

DESARROLLO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA UN TREN DE LAMINACIÓN

Martinez, S.^(p); Goicoechea, I..

Abstract

A plant of water treatment consists of an installation in which the water is treated and submitted to diverse processes depending on the industrial use to which it is destined. In case of a plant of treatment of waters proceeding from the refrigeration of a constant train of lamination, the elimination and separation of oils, filtration, refrigeration or the thickened one and dehydrated of mires they are some of the processes to which these waters surrender.

In the majority of these plants, a circuit is dedicated to the direct refrigeration (water circuit of contact) and other one to the indirect refrigeration (water circuit of I do not contact). As the water circuit of contact it takes pollutant materials that reduce the useful life of the equipments(teams) of the rolling mill the principal aims of the plant they will be to extract these pollutant materials and to reduce the temperature of the fluid that is re-circulated to the train.

Beside fulfilling the above mentioned requirements, one tries to optimize the process applying the following criteria:

- To re-circulate the whole of the wealth that flows for the lines.
- To reduce the consumption of the water.
- To improve to the maximum the quality of the water that is re-circulated to the train.
- To reduce the costs of maintenance, project of installation and costs of equipments.

From this information it will be begun for determining a process of treatment of the water and later there will design and measure the forms of civil work. The conductions of fluids will be calculated, and equipments of pumping will be selected, filtered, refrigeration, extraction of solid and oils, and instrumentation necessary for the control of the plant.

Keywords: Filter system, train lamination, treatment waters down

Resumen

Una planta de tratamiento de aguas consiste en una instalación en la cual el agua es tratada y sometida a diversos procesos en función del uso industrial al que se destine. En el caso de una planta de tratamiento de aguas procedentes de la refrigeración de un tren continuo de laminación, la eliminación y separación de aceites, filtración, refrigeración o el espesado y deshidratado de fangos son algunos de los procesos a los que se someten estas aguas.

En la mayoría de estas plantas, un circuito es dedicado a la refrigeración directa (circuito de agua de contacto) y otro a la refrigeración indirecta (circuito de agua de no contacto). Como el circuito de agua de contacto lleva materiales contaminantes que reducen la vida útil de los equipos del tren de laminación los principales objetivos de la planta serán extraer esos materiales contaminantes y reducir la temperatura del fluido que se recircula al tren.

Para diseñar el proceso habrá que partir de unos requerimientos técnicos prefijados como por ejemplo el salto térmico necesario para el enfriamiento del fluido, velocidad, caudal y presión en determinados puntos y las distintas concentraciones permitidas en el agua.

Además de cumplir dichos requerimientos, se pretende optimizar el proceso aplicando los siguientes criterios:

- Recircular el total del caudal que fluye por las líneas.
- Reducir el consumo del agua.
- Mejorar al máximo la calidad del agua que es recirculada al tren.
- Reducir los costes de mantenimiento, proyecto de instalación y costes de equipos.

A partir de estos datos se comenzará por determinar un proceso de tratamiento del agua y a continuación se diseñarán y dimensionarán las formas de obra civil. Se calcularán las conducciones de fluidos, y se seleccionarán equipos de bombeo, filtrado, refrigeración, extracción de sólidos y aceites, e instrumentación necesaria para el control de la planta.

Palabras clave: Depuradora, tren de laminación, tratamiento aguas

1. Introducción

En el tren de laminación la materia prima “palanquilla” se calienta a 1080 °C con gas natural en un horno de recalentamiento con bóveda radiante con tres zonas de control de temperatura: precalentamiento, calentamiento e igualación; el avance de palanquilla se realiza mediante vigas galopantes y descarga lateral con deshornamiento mediante camino de rodillos interno. [1]. El producto a la salida del horno se envía a través de un camino de rodillos hacia al tren de laminación que lo constituyen 18 cajas de laminación en continuo que reducen el material a diámetros de consumo de mercado, tras su paso por una zona de despunte y cizallado.



Figura 1. Palanquilla durante la salida del horno [2]

El material es conducido a dos fases finales diferentes.

- Primera Fase de producción de perfiles, redondos y corrugados en barra.
- Segunda Fase de producción de alambón en rollo.

La función que tiene el agua en el proceso de laminación es la siguiente:

Todo tren de laminación debe ir acompañado de una planta de tratamiento de aguas con el fin de refrigerar y eliminar las partículas arrastradas a lo largo del proceso de laminación.

En todo el proceso, el agua está presente con la función principal de refrigerar, debido fundamentalmente a la necesidad de proteger de exceso de temperatura la maquinaria que entra en contacto con el material durante el proceso de producción, realizando el tratamiento térmico del producto en las cajas de agua y la refrigeración de los aceites de lubricación y los equipos hidráulicos.

Se distinguen dos efluentes diferenciados a tratar: agua de contacto y agua de no contacto.

El **agua de contacto** es aquella que refrigera por contacto directo los distintos puntos y materiales con elevadas temperaturas. Éste es un circuito no estanco y refrigera en distintas etapas del tren de laminación (guías, rodillos,...), así como el horno y también se emplea en el “flushing”, el cual consiste en un chorro directo de agua para eliminar restos de acero depositados en la solera del horno. Este efluente se somete a unas condiciones tales que además de incrementar su temperatura, se mezcla con partículas sólidas, principalmente cascarilla (óxidos de hierro), grasas y aceites que son arrastrados por el mismo.

En el caso del **agua de no contacto** los circuitos son estancos y la refrigeración afecta a componentes del horno de calentamiento de palanquilla y a los aceites de instalaciones hidráulicas y de lubricación que intervienen en el proceso de producción.

Estos puntos de refrigeración disponen de equipos de filtrado propios, por lo que el agua de no contacto sufrirá únicamente un calentamiento a su paso por el proceso productivo.

Los dos tipos de efluentes deben ser tratados en circuitos totalmente independientes, sin posibilidad ninguna de comunicación entre ambos.

2. Estudio Medioambiental

Se analizan todas las Normativas [3] a tener en cuenta para el Abastecimiento de Agua, Vertido y Depuración, Medio Ambiente, Impacto Ambiental y Residuos, y se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

2.1 Productos Residuales. Destino y Gestión.

Se pueden analizar como elementos de impacto ambiental los siguientes productos:

- Agua de drenaje

Se ha de disponer de la correspondiente autorización de vertidos que acredita la instalación para realizar el vertido de aguas controladas. Además se puede disponer de un Informe Técnico de Servicio de Aguas que avala esta acreditación para una Planta semejante, y en el cual se demuestra que las concentraciones de cloruros y conductividades presentes en el agua drenada no alcanzan los límites de concentración establecidos por el Plan General de Ordenación Municipal del Ayuntamiento en donde se implante

- Lodos inorgánicos tras proceso en filtro prensa.

Estos lodos son el resultado del proceso realizado en el filtro prensa, y una vez obtenidos se trasladan a la planta de reciclaje correspondiente.

- Aditivos químicos.

Los aditivos químicos se almacenan en depósitos de tal forma que no entran en contacto con la atmósfera hasta que se mezclan con el agua. Estos aditivos que son los encargados de realizar un proceso químico, tienen las funciones de:

- acción biocida,
- acción dispersante,

- inhibidores de la corrosión
- inhibidores de la incrustación
- Aceites y grasas procedentes de la separación en el Oil Skimmer.

Estos aceites se recogen en una canaleta en los decantadores y son llevados a un depósito de aceite (tras ser separados del agua). Desde el depósito se conducen a la planta de reciclaje correspondiente.

2.2 Necesidades de agua de aportación: Consumo y procedencia

El agua de aporte procede de un río situado a 67 metros del foso de cascarilla y 108 metros desde las balsas de no contacto, siendo éstos los puntos de aportación. Este efluente recibirá un tratamiento antialgas mediante la incorporación de un producto biocida dosificado automáticamente mediante bomba y depósito.

Se utiliza para un primer llenado de balsas durante la puesta en marcha de la planta y posteriormente en momentos puntuales de necesidad de variaciones de concentración.

3. Especificaciones a satisfacer por la instalación

3.1 Requisitos en los circuitos de los efluentes.

En líneas generales se requieren dos circuitos de agua, uno para agua de contacto y otro para agua de no contacto. El circuito de agua de contacto requiere 2500 m³/hora según datos de diseño facilitados y se ha diseñado para 3000 m³/hora y una presión de 6,5 bar más la presión necesaria para superar las pérdidas. Éste caudal se divide en dos circuitos: el primero de ellos con 1400 m³/hora alimentará desde el horno hasta la caja 18; el caudal restante alimenta el quenching y desde la caja 18 hasta la salida del proceso de laminación. Posteriormente, el agua será tratada en Scale Pit (o en Receiver Pool la procedente del quenching y la que refrigera la zona que va desde la caja 18 hasta la salida). Sufrirá una segunda decantación en las balsas gemelas de decantación y el proceso continuará mediante desaceitador, filtración y enfriamiento con torres de refrigeración calculadas para un salto térmico de 15 grados centígrados (entrada 45°C y salida 30°C).

El circuito de agua de no contacto requiere un caudal de 1200 m³/h y se ha diseñado para 1440 m³/hora con una presión de 5 bar más la necesaria para superar las pérdidas; alimentará los circuitos de horno/laminación y circuitos de lubricación; posteriormente, el agua será enfriada mediante torres calculadas para un salto térmico de 15 grados centígrados (entrada 45°C y salida 30°C).

A efectos de valoración de las caídas de presión en las tuberías de la instalación de tratamiento de agua, se ha considerado una velocidad máxima de circulación de agua de 1,5 m/seg. Y consecuentemente con tal criterio se ha seleccionado las características de las bombas y el predimensionamiento de las tuberías.

3.2 Caudales de los efluentes.

Los caudales de efluentes a suministrar por la planta de tratamiento de aguas dependerán de la situación de funcionamiento del proceso de producción, y se distinguen los siguientes casos:

- Plena producción: a esta situación corresponden los caudales nominales de los efluentes.
- Sin producción con horno caliente: en esta situación la producción está parada pero el horno está caliente en condiciones de empezar a producir en un corto espacio de

tiempo. Esta situación corresponde a momentos en que se hacen diversos tipos de reparaciones y ajustes de la maquinaria de producción.

- Sin producción con horno frío: toda la maquinaria está parada, la necesidad de aportación de agua de refrigeración es nula.

Para todos los caudales para el diseño de la planta de tratamiento de aguas [4], se considerará un margen de sobrecarga del 20%. En las tablas 4 y 5 se muestran los caudales de agua de contacto y no contacto respectivamente en cada zona una vez aplicado el sobredimensionamiento.

AGUA DE CONTACTO			
CAUDALES NOMINALES EN PRODUCCIÓN (m ³ /h)		SOBREDIMENSIONAMIENTO	CAUDAL DE DISEÑO (m ³ /h)
Entrada horno - Caja 18	1100	20%	1320
Caja 18 - Salida horno	900	20%	1080
Tratamiento térmico	500	20%	600
Total a procesar	2500	20%	3000
CAUDALES NOMINALES SIN PRODUCCIÓN (m ³ /h)		SOBREDIMENSIONAMIENTO	CAUDAL DE DISEÑO (m ³ /h)
Horno caliente	1000	20%	1200
Horno frío	0	20%	0

Figura 2. Caudales de agua de contacto

AGUA DE NO CONTACTO			
CAUDALES NOMINALES EN PRODUCCIÓN (m ³ /h)		SOBREDIMENSIONAMIENTO	CAUDAL DE DISEÑO (m ³ /h)
Total a procesar	1200	20%	1440
CAUDALES NOMINALES SIN PRODUCCIÓN (m ³ /h)		SOBREDIMENSIONAMIENTO	CAUDAL DE DISEÑO (m ³ /h)
Horno caliente	1200	20%	1440
Horno frío	0	20%	0

Figura 3. Caudales de agua de no contacto

3.3 Cualidades fisicoquímicas de los efluentes.

En las siguientes tablas se muestran las cualidades fisicoquímicas de los efluentes en cuanto a concentraciones de solutos, Ph, temperatura, presión, etc. en funcionamiento normal de la instalación.

AGUA DE CONTACTO	
Ph	7 - 8,5
Alcalinidad	50 - 300 mg/l
CaCO ₃	30 - 380 mg/l
Mg ₂	0 - 120 mg/l
Cl máx.	250 mg/l
Fe máx.	0,5 mg/l
SO ₄ máx.	200 mg/l
PO ₄ máx.	0 mg/l
SiO ₂ máx.	75 mg/l

Figura 4. Cualidades fisicoquímicas del agua de contacto

TDS (total de sólidos disueltos)	1500 mg/l
Total de sólidos en suspensión	50 - 80 mg/l
Tamaño máximo de sólidos en suspensión	200 µm
Contenido de aceites máximo	10 mg/l
Presión mínima	4 bar
Temperatura máxima	30 °C

Figura 4. Cualidades fisicoquímicas del agua de contacto

AGUA DE NO CONTACTO	
Ph	7 - 8,1
Alcalinidad	3,2 mg/l
CaCO ₃	19 ppm
Ca ⁺²	240 ppm
Mg ⁺²	84 ppm
Cl ⁻	102,9 ppm
Fe ⁺³	4,4 ppm
PO ₄	1,85 ppm
SO ₄	725 mg/l
HCO ₃	195,2 ppm
Total de sólidos en suspensión	10 - 20 mg/l
Tamaño máximo de sólidos en suspensión	0,1 mm
Presión mínima	4 bar
Temperatura máxima	30 °C

Figura 5. Cualidades fisicoquímicas del agua de no contacto

Teniendo en cuenta que, entre otros motivos, debido a la evaporación del agua en los efluentes la concentración de solutos tenderá a aumentar, la planta de tratamiento de aguas deberá, en medida de lo posible, contrarrestar este efecto. En funcionamiento continuo la planta no podrá tratar la concentración de cada soluto independientemente; como consecuencia, la medida para el control de nivel de solutos se hará por medio de conductivímetros, midiendo la conductividad del agua de contacto y no contacto, y en función de ésta se harán purgas de los circuitos con agua limpia, para lo cual la planta dispondrá de los medios oportunos a este efecto.

Se prevé periódicamente el análisis químico de los efluentes realizado por personal cualificado, que determinará en función de los datos obtenidos, el tratamiento previo y cantidad del agua de aportación para que las purgas realizadas tengan efecto satisfactorio. También determinarán la frecuencia con que se deben realizar dichos análisis y la conductividad correspondiente a las concentraciones de solutos antes mencionados. La planta de tratamiento de aguas no dispondrá de los dispositivos de acondicionamiento químico del agua de aportación, únicamente contará con líneas de desagüe y aportación del efluente. En consecuencia a lo anteriormente descrito, la planta de tratamiento de aguas debe asegurar los siguientes parámetros en los efluentes:

AGUA DE CONTACTO	
Conductividad	A determinar
Tamaño máximo de sólidos en suspensión	200 µm
Contenido de aceites máximo	10 mg/l
Presión mínima	6.5 bar
Temperatura máxima	30 °C

Figura 6. Parámetros en agua de contacto

AGUA DE NO CONTACTO	
Conductividad	A determinar
Presión mínima	5 bar
Temperatura máxima	30 °C

Figura 7. Parámetros en agua de no contacto

Como datos a tener en cuenta, en el circuito de agua de contacto se considera una evaporación a su paso por el proceso de producción del 2,5% del caudal total. Todos los dispositivos que refrigera el agua de no contacto poseen medios individuales de filtrado, por lo que el control de tamaño de sólidos en suspensión de este efluente no dependerá de la planta de tratamiento de aguas.

3.4 Partículas arrastradas por los efluentes

Los efluentes, debido a su paso por el proceso productivo, además de incrementar su temperatura en su función de refrigeración arrastrarán diversas partículas. El agua de contacto arrastrará partículas sólidas de diversos tamaños, principalmente cascarilla, teniendo en cuenta que la capacidad máxima de producción del tren de laminación son 90 Tn/h y estimando una formación de cascarilla del 0,2 % de la producción total, la cantidad de cascarilla máxima que arrastrará el agua de contacto es de 18 Kg/h, y su densidad será de 7,65 g/cm³.

También arrastrará aceites y grasas procedentes de posibles reboses y fugas de los mecanismos de engrase y lubricación en una cantidad máxima de 40 l/h.

El agua de contacto, por ser un circuito estanco y cerrado, no arrastrará partículas considerables. Además, todos los equipos que desempeñan su función en el proceso productivo poseen dispositivos de filtrado individuales, por lo que no se tendrá en cuenta para el proceso de tratamiento de este efluente la posibilidad de existencia de partículas que interfieran en el funcionamiento normal del circuito.

3.5 Datos térmicos

La temperatura máxima del agua a la entrada de la planta tras su paso por el proceso de producción será de 45°C; la planta de tratamiento de aguas será capaz de reducir su temperatura a un valor inferior de 30°C. A efectos de refrigeración mediante torres se considerará una temperatura de bulbo húmedo de 21°C.

3.6 Torres de refrigeración

Será necesario tener en cuenta la presencia de la bacteria Legionela en las torres de refrigeración ya que el desarrollo de esta bacteria es elevado en el agua en un intervalo de temperaturas entre 20 y 45°C, y se dispersa por aire. Se tendrán en cuenta los siguientes factores de diseño:

- Las torres de refrigeración estarán dotadas de separador de gotas de elevada eficacia. (La cantidad de agua arrastrada será inferior al 0,1% del caudal que atraviesa la torre.)
- Para evitar la formación de corrosión en las torres se emplearán materiales plásticos, acero galvanizado y acero inoxidable.
- Se evitarán tramos de tubería con fondo ciego y se situarán válvulas de drenaje.
- Los equipos serán accesibles para su inspección y limpieza.
- La recogida de agua tendrá pendiente mínima de 2% para evacuar el agua y también poseerá desagües.

Se llevarán a cabo otras acciones preventivas mediante factores externos al diseño, ya que se contratará una empresa especializada que se encargará de la inspección y limpieza de los equipos.

La desinfección se hará utilizando desinfectantes autorizados; se inyectarán 5 ppm de cloro con el biodispersante en la bandeja y posteriormente se pondrán a funcionar las bombas durante 5 horas con los ventiladores apagados.

A continuación se vaciará toda el agua del circuito y se limpiará a fondo, añadiendo agua hasta que el agua drenada aparezca limpia. Finalmente se llenará con agua limpia y se añadirán 10 ppm de cloro con las bombas en funcionamiento y los ventiladores parados durante otras 5 horas, comprobándose el nivel de cloro cada hora.

Se controlarán las condiciones del agua de forma continua y automática, mediante purga de agua sucia y reposición de agua limpia, adición de agentes biodispersantes y biocidas, inhibidores de la formación de cal y de la corrosión de las partes metálicas del circuito.

Se drenará el agua de la bandeja cuando el aparato no esté en uso.

3.7 Tratamiento superficial de las tuberías susceptibles de corrosión

Todas las tuberías susceptibles de corrosión deberán ser tratadas exteriormente con el recubrimiento apropiado para condiciones ambientales de intemperie, estimando una vida media de la instalación de 15 años.

3.8 Fiabilidad de la instalación

Todos los medios de bombeo de efluentes dispondrán de equipos redundantes, uno de ellos de reserva, dispuesto para su arranque automático en caso de paro súbito de alguna bomba. Además se situarán niveles de bolla funcionando simultáneamente con los niveles ultrasónicos para aumentar la seguridad de las mediciones de nivel en caso de fallo de los niveles ultrasónicos.

3.9 Alimentación

Para las alimentaciones eléctricas de la planta de aguas, se dispondrá de una tensión trifásica de 380 V / 50 Hz, monofásica de 220 V / 50 Hz y de conexión a tierra.

También se dispone de una línea de aire comprimido a 7 bar para alimentación (accionamiento) de distintos equipos neumáticos y otra a 2 bar para control de las líneas mediante dispositivos adecuados, como son los manómetros.

4. Descripción del Proceso

De forma muy simplificada, el proceso a seguir en la planta de tratamiento de aguas es el mostrado en la figura 8.

Como ya se ha dicho en el apartado 1, existen dos circuitos de agua: el de contacto y el de no contacto. A continuación se explica el recorrido de cada uno de ellos.

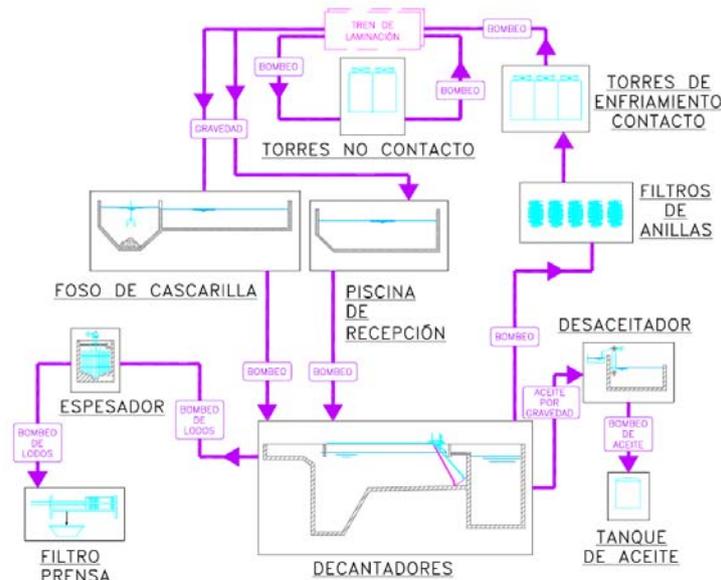


Figura 8. Esquema básico del proceso en la planta

4.1 Circuito de no contacto

Se trata de un circuito cerrado en el cual el agua no se contamina con partículas de cascarilla, grasas ni aceites. El circuito discurre entre las torres de refrigeración y el tren, donde el agua refrigera los sistemas de lubricación y algunos componentes del horno. Las fases de que consta este proceso son dos: refrigeración del efluente y el reenvío al proceso de producción.

4.2 Circuito de contacto

Como puede apreciarse en la figura 9, parte del caudal de la refrigeración del horno y laminación y para refrigeración en el quenching se envía a la piscina de recepción o foso de cascarilla y la otra parte del caudal refrigera el resto del horno y laminación.

En el horno de calentamiento de palanquilla el agua es empleada como cortafuegos en zonas abiertas de la cámara de combustión. En la parte de laminación, este efluente se conduce mediante colectores hasta cada cilindro de laminación, dirigiendo un chorro directo a la superficie de los mismos con el fin de protegerlos de calentamientos excesivos debidos al contacto con el material en producción y arrastrar de su superficie partículas de cascarilla que provocarían defectos en la conformación del producto. Como consecuencia de su paso por los entresijos de las cajas de laminación el efluente arrastrará consigo partículas de grasas y aceites procedentes de fugas y derrames de los sistemas de lubricación de esta maquinaria.

El caudal empleado en el tratamiento térmico (quenching) posee una temperatura inferior de 30°C y es conducido por una tubería desde la planta de tratamiento de aguas hasta el colector de aspiración de las bombas de tratamiento térmico, donde es impulsado hacia el interior de los tubos guía por donde circula el material en fase de producción ya conformado para que éste adquiera las propiedades físicas deseadas.

A consecuencia del contacto directo del agua con el acero incandescente del producto, ésta arrastrará partículas de cascarilla hasta un canal abierto dispuesto con el fin de conducir el efluente; el canal es de la misma morfología que el de la zona de horno/laminación.

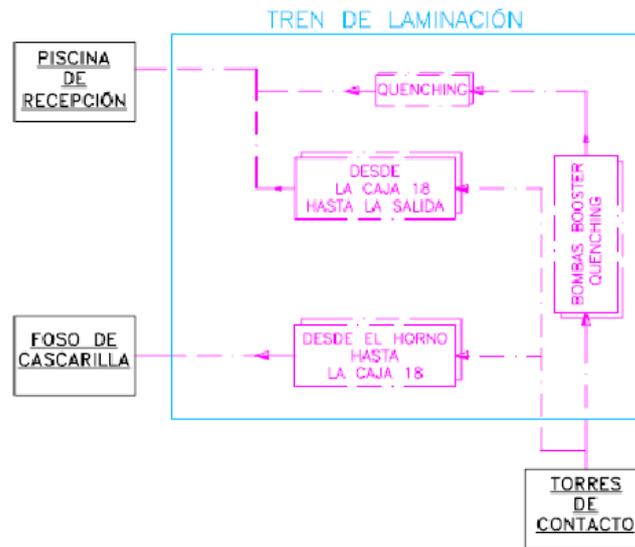


Figura 9. Distribución de los circuitos de contacto en el tren

Tras realizar estas funciones, el agua es conducida por gravedad a través de dos canales de la misma morfología con pendiente necesaria para que el efluente circule con la velocidad suficiente para evitar sedimentaciones de los sólidos en suspensión. Como se muestra en la figura 3 uno de estos canales llegará al foso de cascarilla y otro a la piscina de recepción.

Como datos de interés el caudal a tratar se compone de agua a 45°C máx. con partículas de cascarilla de diversos tamaños y grasas y/o aceites en cantidad de 40 l/h máx. Se considera una pérdida del efluente por evaporación en el proceso de producción del 2.5% del caudal total enviado.

Las fases de este circuito son las siguientes:

- Separación de sólidos en suspensión

La separación de sólidos en suspensión se realizará por decantación en varias fases teniendo en cuenta que las partículas sólidas a separar en la primera fase son de cascarilla, con una densidad de 7,65 g/cm³.

Esta fase se realizará en el foso de cascarilla y en la piscina de recepción independientemente, a donde el agua llegará por gravedad; la segunda fase de decantación se realizará en los decantadores, a donde el agua llega por conducción forzada desde las correspondientes zonas de bombeo del foso de cascarilla y piscina de recepción. Además los decantadores reciben agua procedente de la limpieza de filtros, del espesador y de la balsa de flotantes después de realizar sus correspondientes procesos que serán explicados más adelante. Los dimensionados de las balsas de decantación se harán teniendo en cuenta que el tamaño mínimo de partículas a sedimentar en el foso de cascarilla es de 200 µm (caso más desfavorable), siendo variable el tiempo de decantación en cada una de ellas; en el foso de cascarilla las partículas son más pesadas y será necesario menor espacio de decantación y tiempo; los sólidos decantados serán extraídos por medio de una cuchara anfibia colgante para depositarlos en una zona destinada a tal fin. Los decantadores serán calculados para un tiempo de decantación igual a 75 minutos.

- Separación de aceites

La separación de aceites se hará en una balsa destinada para tal efecto, la separación se efectuará por diferencia de densidades entre el agua y los aceites, los cuales tenderán a formar una película en la superficie que será extraída por medio de un desaceitador de

superficie tipo cinta. Los aceites extraídos serán enviados a un depósito hermético de almacenaje.

- Filtrado

Como medida de precaución ante la posibilidad de que cualquier partícula supere la fase de decantación, se dispondrá de una batería de filtros autolimpiantes con un micraje de 200 μm .

- Refrigeración del efluente

Por medio de un grupo de bombas se trasvasará el caudal a procesar haciéndolo pasar por la batería de filtros mencionada anteriormente hasta la parte elevada de unas torres de refrigeración prefabricadas, debajo de las cuales se almacenará el agua enfriada en unas piscinas que servirán como soporte de las propias torres. En dichas piscinas se dispondrán los dispositivos de aportación de agua y purga del circuito.

- Reenvío al proceso de producción

De las balsas de agua de contacto se bombeará parte del caudal total para abastecer las zonas de horno-laminación a la presión especificada, otra parte de caudal se conducirá desde la piscina hasta la zona de tratamiento térmico por su propio peso.

5. Conclusiones

Si se compara el diseño de esta planta de tratamiento de aguas con respecto a la mayoría existentes en el sector siderúrgico pueden destacarse los siguientes aspectos:

- El proceso de tratamiento del agua se basa en la decantación y no en la filtración; es por ello que el tiempo de decantación resulta tan elevado. Con esto se consigue un mayor ahorro económico ya que no se invierte tanto en equipos de filtración.
- Los decantadores son rectangulares y no circulares, lo que da lugar a una sedimentación más uniforme. En cuanto a los puentes rascadores la fuerza que debe realizar el puente al deslizarse a lo largo de la balsa también es más uniforme, mientras que en el caso de los puentes para decantadores circulares el extremo más alejado del centro está sometido a un momento muy elevado, con lo cual se necesitaría un motor de mayor potencia eléctrica y un puente más robusto.
- La filtración previa a las torres de refrigeración se realizará mediante filtro de anillas y no filtros de arena. Las ventajas más relevantes de este sistema que aconsejan su instalación son las siguientes:
 - En los filtros de arena, durante la fase de lavado generada por agua en contracorriente apoyada por un flujo de aire en el mismo sentido, en el caso de encontrarse en el filtro retenidas partículas de cascarilla el contralavado antes expulsará partículas de arena que tienen menor densidad con lo cual en el filtro quedarán retenidos y almacenados restos de cascarilla que al oxidarse pueden generar en otros efectos coloraciones e impurezas en el agua de salida. No sucede así en los filtros de anillas en los cuales las partículas quedan retenidas entre el disco inferior y superior correspondientes.
 - Se requiere una cantidad de agua de limpieza considerablemente menor que cuando se produce la fase de limpieza con el filtro de anillas un sistema especialmente diseñado permite la separación entre anillas lo que facilita la eliminación de partículas filtradas del equipo. A nivel comparativo, en la batería de filtro de anillas diseñado, la fase de limpieza puede durar un total de 6 minutos cada dos horas, generando un caudal de lavado de 5,3 m^3 /cada dos horas. Con

un filtro de arena equivalente, la duración de la fase de limpieza puede ser de 10 minutos/filtro, si se diseñase un sistema con 6 filtros totalizaría unos 60 minutos cada dos horas, es decir, unos 250 m³/cada dos horas. Ello genera más necesidades de tuberías, bombas, obra civil de piscinas, energía consumida, introducción de arena en el sistema, caudal de agua recirculándose, etc.

- Requerimientos de espacio menores, ya que en esta planta las necesidades son de 9 metros por 2 metros.
- Evitan el recargado o limpieza de la arena por aceites o grasas.
- La eficiencia de filtración es fija y constante; fija en cuanto el tamaño de partícula retenida depende de la distancia entre las dos anillas; y constante en cuanto no se pueden producir caminos preferentes, efecto que sucede en el filtro de arena.
- Todo ello hace que la solución propuesta sea más compacta, más eficiente y con menos requisitos de obra civil y energéticos.

Por estos aspectos y los resultados obtenidos experimentalmente en plantas construídas con diseños semejantes se puede concluir con un resultado favorable de éste respecto a otros diseños.

Referencias

[1] Giama. Universidad de La Coruña-Russula., “*Estudio de Generación y de la tratabilidad de las aguas residuales producidas en un tren de laminación de acero en caliente.*”, Mayo 2006.

[2] Fotografía cedida por cortesía de *Russula. Siderúrgica Añón*

[3] CEPIS-Programa de Protección de la Salud Ambiental-HPE *Evaluación de plantas de tratamiento de aguas.* Tomo I, Manual DTIAPA C-5, 1981

[4] Artículo “*Improved steelworks process water treatment.*” MILLENIUM STEEL. Juno 2007

Correspondencia (Para más información contacte con):

Itziar Goicoechea Castaño

E. T. S. Ingenieros Industriales y de Minas. Universidad de Vigo. Departamento de Diseño en la Ingeniería. Área de Proyectos en la Ingeniería.

Campus Universitario Lagoas - Marcosende 36200 Vigo

Phone: +34 986 813647

Fax: + 34 986 812201

E-mail: igoicoechea@uvigo.es