprentas				
	Papel para tejados, cartón para asfaltar				3470
					10
					300

0	1	2	3	4	5
21	Industria textil Lino (remojo en canal) Lino (remojo en tanque) Seda artificial y hebras de viscosa Hilos de algodón Fábricas de tejidos de lana Plantas de blanqueado Lavanderías Lavanderías al por menor Estambres	1 t de lino 1 t de lino 1 t de seda artificial o hebras de viscosa 1 t de hilos 1 t de ropa	200 m ³ 20 m ³ 150-200 m ³ 5,0 m ³	100 m ³ 1000-4000 m ³ 10-20 m ³	4500-7500 120 300 385 450
22	Industria óptica y de mecánica de precisión				8
23	Ingeniería mecánica				13
24	Industria eléctrica				14
25	Industria de cerámica fina				16
26	Industria farmacéutica Industria química Industria de tecnología química				34 1600 5000
27	Industria carbonífera Lavado del carbón Plantas de elaboración de coque Plantas de elaboración de coque	1 t de carbón 1 t de carbón 1 t de carbón 1 t de coque	10 m ³ 10 m ³ 1,2-1,5 m ³ 5,0 m ³	10 m ³ 10 m ³	1650

0	1	2	3	4	5
27	Enfriamiento de gases Producción de benzol NH ₃ Agua para la carbonización de lignito	1 t de coque	30-35 % 35 %	0,5 m ³	
28	Industria de subproductos del carbón	1 t de combustible sintético	80 m ³		2500
29	Pinturas y combustibles				34
30	Industria de procesamiento de plásticos				70
31	Industria del hierro Industria siderúrgica, láminas de metal y productos metálicos Construcción y reparación de vehículos motorizados Colada de hierro, acero y hierro forjable Construcciones de acero Plantas de estiramiento y laminado en frío Plantas de forja, fragua y cinglado Extracción de hierro mineral Productos metálicos semi-terminados Altos hornos, plantas siderúrgicas y de laminado en caliente	1 t de hierro bruto	15 m ³		20 44 72 70 300 300 350 750 1750

0	1	2	3	4	5
32	Industria de potasa	1 t de carnalita		1 m ³ de solución desechada	350
	Fábricas de soda	1 t de soda		1,5 m ³ de solución desechada	350
	Fábricas de sal Glauber	1 t Na ₂ SO ₄		1 m ³ de solución desechada	54
33	Industria del vidrio, talleres de cortado de vidrio y tallado de cristal				150
34	Industria de explosivos	1 t de nitrocelulosa		50 m ³	
35	Industria del cemento				1200-2500
36	Caucho sintético	1 t de goma industrial	500 m ³		

El Cuadro 2.4.-10 muestra observaciones generales respecto a las sustancias contenidas en las aguas residuales de algunas ramas industriales y comerciales, mientras que el Cuadro 2.4.-11 muestra sus características especiales (BISCHOFBERGER /136/).

CUADRO 2.4.-10
OBSERVACIONES RESPECTO A LAS SUSTANCIAS CONTENIDAS EN LAS AGUAS
RESIDUALES DE ALGUNAS RAMAS INDUSTRIALES Y COMERCIALES /136/

Productos fotográficos	Soluciones usadas en los baños de desarrollo y fijado	Alcalinidad, diferentes agentes reductores orgánicos y minerales. Elementos tóxicos
Industria textil, lavanderías	Lavado de telas	Alto porcentaje de álcali y sustancias orgánicas. Detergentes
Manufactura de fibras	Fibras sintéticas. Viscosa. Poliamida. Poliéster. Productos vinílicos	Presencia de solventes, productos activadores de enzimas, tintes, agua neutra con carga de DBO
Tratamiento de fibras	Lavado. Pruebas de firmeza del color. Blanqueado. Impresión y acabado. Cardado de la lana	Cantidades elevadas o medias de materia suspendida, agua ácida o alcalina. DBO muy alta y fluctuante. Tintes, productos químicos, agentes reductores u oxidantes, algunas veces sulfuros. Grasas. Grasa de lana
Industria de papel y pulpa	Digestión. Blanqueado. Lavado de fibras. Refinado de pulpa	Elevadas DQO y DBO. Tintes, grandes cantidades de materia suspendida, sustancias coloidales y disueltas. Sulfitos. pH fluctuante
Papel y cartón	Procesos mecánicos de manufactura. Dosificación. Mezcla, aguas superfluas	Agua blanca y orgánica, fibras, arcilla, caolín, titanio, barita, pigmentos, látex, sales de mercurio
Otras industrias. Aeroespacial	Berilio. Metalurgia de titanio y tantalio. Acido fluorhídrico	Metales tóxicos. Agentes de tratamiento de superficies, aguas ácidas con contenido de productos corrosivos

CUADRO 2.4.-11
 CARACTERISTICAS Y CONSTITUYENTES DISTINTIVOS DE LAS AGUAS RESIDUALES
 DE ALGUNAS INDUSTRIAS /136/

Altas temperaturas	Centrales eléctricas, lavanderías, plantas de lavado de botellas en cervecerías e industrias de bebidas
Gran cantidad de materia suspendida	Fábricas de papel, cartón, madera de pulpa, celulosa, plantas de lavado de lana, enlatadoras, plantas de lavado de carbón, curtiembres, cervecerías, mataderos
Gran cantidad de sedimentos	Refinerías de azúcar, minas de carbón, plantas de laminado, altos hornos, plantas de vidrio, plantas de lavado de grava
Gran cantidad de sustancias orgánicas (DBO ₅)	Mataderos, procesadoras de carne, plantas de despiece, fábricas de goma, curtiembres, fábricas de cuero, fábricas de chucrut (col fermentada), enlatadoras, fábricas de jabón, plantas de celulosa, fábricas de cartón de paja
Gran cantidad de sustancias disueltas	Industria petrolera, minas de carbón, minas de pirita de hierro, fábricas de sal, industria de potasa, fábricas de soda, industria química, curtiembres, plantas de ablandamiento, fábricas de chucrut (col fermentada)
Ácidos	Fábricas de margarina y chucrut, manufactura de ácidos grasos sintéticos, fábricas de jabón, plantas de blanqueado, minas marcasita, plantas de decapado, plantas de galvanizado eléctrico, fábricas de pólvora y explosivos, industria química, fábricas de velas, minas de carbón, fábricas de viscosa, plantas de lavado de lanas (con aguas residuales tratadas con ácidos)
Bases	Fábricas textiles, plantas metalúrgicas, industria química, fábricas de goma, curtiembres, lavanderías, plantas de gas, plantas de lavado de lanas
Aceites y grasas	Productos lácteos, fábricas de margarina, canales, procesadoras de carne, fábricas de jabón, industria petrolera, curtiembres, plantas de lavado de lanas, plantas de blanqueado, plantas de teñido, plantas de impresión de telas, lavanderías, fábricas de velas, procesamiento de metales
Sustancias tóxicas	Curtiembres, fábricas de cuero, plantas de teñido, plantas de carbonización, plantas de gas, plantas de elaboración de coque, plantas de galvanizado eléctrico, fábricas de pólvora y explosivos, fábricas de hilado, industria química, plaguicidas
Sustancias radioactivas	Minas de uranio, laboratorios, hospitales, plantas de energía nuclear
Detergentes	Fábricas de jabón, fábricas textiles, plantas de teñido, lavanderías
Color	Fábricas de papel y cartón, curtiembres, plantas de teñido, fábricas de pintura, fábricas de seda artificial, plantas de galvanoplastia
Propiedades infecciosas	Plantas de despiece, disposición de carroña, curtiembres, fábricas de goma
Olor	Curtiembres, fábricas de levadura, destilerías, fábricas de harina de pescado, mataderos, plantas de despiece, plantas de carbonización de lignito, plantas de elaboración de coque y gas
Falta de nutrientes	Plantas que producen efluentes puramente inorgánicos, industrias de papel y celulosa, plantas de elaboración de coque y gas

2.4.1 Aguas residuales industriales inorgánicas

Las aguas residuales con contaminación inorgánica se originan principalmente en la industria del carbón y del acero, la industria de minerales no metálicos y en industrias y empresas comerciales dedicadas al procesamiento de superficies metálicas (plantas de decapado de hierro, plantas de galvanoplastia).

Estas aguas residuales contienen una gran proporción de materia suspendida que puede ser eliminada a través de la sedimentación, la que suele ir acompañada de un proceso de floculación química mediante la adición de sales de hierro o aluminio y agentes floculantes (en este caso, generalmente polímeros orgánicos).

La purificación de gases calientes y cargados de polvo, provenientes de altos hornos, convertidores, hornos de manga, plantas de incineración de desechos y lodos y fábricas de aluminio, da como resultado aguas residuales que contienen sustancias minerales e inorgánicas disueltas o sin disolver.

El enfriamiento previo y la purificación posterior de los gases de altos hornos requiere de hasta 20 m³ de agua por tonelada de hierro bruto. Al pasar por el enfriador de gases, el agua absorbe finas partículas de minerales, hierro y coque, que no son fácilmente sedimentables. En esta agua se disuelven gases, especialmente anhídrido carbónico y compuestos de álcalis y metales de tierra alcalina, ya sea porque son solubles en el agua o porque son disueltos por otros gases que los arrastran desde las sustancias sólidas hasta el agua.

En la separación del carbón de la roca bruta, el mecanismo normal de transporte y separación es el agua, que pasa entonces a contener grandes cantidades de carbón y partículas rocosas y recibe el nombre de agua de lavado de carbón. Esta agua es reciclada después de haber removido el carbón y las partículas rocosas en plantas de flotación y sedimentación.

Otras aguas residuales, como las de plantas de laminado, contienen aceite mineral y requieren de otro tipo de instalaciones, como deflectores de natas y dispositivos desnatadores para la retención y remoción de aceites minerales. Los residuos del aceite no removidos que permanecen en el agua, también necesitan de una floculación química.

En muchos casos se producen aguas residuales que, además de sustancias sólidas y aceites minerales, también contienen determinadas sustancias disueltas, extremadamente dañinas. Entre éstas se incluyen las aguas de lavado de gases de altos hornos, que contienen cianuro; residuos de la industria metalúrgica, que contienen ácidos o soluciones alcalinas (los que, a su vez, contienen generalmente metales no ferrosos y frecuentemente cianuro o cromato); residuos de plantas de electrogalvanización y del proceso de purificación de gases en plantas de aluminio, que en ambos casos contienen fluoruros. Las plantas pequeñas y medianas de minerales no metálicos y de procesamiento de metales, cuya ubicación trae como consecuencia que se descarguen sus aguas residuales en los sistemas municipales de alcantarillado, tienen que tratar o purificar sus efluentes antes de descargarlos, según lo estipule la reglamentación local.

A continuación se presenta la relación de algunos residuos industriales que contienen sustancias inorgánicas, cuya composición y proceso de purificación muestran los problemas especiales que ostentan dichos residuos.

2.4.1.1 Aguas residuales de industrias de minerales no metálicos

En la fabricación de aglomerantes para argamasa y vidrio, así como de bloques de concreto y concreto premezclado, las aguas residuales se originan del lavado de arena, grava y piedras trituradas o de los procesos de trabajo respectivos, tales como remoción de polvo, lavado de materias primas, etc., o de otra fase de procesamiento de los materiales, como la molienda y el pulido.

La fabricación de aluminio y bauxita produce residuos sólidos y líquidos.

En la fabricación de bloques de concreto, piezas de concreto y concreto premezclado, los residuos se originan en el lavado de moldes, máquinas y vehículos de transporte.

En las plantas de arenisca calcárea, los ladrillos se fabrican a base de cal apagada y arena silícea de grano fino, mediante la aplicación de presión a los moldes y un calentamiento durante 8-10 horas utilizando vapor a alta presión. Los únicos residuos que se producen en el proceso son el agua de enfriamiento, con un ligero contenido de aceite proveniente de las bombas de condensación de la máquina a vapor, y el agua condensada del caldero de endurecimiento. Estas descargas calientes normalmente fluyen en forma continua con un pH por encima de 10 [Ca(OH₂)] y contienen sustancias suspendidas y disueltas, y algunas veces también sustancias orgánicas y aceites hasta 50 mg/l.

En las fábricas de cemento, se elaboran diferentes tipos de cemento y materiales de construcción mediante la molienda, el mezclado y el calentamiento de materiales que contienen piedra caliza y arcilla. En este caso, las aguas residuales se originan principalmente de la remoción, mediante procedimientos húmedos, del polvo causado por las diferentes fases del procesamiento, así como de la remoción de los residuos que quedan después del lavado. Estos efluentes normalmente contienen sólo sustancias inorgánicas. Actualmente, en las fábricas de cemento se suele usar filtros electrostáticos para remover el polvo, lo cual implica una considerable reducción en la cantidad de aguas residuales.

En las fábricas de porcelana, se utiliza caolín, cuarzo y feldespato. Los residuos de las fábricas de porcelana pueden dividirse en cuatro tipos: precipitaciones, residuos domésticos, los denominados residuos "blancos" y residuos que contienen fenol. El tipo principal de aguas residuales es el denominado residuos "blancos". Si se fabrican lavabos, piletas de cocina y artículos similares, es probable que exista junto a la fábrica una planta de endurecimiento y un taller de galvanoplastia. Las aguas residuales blancas contienen, principalmente, sólidos inorgánicos suspendidos que provienen de las materias primas usadas. Estas aguas son turbias y los contaminantes se sedimentan muy lentamente. La mayor parte de estos sólidos suspendidos tienen un tamaño que varía entre los 10 μm y 1 μm o menos (LIEBMANN/96/). En general,

Las aguas residuales contienen de 1000 a 5000 mg/l de materia suspendida, cantidad que se eleva durante el lavado de las máquinas y de los pisos hasta 10-50 g/l.

Las fábricas de porcelana también necesitan una gran cantidad de calor para cocer sus productos. Si se dispone de gas o petróleo, no habrá aguas residuales. Sin embargo, en la mayoría de casos, las fábricas tienen que producir su gas en generadores. Como resultado de la refrigeración del gas pobre en las tuberías y del agua utilizada para el enfriamiento y lavado del gas, se obtiene, además de alquitrán, aguas residuales con contenido de fenol en una proporción de 4000 a 8000 mg/l.

En otras industrias de cerámicas, los residuos provienen de la limpieza de la planta, vehículos de transporte y equipo de procesamiento. Los residuos están contaminados principalmente por minerales finamente pulverizados. Esta turbiedad inorgánica es tan estable que resulta imposible clarificar satisfactoriamente el agua aun después de días o semanas de sedimentación.

2.4.1.2 Aguas residuales de la industria de procesamiento de metales

En la fabricación de materiales básicos y bienes terminados para diferentes ramas industriales - como la industria automotriz y de aeronaves, la de construcción naval, fabricación de joyas, herramientas y artefactos domésticos, y la industria óptica, de instrumentos de precisión y electrotécnica - los metales utilizados son tratados con numerosos y diversos productos químicos con el fin de enfriarlos, eliminar grasas y óxidos, prepararlos para el pintado o barnizado y volver sus superficies lisas y resistentes a la corrosión. Durante su fabricación, estos productos son sometidos a diversas secuencias de baños químicos. Normalmente después de cada baño, se practica un enjuague con agua, a fin de eliminar los residuos de las sustancias químicas que aún queden sobre la superficie del metal.

En base al grado de concentración de sustancias dañinas, las aguas residuales pueden subdividirse de la siguiente manera:

- aguas residuales que provienen del enjuague de productos y contienen emulsiones (jabón, nafteno, sulfonatos nafténicos, detergentes, etc.).
- concentrados; desechados después de la descomposición de las sustancias activas (ácidos, bases, metales) y del enriquecimiento con sustancias ajenas a los materiales básicos.
- semiconcentrados; éstos comprenden los baños de enjuague que se aplican después de los baños químicos. Cuando se alcanza cierto grado de concentración, éstos ya no son efectivos para eliminar las sustancias dañinas y, por lo general, sólo se usa parte de ellos para mantener el nivel de licor del baño químico, que se reduce por la evaporación y por la cantidad de solución que es arrastrada fuera del depósito al salir el elemento procesado. Por lo tanto, los mismos también deben ser desechados de vez en cuando.

- aguas regeneradas provenientes de los intercambiadores iónicos; por razones técnicas y económicas, las plantas de intercambio iónico, especialmente en las grandes fábricas, son operadas con un sistema de recirculación para las aguas de enjuague.

Todas las soluciones con más de 100 g de sustancias disueltas por litro se consideran concentradas; las que tienen concentraciones menores se consideran semiconcentrados (HARTINGER /64,65/). Por razones técnicas del proceso de producción mismo, las concentraciones no deben exceder del 10 al 20% de la concentración del baño precedente. HARTINGER ofrece variaciones aproximadas para las aguas de enjuague: agua de enjuague, aproximadamente 0,5 a 2 veces la cantidad de agua utilizada en el baño precedente por hora; la concentración de sustancias en el agua de enjuague debe variar entre 0,5 y 3^o/oo de la concentración en el baño precedente.

2.4.1.2.1 Aguas residuales de fundiciones de hierro

Se distinguen dos tipos de fundiciones de hierro: "húmedas" y "secas". Para la fabricación de hierro fundido, se necesitan grandes cantidades de agua de refrigeración, requiriéndose hasta 40-50 m³ de agua/t de hierro fundido. El agua de granulación del hierro fundido contiene, entre otros, 700-11000 mg/l de sólidos suspendidos, 0-1,6 mg/l de cianuro, 18,8-1400 mg/l de H₂S y 3,0-4,8 mg/l de amoníaco. Además, el agua proveniente del lavado de la mina es purificada y reciclada continuamente. ROELEN /158/ señala la demanda de agua de una planta de fundición de hierro donde se usa, extensivamente, la recirculación del agua:

Lavado de gases	7%
Generación de electricidad	14%
Sistema de circulación	19%
Altos hornos	14%
Plantas siderúrgicas	21%
Laminadoras	22%
Otros usos	3%

Los gases de los altos hornos contienen 45-135 kg de polvo por tonelada de hierro fundido. El polvo se separa mediante procesos de lavado en seco o con agua. El proceso de lavado con agua produce más de 20 m³ de agua por tonelada de hierro fundido; sin embargo, con la introducción de sistemas de reciclaje del agua, se ha reducido el consumo de agua a 5-6 m³/t. El agua de lavado del sistema de recirculación de gases de los altos hornos contiene coque, amoníaco, cianuro, tiocianatos, fenoles, naftalina y trazas metálicas (Zn, Pb).

2.4.1.2.2 Aguas residuales de plantas siderúrgicas y de laminado

El hierro bruto que se obtiene en los altos hornos pasa a ser procesado en hornos especiales (convertidores) con diferentes aditivos y utilizando diversos métodos, para obtener hierro fundido y acero (hierro forjado)/hierro forjable.

Para ello es necesario contar con grandes cantidades de agua de refrigeración; por ejemplo, en las siderúrgicas Thomas: 3-4 m³/t de acero en bruto, en las siderúrgicas Siemens-Martin: 12-18 m³/t de acero. Sin embargo el consumo de agua puede reducirse hasta en un 2% mediante la refrigeración adecuada. Los vapores de color marrón que emanan del convertidor y que contienen óxidos de hierro y manganeso, son lavados en columnas de enjuague para separar las sustancias. Las aguas residuales de este proceso, contienen sustancias en una gama de 8-15 g/l.

Las aguas de lavado provenientes de los sistemas de recirculación de gases del convertidor, pueden contener fluoruros.

El hierro y otros metales pueden ser procesados mecánicamente para la fabricación de láminas, planchas, tiras, alambres, etc., mediante el laminado; dos o más cilindros, junto con los motores impulsores, forman un tren de laminación.

Los trenes de laminación producen aguas residuales que contienen, además de costras de laminado, finas partículas de polvo, aceite y grasa. Las costras tienen una elevada gravedad específica y en términos de peso, pueden llegar hasta 1 g/l de las aguas residuales. En las descargas purificadas de laminadoras de cobre, se han encontrado óxidos metálicos (como óxido de cobre) en cantidades que incluso sobrepasan los 100 mg/l. Las aguas residuales de laminadoras de aluminio contienen pequeñas cantidades de compuestos de aluminio (generalmente menos de 1 mg/l). Como, en alguna medida, estas sustancias se encuentran muy finamente distribuidas y cubiertas con trazas de grasa y aceite, su sedimentación se torna difícil y aun imposible.

Las descargas de laminadoras en frío contienen:

- residuos ácidos en el agua de enjuague provenientes del licor de los baños químicos; ácido sulfúrico, ácido clorhídrico o ácido nítrico; los tratamientos utilizados son: neutralización, oxidación por aire y precipitación de hierro.
- aguas residuales provenientes de la recuperación de cromo, que algunas veces se presentan mezcladas con las aguas residuales mencionadas en el punto anterior; las mismas son acondicionadas mediante un intercambio iónico.
- residuos provenientes del desengrasado electrolítico, con valores elevados de DQO.
- residuos de lubricantes provenientes de los trenes de laminación y que forman emulsiones.
- aceites de refrigeración solubles, los que deben desecharse y reemplazarse cada cierto tiempo.

Otras descargas que provienen de los baños de descincado y de baños concentrados, también tienen que ser regeneradas.

Existe un proceso más reciente de laminación en frío, mediante el cual, los cilindros de laminación son refrigerados utilizando en vez de agua, una emulsión que contiene aproximadamente 10% de aceite, agentes emulsificantes y agentes estabilizantes para prevenir la descomposición bacteriana.

2.4.1.2.3 Aguas residuales de la producción de maquinarias y talleres mecánicos

En las fábricas de producción de maquinarias y en los talleres mecánicos, se utilizan refrigerantes, lubricantes o abrasivos en el proceso de cortado del metal; especialmente en el torneado, fresado, taladrado, acanalado, aserrado y esmerilado (MEINCK y otros /107/). Estos aditivos son principalmente emulsificantes (como jabones, naftenatos, naftenosulfonatos y otros compuestos aniónicos) y posiblemente también catiónicos (detergentes, resinas, etc.), a los que se denomina frecuentemente aceites solubles. A estos aceites solubles se les agrega, además, agentes anticorrosivos, como por ejemplo, nitrito, compuestos de cromo o fosfatos.

Los aceites solubles que se pueden adquirir comercialmente, están mezclados con un cierto porcentaje de agua, según sea el uso que se les dé, y pueden ser reciclados durante varios meses. Después de este tiempo, la emulsión usada pasa a ser drenada y reemplazada por emulsión fresca. La emulsión usada forma el agua residual de este proceso.

La cantidad que se descarga generalmente es pequeña y equivale apenas a unos cuantos m³, pero la demanda bioquímica de oxígeno puede alcanzar valores superiores a los 7500 mg/l (OFFHAUS /122/).

2.4.1.2.4 Aguas residuales de plantas de decapado (baño químico) de metales

Las piezas de hierro provenientes de las plantas de laminación (alambres, tiras, láminas) tienen una capa superficial de óxido, la cual interfiere con el procesamiento posterior y, por lo tanto, tiene que ser eliminada.

La superficie de los metales se limpia mediante:

- Desengrasado, y
- Decapado

El desengrasado se realiza mediante tres procesos: térmico, químico y electroquímico.

El desengrasado térmico y químico se efectúa con solventes orgánicos (bencina, benzol, kerosene, tricloroetano) y no produce aguas residuales.

Para el desengrasado químico con solventes alcalinos y para el desengrasado electroquímico, se utiliza hidróxido de sodio, fosfatos, silicatos, carbonatos y detergentes sintéticos. Luego de estos procesos de desengrasado siempre debe efectuarse un proceso de lavado en agua caliente y fría. En general, los efluentes de las plantas de desengrasado no presentan problemas particulares, excepto cuando se utilizan soluciones de cianuro (de Na o K).

El decapado de hierro se efectúa en plantas de estirado, laminadoras; plantas de galvanizado y estañado, plantas de prensado, punzonado y esmaltado; fábricas de artículos en base a láminas metálicas, etc. Para eliminar las capas de óxido (mezcla de FeO y Fe_2O_3 y también Fe_3O_4), que, según el proceso al que hayan sido sometidos los materiales, reciben los nombres de costra de forjadura, laminillas de hierro, escoria de fragua, yesca o sinter, normalmente se utilizan baños de inmersión con ácido sulfúrico o clorhídrico diluido, ácido nítrico solo o con adición de estos ácidos y también, aunque muy raramente, con ácido fluorhídrico o sales ácidas. Estos elementos causan una disolución puramente química de las capas de óxido, junto con la formación de las sales de hierro correspondientes. La concentración de los licores de baños frescos, varía según el tipo de ácidos usados y los materiales que sufren el proceso. En la mayoría de los casos se ubica entre 5 y 20% del peso; este contenido de ácido se consume hasta que queda en un 2-7% del peso. En general, para estos baños se utiliza ácido clorhídrico a baja temperatura (no más de 80°C).

El proceso de decapado da como resultado dos tipos principales de aguas residuales: licores residuales concentrados y aguas de enjuague diluidas. Los licores residuales concentrados se descargan en bloque al momento de drenar los baños, por completo; mientras que el agua de enjuague fluye de manera continua. La cantidad y la concentración dependen totalmente del tipo de trabajo, por lo que, en general, no es posible establecer datos válidos para todo tipo de planta.

Según MEINCK y otros /107/ en una planta de estañado para 200 toneladas de hierro en láminas, se descargan diariamente alrededor de 20 m^3 de licor residual de ácido clorhídrico (HCl , 10% del peso) y unos 2000 m^3 de agua de enjuague; por otro lado, en una planta de laminado, para un promedio de 12 toneladas de láminas metálicas, se descargan por lo menos 300 m^3 de licores residuales y agua de enjuague diariamente; y en una planta de galvanizado de tamaño mediano, con un consumo de 0,6-1 toneladas de ácido clorhídrico, se descargan 7 m^3 de agua de enjuague diariamente. El consumo de ácido sulfúrico generalmente varía, según el tipo de material que recibirá el baño, entre 30 y 50 kg por tonelada de hierro, pero esta cantidad puede ser reducida a 10-15 kg por tonelada de hierro mediante la instalación de plantas de recuperación. Es posible reducir sustancialmente el consumo de ácido mediante el uso de procesos mecánicos de desescamado (eliminación de costras).

En los Cuadros 2.4.-12 y 2.4.-13 se muestra la composición de los licores residuales de ácido sulfúrico y clorhídrico en la industria del hierro y el acero para la región del Ruhr (MOHLE /115/).

CUADRO 2.4.-12
COMPOSICION DE LICORES RESIDUALES DE ACIDO SULFURICO /115/

Firma	Material que recibe el baño	Libre de H_2SO_4	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	Fe Equiv.	Concentración total de H_2SO_4	Pérdida de ácido (col.3:col.6)
		g/l	g/l	g/l	g/l	en %
1	2	3	4	5	6	7
A	Tiras de metal	37,7	320,0	64,5	151,1	25
B	Hojalata	16,4	449,0	90,7	175,2	9
B	Alambre de acero	22,6	106,0	21,4	59,5	38
E	Barras	3,2	289,0	58,3	105,6	3
F	Tuberías	41,0	231,0	46,6	122,9	33
G	Alambre de acero	25,3	455,0	91,5	186,2	14
H	Alambrón	22,6	577,0	116,2	225,8	10
R	Tiras de metal	24,5	632,0	127,3	248,0	10
T	Tiras de metal	86,7	537,0	108,3	277,1	31
V	Tiras de metal	15,4	631,0	127,0	237,5	6

CUADRO 2.4.-13
COMPOSICION DE LICORES RESIDUALES DE ACIDO CLORHIDRICO /115/

Firma	Material que recibe el baño	Libre de HCL	$FeCl_2$	Fe Equiv.	Concentración total de HCl	Pérdida de ácido (col.3:col.6)
		g/l	g/l	g/l	g/l	en %
1	2	3	4	5	6	7
A	Planta de galvanizado	69,1	361,9	159,4	276,5	25
B	Planta de galvanizado	56,9	185,5	81,8	163,0	37
L	Tiras de metal	41,3	258,5	114,2	91,0	22
N	Hojalata	27,6	240,0	105,8	164,4	16
E	Alambre	90,5	261,0	115,0	238,2	38

En las plantas de decapado de cobre y de otros materiales no ferrosos, el flujo de los licores residuales de los baños químicos y del agua de enjuague suele ser, por lo general, considerablemente menor que en las plantas de decapado de hierro. HUPFER /115/ ofrece la siguiente información sobre residuos de diferentes plantas de bronce con baños de decapado y baños de inmersión en ácido crómico (Cuadro 2.4.-14):

CUADRO 2.4.-14
COMPOSICION DE AGUAS RESIDUALES DE DIFERENTES PLANTAS DE BRONCE /115/

Componentes	Baños de decapado utilizados g/l	Baños de inmersión usados g/l	Descarga de aguas de enjuague (mg/l)		
			Fábricas de tubos	Plantas de estirado y alambres	Plantas de laminación
Acido sulfúrico	59,7-163,5	5,6-85,8	4-209	192-4942	140-1997
Cobre	4,0- 22,6	6,9-44,0	34-147	385-1582	10- 87
Zinc	4,3- 41,4	0,2-37,0	10- 73	350-4300	28- 112
Cromo hexavalente	- -	4,3-19,1	0- 5	0- 67	0- 35
Cromo, trivalente	0,0- 0,56	13,5-47,7	3- 78	345-1100	6- 84
Hierro	0,1- 0,2	0,03-0,36	1- 5	9- 93	1- 13

La infiltración de licores es consecuencia de las fugas en las cubas de decapado que ocurren mientras permanecen llenas; sirven para drenar grandes o pequeñas cantidades de ácidos y sales, según sea la composición de cada baño de decapado.

Además de los licores residuales, del agua de enjuague y del agua infiltrada, existen también las aguas residuales con contenido de fenol al instalar generadores para producir gas de calentamiento. Estas contienen grandes o pequeñas cantidades de sales metálicas y ácidos minerales libres.

2.4.1.2.5 Aguas residuales de plantas de electrogalvanizado-anodizado

La superficie del aluminio se oxida cuando está expuesta al oxígeno atmosférico. Se forma entonces una película de óxido blanquecina o grisácea que se adhiere firmemente al metal. Esta película de óxido no resiste los ataques más persistentes de la corrosión, por lo que es necesario recurrir a procesos artificiales para obtener capas de óxido del grosor deseado. En este aspecto, el proceso más importante es la oxidación electrolítica del aluminio o "proceso de anodizado". El mismo se obtiene a través de la oxidación