PERFIL OCUPACIONAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

GUÍA DE CAPACITACIÓN EC2

Estándar de Competencia 2 (EC2): Ejecutar las operaciones y procesos avanzados en el tratamiento de agua residual, controlando los parámetros de operación que aseguren la calidad del efluente final, de acuerdo con el manual de operaciones y cumpliendo la normatividad vigente.

2022

OTASS
ORGANISMO TÉCNICO DE LA ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO

GUÍA DE CAPACITACIÓN EC2

Estándar de Competencia 2 (EC2): Ejecutar las operaciones y procesos avanzados en el tratamiento de agua residual, controlando los parámetros de operación que aseguren la calidad del efluente final, de acuerdo con el manual de operaciones y cumpliendo la normatividad vigente.

PERFIL OCUPACIONAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

GUÍA DE CAPACITACIÓN EC2
ESTÁNDAR DE COMPETENCIA 2 (EC2): EJECUTAR LAS OPERACIONES Y PROCESOS AVANZADOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL, CONTROLANDO LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN QUE ASEGUREN LA CALIDAD DEL EFLUENTE FINAL, DE ACUERDO CON EL MANUAL DE OPERACIONES Y CUMPLIENDO LA NORMATIVIDAD VIGENTE.

Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS)
Director ejecutivo: Héctor Barreda Domínguez.
Calle Germán Schreiber 210, oficina 101,
San Isidro, Lima, Perú.
Teléfono: (+51) (1) 5002090.
otass@otass.gob.pe
www.otass.gob.pe

Con el apoyo de la cooperación alemana para el desarrollo y la Cooperación Suiza - SECO, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través del proyecto PROAGUA II
Responsable: Ingmar Obermann - Director de Área Ciudades Sostenibles

Contenido
Ing. Jimmy Castillo Becerra

Coordinación, revisión y edición de contenido
Julio Venero Farfán, Pedro Chiroque Cruz y
Porfirio Corimanya Barrio de Mendoza

Corrección de estilo
Marita Obregón Rossi

Fotografías
©GIZ / Ing. Jimmy Castillo Becerra

Revisión técnica
Tito Abad Suárez y Julián Gonzales Chinquillo

Diseño y diagramación
Periférica
www.periferica.com.pe

Primera edición
Noviembre 2022.

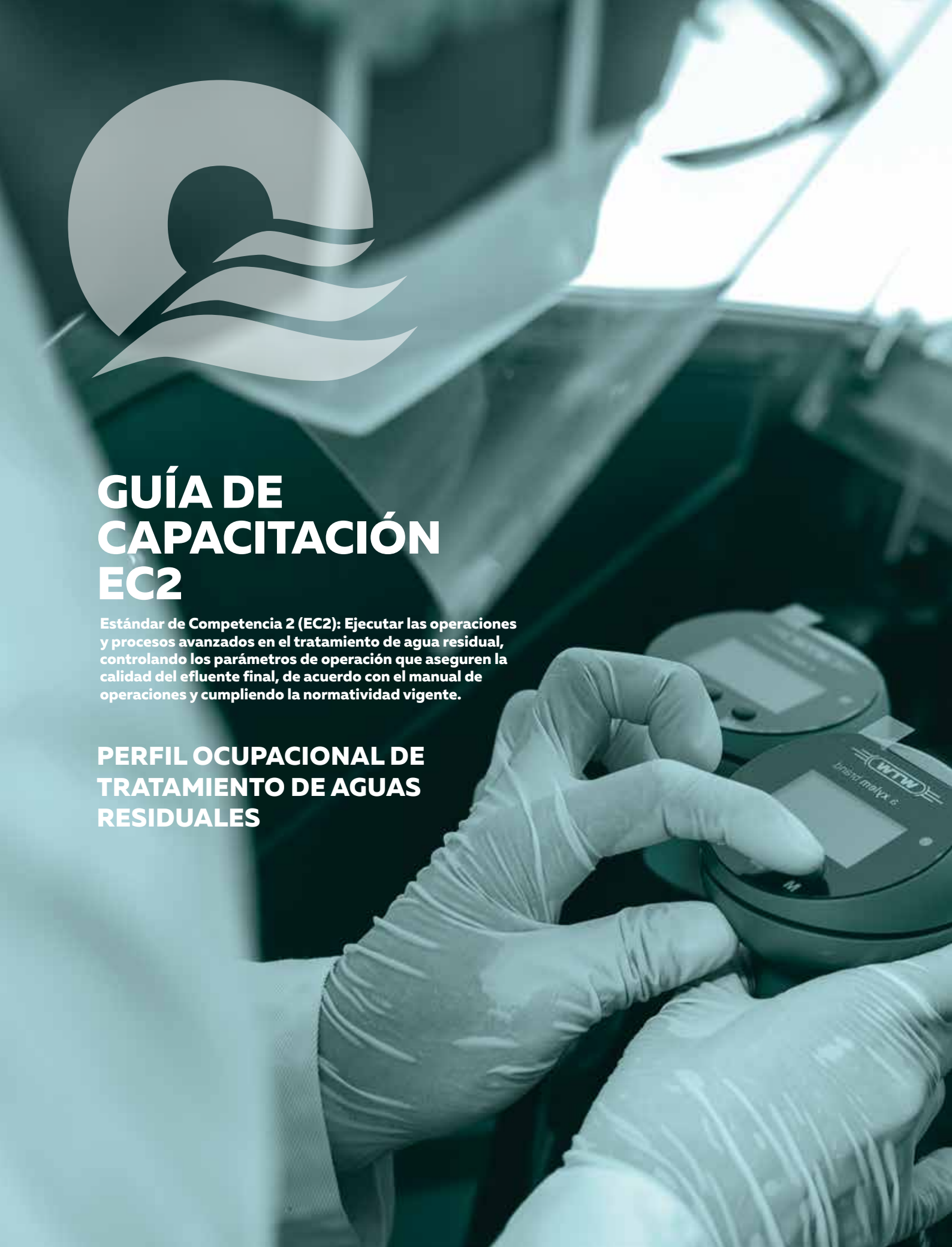
Tiraje
250 ejemplares.

HECHO EL DEPÓSITO LEGAL EN LA BIBLIOTECA NACIONAL DEL PERÚ N.° 2022-11003

Impresión
Vértice Consultores Gráficos SAC
Av. Boulevard 1040, ate

Se terminó de imprimir en noviembre del 2022 en Lima, Perú.

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta publicación, siempre y cuando se cite la fuente.



GUÍA DE CAPACITACIÓN EC2

Estándar de Competencia 2 (EC2): Ejecutar las operaciones y procesos avanzados en el tratamiento de agua residual, controlando los parámetros de operación que aseguren la calidad del efluente final, de acuerdo con el manual de operaciones y cumpliendo la normatividad vigente.

PERFIL OCUPACIONAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

CONTENIDO

PRÓLOGO 14
INTRODUCCIÓN 15
PROCESOS UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 17

1. OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS DE PRETRATAMIENTO MECANIZADO Y EL TRATAMIENTO PRIMARIO MECANIZADO 18
1.1. OBJETIVO GENERAL 19
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 19
1.3. CONCEPTOS BÁSICOS 20
1.3.1. REJILLAS 20
1.3.2. RESIDUO SÓLIDO 20
1.3.3. LUZ O APERTURA DE MALLA 20
1.3.4. CAUDAL 20
1.3.5. DESARENADOR DE FLUJO HORIZONTAL 20
1.4. PROCESOS DE PRETRATAMIENTO Y TRATAMIENTO PRIMARIO MECANIZADO 20
1.4.1. PLANTA COMPACTA HUBER 20
1.4.2. REJAS MECANIZADAS 22
1.4.3. DESARENADOR AIREADO 22
1.5. CONTROL DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE RESIDUOS EN LA UNIDAD COMPACTA 23
1.5.1. TAMIZADO FINO 23
1.5.2. LAVADO Y PRENSADO DEL RESIDUO 23
1.5.3. SEPARACIÓN DE ARENAS 24
1.5.4. SEPARACIÓN Y EXTRACCIÓN DE LAS GRASAS Y ACEITES 24
1.6. OPERACIÓN DE LAS REJAS MECÁNICAS 24
1.7. CONTROL DE LA DISPOSICIÓN FINAL 26
1.8. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA 27
1.9. BIBLIOGRAFÍA 28

2. OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS AVANZADOS DE TRATAMIENTO SECUNDARIO-REACTORES BIOLÓGICOS 30
2.1. OBJETIVO GENERAL 31
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 31
2.3. CONCEPTOS BÁSICOS DE QUÍMICA, FÍSICA Y ELECTRICIDAD 31
2.3.1. PESO (kg) 31
2.3.2. VOLUMEN 32
2.3.3. LONGITUD 32
2.3.4. ÁREA 32
2.3.5. CAUDAL 32
2.3.6. VOLTIO 32
2.3.7. AMPERIO 32
2.3.8. POTENCIA ELÉCTRICA 32
2.3.9. pH 32

2.3.10 OXÍGENO DISUELTO 33
2.3.11 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 33
2.4 PROCESOS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO 34
2.4.1 LODOS ACTIVADOS 34
2.4.2 BIOPELÍCULAS EN LECHO FLUIDIZADO 35
2.4.3 LAGUNAS AIREADAS 35
2.5 PARÁMETROS Y ACTIVIDADES DE CONTROL EN EL REACTOR MBBR 36
2.5.1 MEDICIÓN DE PARÁMETROS IN SITU 37
2.5.2 INSPECCIÓN DEL DESARROLLO DE BIOPELÍCULAS 38
2.6 CONTROL DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS EN LOS REACTORES MBBR 40
2.6.1 LECTURA DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LOS SOPLADORES 40
2.6.2 OPERACIÓN DE LOS SOPLADORES 42
2.6.3 CONTROL DEL CAUDAL 42
2.7 FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA 43
2.8 BIBLIOGRAFÍA 44

3. OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS AVANZADOS DE TRATAMIENTO TERCIARIO-CLARIFICADOR DE PLACAS INCLINADAS 46
3.1 OBJETIVO GENERAL 47
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 47
3.3 CONCEPTOS BÁSICOS DE FÍSICA 47
3.3.1 SEDIMENTACIÓN 47
3.3.2 SÓLIDOS SEDIMENTABLES 48
3.3.3 TURBIDEZ 48
3.4 PROCESOS DE TRATAMIENTO TERCIARIO 48
3.4.1 CLARIFICADOR DE PLACAS INCLINADAS 48
3.5 PARÁMETROS Y ACTIVIDADES DE CONTROL EN EL CLARIFICADOR DE PLACAS INCLINADAS 48
3.5.1 MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE EFICIENCIA 49
3.5.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA TURBIDEZ 49
3.5.3 ACTIVIDADES DE LIMPIEZA 50
3.6 OPERACIÓN DEL CLARIFICADOR DE PLACAS INCLINADAS 50
3.6.1 LLENADO DE LA UNIDAD 50
3.6.2 EXTRACCIÓN DE LODOS 51
3.7 FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA 52
3.8 BIBLIOGRAFÍA 53

4. OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS AVANZADOS DE DESINFECCIÓN MECANIZADA 54
4.1 OBJETIVO GENERAL 55
4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 56
4.3 CONCEPTOS BÁSICOS DE QUÍMICA 56
4.3.1 CLORO SÓLIDO (HIPOCLORITO DE CALCIO) 56
4.3.2 CLORO GAS 56
4.3.3 SOLUCIÓN DE CLORO LÍQUIDO 56

4.4 PROCESOS DE TRATAMIENTO TERCIARIO 56
4.4.1 PROCESO DE CLORACIÓN 56
4.5 OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLORACIÓN 57
4.5.1 EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD DE CLORO (DOSIS DE CLORO) 57
4.5.2 PREPARACIÓN DE SOLUCIONES PARA PRODUCTOS NO GASEOSOS 58
4.5.3 CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN 59
4.6 FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA 63
4.7 BIBLIOGRAFÍA 64

5. OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS AVANZADOS DE TRATAMIENTO DE LODOS 66
5.1 OBJETIVO GENERAL 67
5.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 67
5.3 CONCEPTOS BÁSICOS FÍSICO-QUÍMICOS 67
5.3.1 MATERIA SECA 67
5.3.2 SÓLIDOS VOLÁTILES 68
5.3.3 HUMEDAD 68
5.3.4 FLOCULANTE 68
5.3.5 FLOCULACIÓN 68
5.4 AUTOMATIZACIÓN Y SCADA 68
5.5 PROCESOS DE TRATAMIENTO TERCIARIO 68
5.5.1 SISTEMA DE DESAGUADO DE LODOS 68
5.6 OPERACIÓN DEL SISTEMA DE DESHIDRATACIÓN DE LODOS 69
5.6.1 PREPARACIÓN DE POLÍMERO 69
5.6.2 INYECCIÓN DE POLÍMERO 70
5.6.3 ACONDICIONAMIENTO DEL FILTRO PRENSA 70
5.6.4 ALIMENTACIÓN DE LODO 71
5.6.5 DESHIDRATACIÓN DE LODO 72
5.6.6 RETIRO DE LODO 73
5.6.7 ACTIVIDADES DE LIMPIEZA Y DISPOSICIÓN FINAL 74
5.7 MUESTREO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS 74
5.7.1 SÓLIDOS SEDIMENTABLES 74
5.7.2 MATERIA SECA 75
5.7.3 SÓLIDOS VOLATILES 75
5.7.4 ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE LODOS 76
5.8 FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA 77
5.9 BIBLIOGRAFÍA 78

6. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO 80
6.1 OBJETIVOS 81
6.2 TIPOS DE EPP INDIVIDUALES Y COLECTIVOS 81
6.3 EVALUACIÓN DE CONDICIONES INSEGURAS EN EL TRABAJO 82
6.4 RIESGOS Y DAÑOS 83
6.5 PRINCIPALES PROBLEMAS DE SALUD 84
6.6 BIBLIOGRAFÍA 84

TABLAS

Tabla 1: Preparación de dosis de cloro. 57
Tabla 2: Metodología de preparación de solución de cloro. 58
Tabla 3: Cálculo de la cantidad de cloro a dosificar. 59
Tabla 4: Evaluación de condiciones inseguras. 82
Tabla 5: Riesgos y daños. 83

FIGURAS

Figura 1: Flujo de proceso de una planta de tratamiento avanzado de agua residual. 17
Figura 2: Flujo de proceso-Pretratamiento. 19
Figura 3: Planta compacta HUBER. 21
Figura 4: Componentes de la planta compacta HUBER. 21
Figura 5: Rejas mecanizadas. 22
Figura 6: Desarenador con aireación forzada. 22
Figura 7: Tamiz fino. 23
Figura 8: Prensado de residuo. 23
Figura 9: Descarga de arenas. 24
Figura 10: Separación y extracción de grasas. 24
Figura 11: Encendido de la reja mecánica. 25
Figura 12: Movimiento del peine móvil hacia abajo. 25
Figura 13: Contacto del peine móvil con las rejas. 25
Figura 14: Transporte de residuos sólidos hacia arriba. 25
Figura 15: Descarga de residuos sólidos en faja transportadora. 25
Figura 16: Disposición y almacenamiento de residuos sólidos. 26
Figura 17: Flujo de proceso-Tratamiento secundario. 31
Figura 18: Medidor de pH. 33
Figura 19: Medidor de oxígeno disuelto. 33
Figura 20: Medidor de conductividad eléctrica. 34
Figura 21: Proceso de lodos activados. 34
Figura 22: Proceso MBBR. 35
Figura 23: Laguna aireada. 36
Figura 24: Laguna-zona aerobia y zona anaerobia. 36
Figura 25: Actividades antes de la medición de parámetros. 37
Figura 26: Medición de pH. 37
Figura 27: Medición de parámetros en el reactor MBBR. 38
Figura 28: Recojo de material de relleno. 38
Figura 29: Evaluación óptica del desarrollo de las biopelículas. 39
Figura 30: Estados de desarrollo de biopelículas. 39
Figura 31: Lectura de operación de sopladores. 40
Figura 32: Visualización de los parámetros de operación de los sopladores. 41

Figura 33: Estación de aireación (izquierda): Soplador-Rotámetro. Rotámetro (derecha): Medición del flujo de aire Nm^3/h. 41
Figura 34: Caudalímetro electromagnético. 42
Figura 35: Clarificador de lamelas. 47
Figura 36: Decantador de placas inclinadas. 48
Figura 37: Ensayo de sedimentabilidad de lodos. 49
Figura 38: Conos Imhoff. 49
Figura 39: Evaluación sensorial de la turbidez. 50
Figura 40: Remoción de natas flotantes. 50
Figura 41: Control del caudal de ingreso. 51
Figura 42: Flujo de proceso-Desinfección. 55
Figura 43: Cámara de desinfección. 56
Figura 44: Bombas de alimentación a la estación de cloro gas. 60
Figura 45: Apertura de la válvula del tanque de cloro gas. 60
Figura 46: Regulación de la cantidad de cloro. 60
Figura 47: Inyección de cloro gas. 60
Figura 48: Calibración del caudal de dosificación. 61
Figura 49: Dosificación de hipoclorito de sodio. 62
Figura 50: Flujo de proceso- Tratamiento de lodos. 67
Figura 51: Principio de funcionamiento -Filtro prensa. 69
Figura 52: Tanque de preparación de solución de polímero. 70
Figura 53: Sistema de inyección de polímero. 70
Figura 54: Encendido del filtro prensa. 71
Figura 55: Presión de trabajo óptima. 71
Figura 56: Filtro prensa. 71
Figura 57: Visor de nivel. 72
Figura 58: Verificación de la presión del compresor. 72
Figura 59: Verificar la presión de trabajo de la bomba. 72
Figura 60: Verificar la presión del compresor. 72
Figura 61: Alimentación de lodo. 73
Figura 62: Inyección de aire. 73
Figura 63: Desaguado de lodo. 73
Figura 64: Retiro de lodos. 73
Figura 65: Extracción y disposición de lodo. 74
Figura 66: Ensayo de sólidos sedimentables. Extracción y disposición de lodo. 74
Figura 67: Ensayo de materia seca. 75
Figura 68: Ensayo de sedimentabilidad. 76
Figura 69: Equipos de protección personal. 81
Figura 70: Protección auditiva. 82
Figura 71: Examen médico ocupacional. 84

PRÓLOGO

La Política Nacional de Saneamiento tiene como objetivo principal "alcanzar el acceso universal, sostenible y de calidad a los servicios de saneamiento". Para lograrlo, las empresas de servicios de saneamiento necesitan contar con personal calificado y competente para atender las exigencias y necesidades concretas que requiere su trabajo. El Estado aprobó que una de las principales funciones del Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS) fuera "fortalecer las capacidades de las empresas prestadoras públicas de accionariado municipal".

Con este propósito, el OTASS prioriza fortalecer cada una de las competencias y capacidades del personal de las EPS mediante la Certificación de Competencias y la capacitación de cierre de brechas encontradas como resultado de las evaluaciones de Certificaciones de Competencias durante el periodo 2018-2019.

En ese marco, el OTASS, en un esfuerzo conjunto con la cooperación alemana para el desarrollo y la Cooperación Suiza – SECO, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través del Programa de Modernización y Fortalecimiento del Sector Agua y Saneamiento (PROAGUA II), han elaborado las siguientes guías de capacitación para contribuir al cierre de brechas del personal técnico operativo de las EPS con los perfiles ocupacionales de producción y distribución de agua potable, así como de recolección y tratamiento de aguas residuales.

A continuación, la guía de capacitación del perfil ocupacional de Tratamiento de Aguas Residuales está dividida en dos estándares de competencia, el primero contempla: "Ejecutar las operaciones y procesos básicos en el tratamiento de agua residual, controlando los parámetros de operación que aseguren la calidad del efluente final, de acuerdo con el manual de operaciones y cumpliendo la normatividad vigente", y el segundo: "Ejecutar las operaciones y procesos avanzados en el tratamiento de agua residual, controlando los parámetros de operación que aseguren la calidad del efluente final, de acuerdo con el manual de operaciones y cumpliendo la normatividad vigente".

Héctor Barreda Domínguez
Director ejecutivo del OTASS

INTRODUCCIÓN

La normativa ambiental en el Perú establece límites máximos permisibles para la calidad de agua residual tratada que se dispone a los cuerpos de agua. Esta exigencia amerita la existencia de sistemas de tratamiento que sean muy eficientes en la remoción de materia orgánica. Esta guía ha sido elaborada para que los operarios de plantas de tratamiento de agua residual cuenten con una herramienta educativa que contribuya tanto al fortalecimiento de sus capacidades, así como a la continua mejora de la operación de las diferentes tecnologías que se consideran en las plantas modernas de tratamiento de agua residual. Los capítulos describen con un lenguaje sencillo e ilustrativo los pasos a considerar durante la operación, como también los parámetros a los cuales los procesos están sujetos. El contenido de esta guía aborda temáticas simples que van desde la disposición de residuos sólidos hasta tareas con cierta complejidad, como lo es el uso de equipos de medición y la operación de sistemas de deshidratación de lodos, entre otros.

El primer capítulo "Operar y controlar los procesos de pretratamiento mecanizado y el tratamiento primario mecanizado" tiene por objetivo poner en conocimiento del operador el funcionamiento y los procesos de extracción de residuos finos en las rejas mecanizadas, así como extracciones más complejas de hasta arenas y grasas en unidades compactas.

La finalidad del capítulo II "Operar y controlar los procesos avanzados de tratamiento secundario-reactores biológicos" es describir los procedimientos básicos de medición de parámetros, como oxígeno disuelto, pH, conductividad, así como las actividades relacionadas al control de operación de reactores MBBR y sistemas de aireación.

En el capítulo III "Operar y controlar los procesos avanzados de tratamiento terciario-clarificador", se mencionan las actividades de control, como son la inspección visual de la calidad de agua y el retiro de natas flotantes. Igualmente, se describe la etapa de arranque y descarga de lodos durante la operación de esta unidad.

El capítulo IV "Operar y controlar los procesos avanzados de desinfección" menciona los parámetros de control y la operación de los procesos de cloración con cloro gas y solución de cloro, considerando además otros parámetros, como son el caudal, la presión de trabajo, la calibración de la bomba dosificadora y la verificación del proceso de cloración.

El capítulo V "Operar y controlar los procesos avanzados de tratamiento de lodos" describe las actividades de preacondicionamiento que se realizan antes del funcionamiento del sistema de deshidratación mecánica llamado comúnmente filtro prensa. En este capítulo, se definen las operaciones que van desde la preparación del floculante, la regulación de la presión neumática hasta el manejo del filtro prensa. Tiene como último punto los métodos de análisis más importantes que caracterizan a los lodos.

Finalmente, el capítulo VI "Seguridad y salud en el trabajo" detalla los requisitos de seguridad que el operador debe considerar antes y durante la realización de los trabajos, lo cual involucra el mantenimiento o la operación de las diferentes estaciones de tratamiento de agua residual.

El objetivo general de esta guía es brindar a los operarios una serie de conocimientos con relación a las diferentes actividades de operación y control de los procesos que comprenden la aplicación de tecnologías modernas en el tratamiento de agua residual, de tal manera que se asegure la buena operación y el cumplimiento de la normativa peruana de vertimiento.

PROCESOS UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La actual exigencia de la normativa nacional aplicada tanto en el sector estatal como en el privado ha generado la implementación de procesos y tecnologías modernas en las plantas de tratamiento de agua residual. Estos nuevos procesos modernos que van desde rejas mecanizadas, sistemas compactos de pretratamiento y remoción de arenas, grasas hasta la deshidratación de lodos constan de una serie de unidades y componentes en donde se depuran por encima del 90% los contaminantes que contiene el agua. Para lograr esto se aplica una serie de procesos dispuestos en forma secuencial, así como variantes de estos que pueden ser aprovechados para lograr niveles de tratamiento específico acordes con la normativa ambiental de cada país.

El flujo de proceso avanzado de una planta de tratamiento de aguas residuales que se tratará en esta guía es el siguiente:

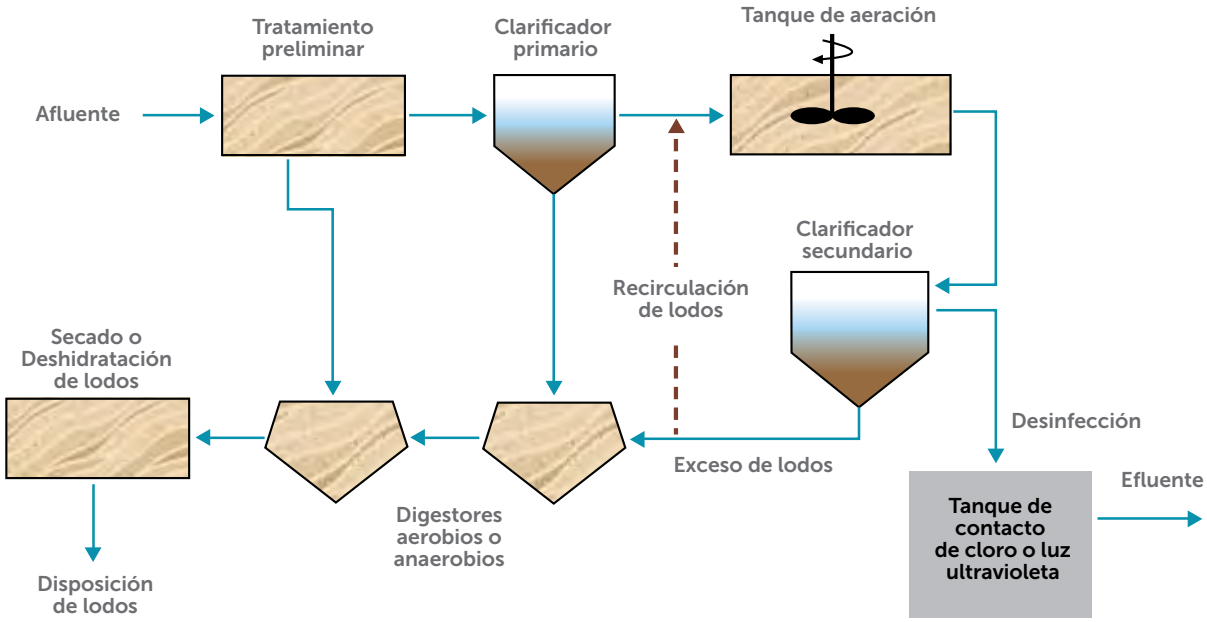


Figura 1:
Flujo de proceso de una planta de tratamiento avanzado de agua residual. Fuente: CEA Jalisco, 2013.

1 OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS DE PRETRATAMIENTO MECANIZADO Y EL TRATAMIENTO PRIMARIO MECANIZADO

1.	OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS DE PRETRATAMIENTO MECANIZADO Y EL TRATAMIENTO PRIMARIO MECANIZADO	18
1.1.	OBJETIVO GENERAL	19
1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.3.	CONCEPTOS BÁSICOS	20
1.3.1.	REJILLAS	20
1.3.2.	RESIDUO SÓLIDO	20
1.3.3.	LUZ O APERTURA DE MALLA	20
1.3.4.	CAUDAL	20
1.3.5.	DESARENADOR DE FLUJO HORIZONTAL	20
1.4.	PROCESOS DE PRETRATAMIENTO Y TRATAMIENTO PRIMARIO MECANIZADO	20
1.4.1.	PLANTA COMPACTA HUBER	20
1.4.2.	REJAS MECANIZADAS	22
1.4.3.	DESARENADOR AIREADO	22
1.5.	CONTROL DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE RESIDUOS EN LA UNIDAD COMPACTA	23
1.5.1.	TAMIZADO FINO	23
1.5.2.	LAVADO Y PRENSADO DEL RESIDUO	23
1.5.3.	SEPARACIÓN DE ARENAS	24
1.5.4.	SEPARACIÓN Y EXTRACCIÓN DE LAS GRASAS Y ACEITES	24
1.6.	OPERACIÓN DE LAS REJAS MECÁNICAS	24
1.7.	CONTROL DE LA DISPOSICIÓN FINAL	26
1.8.	FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA	27
1.9.	BIBLIOGRAFÍA	28

1. OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS DE PRETRATAMIENTO MECANIZADO Y EL TRATAMIENTO PRIMARIO MECANIZADO

Figura 2:
Flujo de proceso-Pretratamiento. Fuente: Sistema de rejas mecanizadas en PTAR Covicorti, La Libertad.

1.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal de los procesos mecánicos aplicados en el pretratamiento o tratamiento primario es conocer el proceso de separación y extracción de materiales, como arenas, sólidos sedimentables y partículas flotantes, como grasas, en las unidades mecanizadas.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la operación de la unidad para la extracción de arenas, grasas y otro tipo de residuos.
- Describir la operación de las rejas mecanizadas, así como los parámetros de control que se deben cumplir durante su funcionamiento.

1.3. CONCEPTOS BÁSICOS

1.3.1. REJILLAS

Las rejillas se utilizan para proteger bombas, válvulas y otros elementos contra posibles daños y obturaciones ocasionados por objetos de gran tamaño, como trapos, palos, bolsas plásticas, etc.

1.3.2. RESIDUO SÓLIDO

Es el material de desecho que se extrae en las primeras estaciones de una planta de tratamiento de agua residual. Estos residuos, en su mayoría, son de origen orgánico, los cuales son tratados dentro de las estaciones de depuración y no necesitan ser extraídos. Los residuos inorgánicos necesitan ser extraídos por los diferentes procesos.

1.3.3. LUZ O APERTURA DE MALLA

Es la distancia o espacio interior entre los alambres de una malla. Puede variar en el caso de un tamiz rotatorio desde 0.5 mm a 10 mm, y en el caso de rejas desde 1 cm a 2 cm.

1.3.4. CAUDAL

Es la unidad de medida que describe el volumen de agua (m^3) que circula en un determinado tiempo (s). Se expresa en m^3/h, m^3/s, l/min, l/s.

1.3.5. DESARENADOR DE FLUJO HORIZONTAL

Este desarenador opera en la práctica a velocidades cercanas a 0.3 m/s, proporcionando tiempo suficiente para que las partículas de arena sedimenten en el fondo del canal.

1.4. PROCESOS DE PRETRATAMIENTO Y TRATAMIENTO PRIMARIO MECANIZADO

1.4.1. PLANTA COMPACTA HUBER

La planta compacta realiza los procesos de desbaste, desarenado y desengrasado. En esta unidad se removerán residuos sólidos finos, arenas y material sedimentable, así como flotantes y grasas. La unidad opera automáticamente y el material removido se descargará mecánicamente a los tachos dispuestos para su posterior disposición final en los rellenos sanitarios.

El proceso inicia cuando el agua residual fluye hacia el tamiz que retiene, lava, compacta y deshidrata los sólidos retenidos. El agua tamizada entra en el desarenador aireado donde se reduce el contenido de materia orgánica del flujo por la acción del sistema de aireación. Las grasas junto con otros materiales grasos y flotantes

son llevados a una cámara de desengrase integrada donde son automáticamente descargados mediante un sistema de rasqueta. Después, el agua entra por rebose en una segunda cámara de desarenado no aireada que contiene un conducto integrado que asegura que el flujo se dirija hacia el fondo de la cámara, esto consigue un flujo positivo de distribución uniforme y ascendente. La velocidad del flujo en la cámara de desarenado no aireada se reduce hasta el punto en que incluso las partículas más finas de arena se pueden separar fácilmente. Al tiempo que las partículas de arena retenidas son extraídas mediante un tornillo clasificador, también son deshidratadas estáticamente antes de descargarse en un contenedor.

Figura 3:
Planta compacta HUBER. Fuente: Imagen del autor.

A continuación se identifican los componentes de la planta compacta HUBER.

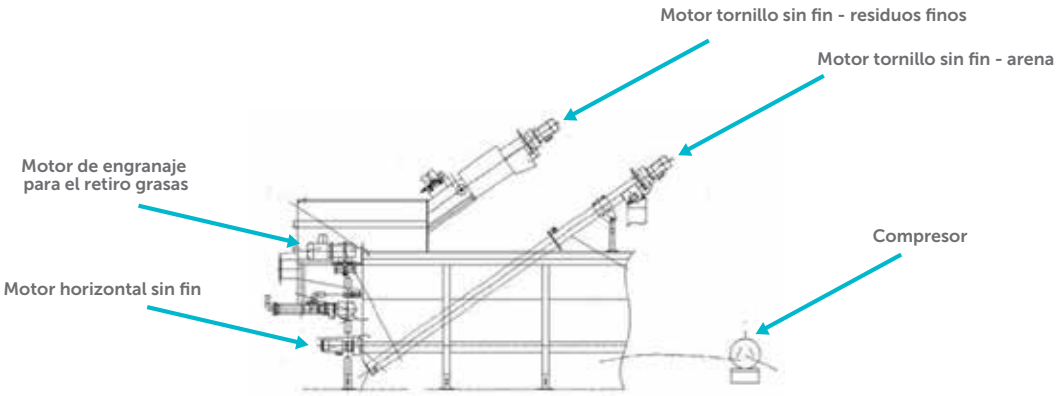


Figura 4:
Componentes de la planta compacta HUBER. Fuente: Manual de especificaciones técnicas HUBER.

1.4.2. REJAS MECANIZADAS

Son rejas que cuentan con un rastrillo mecánico activado por un motor que se acciona según requerimiento de remoción de residuos. De los distintos tipos de mecanismo, el más utilizado consiste en un peine tipo rastrillo móvil que se desliza desde arriba hacia abajo y que periódicamente barre la reja, extrayendo los sólidos y elevando estos hasta la parte superior para su disposición automática en un contenedor o en un sistema de faja transportadora comunicado con un contenedor.

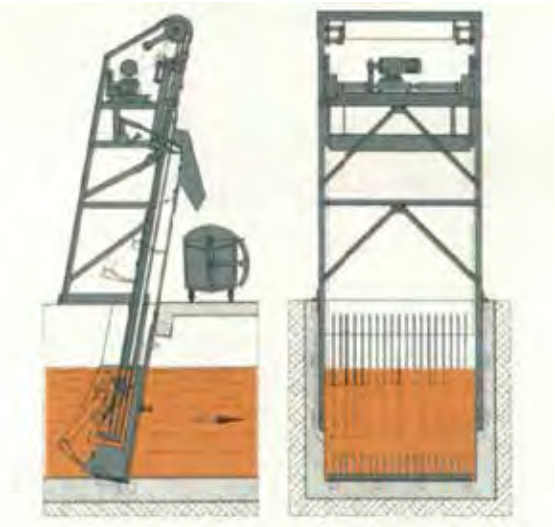


Figura 5:
Rejas mecanizadas. Fuente: Baumgart et al., 2011.

1.4.3. DESARENADOR AIREADO

En este tipo de desarenador se inyecta una cantidad de aire que provoca un movimiento helicoidal del líquido y crea una velocidad de barrido de fondo constante, perpendicular a la velocidad de paso, la cual puede variar sin que se produzca ningún inconveniente. Además, se favorece la separación de las partículas orgánicas que puedan quedar adheridas a las partículas de arena.

Figura 6:
Desarenador con aireación forzada. Fuente: CEA Jalisco, 2013.

1.5. CONTROL DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE RESIDUOS EN LA UNIDAD COMPACTA

Los pasos del proceso de extracción se realizan automáticamente dentro de esta unidad compacta de pretratamiento. Este equipamiento permite una clasificación simultánea de los siguientes residuos:

- √ Residuos finos y gruesos
- √ Grasas
- √ Arenas

1.5.1. TAMIZADO FINO

Dependiendo del tamaño de la luz de paso del tamiz, el cual varía entre 0.5 y 10 mm (según el modelo del equipo), se debe verificar visualmente la forma de trabajo del tamiz rotativo.

Figura 7:
Tamiz fino. Fuente: Folleto informativo HUBER.

1.5.2. LAVADO Y PRENSADO DEL RESIDUO

Durante la operación del equipo se debe verificar el rendimiento del sistema y considerar las siguientes características:

- √ Deshidratación y compactación de residuos integrados.
- √ Sequedad de los residuos de hasta el 45% MS.

Figura 8:
Prensado de residuo. Fuente: Folleto informativo HUBER.

1.5.3. SEPARACIÓN DE ARENAS

Las arenas son transportadas desde el fondo de la planta compacta hacia la parte superior, por medio de un túnel de disposición hacia el contenedor de almacenamiento. Posteriormente, las bolsas con residuos serán dispuestas por una EPS acreditada.

Figura 9:
Descarga de arenas. Fuente: PTAR María Reiche-, Lima, 2020.

1.5.4. SEPARACIÓN Y EXTRACCIÓN DE LAS GRASAS Y ACEITES

La grasa es arrastrada hacia un tipo de tolva de donde por la parte inferior, mediante la apertura de una válvula, se pueden extraer la grasa y residuos flotantes. Las grasas acumuladas serán almacenadas en bolsas reforzadas, para luego finalmente ser dispuestas por la empresa operadora de servicios de saneamiento.

Figura 10:
Separación y extracción de grasas. Fuente: PTAR Oquendo, Lima, 2020.

1.6. OPERACIÓN DE LAS REJAS MECÁNICAS

El recojo de residuos por medio de la reja mecanizada se realiza diariamente con varias frecuencias al día desarrollando las siguientes actividades:

- √ Verificar el nivel de agua en las rejillas, si este sube significa que existe cierta colmatación de las rejillas y necesariamente se tendrá que iniciar la limpieza mediante las actividades que se mencionan líneas abajo.
- √ Encender el motor de forma manual a través del panel de control.
- √ Verificar la movilidad del peine mecánico (desde arriba hacia abajo) y que no presente paralizaciones o algún otro tipo de inmovilizaciones debido a obstrucciones.
- √ Una vez en el fondo, el peine mecánico retira los residuos de las rejillas y lo transporta hacia arriba.
- √ Verificar la extracción de los residuos sólidos.
- √ Una vez que el peine mecánico llega a la parte superior de la reja, depositar los residuos en una faja transportadora, la cual los enviará hacia un contenedor.

Figura 11:
Encendido de la reja mecánica. Fuente: PTAR Covicorti, Trujillo, 2020.

Figura 12:
Movimiento del peine móvil hacia abajo. Fuente: PTAR Covicorti, Trujillo, 2020.

Figura 13:
Contacto del peine móvil con las rejas. Fuente: PTAR Covicorti, Trujillo, 2020.

Figura 14:
Transporte de residuos sólidos hacia arriba. Fuente: PTAR Covicorti, Trujillo, 2020.

Figura 15:
Descarga de residuos sólidos en faja transportadora.
Fuente: PTAR Covicorti, Trujillo, 2020.

1.7. CONTROL DE LA DISPOSICIÓN FINAL

Los residuos extraídos son trasladados hacia los recipientes de almacenamiento. Estos recipientes deben tener agujeros en la base para facilitar el drenaje del agua contenida en estos residuos. Finalmente, se debe agregar cal para limitar la proliferación de bacterias patógenas y otros vectores como moscas y roedores. La disposición final de los residuos la efectuará una empresa prestadora de servicios de residuos sólidos (EPS-RS).

Figura 16:
Disposición y almacenamiento de residuos sólidos. Fuente: Imágenes del autor, 2020.

1.8. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

Mes: Año

1) REGISTRO DEL CAUDAL

Fecha	Hora	Caudal diario (l/min o m³/h)						
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo

2) RETIRO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Fecha	Hora	Rejas Mecanizadas						
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

3) CONTROL DE INCIDENCIA: MARCA SÍ/NO

¿Se ha presentado atoros en las rejas?	NO		SÍ	
¿Presencia de sólidos gruesos, arenas, grasas?	NO		SÍ	
¿Presencia de residuos atípicos? Fibras de plásticos, materiales sintéticos,etc.	NO		SÍ	
¿Se cuantificaron los residuos extraídos? Detallar en observaciones	NO		SÍ	
¿Se dispusieron correctamente los residuos sólidos? ¿Adición de cal?	NO		SÍ	

4) OBSERVACIONES _____

_____

_____

_____ _____

Lugar Firma

1.9. BIBLIOGRAFÍA

- Baumgart, H.-C., Fischer, M., Loy, H. (2011). Handbuch für Umwelttechnische Berufe. (9a ed.) Oberhaching, Alemania: F. Hirthammer Verlag GmbH.
- Marín Ocampo, A. Osés Pérez, M. (2013). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados (tomo 1). Jalisco: Arturo Nelson Villarreal.
- HUBER Wastewater Technology (s.f.). Documento técnico para la operación de sistemas compactos .
- HUBER Wastewater Technology (s.f.). Planta de tratamiento compacta ROTAMAT RO5. https://www.huber-technology.cl/fileadmin/huber-es/documents/pdf/pro_ro5_es.pdf

MAX WGT 3750 lb
MAX WGT 1701 kg
godwin
LIFT HERE

2 OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS AVANZADOS DE TRATAMIENTO SECUNDARIO-REACTORES BIOLÓGICOS

2.	OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS AVANZADOS DE TRATAMIENTO SECUNDARIO-REACTORES BIOLÓGICOS	30
2.1	OBJETIVO GENERAL	31
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
2.3	CONCEPTOS BÁSICOS DE QUÍMICA, FÍSICA Y ELECTRICIDAD	31
2.3.1	PESO (kg)	31
2.3.2	VOLUMEN	32
2.3.3	LONGITUD	32
2.3.4	ÁREA	32
2.3.5	CAUDAL	32
2.3.6	VOLTIO	32
2.3.7	AMPERIO	32
2.3.8	POTENCIA ELÉCTRICA	32
2.3.9	pH	32
2.3.10	OXÍGENO DISUELTO	33
2.3.11	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	33
2.4	PROCESOS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO	34
2.4.1	LODOS ACTIVADOS	34
2.4.2	BIOPELÍCULAS EN LECHO FLUIDIZADO	35
2.4.3	LAGUNAS AIREADAS	35
2.5	PARÁMETROS Y ACTIVIDADES DE CONTROL EN EL REACTOR MBBR	36
2.5.1	MEDICIÓN DE PARÁMETROS IN SITU	37
2.5.2	INSPECCIÓN DEL DESARROLLO DE BIOPELÍCULAS	38
2.6	CONTROL DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS EN LOS REACTORES MBBR	40
2.6.1	LECTURA DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LOS SOPLADORES	40
2.6.2	OPERACIÓN DE LOS SOPLADORES	42
2.6.3	CONTROL DEL CAUDAL	42
2.7	FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA	43
2.8	BIBLIOGRAFÍA	44

2. OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS AVANZADOS DE TRATAMIENTO SECUNDARIO-REACTORES BIOLÓGICOS

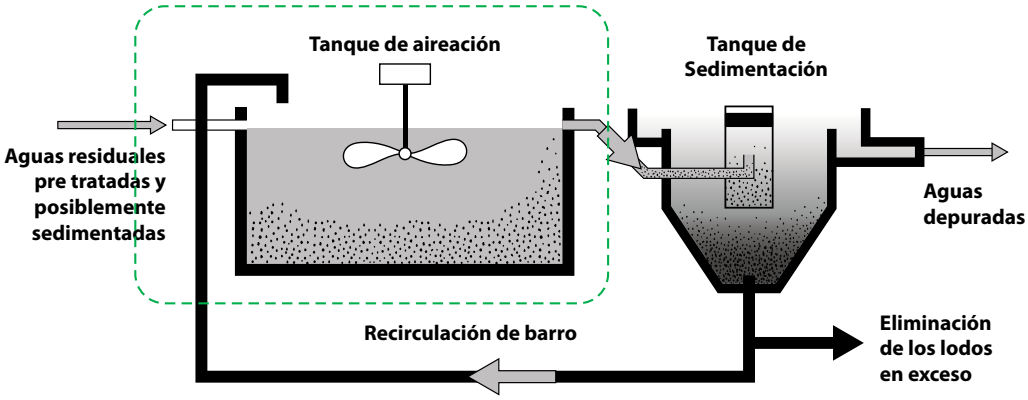


Figura 17:
Flujo de proceso-Tratamiento secundario. Fuente: Charpentier J., 2014.

2.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo del tratamiento secundario es remover o eliminar la materia orgánica por medio de la aplicación de microorganismos quienes en su afán de desarrollo consumen la materia orgánica soluble en el agua residual. La aplicación de las diferentes tecnologías demanda una serie de procedimientos para la supervisión en esta unidad de tratamiento.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Operar el reactor MBBR mediante el control del desarrollo de las biopelículas.
- Evaluar los parámetros de calidad del agua, como pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad.

2.3. CONCEPTOS BÁSICOS DE QUÍMICA, FÍSICA Y ELECTRICIDAD

2.3.1. PESO (kg)

Fuerza que ejerce la masa de un cuerpo por medio de la acción de la gravedad.

2.3.2. VOLUMEN

Espacio ocupado por un cuerpo.

2.3.3. LONGITUD

La longitud es un concepto métrico definible para entidades geométricas sobre las que se ha determinado una distancia. Más concretamente, dado un segmento, curva o línea fina, se puede precisar su longitud a partir de la noción de distancia.

2.3.4. ÁREA

Unidad de medida para expresar superficies en cm^2 o m^2.

2.3.5. CAUDAL

Es la unidad de medida que expresa el volumen del agua que atraviesa una determinada sección transversal en una unidad de tiempo. Se expresa en l/s o m^3/h.

2.3.6. VOLTIO

El voltio se define como la diferencia de potencial a lo largo de un conductor cuando una corriente de un amperio consume un vatio de potencia. El instrumento de medición para medir el voltaje es el voltímetro. La diferencia de potencial eléctrico se puede imaginar como la facultad de mover cargas eléctricas a través de una resistencia. En esencia, el voltio mide la cantidad de energía cinética que transporta cada electrón.

2.3.7. AMPERIO

Es la unidad de intensidad de corriente eléctrica. El amperio-hora (símbolo Ah) expresa cuánta energía puede circular por un determinado circuito durante una hora. Se usa para medir la capacidad de las baterías eléctricas.

2.3.8. POTENCIA ELÉCTRICA

La potencia eléctrica es la proporción por unidad de tiempo, o ritmo, con la cual la energía eléctrica es transferida por un circuito eléctrico, es decir, la cantidad de energía eléctrica entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado. La unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el vatio o *watt* (W).

2.3.9. pH

Es una medida para determinar el grado de alcalinidad o acidez de una disolución. Los valores de pH varían en un rango ácido de 0-7 y en un rango básico de entre 7 y 14. El pH promedio del agua residual doméstica varía entre 6.5 y 7.5.

Figura 18:
Medidor de pH. Fuente: Baumgart et al., 2011.

2.3.10. OXÍGENO DISUELTO

El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno gaseoso que está disuelto en el agua y es esencial para la degradación de la materia orgánica en las estaciones de tratamiento. El rango de concentraciones que debe prevalecer en un sistema de tratamiento biológico de lodos activados que soporta picos de caudales debe ser mínimo entre 1 mg/l y 2 mg/l.

Figura 19:
Medidor de oxígeno disuelto. Fuente: Imagen del autor.

2.3.11. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

El valor de conductividad eléctrica indica el contenido general de sales presentes en la muestra de agua residual. En el caso de efluentes domésticos, este valor pierde un poco de importancia ya que la concentración de sales presentes no ocasionan ningún perjuicio en la planta de tratamiento de agua residual. Sin embargo, si

se monitorean efluentes industriales, los cuales presentan una carga de iones más elevada que en los efluentes domésticos, mayor será la conductividad eléctrica. El rango de valores varía entre un mínimo de 0.1 mS/cm y un máximo de 10 mS/cm.

Figura 20:
Medidor de conductividad eléctrica. Fuente: Baumgart et al., 2011.

2.4. PROCESOS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO

2.4.1. LODOS ACTIVADOS

Es un proceso biológico en donde bacterias y nutrientes en suspensión presentes en el agua residual se mezclan con gran cantidad de aire. Debido a que los microorganismos crecen y son mezclados por la agitación originada por el aire, se forman flóculos que a su vez forman una masa microbiana llamada comúnmente lodo *activado*. Bajo estas condiciones, los organismos oxidan una parte del desecho orgánico a dióxido de carbono y agua para obtener energía y sintetizar la otra parte en forma de células bacterianas. Luego la mezcla entra en el tanque de decantación, donde los microorganismos sedimentados, o el lodo activado, se recirculan hacia el inicio del tanque de aireación para mezclarlos de nuevo con el agua residual. La generación continua de lodos produce lodos nuevos cuyo exceso es necesario ser eliminado o enviado a la línea de tratamiento de lodo.

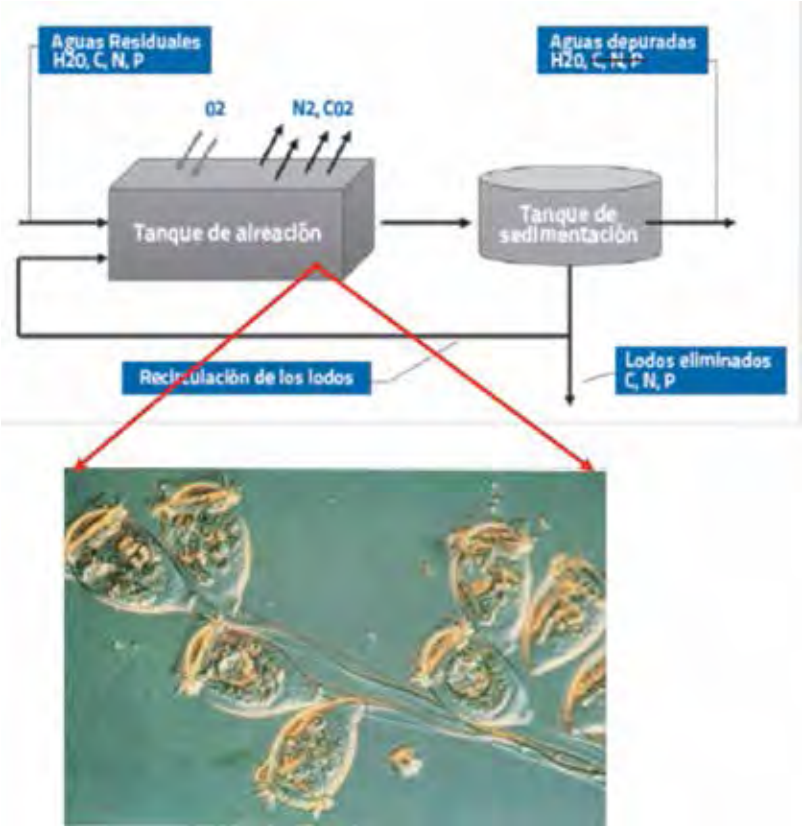


Figura 21:
Proceso de lodos activados. Fuente: Adaptado de Charpentier J., 2014.

2.4.2. BIOPELÍCULAS EN LECHO FLUIDIZADO

Los reactores de lecho fluidizado operan con un material portador mantenido en suspensión. Estos materiales tienen la particularidad de aumentar el área de adhesión de los microorganismos que provocan finalmente la depuración de la materia orgánica. En este proceso se utilizan diferentes cuerpos o materiales de relleno, los cuales se caracterizan por sus diferentes formas y tamaño de superficie activa. La aireación, por un lado, aporta oxígeno para la aceleración del metabolismo de los microorganismos y, por otro, genera la suficiente turbulencia para que los materiales de relleno estén siempre en estrecho contacto entre sí. Este sistema se caracteriza por ser uno de los más eficientes si se trata de reducir áreas para la implementación de un sistema biológico.

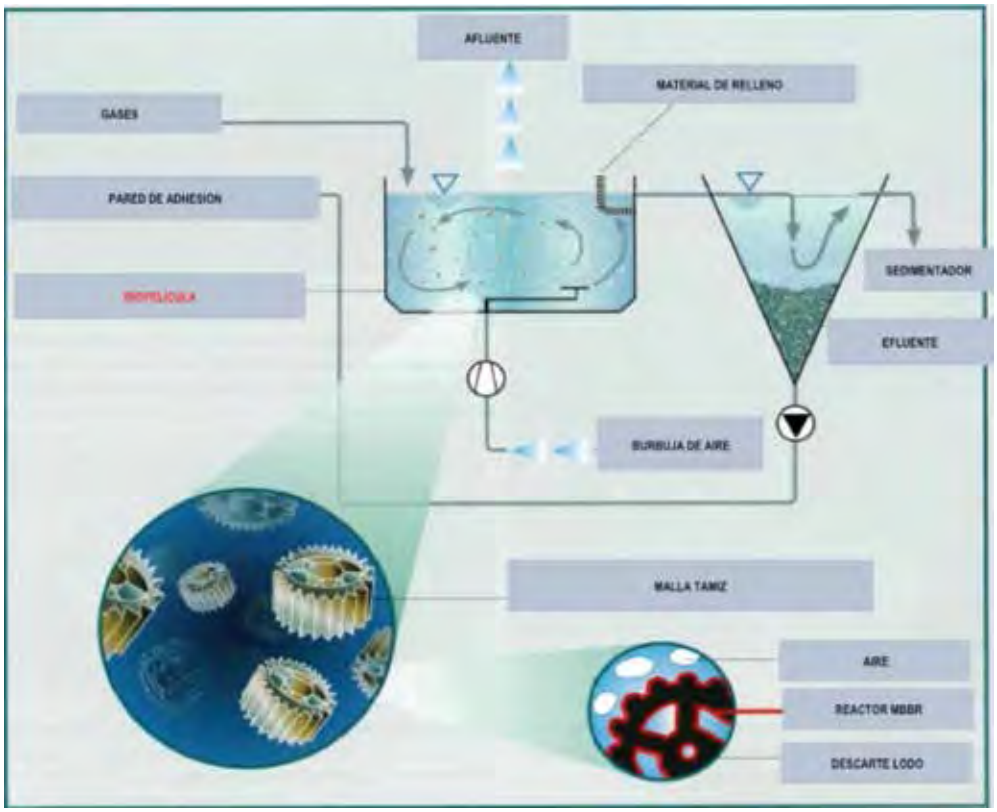


Figura 22:
Proceso MBBR. Fuente: Adaptado de Heimrich et al.,2008.

2.4.3. LAGUNAS AIREADAS

El grado de remoción de nutrientes de las lagunas de oxidación convencionales se puede mejorar mediante la aplicación de aireación forzada. Las lagunas aireadas tienen la misma forma de construcción que las lagunas convencionales considerando una profundidad que varía desde los 2.5 m hasta los 3 m.

Figura 23:
Laguna aireada. Fuente: Baumgart et al., 2011.

El suministro de oxígeno se realiza por medio de aireadores mecánicos flotantes o difusores de aire sumergidos. La profundidad de estas lagunas varía de 2 a 6 m y se diseñan con un bajo tiempo de retención que varía de 3 a 20 días. La aireación promueve la formación de zonas aerobias con presencia de oxígeno disuelto en la parte superior de la laguna y zonas anaerobias sin la presencia de oxígeno disuelto en el fondo de la laguna.

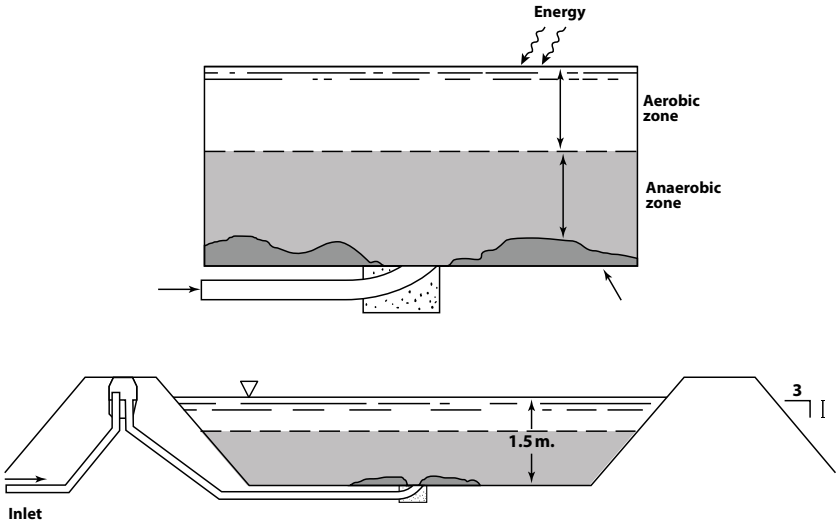


Figura 24:
Laguna-zona aerobia y zona anaerobia. Fuente: Adaptado de Mackenzie L. D., 2011.

2.5. PARÁMETROS Y ACTIVIDADES DE CONTROL EN EL REACTOR MBBR

Dentro del control de operación de los procesos biológicos MBBR se deben realizar mediciones diarias de los parámetros básicos de operación, como son: medición de pH, medición de oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, así como otras actividades que involucran la inspección ocular del desarrollo de las biopelículas y el estado de desgaste que puedan tener los materiales de relleno.

2.5.1. MEDICIÓN DE PARÁMETROS *IN SITU*

√ Previo a la toma de valores se deben considerar ciertas medidas de seguridad como es el uso de guantes para evitar tener contacto directo con coliformes fecales.

Figura 25:
Actividades antes de la medición de parámetros. Fuente: PTAR Callao, 2020.

√ Si es posible se usará el equipo multiparámetros con dos o un puerto para la medición de parámetros, como el oxígeno disuelto, pH, temperatura y conductividad eléctrica, mediante el siguiente procedimiento:

a. Preparar el electrodo y conectarlo al medidor digital.
b. Encender el medidor y seleccionar la opción para medir el parámetro elegido.
c. Enjuagar el electrodo con agua destilada antes de cualquier medición.
d. Introducir el electrodo en la muestra y oprimir el botón "Read". Agitar el electrodo de manera ligera para agilizar la lectura del parámetro y esperar que la lectura en la pantalla se estabilice (el valor debe permanecer constante).

Figura 26:
Medición de pH. Fuente: CEA Jalisco, 2013.

- ✓ En caso la medición sea directa en los reactores biológicos, la lectura de parámetros y su respectiva estabilización se realiza al sumergir las sondas a una determinada profundidad dentro del reactor MBBR. Esta lectura puede ser programada con una frecuencia de cada 10 segundos por un tiempo establecido por el supervisor de procesos.

Figura 27:
Medición de parámetros en el reactor MBBR. Fuente: PTAR Callao, 2020.

2.5.2. INSPECCIÓN DEL DESARROLLO DE BIOPELÍCULAS

Aquí es importante precisar que no solo es relevante observar el desarrollo de la capa de bacterias que se adhieren a la pared del material de relleno, sino también es necesario supervisar el estado de desgaste que pueda presentar el material de relleno. Para esto se ejecuta el siguiente procedimiento:

- ✓ Mediante el uso de un brazo tamiz se lleva a cabo la toma de muestra de los materiales de relleno.

Figura 28:
Recojo de material de relleno.
Fuente: PTAR Oquendo, 2020.

- √ Mediante inspección ocular se evalúa el desarrollo de la biopelícula. Importante es precisar que un desarrollo óptimo de las biopelículas se caracteriza por el oscurecimiento de color marrón en las paredes del material de relleno y en toda la estructura interna del respectivo cuerpo plástico.

Figura 29:
Evaluación óptica del desarrollo de las biopelículas. Fuente: PTAR Callao, 2020.

- √ Los reactores MBBR que tienen serios problemas en la operación van a presentar comportamientos atípicos en el desarrollo de la biopelículas. La figura 30 muestra en el lado izquierdo un material plástico en un reactor que está en operación hace meses y, sin embargo, no muestra indicios de crecimiento bacteriano. En el lado derecho se observa una sobrepoblación bacteriana adherida a los cuerpos plásticos. Este crecimiento exagerado ha colmatado a dichos cuerpos, de tal manera que no presentan las cavidades huecas por donde los nutrientes del agua residual deberían circular en estrecho contacto con las bacterias y el oxígeno.

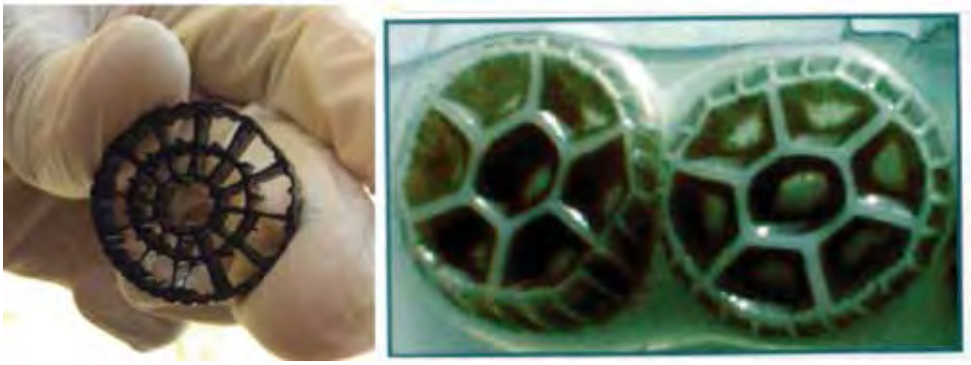


Figura 30:
Estados de desarrollo de biopelículas. Fuente: Adaptado de Heimrich et al., 2008.

2.6. CONTROL DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS EN LOS REACTORES MBBR

La unidad principal del tratamiento biológico aerobio son los sopladores. Estos equipos deben alimentar continuamente aire a los reactores para promover no solo el crecimiento de los microorganismos y la depuración de la materia orgánica, sino también generar un grado de turbulencia y movimiento de los cuerpos de relleno en el interior del reactor.

Otro aspecto relevante en el control de la operación de un tratamiento biológico es la supervisión del caudal de ingreso a los reactores. Este control se efectúa mediante la lectura de los caudalímetros instalados al ingreso de los reactores MBBR.

2.6.1. LECTURA DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LOS SOPLADORES

El sistema de aireación demanda la instalación de sopladores para cada estación de tratamiento. Estos sopladores trabajan de forma alterna; por ejemplo, cada 12 horas trabaja un soplador, de tal manera que se pueda salvaguardar la operatividad de los equipos. Para el monitoreo de la operación de sopladores se deben considerar los siguientes aspectos de control:

Lectura de la presión y temperatura de trabajo

Esta lectura se puede realizar bajo reconocimiento directo en los instrumentos de medida estableciéndose rangos promedios de operación que varían de 0.3-0.6 bar y a una temperatura de trabajo que debe mantenerse entre 50-70 °C, se recomienda la operatividad de estos equipos bajo temperaturas que no estén por encima de estos rangos.

Figura 31:
Lectura de operación de sopladores. Fuente: PTAR María Reiche, Lima, 2020.

Lectura del modo de operación

La supervisión del número de sopladores activos o sopladores apagados se debe realizar en la pantalla de lectura. En ella también se puede apreciar la presión de trabajo, así como las revoluciones por minuto a la que funciona el soplador.

Figura 32:
Visualización de los parámetros de operación de los sopladores. Fuente: PTAR San Miguel, Lima, 2020.

Lectura del flujo de aire

El control de este parámetro permite registrar el flujo de aire que alimenta a los reactores aerobios biológicos. Mediante el uso del **rotámetro de cuerpo suspendido** se puede identificar el flujo de aire según la altura del cuerpo suspendido dentro del rotámetro. Este puede variar en función a la regulación de la frecuencia en el soplador. La unidad de medición en condiciones normales es Nm^3/h.

Por ejemplo: El flujo de aire que se inyecta a reactores MBBR es de 100 a 800 Nm^3/h.

Figura 33:
Estación de aireación (izquierda): Soplador-Rotámetro. Rotámetro (derecha): Medición del flujo de aire Nm^3/h. Fuente: PTAR piloto SENATI, 2017.

2.6.2. OPERACIÓN DE LOS SOPLADORES

- √ Inspeccionar físicamente los sopladores de aireación; por lo menos, una vez por turno.
- √ Registrar el número de sopladores activos, así como la condición del otro soplador. Esto es, un soplador (01) activo, un (01) soplador de reserva o soplador en mantenimiento.
- √ Registrar la presión en la salida de cada soplador, en milibares. La presión no debe ser mayor que la indicada en el manual de operación, por ejemplo: 0.6 bar.
- √ En caso de que la lectura sea en PSI (libra/pulgada^2), considerar que 1 bar = 14.5 psi.
- √ Registrar la temperatura ambiente usando un termómetro normal.
- √ Examinar visualmente cada soplador activo en cuanto a vibraciones, ruidos raros, partes vibrando, etc. Reportar cualquier problema al jefe de planta.

2.6.3. CONTROL DEL CAUDAL

Las lecturas se realizan de forma automática en el caso de uso de caudalímetros electromagnéticos donde la lectura se muestra en la pantalla digital, expresada mayormente en m^3/h. Aquí no se pueden mencionar rangos de operación ya que los caudales de ingreso a un tratamiento biológico aerobio pueden variar mucho, esto depende del dimensionamiento de los reactores biológicos. Importante es siempre seguir las indicaciones del manual de operaciones en donde se describen los caudales de operación óptimos.

Figura 34:
Caudalímetro electromagnético. Fuente: Baumgart et al., 2011.

2.7. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

Mes: Año

1) SISTEMA DE AIREACIÓN - REACTOR MBBR

Fecha	Hora	Parámetros de Operación - Sopladores			Responsable
		Presión de Trabajo (bar) 1 bar=14.5 psi	Temperatura de Trabajo (°C)	Flujo de Aire (Nm^3/h)	

2) MEDICIÓN DE PARÁMETROS - REACTOR MBBR

Fecha	Hora	pH		Oxigeno Disuelto		Temperatura		Responsable
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	

3) CONTROL DE INCIDENCIAS: MARCAR SÍ/NO

¿Presentan los sopladores recalentamientos por encima de 70°C?	NO		SÍ	
¿Presenta el reactor MBBR aireación/turbulencia uniforme?	NO		SÍ	
¿Presenta el material de relleno buen desarrollo de biopelículas?	NO		SÍ	
¿Se ha presentado algún tipo de atoro?	NO		SÍ	
¿Se midió oxígeno disuelto en el reactor MBBR?	NO		SÍ	

4) OBSERVACIONES _____

_____

_____

_____ Lugar

_____ Firma

2.8. BIBLIOGRAFÍA

- Baumgart, H.-C., Fischer, M., Loy, H. (2011). Handbuch für Umwelttechnische Berufe. (9a ed.) F. Hirthammer Verlag GmbH (pp 171-268).
- Charpentier J. (2014). Tratamiento de aguas residuales con lodos activados. Delegación de la Comisión Europea en Argentina (pp 4-66).
- Marín Ocampo, A. Osés Pérez, M. (2013). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados (tomo 1). Jalisco: Arturo Nelson Villarreal.
- Heinrich, K. & Heinrich, S. (2008). Klein Kläranlagen Handbuch.Mironde Verlag (pp 82-91).
- Mackenzie, L.D.(2011). Water and Wastewater Engineering. McGraw Hill International Edition .

HYUNDAI
HY50

3 OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS AVANZADOS DE TRATAMIENTO TERCIARIO-CLARIFICADOR DE PLACAS INCLINADAS

3.	OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS AVANZADOS DE TRATAMIENTO TERCIARIO-CLARIFICADOR DE PLACAS INCLINADAS	46
3.1	OBJETIVO GENERAL	47
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	47
3.3	CONCEPTOS BÁSICOS DE FÍSICA	47
3.3.1	SEDIMENTACIÓN	47
3.3.2	SÓLIDOS SEDIMENTABLES	48
3.3.3	TURBIDEZ	48
3.4	PROCESOS DE TRATAMIENTO TERCIARIO	48
3.4.1	CLARIFICADOR DE PLACAS INCLINADAS	48
3.5	PARÁMETROS Y ACTIVIDADES DE CONTROL EN EL CLARIFICADOR DE PLACAS INCLINADAS	48
3.5.1	MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE EFICIENCIA	49
3.5.2	EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA TURBIDEZ	49
3.5.3	ACTIVIDADES DE LIMPIEZA	50
3.6	OPERACIÓN DEL CLARIFICADOR DE PLACAS INCLINADAS	50
3.6.1	LLENADO DE LA UNIDAD	50
3.6.2	EXTRACCIÓN DE LODOS	51
3.7	FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA	52
3.8	BIBLIOGRAFÍA	53

3. OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS AVANZADOS DE TRATAMIENTO TERCIARIO-CLARIFICADOR DE PLACAS INCLINADAS

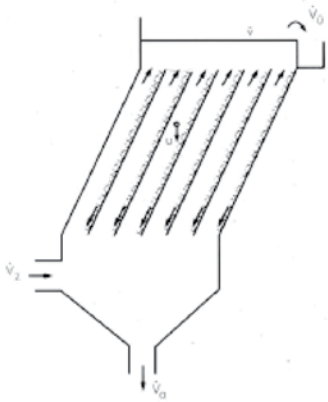


Figura 35:
Clarificador de lamelas. Fuente: Abwasser Technische Vereinigung (ATV), 2000.

3.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo de la aplicación del clarificador de placas inclinadas es la remoción de lodos que se deslizan por las placas y que por acción de la gravedad resbalan hasta el fondo de esta unidad.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conocer los aspectos operativos relacionados al manejo del clarificador de placas inclinadas, como son la remoción de natas flotantes, la eficiencia de remoción de sólidos, así como la extracción de lodos.

3.3. CONCEPTOS BÁSICOS DE FÍSICA

3.3.1. SEDIMENTACIÓN

La sedimentación es el proceso por el cual se depositan o precipitan los materiales transportados por distintos agentes y procedentes de la erosión y la meteorización de las rocas, pasando a ser sedimentos.

3.3.2. SÓLIDOS SEDIMENTABLES

Los sólidos sedimentables son partículas de cualquier tamaño que no se mantienen suspendidos o disueltos en un tanque de retención y que, por ende, tienen la capacidad de sedimentar facilitando la clarificación del agua.

3.3.3. TURBIDEZ

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá esta y más alta será la turbidez. Su unidad de expresión son las unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

3.4. PROCESOS DE TRATAMIENTO TERCIARIO

3.4.1. CLARIFICADOR DE PLACAS INCLINADAS

Estos clarificadores tienen un sistema de lamelas tipo placas inclinadas, las cuales permiten que la distancia que deben recorrer las partículas hasta que decanta sea mucho menor. Con ello, se aumenta la capacidad de clarificación respecto a los decantadores tradicionales. Una vez que el agua ya está limpia y situada en la parte superior del decantador, puede ir cayendo poco a poco en un vertedero y, desde ahí, dirigirse a la cámara de salida, desde donde se puede evacuar mediante una tubería.

Figura 36:
Decantador de placas inclinadas. Fuente: Imagen del autor.

3.5. PARÁMETROS Y ACTIVIDADES DE CONTROL EN EL CLARIFICADOR DE PLACAS INCLINADAS

El control del proceso se basa en el control del nivel de clarificación del agua tratada que sale del clarificador, de tal manera que mediante una evaluación óptica se puede apreciar el estado de funcionamiento de esta unidad.

Por otro lado, actividades de remoción de sólidos y otros cuidados son fundamentales para la vigilancia del proceso de remoción de sólidos.

3.5.1. MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE EFICIENCIA

Uno de los parámetros más importantes es evaluar el índice de eficiencia de la sedimentación. Para esto se utiliza el cono Imhoff y servirá para establecer el porcentaje de sólidos en suspensión eliminables en la decantación. El procedimiento de medición es el siguiente:

- √ Se introduce en uno de los conos 1 litro de agua bruta que ingresa al decantador y en el otro se introduce 1 litro del agua a la salida del decantador.
- √ Se deja reposar durante dos horas y luego se lee en la escala graduada los volúmenes de sedimento.
- √ Siendo (a) el volumen del sedimento depositado en el cono que contiene el agua bruta y (b) el volumen de sedimento del agua que ha pasado por el sedimentador.
- √ El índice de eficiencia (le) es la relación:

$$le = \frac{(a - b)}{a} \times 700$$

- √ Se consideran aceptables los rendimientos cercanos al 85%.

Figura 37:
Ensayo de sedimentabilidad de lodos. Fuente: Imagen del autor.

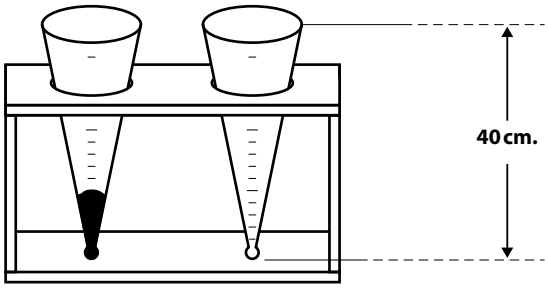


Figura 38:
Conos Imhoff. Fuente: https://www.wikiwand.com/es/Anexo:-Definiciones_usuales_en_calidad_del_agua

3.5.2. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA TURBIDEZ

Dado que la turbidez del agua a la salida del clarificador es un indicador fundamental para evaluar la operación del clarificador, es necesario realizar una evaluación óptica de la calidad del agua que se descarga. El procedimiento para la evaluación se describe a continuación:

- √ Elegir y tomar la muestra en un vaso de precipitación.
- √ Esperar unos minutos y evaluar a simple vista la presencia de sólidos o turbidez del agua.

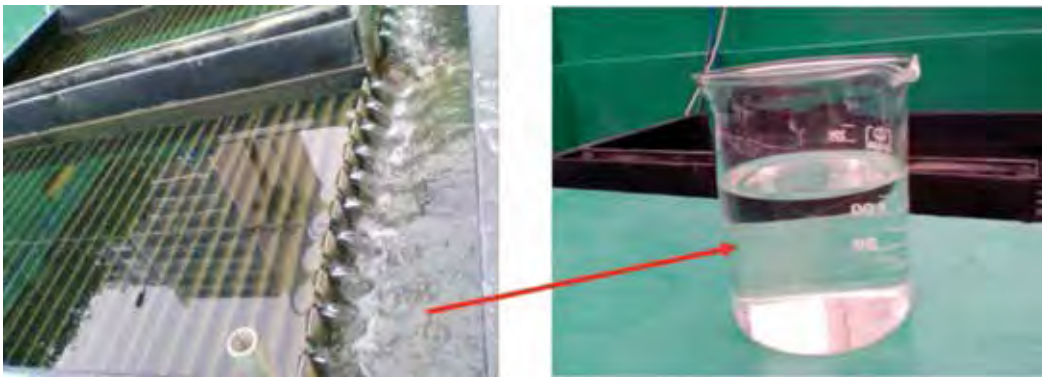


Figura 39:
Evaluación sensorial de la turbidez. Fuente: PTAR María Reiche, Lima, 2020.

3.5.3. ACTIVIDADES DE LIMPIEZA

La actividad diaria que se debe realizar es la remoción de materiales o partículas flotantes por medio de una vara con red alrededor de todos los puntos de la estación.

Figura 40:
Remoción de natas flotantes. Fuente: PTAR San Miguel, Lima, 2020.

3.6. OPERACIÓN DEL CLARIFICADOR DE PLACAS INCLINADAS

3.6.1. LLENADO DE LA UNIDAD

- √ Abrir las válvulas o dispositivos que permitan el ingreso de agua residual tratada al clarificador.
- √ Poner en marcha y monitorear el caudal de ingreso (ver figura 41).

Figura 41:
Control del caudal de ingreso. Fuente: PTAR María Reiche, Lima, 2020.

3.6.2. EXTRACCIÓN DE LODOS

La purga de lodos se ejecuta por gravedad a través de la apertura de la válvula de drenaje de lodos del clarificador.

Para iniciar la extracción de lodos se debe hacer un muestreo a la altura con el cono Imhoff realizando los siguientes pasos.

- Tomar una muestra del agua residual antes que ingrese al clarificador.
- Luego de 30 minutos de reposo observar el volumen del lodo sedimentado.
- Si el volumen del lodo sedimentado en el cono se acerca al 50% del volumen total del cono, realizar la extracción por medio de la apertura de la válvula por un lapso de tiempo de 1 a 5 minutos.

3.7. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

Mes: Año

1) REGISTRO DIARIO: REGISTRO DEL CAUDAL

Fecha	Días de Operación						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

2) REGISTRO DEL CAUDAL (L/MIN)

Hora	Turbiedad		Sólidos Susp. Totales (mg/l)		Sol. Sedimentables (mg/l)		IVL (ml/g)	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida

3) CONTROL DE INCIDENCIA: MARCA SÍ/NO

¿Se ha dosificado floculante?	NO	☐	SÍ	☐
¿Presenta el agua a la salida del vertedero presencia de materiales?	NO	☐	SÍ	☐
¿Se retiraron las natas flotantes?	NO	☐	SÍ	☐
¿Se ha presentado algún tipo de atoro?	NO	☐	SÍ	☐
¿La válvula de descarga está en óptimas condiciones?	NO	☐	SÍ	☐

4) OBSERVACIONES _____

_____

_____

_____ _____

Lugar Firma

3.8. BIBLIOGRAFÍA

- Baumgart, H.-C., Fischer, M., Loy, H. (2011). Handbuch für Umwelttechnische Berufe. (9a ed.) F. Hirthammer Verlag GmbH (pp 171-268).
- Charpentier J. (2014). Tratamiento de aguas residuales con lodos activados. Delegación de la Comisión Europea en Argentina (pp 4-66).
- Mackenzie, L.D. (2011). Water and Wastewater Engineering. McGraw Hill International Edition.

4 OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS AVANZADOS DE DESINFECCIÓN MECANIZADA

4.	**OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS AVANZADOS DE DESINFECCIÓN MECANIZADA**	**54**
4.1	OBJETIVO GENERAL	55
4.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	56
4.3	CONCEPTOS BÁSICOS DE QUÍMICA	56
4.3.1	CLORO SÓLIDO (HIPOCLORITO DE CALCIO)	56
4.3.2	CLORO GAS	56
4.3.3	SOLUCIÓN DE CLORO LÍQUIDO	56
4.4	PROCESOS DE TRATAMIENTO TERCIARIO	56
4.4.1	PROCESO DE CLORACIÓN	56
4.5	OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLORACIÓN	57
4.5.1	EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD DE CLORO (DOSIS DE CLORO)	57
4.5.2	PREPARACIÓN DE SOLUCIONES PARA PRODUCTOS NO GASEOSOS	58
4.5.3	CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN	59
4.6	FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA	63
4.7	BIBLIOGRAFÍA	64

4. OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS AVANZADOS DE DESINFECCIÓN MECANIZADA

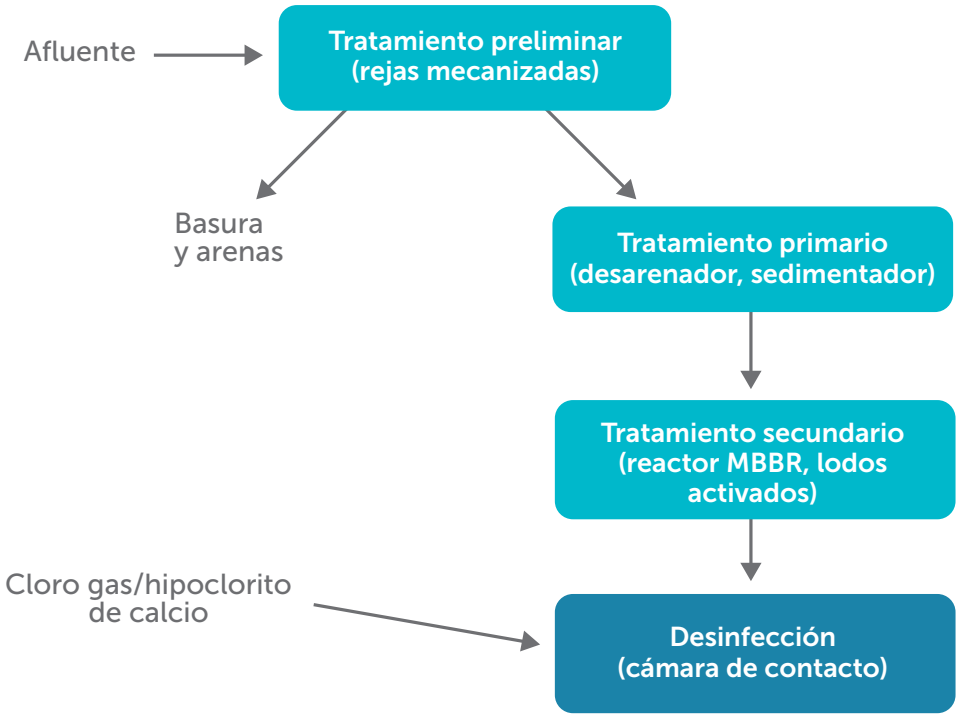


Figura 42:
Flujo de proceso-Desinfección.

4.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo de la desinfección es la de eliminar gérmenes patógenos y la carga bacteriológica residual del agua tratada por medio de la aplicación de cloro a concentraciones óptimas.

4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Conocer los distintos procesos de cloración con cloro gas y solución de cloro, así como los aspectos relevantes para calcular la cantidad de desinfectante.

4.3. CONCEPTOS BÁSICOS DE QUÍMICA

4.3.1. CLORO SÓLIDO (HIPOCLORITO DE CALCIO)

Agente químico en estado granulado con porcentajes de 60 o 70 % de cloro libre. Se utiliza para preparar las soluciones de cloro.

4.3.2. CLORO GAS

Se aplica mediante eyectores directamente al agua, de tal manera que se logra la solubilidad completa.

4.3.3. SOLUCIÓN DE CLORO LÍQUIDO

Agente químico en estado líquido como consecuencia de la aplicación de hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio.

4.4. PROCESOS DE TRATAMIENTO TERCIARIO

4.4.1. PROCESO DE CLORACIÓN

La desinfección se realiza por medio de inyección de cloro gas o en solución líquida directamente a un compartimiento de la cámara de desinfección. El proceso se desarrolla desde que el agua residual se combina con el cloro hasta que termina su recorrido por la cámara de contacto, de esta manera es importante considerar no solo la concentración de cloro (varía entre 5 a 20 ppm), sino también el tiempo de contacto que debe mantenerse entre 20 y 30 minutos.

Figura 43:
Cámara de desinfección.
Fuente: PTAR Chocope, La Libertad, 2020.

4.5. OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLORACIÓN

Los parámetros de control en la cloración se basan estrictamente en la dosis aplicada de cloro en función al caudal. Este proceso solo se debe realizar cuando el agua residual a ser clorada contenga concentraciones muy bajas de carga orgánica. Para esto, es necesario contar con dos equipos de acuerdo con el tipo de cloración con solución de cloro líquido o gas. El método de desinfección con cloro y sus derivados se deberá implementar en tres pasos sucesivos, cada uno de los cuales variará en mayor o en menor grado según el producto que se va a utilizar.

4.5.1. EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD DE CLORO (DOSIS DE CLORO)

Una primera estimación de la dosis de cloro que se debe aplicar se puede calcular con un ensayo rápido de la demanda. Este método consiste en dosificar cantidades crecientes de cloro (por ejemplo entre 1 y 20 mg/l) en muestra de agua a desinfectar. Al final de 30 minutos se mide en cada muestra la concentración de cloro residual. La dosis de cloro se determina por la muestra que contiene la concentración de cloro residual entre 5 y 10 mg/l.

Procedimiento para determinar dosis de cloro en campo:

Paso 1: Preparar una solución de cloro al 5%. Para esto, disolver 71 g de hipoclorito de calcio al 70% en 1 litro de agua.

Paso 2: En 4 baldes plásticos graduados añadir 10 litros de agua residual que va a ser desinfectada.

Paso 3: Agregar con una jeringa en cada balde diferentes volúmenes-alícuotas de solución de cloro al 5%, según la tabla 1.

Paso 4: Luego de 30 minutos medir cloro residual libre en los baldes. La dosis de cloro será aquella que contenga como mínimo 5 mg/l de cloro residual libre.

VARIABLES	BALDE 1	BALDE 2	BALDE 3	BALDE 4
Concentración de cloro (mg/l)	12	10	15	20
Volumen a dosificar (ml)	2.4	2	3	4

Tabla 1:
Preparación de dosis de cloro. Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. PREPARACIÓN DE SOLUCIONES PARA PRODUCTOS NO GASEOSOS

Las fórmulas que rigen la cantidad de agua de disolución requerida para obtener una solución de hipoclorito con una concentración de cloro activo que permita su fácil manejo y control para el dosificador son las siguientes:

METODOLOGÍA	INSUMO QUÍMICO	
	HIPOCLORITO DE SODIO	HIPOCLORITO DE CALCIO
DESCRIPCIÓN	Producto líquido para tratamiento de aguas residuales comercializado en concentraciones variables de cloro activo cuya presentación más común es de 7.5%.	Producto comercializado en forma de sólido granular. El contenido de cloro activo es variable según su presentación, la concentración de 70% es una de las más comunes.
FÓRMULA PARA CALCULAR LA DOSIS	Una vez establecida la concentración de cloro que se va a dosificar, se aplica la siguiente fórmula para obtener el volumen del agua de disolución (V_d) que será agregada a la solución matriz: $$Vd = (C0\ x \frac{V0}{Cf}) - V0$$ Donde: C_0 = Concentración inicial de la sol. matriz (g/l) V_0 = Volumen de la sol. matriz (L) C_f = Concentración esperada de la solución diluida (g/l) V_d = Volumen disolución	Definida la concentración final (Cf) a ser empleada, se aplica la siguiente ecuación para obtener el volumen del agua de disolución (V_d) en litros, que será agregada a la masa de hipoclorito de calcio. $$Vd = \frac{\%\ x\ P}{Cf}$$ Donde: % = Porcentaje de cloro activo en el producto V_d= Volumen disolución C_f = Concentración esperada de la solución diluida (g/l) P = Peso del producto

Tabla 2:
Metodología de preparación de solución de cloro.
Fuente: CEA Jalisco, 2013.

Ejemplo 1. Hipoclorito de sodio

Se tienen 40 litros de una solución de hipoclorito de sodio al 7.5% (0.075) y se requiere preparar con ella otra solución de concentración 2% (0.02). ¿Cuánto de agua se debe agregar?

$$Vd = \frac{0.075 \times 40}{0.02} - 40 = 110 \text{ litros}$$

Ejemplo 2. Hipoclorito de calcio

Si se dispone de 1.2 kg de hipoclorito de calcio al 70% (0.7) y se desea obtener una solución para dosificar con concentración de 2% (0.02). ¿Cuánto de agua se deberá usar?

$$Vd = \frac{0.7 \times 1.2}{0.02} = 42 \text{ litros}$$

4.5.3. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

La calibración de la dosificación depende de tres factores:

- √ Las características físicas del producto a emplear: gaseoso, líquido o sólido.
- √ La dosis de cloro necesaria para obtener la concentración de cloro residual esperada en el extremo de la red.
- √ El caudal del agua a desinfectar.

Dado el caso en donde se utilicen cloradores para gas o bombas dosificadoras para solución líquida, es necesario regular estos sistemas de manera manual o automática. A continuación, se resume el método de calibración que deberá emplearse en función al dosificador.

METODOLOGÍA	DOSIFICADORES DE CLORO	
	CLORADORES PARA CLORO GASEOSO	BOMBA DOSIFICADORA DE SOLUCIÓN LÍQUIDA
DESCRIPCIÓN	Los cloradores de gas disponen de un rotámetro o dispositivo de medición que permite la calibración del equipo. Sin embargo, la mejor manera de determinar la tasa real de cloro gas es a través de la variación del peso de los cilindros. Por lo tanto, es obligatorio el uso de balanzas apropiadas que permitan determinar el consumo durante el tiempo.	Para determinar la cantidad de hipoclorito de solución, se emplea la misma ecuación utilizada para determinar la cantidad de agua de disolución.
FÓRMULA PARA CALCULAR LA DOSIS	$M = D\ X\ Q$ Donde: M (g Cl/h) = Cantidad de cloro a dosificar D (g Cl/m^3) = Dosis de cloro Q (m^3/h) = Caudal del agua a tratar	$M = \frac{(D\ X\ Q)}{C}$ Donde: M (l/h) = Cantidad de cloro a dosificar D (mg/l) = Dosis de cloro Q (l/h) = Caudal del agua a tratar C (mg/l) = Concentración de la solución

Tabla 3:
Cálculo de la cantidad de cloro a dosificar.
Fuente: CEA Jalisco, 2013.

a) Puesta en marcha del sistema de cloro gas

Paso 1: Encender las bombas que derivan el agua residual de la cámara de contacto hacia la estación de inyección de cloro gas.

Figura 44:
Bombas de alimentación a la estación de cloro gas. Fuente: Imagen del autor.

Paso 2: Abrir la válvula del tanque de cloro gas.

Figura 45:
Apertura de la válvula del tanque de cloro gas.
Fuente: Imagen del autor.

Paso 3: Regular el rotámetro según la cantidad de cloro que se requiera, por ejemplo entre 4 a 8 kg/h, y verificar la inyección de cloro gas. Al mismo tiempo verificar la presión de trabajo que se indica en el instrumento de medición – barómetro.

Figura 46:
Regulación de la cantidad de cloro.
Fuente: Imagen del autor.

Figura 47:
Inyección de cloro gas.
Fuente: Imagen del autor.

Paso 4: Verificar la concentración de cloro residual en la cámara de contacto después de que haya transcurrido como mínimo 30 minutos.

Ejemplo 3. Cloración con cloro gaseoso

Si se establece la dosis de cloro de 4 g Cl/m^3 en una cámara de contacto de 1000 m^3/h, se tendrá un gasto de M=4 x 1000=4000 g $\frac{CL}{h}$=4 kg $\frac{CL}{h}$ =96 kg Cl/d

En el caso de que se utilicen cilindros de cloro gas de 1000 kg, se podrá atender el suministro bajo esta dosis de cloro durante 1000 / 96 = 10 días.

b) Puesta en marcha del sistema de solución de cloro líquido

Paso 1: Verificar que el tanque de cloro tenga la suficiente cantidad de cloro para el proceso.

Paso 2: Encender la bomba de dosificación y realizar la purga de aire para evitar problemas de dosificación.

Paso 3: Realizar retiro de natas que puedan provocar problemas de circulación del agua residual dentro de la cámara de contacto.

Paso 4: Verificar la concentración de cloro residual libre a la salida de la cámara de contacto después de 30 minutos.

Comprobar el estado de las bombas dosificadoras y verificar que el caudal de dosificación sea el indicado al del manual de operaciones, para esto se efectúa una prueba de calibración, para lo cual la válvula de descarga se coloca dentro de una probeta de por ejemplo 250 ml y se procede a su llenado. Es aquí en donde se mide el tiempo en el que se llena esta probeta para poder calcular el caudal de dosificación expresado en l/min o ml/min.

Figura 48:
Calibración del caudal de dosificación. Fuente: Imagen del autor.

Ejemplo 4. Verificación del caudal de dosificación

Si la probeta de 250 ml se llena en 7.5 min corroborar el caudal de dosificación del ejemplo 5 que deberá inyectar la bomba de dosificación.

Q = 250 ml/ 7.5 min = 33.3 ml/ min x 60min /h x 1l/1000 ml = 2 l/h ¡Caudal correcto!

Ejemplo 5. Cloración con cloro líquido

Desde una solución de hipoclorito al 2% se requiere aplicar una dosis de cloro equivalente a 4 mg/l a un caudal de 10 000 l/h de agua residual. ¿Qué caudal de dosificación deberá producir la bomba de inyección?

$$M = \frac{4\ \frac{mg}{l}\ x\ 10000\ l/h}{2\ x\ 10000\ mg/l} = 2l/h$$

Figura 49:
Dosificación de hipoclorito de sodio.
Fuente: Imagen del autor.

4.6. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

Mes: Año

1) CONTROL DE LA CLORACIÓN

Fecha	Hora	Cloración gas			Cloro líquido			
		Cantidad de cloro (g Cl/h)	Dosis de cloro (g Cl/m³)	Caudal (m³/h)	Concentración de la solución %	Dosis de cloro (mg/l)	Caudal de dosificación	Caudal (m³/h)

2) CONTROL DE INCIDENCIAS: MARCAR SÍ/NO

¿Se han retirado las natas de la cámara de contacto?	NO		SÍ	
¿Dejó de dosificar la bomba de hipoclorito de sodio?	NO		SÍ	
¿Presenta otro tipo de problemas la bomba dosificadora?	NO		SÍ	
¿Se limpiaron los accesorios de la bomba?	NO		SÍ	

3) OBSERVACIONES _____

_____

_____

_____ Lugar

_____ Firma

4.7. BIBLIOGRAFÍA

- Baumgart, H.-C., Fischer, M., Loy, H.(2011). Handbuch für Umwelttechnische Berufe. (9a ed.) F. Hirthammer Verlag GmbH (pp 171-268).
- Charpentier J. (2014). Tratamiento de aguas residuales con lodos activados. Delegación de la Comisión Europea en Argentina (pp 4-66).
- Marín Ocampo, A. Osés Pérez, M. (2013). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados (tomo 1). Jalisco: Arturo Nelson Villarreal.
- Heinrich, K. & Heinrich, S. (2008). Klein Kläranlagen Handbuch.Mironde Verlag (pp 82-91).
- Mackenzie, L.D. (2011). Water and Wastewater Engineering. McGraw Hill International Edition.

HYUNDAI
HY50

5 OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS AVANZADOS DE TRATAMIENTO DE LODOS

5.	**OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS AVANZADOS DE TRATAMIENTO DE LODOS**	**66**
5.1	OBJETIVO GENERAL	67
5.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	67
5.3	CONCEPTOS BÁSICOS FÍSICO-QUÍMICOS	67
5.3.1	MATERIA SECA	67
5.3.2	SÓLIDOS VOLÁTILES	68
5.3.3	HUMEDAD	68
5.3.4	FLOCULANTE	68
5.3.5	FLOCULACIÓN	68
5.4	AUTOMATIZACIÓN Y SCADA	68
5.5	PROCESOS DE TRATAMIENTO TERCIARIO	68
5.5.1	SISTEMA DE DESAGUADO DE LODOS	68
5.6	OPERACIÓN DEL SISTEMA DE DESHIDRATACIÓN DE LODOS	69
5.6.1	PREPARACIÓN DE POLÍMERO	69
5.6.2	INYECCIÓN DE POLÍMERO	70
5.6.3	ACONDICIONAMIENTO DEL FILTRO PRENSA	70
5.6.4	ALIMENTACIÓN DE LODO	71
5.6.5	DESHIDRATACIÓN DE LODO	72
5.6.6	RETIRO DE LODO	73
5.6.7	ACTIVIDADES DE LIMPIEZA Y DISPOSICIÓN FINAL	74
5.7	MUESTREO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	74
5.7.1	SÓLIDOS SEDIMENTABLES	74
5.7.2	MATERIA SECA	75
5.7.3	SÓLIDOS VOLATILES	75
5.7.4	ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE LODOS	76
5.8	FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA	77
5.9	BIBLIOGRAFÍA	78

5. OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS AVANZADOS DE TRATAMIENTO DE LODOS

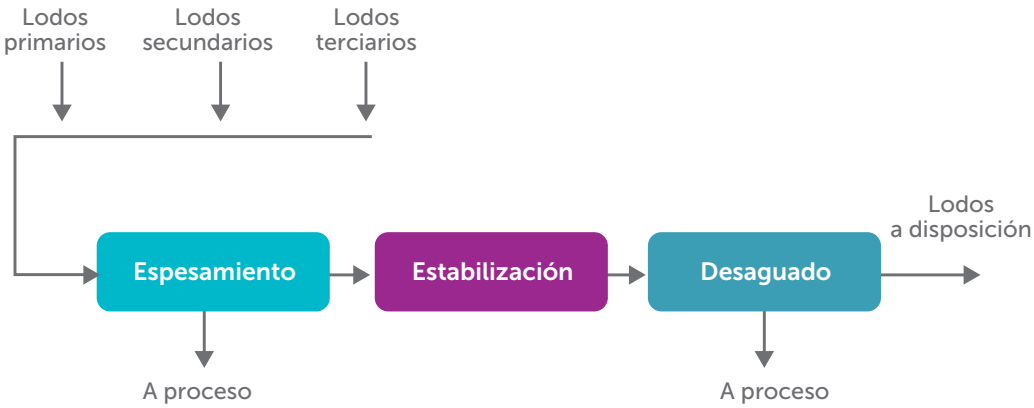


Figura 50:
Flujo de proceso-Tratamiento de lodos. Fuente: CEA Jalisco, 2013.

5.1. OBJETIVO GENERAL

La deshidratación de fangos tiene como objetivo disminuir el contenido de agua de los fangos, lo cual disminuye el volumen de los lodos para el transporte y pueden ser manejables.

5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Reconocer las características típicas de operación del filtro prensa considerando aspectos técnicos que involucran el acondicionamiento del lodo, la deshidratación y la disposición final de lodos deshidratados.

5.3. CONCEPTOS BÁSICOS FÍSICO-QUÍMICOS

5.3.1. MATERIA SECA

El contenido de materia seca se expresa en kg/m^3 o g/l y describe el contenido de sólidos de una muestra de lodo que inicialmente se ha secado. El contenido de materia seca de los lodos varía mucho dependiendo de la

etapa del proceso de depuración. En el caso de lodos provenientes de un proceso aerobio de lodos activados, el porcentaje de materia seca es de 0.7%.

5.3.2. SÓLIDOS VOLÁTILES

Los sólidos volátiles describen en simples palabras el contenido de materia orgánica presente en la materia seca. Esta varía entre el 60 a 80% en una muestra de lodo crudo.

5.3.3. HUMEDAD

Los lodos son suspensiones que están compuestos en su gran mayoría por agua en un porcentaje > 90%.

5.3.4. FLOCULANTE

Es un agente químico utilizado para promover la formación de flóculos de lodos, de tal manera que se pueda facilitar el deshidratado de estos en un filtro prensa.

Los productos según su nomenclatura química son: sulfato de aluminio, sulfato de hierro, cloruro de hierro.

5.3.5. FLOCULACIÓN

Es la formación de flóculos con ayuda de la aplicación de un agente químico (floculante).

5.4. AUTOMATIZACIÓN Y SCADA

SCADA, acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition, es un software herramienta que se emplea en computadoras y que permite controlar y supervisar procesos industriales de manera general a distancia. Facilita la capacidad de reacción frente a posibles problemas y, de esta manera, poder controlar los procesos de manera eficiente.

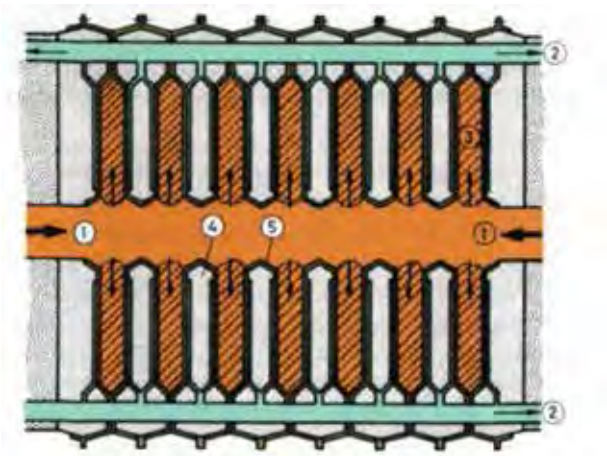
5.5. PROCESOS DE TRATAMIENTO TERCIARIO

5.5.1. SISTEMA DE DESAGUADO DE LODOS

El filtro prensa está diseñado para prensar el lodo en una base de operación "batch" por ciclos. Durante esta operación de deshidratación mecánica se somete al lodo a un proceso de compresión neumática con el fin de descartar el mayor contenido de agua del lodo y así mismo reducir el volumen de descarte de lodo. El filtro prensa de membrana es un tamiz microscópico fino a través del cual se presionan soluciones pastosas; bajo determinada presión los líquidos pasan detrás de las lonas y retienen las partículas sólidas. Los líquidos filtrados son evacuados por los grifos de cada plato o por la tubería al final del filtro. Al final del proceso, el lodo desaguado contiene aproximadamente entre 60% y 80% de humedad, esto depende del preacondicionamiento al que se ha sometido el lodo. El sistema de desaguado consta de un tanque agitador para la preparación de floculante, el cual se elabora a una concentración de 1% (variable). De esta unidad se inyectará la solución de floculante

por medio de una bomba neumática (activada por un compresor) hacia un segundo tanque agitador en donde se mezclará el lodo con la solución de floculante. Por medio de una bomba se alimentará lodo desde este segundo tanque hasta el filtro prensa, el cual previamente ha sido energizado y acondicionado a una determinada presión de trabajo (compresión de placas). Una vez que el lodo ingresa al filtro prensa se abre una válvula que inyecta aire a presión con el fin de acelerar el desaguado. El agua discurre por la parte inferior del filtro prensa y los lodos "en forma de torta" son retirados para su disposición final.

El proceso de separación se desarrolla por medio de la compresión que ejecutan las placas entre sí juntamente con las membranas que facilitan la hermeticidad del sistema. La torta de lodos queda retenida entre placa-membrana y el agua extraída desagua tanto por arriba como por abajo del filtro prensa. La figura 51 describe el principio de funcionamiento.



1 Alimentación de lodo
2 Agua extraída
3 Torta de lodo
4 Capas del filtro
5 Membranas del filtro

Figura 51:
Principio de funcionamiento -Filtro prensa.
Fuente: Adaptado de Baumgart et al., 2011.

5.6. OPERACIÓN DEL SISTEMA DE DESHIDRATACIÓN DE LODOS

Antes de iniciar el desaguado de lodos, estos se deben acondicionar con una mezcla de cloruro férrico y cal "Eisen Kalk Verfahren". Para explicar esta metodología, es necesario tener en cuenta que, según el tipo de lodo y de tecnología existente, este presentará variaciones en su dosificación y manejo de proceso. La dosificación de los químicos se realiza por separado y de manera consecutiva a un tanque de lodos con una agitación correspondiente. Luego de un determinado tiempo, se da inicio a la alimentación del lodo hacia el filtro prensa por medio de una bomba de neumática de tornillo la cual se activa por medio de un compresor. El desaguado de lodos dura alrededor de 3 a 4 horas y luego de este proceso se retiran los lodos para su disposición final.

5.6.1. PREPARACIÓN DE POLÍMERO

- √ Se prepara una solución de polímero que varía entre el 0.1% y 0.3% en un tanque de mezcla.
- √ Como referencia disolver 3 g de polímero por cada litro de agua para obtener una solución al 0.3%. Si se tiene un tanque de 1 m3 de capacidad se debe disolver 3 kg. de polímero.
- √ Luego agitar y homogenizar la solución.

Figura 52:
Tanque de preparación de solución de polímero.
Fuente: Imagen del autor.

5.6.2. INYECCIÓN DE POLÍMERO

- √ La solución de polímero debe ser inyectada a un segundo tanque en donde el lodo pueda mezclarse con el polímero.
- √ Para dosificar la solución de polímero al 0.2%, esta se debe realizar a razón de 200 ml por cada 1 m3 de lodo (este dato es referencial y puede variar según las condiciones reales de cada estación). Previo a esta operación se debe verificar mediante un ensayo volumétrico rápido, el caudal de dosificación indicado con la ayuda de una probeta y cronómetro (ver capítulo de cloración). Con fines de mejorar la operación de desaguado se recomienda aplicar hidróxido de calcio a razón de 1 a 5%.

Figura 53:
Sistema de inyección de polímero. Fuente: Imagen del autor.

5.6.3. ACONDICIONAMIENTO DEL FILTRO PRENSA

Previo a la operación del filtro prensa, se deben realizar algunas operaciones de preacondicionamiento de esta unidad, las cuales son:

- √ Energizar el filtro prensa-Botón ON.
- √ Juntar las placas y cerrar el filtro hasta alcanzar una presión máxima de 200 bar.

Figura 54:
Encendido del filtro prensa.
Fuente: Imagen del autor.

Figura 55:
Presión de trabajo óptima.
Fuente: Imagen del autor.

Figura 56:
Filtro prensa. Fuente: Imagen del autor.

5.6.4. ALIMENTACIÓN DE LODO

Antes de alimentar lodo al filtro prensa se deben asegurar ciertas condiciones de operación:

- √ Drenar el agua sobrenadante del tanque de mezcla del lodo con el floculante. Para facilitar esta operación se hace uso de un visor para asegurar el transporte del lodo (figura 57).
- √ Asegurar la presión de trabajo del compresor, la cual debe mantenerse en 150 PSI (figura 58).
- √ Verificar la presión de operación de la bomba de alimentación, en este caso puntual es de 7.5 bar.

Figura 57:
Visor de nivel. Fuente: Imagen del autor.

Figura 58:
Verificación de la presión del compresor.
Fuente: Imagen del autor.

Figura 59:
Verificar la presión de trabajo de la bomba.
Fuente: Imagen del autor.

Figura 60:
Verificar la presión del compresor.
Fuente: Imagen del autor.

5.6.5. DESHIDRATACIÓN DE LODO

Previo acondicionamiento del filtro prensa descrito en el punto 5.6.3 se realizarán las siguientes operaciones:

- √ Abrir válvula de alimentación de lodo (llave roja) y cerrar válvula de ingreso de aire (llave azul) (figura 61).
- √ Alimentación de lodo entre 15 a 20 minutos.
- √ Cerrar válvula de alimentación de lodo y abrir válvula de inyección de aire (figura 62).
- √ Desaguar el agua de la torta de lodo (figura 63).

Figura 61:
Alimentación de lodo.
Fuente: Imagen del autor.

Figura 62:
Inyección de aire.
Fuente: Imagen del autor.

Figura 63:
Desaguado de lodo. Fuente: Imagen del autor.

5.6.6. RETIRO DE LODO

Una vez que se haya paralizado el goteo del agua proveniente de la compresión de los cojines se procede a apagar el filtro prensa y a realizar las siguientes operaciones con el fin de retirar el lodo deshidratado.

- √ Descompresión de las capas de membranas cojines.
- √ Retiro de lodo (con un porcentaje de humedad del 70%, aproximadamente).

Figura 64:
Retiro de lodo. Fuente: Baumgart et al., 2011.

5.6.7. ACTIVIDADES DE LIMPIEZA Y DISPOSICIÓN FINAL

- √ Retiro de las tortas de lodo y almacenamiento en recipientes especiales.
- √ Disposición final de lodos en depósitos para residuos orgánicos.
- √ Programación de recojo de estos residuos por parte de una empresa prestadora de servicios de residuos sólidos (EPS-RS).

Figura 65:
Extracción y disposición de lodos. Fuente: Imágenes del autor.

5.7. MUESTREO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

5.7.1. SÓLIDOS SEDIMENTABLES

Los sólidos sedimentables tienen la característica de asentarse en el fondo de un recipiente durante un tiempo de dos horas. Para su medición se utiliza el cono Imhoff y describe el siguiente procedimiento:

- √ Agitar bien la muestra. Llenar el cono Imhoff hasta la marca de 1L.
- √ Sedimentar hasta 120 minutos.
- √ Registrar el volumen en la captura de datos.

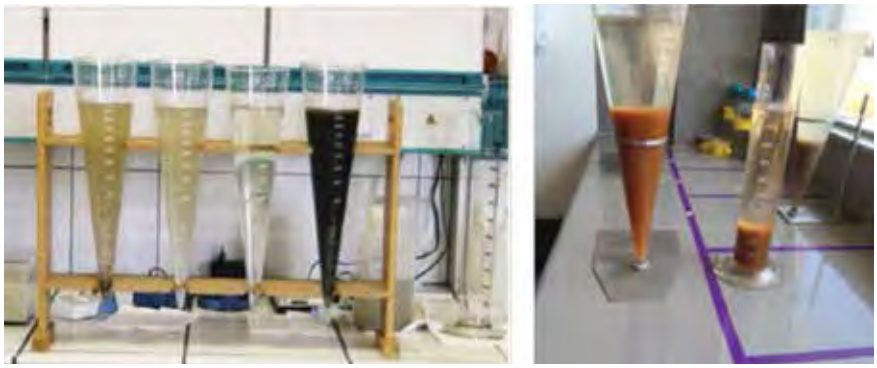


Figura 66:
Ensayo de sólidos sedimentables. Extracción y disposición de lodo. Fuente: Baumgart et al., 2011 (Derecha). Fuente: Imagen del autor (Izquierda).

5.7.2. MATERIA SECA

La materia seca describe la concentración de la biomasa en lodo. Su unidad de expresión es g/l o mg/l.

- √ Tomar una muestra de lodos y dejar en reposo en una probeta.
- √ Después de unas horas de espesamiento en la probeta, retirar el agua clarificada y proceder a la filtración del lodo.
- √ Realizar la filtración con la ayuda de una bomba generadora de vacío. Previo a esto haber secado a 105° C en la estufa y pesado el filtro de celulosa.
- √ Retirar el filtro con la muestra de lodo y colocarlo en la estufa durante un tiempo de 12 horas a 105 °C, luego de este periodo de secado, retirar la muestra y colocarlo en la campana desecadora, luego de este periodo de enfriamiento pesar la muestra.
- √ Calcular la materia seca del lodo en g/l.

$$\text{Materia seca} \left(\frac{g}{l} \right) = \frac{\text{Filtro vacio + materia seca (g)}}{\text{Volumen de lodo filtrado (ml)}} \times 1000 \ \frac{ml}{l}$$

Nota: Revisar procedimiento de determinación de materia seca detalladamente.

Figura 67:
Ensayo de materia seca. Fuente: Baumgart et al., 2011.

5.7.3. SÓLIDOS VOLÁTILES

Los sólidos volátiles expresan una parte de la materia seca que es orgánica y capaz de volatilizar bajo incineración de la muestra de lodo sometida a 550 °C por una lapso de una hora. La diferencia entre la materia seca, punto 5.7.2, y las cenizas que quedan después de incinerar la muestra resulta en sólidos volátiles. En la práctica se determina el porcentaje de cenizas y sólidos volátiles de la siguiente manera:

- √ Después de determinar el contenido de materia seca, se retira el filtro con la muestra de lodo seca.
- √ Determinar el peso de lodo mediante la diferencia entre un filtro con lodo menos un filtro vacío.
- √ Colocar la muestra con el filtro en un crisol e incinerar a 500 °C por 60 minutos en la mufla.
- √ Luego de la incineración, pesar la ceniza con el crisol y restar el peso del crisol vacío.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{crisol + cenizas (g) - crisol vacío (g)}}{\text{filtro + materia seca (g) - filtro vacío}} * 100$$

$$\% \text{ Sólidos volátiles} = 100 - \% \text{ Cenizas}$$

5.7.4. ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE LODOS

El índice volumétrico de lodos (IVL) es un indicador de las características de sedimentabilidad del lodo producido en el tratamiento. Este se calcula mediante el cociente entre el resultado del ensayo del cono Imhoff (tiempo de 30 minutos, en ml/l) y la concentración de sólidos suspendidos (g/l). Este valor expresa el volumen en cm^3 o ml que ocupa 1 g de TSS de lodo después de 30 minutos de sedimentación. Lodos activados sin la presencia de bacterias filamentosas presentan un IVL de entre 50 y 100 cm^3/g de TSS.

Figura 68:
Ensayo de sedimentabilidad.
Fuente: Metcalf & Eddy, 2004.

$$IVL\left(\frac{ml}{g}\right) = \frac{Vs\left(\frac{ml}{l}\right)}{\text{sólidos suspendidos}\left(\frac{g}{l}\right)}$$

5.8. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

Mes: Año

1) DESHIDRATACIÓN DE LODOS

Fecha	Días de operación						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

2) PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL FILTRO PRENSA

Hora	Concentración de Polímero %	Presión del Compresor (psi)	Presión de la bomba de alimentación (psi)	Presión de operación del Filtro Prensa (psi)

3) CONTROL DE INCIDENCIA: MARCA SÍ/NO

¿Se ha dosificado polímero?	NO	☐	SÍ	☐
¿Presenta problemas de agitación el tanque de alimentación?	NO	☐	SÍ	☐
¿La presión del compresor fue la adecuada?	NO	☐	SÍ	☐
¿Se ha presentado algún tipo de atoro?	NO	☐	SÍ	☐
¿La bomba de alimentación funciona en óptimas condiciones?	NO	☐	SÍ	☐

4) OBSERVACIONES _____

_____

_____

_____ Lugar

_____ Firma

5.9. BIBLIOGRAFÍA

- Baumgart, H.-C., Fischer, M., Loy, H. (2011). Handbuch für Umwelttechnische Berufe. (9a ed.) F. Hirthammer Verlag GmbH (pp 171-268).
- Charpentier J. (2014). Tratamiento de aguas residuales con lodos activados. Delegación de la Comisión Europea en Argentina (pp 4-66).
- Marín Ocampo, A. Osés Pérez, M. (2013). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados (tomo 1). Jalisco: Arturo Nelson Villarreal.
- Heinrich, K. & Heinrich, S. (2008). Klein Kläranlagen Handbuch. Mironde Verlag (pp 82-91).
- Mackenzie, L.D. (2011). Water and Wastewater Engineering. McGraw Hill International Edition.
- Metcalf & Eddy (2004), Wastewater Engineering. Treatment and Reuse. McGraw Hill.

WTW
OxiTop® IS 12
WTW
OxiTop® Box
FACTOR
VOLUME (ml)

6 SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

6.	**SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**	**80**
6.1	OBJETIVOS	**81**
6.2	TIPOS DE EPP INDIVIDUALES Y COLECTIVOS	**81**
6.3	EVALUACIÓN DE CONDICIONES INSEGURAS EN EL TRABAJO	**82**
6.4	RIESGOS Y DAÑOS	**83**
6.5	PRINCIPALES PROBLEMAS DE SALUD	**84**
6.6	BIBLIOGRAFÍA	**84**

6. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

6.1. OBJETIVOS

El potencial riesgo a la salud que involucran los trabajos en el área del agua residual no puede ser dejado de lado. Controles médicos, vacunas, así como la disminución del riesgo por accidentes de trabajo y seguridad en el trabajo deben ser parte de las políticas de prevención que la entidad laboral debe implementar y practicar, en cumplimiento de la normativa legal vigente, Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y su Reglamento. Por ello, el personal que labora en la PTAR debe estar consciente de las medidas de salubridad para poder disminuir el riesgo de contagio por microorganismos patógenos, como también de los protocolos para realizar las diferentes actividades en las estaciones de tratamiento de agua residual.

6.2. TIPOS DE EPP INDIVIDUALES Y COLECTIVOS

Los equipos de protección personal son de uso obligatorio durante las actividades a desarrollar dentro de las plantas de tratamiento de agua residual. El uso de los equipos de protección personales evita el contacto del personal con agentes patógenos, así también ofrece protección contra el frío y posibles riesgos químicos y mecánicos. El personal operario de una PTAR debe tener a disposición los siguientes materiales:

- √ Pantalón de seguridad
- √ Guantes de seguridad
- √ Casco de seguridad
- √ Mascarilla de gases y de cloro gas
- √ Arnés de seguridad
- √ Lentes
- √ Zapatos de seguridad
- √ Protector auditivo

Figura 69:
Equipos de protección personal. Fuente: Baumgart et al., 2011.

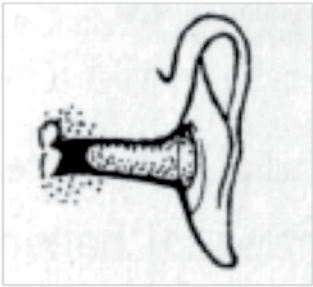


Figura 70:
Protección auditiva. Fuente: Baumgart et al., 2011.

6.3. EVALUACIÓN DE CONDICIONES INSEGURAS EN EL TRABAJO

ÁREA	CONDICIONES INSEGURAS	ACCIÓN PREVENTIVA
Pretratamiento (rejas, desarenador, etc.)	Retiro de residuos de forma manual sin el uso de herramientas.	Uso de herramientas como rastrillos, palanas, etc.
Reactor MBBR	Retiro de material de relleno. Medición de parámetros de calidad del agua residual.	Construcción de cercos de seguridad. Uso de chaleco salvavidas. Uso de botes salvavidas.
Cloración	Preparación y dosificación de soluciones líquidas. Inyección de cloro gas.	Uso de EPP. Uso de máscaras de respiración. Uso de duchas de emergencia.
Tratamiento de lodos	Exposición directa con lodos crudos.	Uso de EPP.

Tabla 4:
Evaluación de condiciones inseguras.
Fuente: Adaptado de CEA Jalisco, 2013.

6.4. RIESGOS Y DAÑOS

RIESGO	ORIGEN	PREVENCIÓN
Infecciones	**Inhalación de patógenos:** • Contacto de patógenos con piel, ojos, boca	**Uso de equipo:** • Máscaras protectoras y lentes, guantes de látex, tapabocas desechables
Daño físico	**Caídas y resbalones:** • Movimiento de maquinarias • Levantar jalar o empujar de forma impropia • Ahogamiento	**Instalaciones adecuadas:** • Protecciones circundantes • Instalación de barandales **Utilización de equipo de seguridad:** • Fajas, arnés, chaleco salvavidas
Espacio confinado	• Acceso y salidas limitadas • Ventilación pobre • No apto para ser ocupado por trabajadores	• Utilización de arnés • Ventilación y medición de gases • Evitar estancias prolongadas • Uso de chaleco salvavidas
Espacio con deficiencia de oxígeno	• Reacciones químicas • Ventilación limitada • Alta temperatura, humedad	• Utilización de arnés • Ventilación y medición de gases • Evitar estancias prolongadas • Uso de chaleco salvavidas
Exposición a químicos y gases tóxicos	• Químicos • Reacciones químicas • Laboratorio • Carencia de ventilación	• Máscaras protectoras • Equipo de respiración autónoma • Guantes de látex
Fuego	• Almacenamiento inadecuado de materiales • Junto a una fuente de ignición	• Correcta ubicación de extintores • Evitar fuentes de ignición
Descargas eléctricas	• Equipo defectuoso • Aislamiento insuficiente • Corto circuito • Servicio no calificado	• Conectar a tierra todo equipo • Uso de guantes apropiados • Uso de botas dieléctricas • Un tapete de hule es un factor de seguridad
Ruidos	• Emitido por el equipo • Amplificación por espacio confinado	• Utilización de protectores auditivos • Evitar estancias prolongadas en el área

Tabla 5:
Riesgos y daños. Fuente: Adaptado de CEA Jalisco, 2013.

6.5. PRINCIPALES PROBLEMAS DE SALUD

El agua residual doméstica contiene por encima de un millón de bacterias que en su mayoría no son dañinas para el hombre por cada mililitro de muestra. Los grupos más importantes de bacterias a nombrar son los siguientes:

- √ Bacterias patógenas: Estas pueden originar
  - √ Salmonella
  - √ Tétano
  - √ Tuberculosis
- √ Virus:
  - √ Poliomielitis
  - √ Gripe porcina
  - √ Hepatitis

  Se ha demostrado que el virus de HIV no se trasmite por medio del agua residual.
- √ Gusanos

Figura 71:
Examen médico ocupacional. Fuente: Baumgart et al., 2011.

6.6. BIBLIOGRAFÍA

- Baumgart, H.-C., Fischer, M., Loy, H. (2011). Handbuch für Umwelttechnische Berufe. (9a ed.) F. Hirthammer Verlag GmbH (pp 171-268).
- Marín Ocampo, A. Osés Pérez, M. (2013). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados (tomo 1). Jalisco: Arturo Nelson Villarreal.

ZONA DE
SEDIMENTACION
ZONA DE FILTRADO

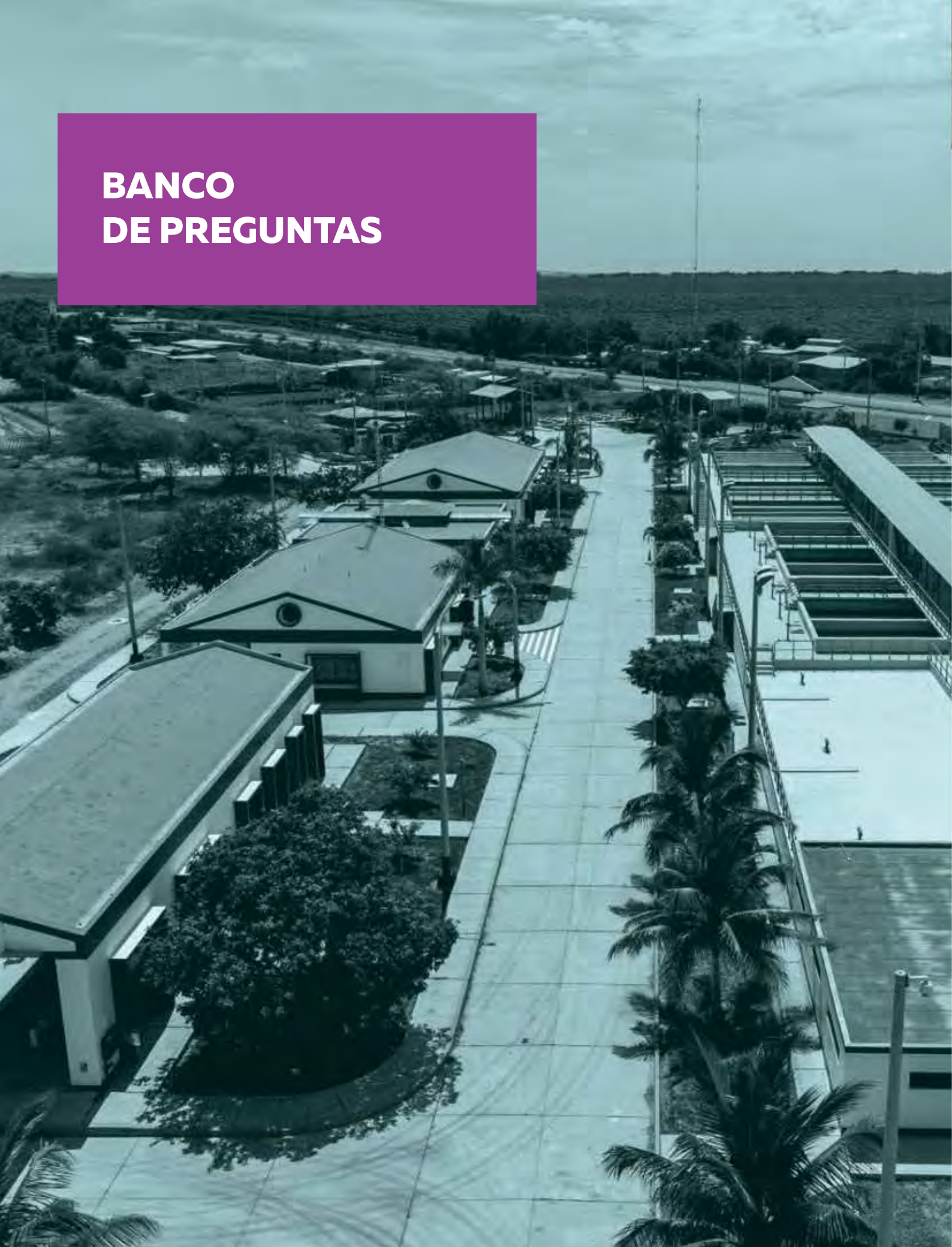
BANCO DE PREGUNTAS

GUÍA DE CAPACITACIÓN EC2

Estándar de Competencia 2 (EC2): Ejecutar las operaciones y procesos avanzados en el tratamiento de agua residual, controlando los parámetros de operación que aseguren la calidad del efluente final, de acuerdo con el manual de operaciones y cumpliendo con la normatividad vigente.

PERFIL OCUPACIONAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

BANCO DE PREGUNTAS



BANCO DE PREGUNTAS TRATAMIENTO EC2

1. Las rejas mecanizadas funcionan con relación a:

a) El caudal de ingreso a la planta de tratamiento
b) El grado de colmatación de las rejas
c) El sensor de oxígeno disuelto
d) El nivel del manto de lodos

2. Señale la afirmación correcta:

a) Rejas finas con luz de malla < 0.5 cm
b) Rejas gruesas con luz de malla de 1-10 cm
c) Rejas semifinas con luz de malla de 0.8 cm a 1 cm
d) Rejas gruesas con luz de malla de 2 a 10 cm

3. La empresa encargada de la disposición de residuos sólidos es:

a) Municipalidad
b) SUNASS
c) OEFA
d) EPS-RS

4. Concepto básico de DBO5:

a) Nivel de turbidez del agua
b) Materia inorgánica oxidable
c) Materia orgánica biodegradable
d) Materia orgánica químicamente oxidable

5. Tipo de caudalímetro de lectura directa usado comúnmente en una planta de tratamiento:

a) Ultrasónico
b) Vertedero
c) Magnéticos
d) De vórtice

6. Unidades de caudal:

a) Litros por microsegundo
b) Metros cúbicos por hectárea
c) Litros por minuto
d) Metros cuadrados por día

7. Los procesos: MBBR, lodos activados, lagunas aireadas son estrictamente:

a) Facultativos
b) Anóxicos
c) Anaerobios
d) Aerobios

8. Parámetros fundamentales en un proceso de tratamiento biológico:

a) pH
b) Aves
c) Natas
d) Lluvia

9. Característica de una aireación forzada:

a) Generada por el viento
b) Generada por fuertes condiciones climáticas
c) Generada por sopladores
d) Generada por turbinas

10. Característica de la aireación natural:

a) Generada por el viento
b) Generada por fuertes condiciones climáticas
c) Generada por turbinas
d) Generada por sopladores

11. Un sistema de lodos activados se caracteriza por:

a) Biomasa suspendida
b) Niveles de oxígeno por debajo de 8 mg/l
c) Recirculación de natas
d) Aireación natural

12. Indicadores de un buen funcionamiento de un sistema MBBR:

a) Biopelícula adherida en el material de relleno
b) Presencia de aves
c) Presencia de oxígeno disuelto < 1mg/l
d) Turbulencia exagerada

13. A qué se denomina el término “Carrier”:

a) Piedra pómez
b) Demanda bioquímica de oxígeno
c) Arena
d) Cuerpos geométricos de PE

14. Durante la operación de sopladores se distinguen principalmente los siguientes parámetros:

a) Presión de trabajo (PSI)
b) Temperatura
c) Flujo de aire
d) Presión de trabajo (bar)
e) Todas las anteriores

15. Una inspección óptica del estado de los Carrier ayuda a:

a) Evaluar el grado de saturación de oxígeno
b) Evaluar el grado de desarrollo de biopelículas
c) Evaluar el grado de crecimiento de gusanos
d) Oler a lodo

16. La turbulencia dentro del sistema MBBR se puede controlar mediante:

a) Retiro de espumas
b) Purga de lodos
c) Ajuste de la frecuencia del motor del soplador
d) Regulación de la válvula en la línea de inyección de cloro

17. Es una operación básica en un sistema MBBR:

a) Retiro de espumas
b) Purga de lodos
c) Cloración
d) Inspección óptica de Carrier

18. Señale la afirmación incorrecta en el sistema de lodos activados:

a) Aireación forzada-Lodo activado
b) Sedimentador secundario-Lodo activado
c) Evaluación de Carrier-Lodo activado
d) Purga de lodos-Lodo activado
e) Medición de oxígeno disuelto-Lodo activado

19. Unidad de expresión del parámetro oxígeno disuelto:

a) ppm
b) p/v
c) g/l
d) mg/l

20. El valor de pH en un sistema biológico está dentro de los siguientes rangos:

a) 2.5-3.5
b) 6.5-8
c) 4.5-8
d) 10-12

21. Qué es una biopelícula:

a) Conjunto de larvas
b) Moho
c) Conjunto de microorganismos
d) Conjunto de microorganismos patógenos
e) Conjunto de gusanos

22. Procesos que comúnmente poseen aireadores superficiales:

a) MBBR
b) Filtro percolador
c) Laguna con aireación forzada
d) Lodo activado
e) Tanque Imhoff

23. Es una característica del ensayo en el cono Imhoff:

a) Observar flóculos sedimentados en 30 minutos
b) Observar larvas que sedimentan en 2 horas
c) Medir volumen sedimentado de biomasa durante 2 horas
d) Observar material de relleno
e) Ninguna de las anteriores

24. El material de relleno comúnmente utilizado en un reactor MBBR es de:

a) Cartón prensado
b) Arena gruesa
c) Piedra caliza
d) Piedra pómez
e) Polietileno de baja densidad

25. La temperatura ideal para un tratamiento biológico debería estar entre:

a) 0 °C-10 °C
b) 12 °C-15 °C
c) 20 °C-30 °C
d) 40 °C- 50 °C

26. La desinfección de aguas residuales se realiza con el fin de:

a) Eliminar el DBO5
b) Eliminar el DQO
c) Bajar la turbidez del agua residual
d) Eliminar microorganismos patógenos

27. Agente químico en presentación granulada utilizado para la desinfección de aguas residuales:

a) Lejía
b) Hipoclorito de sodio
c) Hipoclorito de calcio
d) Detergente comercial
e) Soda cáustica

28. Unidad en donde se realiza la desinfección:

a) Filtro percolador
b) Laguna de oxidación
c) Cámara de contacto
d) Cámara de rejas
e) Desarenador

29. Proceso de desinfección utilizado en sistemas modernos de tratamiento:

a) Cloración con cloro
b) Ultravioleta
c) Cloración con lejía
d) Homogenización
e) Pasteurización

30. Presentación comercial para tratamiento de aguas residuales de hipoclorito de sodio:

a) Sólido al 79%
b) Líquido viscoso al 40%
c) Líquido al 7.5, 8 o 10%
d) Sólido líquido al 15%

31. Presentación comercial de hipoclorito de calcio:

a) Sólido al 79%
b) Líquido viscoso al 40%
c) Líquido al 7.5, 8 o 10%
d) Granulado entre 65%-70%
e) Ninguna de las anteriores

32. Qué reacción típica provoca la luz UV si se maneja de manera inadecuada:

a) Estornudo
b) Picazón
c) Fuerte irritación de los ojos
d) Somnolencia
e) Pereza

33. Según el D. S. 003-2010-MINAM, el LMP del parámetro pH debe ser:

a) 4-5
b) 4.5-5.5
c) 5.5-6.5
d) 6.5-7.5
e) 6.5-8.5

34. Según el D. S. 003-2010-MINAM, el LMP del parámetro DBO5 debe ser:

a) 200 mg/l
b) 250 mg/l
c) 130 mg/l
d) 150 mg/l
e) 100 mg/l

35. Tiempo de contacto mínimo para una desinfección:

a) 10-12 minutos
b) 15-17 minutos
c) 20-30 minutos
d) 25-28 minutos

36. Para realizar la cloración mediante cloro líquido se necesita:

a) Rotámetro de flujo
b) Bomba de recirculación
c) Balanza
d) Bomba dosificadora

37. Identificar los componentes de una bomba dosificadora de cloro:

a) Rotámetro-Caudalímetro
b) Válvula de silla-Válvula de asiento
c) Válvula de pie- Válvula de asiento
d) Válvula de inyección-Válvula de pie
e) Válvula de inyección- Válvula filtro

38. Si la bomba dosificadora está encendida pero no succiona ¿que podría pasar?:

a) Presencia de aire en la manguera de inyección
b) Colmatación de la válvula de pie
c) Válvula de inyección atorada.
d) Mal ajuste del anillo retén

39. Operación básica de una bomba para realizar una correcta dosificación:

a) Calibración
b) Solución de cloro
c) Pesado
d) Limpieza

40. La unidad de la dosis de cloración se registra en:

a) kg/m^3
b) mg/ml
c) ppm
d) °C

41. Equipo para el tratamiento de lodos:

a) Filtro percolador
b) Laguna aireada
c) MBBR
d) Filtro prensa

42. Opción de reaprovechamiento de los lodos:

a) Producción de cal
b) Producción de abono orgánico
c) Generación de azufre
d) Producción de estiércol

43. Tecnología básica para el tratamiento avanzado de lodos:

a) Lechos de secado
b) Secado solar
c) Deshidratación por filtro prensa
d) Secado natural

44. El objetivo de la deshidratación mecánica de lodos es:

a) Depurar la materia orgánica
b) Remover sólidos totales
c) Remover malos olores
d) Extraer el mayor porcentaje de humedad del lodo

45. Previo a la deshidratación de lodos se debe adicionar:

a) Cloro
b) Cal
c) Coagulante
d) Floculante por Polímero

46. El objetivo de la floculación de lodos es:

a) Eliminar la presencia de patógenos
b) Eliminar olores desagradables
c) Reducir el potencial de putrefacción
d) Formar pequeños flóculos de lodos

47. Para lograr la floculación de lodos se utiliza:

a) Hipoclorito de sodio
b) Hipoclorito de calcio
c) Fuego
d) Polímero aniónico

48. El principio de funcionamiento de un decantador lamelar es:

a) Coagulación
b) Floculación
c) Sedimentación por gravedad
d) Lodos activados

49. El objetivo del decantador lamelar es:

a) Aclarar el agua
b) Mejorar la turbidez
c) Desarenar
d) Atrapar grasas

50. Corresponde a una actividad dentro de la operación del filtro prensa:

a) Retiro de natas
b) Extracción de espumas
c) Adición de polímero
d) Adición de cal

51. Corresponde a una operación del clarificador de lamelas:

a) Recirculación de la sedimentación
b) Retiro de natas flotantes
c) Calentamiento de la zona
d) Fuego

52. Condición de seguridad básica para la operación de las unidades de tratamiento de cloración gas:

a) Existencia de un equipo de respiración autónoma
b) Aireadores
c) Existencia de baranda de seguridad
d) Válvula de compuerta

53. Condición insegura en la cloración:

a) Retiro de natas
b) Retiro de residuos sólidos
c) Retiro de lodos
d) Preparación de soluciones e inyección de cloro gas

54. Condición insegura durante la operación de las rejas mecanizadas:

a) Retiro de natas
b) Retiro de residuos sólidos de forma manual sin uso de herramientas
c) Retiro de lodos
d) Preparación de soluciones e inyección de cloro gas sin EPP

55. Principales problemas de salud que puede generar el contacto con agua residual:

a) Salmonella
b) Sordera
c) Fiebre
d) Apendicitis

56. La abreviatura MS significa:

a) Masa suave
b) Material sólido
c) Materia sólida
d) Materia seca

57. Tratamiento anaerobio para el tratamiento de lodos:

a) MBBR
b) Lodos activados
c) Producción de biogás
d) Compostaje

58. Parámetros de control durante la operación de sopladores:

a) Fuego
b) Acidez
c) pH y oxígeno
d) Presión y temperatura

59. Para evaluar el flujo de aire que se suministra a los reactores aerobios se utiliza:

a) Caudalímetro
b) pH Metro
c) Rotámetro
d) Multiparámetro

60. Para evaluar de manera rápida el crecimiento bacteriano en un Carrier se realiza:

a) Prueba del microscopio
b) Inspección óptica
c) Cono Imhoff
d) Medición de oxígeno disuelto

SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. b
2. d
3. d
4. c
5. a
6. c
7. d
8. a
9. c
10. a
11. a
12. a
13. d
14. e
15. b
16. c
17. d
18. c
19. d
20. b
21. c
22. c
23. c
24. e
25. c
26. d
27. c
28. c
29. b
30. c
31. d
32. c
33. e
34. e
35. c
36. d
37. d
38. b
39. a
40. c
41. d
42. b
43. c
44. d
45. d
46. d
47. d

48. c
49. a
50. c
51. b
52. a
53. d
54. b
55. a
56. d
57. c
58. d
59. c
60. b

OTASS

ORGANISMO TÉCNICO DE LA ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO

Con el apoyo de:

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implementada por
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Departamento Federal de Economía,
Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO