



PERFIL OCUPACIONAL DE RECOLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES

GUÍA DE CAPACITACIÓN EC1

Estándar de Competencia 1 (EC1): Operar las estaciones de bombeo de aguas residuales cumpliendo con la normativa vigente.

20
22



OTASS
ORGANISMO TÉCNICO DE LA ADMINISTRACIÓN DE LOS
SERVICIOS DE SANEAMIENTO

GUÍA DE CAPACITACIÓN EC1

Estándar de Competencia 1 (EC1): Operar las estaciones de bombeo de aguas residuales cumpliendo con la normativa vigente.

PERFIL OCUPACIONAL DE RECOLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES

GUÍA DE CAPACITACIÓN EC1
ESTÁNDAR DE COMPETENCIA 1 (EC1): OPERAR
LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES
CUMPLIENDO CON LA NORMATIVA 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. Carlos Boyer Flores

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. Carlos Boyer Flores

Revisión técnica

Tito Abad Suárez y Julián Gonzáles 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.º 2022-10999

Impresión

Vértice Consultores Gráficos SAC
Av. Boulevard 1040, ate

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



GUÍA DE CAPACITACIÓN EC1

Estándar de Competencia 1 (EC1): Operar las estaciones de bombeo de aguas residuales cumpliendo con la normativa vigente.

**PERFIL OCUPACIONAL DE
RECOLECCIÓN DE AGUAS
RESIDUALES**





ES OBLIGATORIO
MANTENER
SUJETADOS
LOS CILINDROS

EMPRESA S.M.

SANTANA

EMPRESA S.M.

CONTENIDO

PRÓLOGO	16
INTRODUCCIÓN	17
1. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	18
1.1. OBJETIVOS DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (GIRS)	19
1.1.1. RESIDUOS SÓLIDOS	19
1.1.2. RESIDUOS PELIGROSOS	20
1.1.3. AGUA RESIDUAL	20
1.1.4. AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	20
1.1.5. AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA	21
1.1.6. AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	21
1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	21
1.2.1. SEGÚN SU ORIGEN	21
1.2.2. SEGÚN SU GESTIÓN	23
1.2.3. SEGÚN SU PELIGROSIDAD	24
1.2.4. RESIDUOS ORGÁNICOS	26
1.2.5. RESIDUOS INORGÁNICOS	26
1.3. GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS	27
1.4. CONTROL Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS CONTAMINADOS	27
1.5. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA	28
2. OPERACIÓN DE EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS	30
2.1. OBJETIVOS DE LA OPERACIÓN DE EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS	31
2.2. CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD	31
2.2.1. VOLTIO	31
2.2.1.1. TENSIÓN ELÉCTRICA (V)	31
2.2.2. AMPERIO	31
2.2.2.1. CORRIENTE ELÉCTRICA (I)	31
2.2.3. OHMIO	32
2.2.3.1. RESISTENCIA ELÉCTRICA (R)	32
2.2.4. POTENCIA ELÉCTRICA (W)	32
2.2.5. LEY DE OHM	32
2.2.6. EQUIPOS DE MEDICIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS	33
2.2.6.1. VOLTÍMETRO	34
2.2.6.2. AMPERÍMETRO	34
2.2.6.3. KILOVATÍMETRO	35
2.2.6.4. FRECUENCÍMETRO	35
2.2.6.5. HORÓMETRO	35
2.3. DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS	36
2.3.1. FUGA	36
2.3.2. PRINCIPALES CAUSAS DE UNA FUGA ELÉCTRICA	36
2.3.2.1. AISLAMIENTO DEFECTUOSO DEL ALAMBRE DEL CIRCUITO	36

2.3.2.2.	CONEXIONES DE CABLES SUELTOS	36
2.3.2.3.	CABLEADO DEFECTUOSO	36
2.3.3.	SOBRECALENTAMIENTO	36
2.3.3.1.	CAUSAS ELÉCTRICAS	38
2.3.3.2.	EFFECTOS MEDIOAMBIENTALES	38
2.3.3.3.	CAUSAS MECÁNICAS	38
2.3.4.	VIBRACIÓN	38
2.3.5.	SOBREPRESIÓN	40
2.3.6.	VIDA ÚTIL	41
2.4.	OPERACIÓN DE VÁLVULAS	42
2.4.1.	VÁLVULAS MANUALES	42
2.4.1.1.	VÁLVULA DE PURGA DE AIRE (VPA)	42
2.4.1.2.	VÁLVULA COMPUERTA	43
2.4.1.3.	VÁLVULA CHECK	44
2.5.	FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA	45
2.6.	BIBLIOGRAFÍA	46
<hr/>		
3.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RESIDUAL (EBAR)	48
3.1.	CONCEPTOS FUNDAMENTALES	49
3.1.1.	OPERACIÓN	49
3.1.2.	MANTENIMIENTO	49
3.1.2.1.	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	50
3.1.2.2.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	52
3.1.2.3.	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	54
3.1.3.	EBAR: ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES	54
3.1.3.1.	RESUMEN DE EQUIPAMIENTO DE CÁMARA DE BOMBEO	55
3.1.3.2.	INFORMACIÓN DETALLADA DE EQUIPO DE CÁMARA DE BOMBEO	56
3.1.3.3.	INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO	56
3.1.4.	ACONDICIONAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES	57
3.2.	OBJETIVOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA EBAR	61
3.3.	SISTEMA DE BOMBAS ALTERNADAS	62
3.4.	PROCEDIMIENTO PARA LA LIMPIEZA MANUAL DEL SISTEMA DE REJAS Y DESARENADOR	62
3.4.1.	LIMPIEZA DE CÁMARA DE REJAS	62
3.4.1.1.	OPERACIÓN DE REJILLA PLANA Y CANASTILLA	64
3.4.2.	LIMPIEZA DE DESARENADOR	65
3.4.3.	CONSIDERACIONES PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EXTRAÍDOS	66
3.5.	OPERACIÓN DE COMPUERTA METÁLICA O VÁLVULA DE INGRESO	67
3.6.	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO	67
3.6.1.	EBAR EQUIPADA CON TRES ELECTROBOMBAS	67
3.6.1.1.	MODO MANUAL	68
3.6.1.2.	MODO AUTOMÁTICO	68
3.6.1.3.	PARADA DE EMERGENCIA	69

3.6.2.	CUADRO DE CAUSAS Y PROBLEMAS MÁS FRECUENTES DE LAS BOMBAS	70
3.7.	PARÁMETROS Y COMPONENTES DE CONTROL	70
3.7.1.	PARÁMETROS HIDRÁULICOS	71
3.7.1.1.	CAUDAL	71
3.7.1.2.	PRESIÓN (POSITIVA) Y VACÍO (NEGATIVA)	73
3.8.	DESINFECCIÓN CON CLORO DE ÁREAS Y ELEMENTOS CONTAMINADOS	75
3.8.1.	CLORO	75
3.8.2.	COMPUESTOS DE CLORO	76
3.8.3.	HIPOCLORITO DE SODIO	76
3.8.4.	HIPOCLORITO DE CALCIO	76
3.8.5.	SOLUCIÓN CLORADA	77
3.9.	NEUTRALIZACIÓN DE DESECHOS ORGÁNICOS CON EL USO DE CAL	77
3.9.1.	CAL	77
3.9.2.	USO DE LA CAL	78
3.9.2.1.	PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE CAL PARA DESINFECCIÓN	78
3.10.	FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA	79
3.11.	BIBLIOGRAFÍA	81
<hr/>		
4.	SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	82
4.1.	ACCIDENTE DE TRABAJO	83
4.1.1.	ACTO INSEGURO	83
4.1.2.	CONDICIÓN INSEGURA	83
4.2.	EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)	83
4.3.	ASPECTOS A TENER PRESENTES AL TRABAJAR EN UNA EBAR	84
4.4.	EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES INSEGURAS EN SU ÁREA DE TRABAJO	85
4.4.1.	CAL: PRECAUCIONES PARA SU MANEJO Y USO SEGUROS	85
4.4.2.	PASOS A TOMAR EN CASO DE QUE EL MATERIAL SE ESCAPE O DERRAME	86
4.4.3.	MEDIDAS DE CONTROL	86
4.4.4.	DATOS SOBRE PELIGROS A LA SALUD	86
4.4.5.	MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS	87
4.5.	BIBLIOGRAFÍA	88

ILUSTRACIONES

Ilustración 1:	No confundir aguas servidas (que ya sirvieron) con aguas hervidas (que han sido calentadas).	20
Ilustración 2:	Clasificación de residuos según su origen.	22
Ilustración 3:	Clasificación de residuos según su gestión.	23
Ilustración 4:	Residuos peligrosos.	24
Ilustración 5:	Clasificación de residuos según su peligrosidad.	25
Ilustración 6:	Clasificación de residuos sólidos presentes en el sistema de alcantarillado.	25
Ilustración 7:	Vista de la cámara de rejillas de una estación de bombeo de aguas residuales.	26

Ilustración 8: Otra vista de lo anterior. Se aprecian sólidos disímiles.	26
Ilustración 9: Parte (formato) de operaciones de una típica cámara de bombeo (EBAR).	28
Ilustración 10: Voltímetro.	33
Ilustración 11: Amperímetro.	33
Ilustración 12: Frecuencímetro.	33
Ilustración 13: Tablero analógico.	33
Ilustración 14: Tablero digital. Amperímetro.	33
Ilustración 15: Tablero digital. Voltímetro.	33
Ilustración 16: Midiendo con analizador de redes.	34
Ilustración 17: Midiendo con analizador de redes.	34
Ilustración 18: Kilovatímetro.	35
Ilustración 19: Frecuencímetro.	35
Ilustración 20: Tablero eléctrico de una estación de bombeo con tres bombas, cada bomba cuenta con su respectivo horómetro.	35
Ilustración 21: Horómetro de una bomba.	35
Ilustración 22: Medidor infrarrojo industrial.	37
Ilustración 23: Importante saber el rango de medición de temperatura, para nuestro caso.	37
Ilustración 24: Los puntos rojos señalan el área donde el medidor registra la temperatura al apretar el gatillo.	37
Ilustración 25: Termómetro infrarrojo.	37
Ilustración 26: Imagen termográfica de un motor.	37
Ilustración 27: Se aprecia el (1) vibrómetro con su (2) caja, (3) portacinto, (4) cargador AC/DC y (5) manual.	38
Ilustración 28: Vista del vibrómetro.	39
Ilustración 29: Medición de vibración en una bomba. El valor obtenido por el equipo se deberá comparar con las tablas siguientes para obtener resultados de acuerdo con el valor registrado.	39
Ilustración 30: Para la evaluación de motores.	39
Ilustración 31: Para la evaluación de bombas centrífugas.	39
Ilustración 32: Control de calidad para las vibraciones en un equipo de bombeo de gran caudal en la PTAP Werkbetriebe Frauenfeld (Suiza). Una moneda puesta de canto no se cae a pesar de la operación (vibración) del equipo.	40
Ilustración 33: Similar control de calidad para las vibraciones en un nuevo equipo de bombeo de gran caudal. Persona de la imagen señala la moneda puesta de canto que no cae por las vibraciones generadas por el equipo.	40
Ilustración 34: VPA para agua potable en un pozo. Nótese que aguas abajo hay una válvula compuerta.	40
Ilustración 35: VPA para aguas residuales dentro de su caja. Se aprecia el tubo que devuelve el exceso de aguas residuales.	40
Ilustración 36: VPA para aguas residuales. Nótese la diferencia de forma al compararla con la usada en el pozo.	40
Ilustración 37: Usando una válvula mariposa. No es muy recomendable pues la presencia de sólidos impedirá su cierre.	41
Ilustración 38: Usando una válvula compuerta.	41
Ilustración 39: Es posible la instalación de la VPA ya que la válvula compuerta es de paso total.	41
Ilustración 40: Árbol de VPA correcto.	41

Ilustración 41: Árbol de la línea de impulsión de una EBAR. Se aprecian las válvulas compuerta y check.	41
Ilustración 42: VPA para alcantarillado.	42
Ilustración 43: VPA para aguas residuales de una marca/modelo específico.	42
Ilustración 44: Se aprecian las partes internas de la VPA para alcantarillado.	43
Ilustración 45: El elemento obturador de la VPA para aguas residuales nunca entra en contacto con el agua.	43
Ilustración 46: Válvula compuerta DN1000 bridada.	43
Ilustración 47: 1:Válvula check + 2: Compuerta en EBAR.	43
Ilustración 48: Válvula check cuando está paralizado el bombeo de la EBAR.	44
Ilustración 49: Se inicia el bombeo, la check se abre de acuerdo con el caudal.	44
Ilustración 50: Luego de poco tiempo, la check se encuentra totalmente abierta.	44
Ilustración 51: Al paralizarse el bombeo, el "plato" de la check comienza a descender de manera rápida.	44
Ilustración 52: Pasado un instante, el "plato" cierra totalmente impidiendo el retorno del fluido aguas abajo.	44
Ilustración 53: Cuando nuevamente se inicia el bombeo, el "plato" comienza a levantarse.	44
Ilustración 54: Válvula check de una línea de impulsión DN900.	45
Ilustración 55: Válvula check con contrapeso.	45
Ilustración 56: Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo de SEDAPAL.	53
Ilustración 57: Ejemplo de Cuadro Resumen de Equipamiento de EBAR.	55
Ilustración 58: Ejemplo de Cuadro Resumen de las bombas de una EBAR.	56
Ilustración 59: Vista del exterior de un tablero.	57
Ilustración 60: Vista del interior del tablero. Note la cantidad de interruptores.	57
Ilustración 61: No cuenta con lectura análoga, sino digital.	57
Ilustración 62: Operario procediendo a sacar un objeto extraño de un buzón.	57
Ilustración 63: Se aprecia que introduce su mano al interior del buzón.	57
Ilustración 64: Aunque parezca extraño, sacó un banco plástico.	57
Ilustración 65: Objeto retirado del interior del buzón.	58
Ilustración 66: Se aprecia el banco plástico en su verdadera magnitud.	58
Ilustración 67: Vista en corte de una EBAR típica donde se señala la ubicación del desarenador.	58
Ilustración 68: Vista de planta de un desarenador con sistema vortex.	59
Ilustración 69: Vista en corte de un desarenador-vortex. Se aprecia al lado izquierdo (triángulo invertido) el equipo separador de sólidos del lodo extraído.	59
Ilustración 70: En este diagrama se visualiza de mejor manera lo anterior.	59
Ilustración 71: Vista de un equipo para separar los sólidos sedimentados en un desarenador de una EBAR, que emplea un "tornillo sin fin".	60
Ilustración 72: Otra vista del mismo equipo.	60
Ilustración 73: Se aprecian los sólidos extraídos del desarenador, dispuestos de mala manera.	60
Ilustración 74: La presión registraba valores anómalos, fue necesario desmontar la bomba sumergible.	60
Ilustración 75: Al cortar la manguera de descarga de la bomba se encontró que estaba totalmente obstruida en toda su sección por sólidos.	60
Ilustración 76: Vista de una carcasa de una bomba de EBAR.	61
Ilustración 77: Acercamiento a la carcasa.	61
Ilustración 78: Se señalan las perforaciones de la carcasa.	61
Ilustración 79: Vista del interior de la misma carcasa.	61

Ilustración 80: Al humedecer la carcasa se aprecian las perforaciones a dicho accesorio.	61
Ilustración 81: Se señalan las perforaciones de la carcasa.	61
Ilustración 82: Modelo de cámara de rejillas.	62
Ilustración 83: Rejilla plana y canastilla típica de EBAR. Nótese la forma de cada una.	63
Ilustración 84: Vista en planta de la disposición de la rejilla en la cámara de rejillas.	63
Ilustración 85: Mala práctica de disponer los sólidos extraídos de la cámara de rejillas en la misma EBAR.	63
Ilustración 86: Personal técnico revisando el equipo de bombeo de una EBAR de una localidad de nuestro país.	64
Ilustración 87: Fue necesario desarmar el árbol de impulsión de la EBAR para acceder al interior de la bomba.	64
Ilustración 88: Se pudo observar que un sólido extraño se encontraba atascado en el impulsor de la bomba.	64
Ilustración 89: Se aprecia que un pedazo de madera está atorado en el interior.	64
Ilustración 90: Se procedió a retirar el objeto extraño que originaba la falla.	64
Ilustración 91: Vista del pedazo de madera que originó la falla en la EBAR.	64
Ilustración 92: Cámara de rejillas con compuerta. Nótese el polipasto.	65
Ilustración 93: Vista de un colector de residuos sólidos metálico.	66
Ilustración 94: Modelos de colectores plásticos (se recomienda metálicos por su durabilidad) que podrían emplearse en el desarenador. El uso de ruedas permitirá su fácil desplazamiento.	66
Ilustración 95: Conmutador.	67
Ilustración 96: Tablero general de equipos electromecánicos de una EBAR típica.	68
Ilustración 97: Tablero general de equipos electromecánicos de una EBAR típica. Se señala el pulsador de "Parada de Emergencia" tipo hongo.	69
Ilustración 98: Tablero general.	70
Ilustración 99: Tablero con pantalla.	70
Ilustración 100: Vertedero rectangular.	72
Ilustración 101: Vertedero triangular.	72
Ilustración 102: Vertedero triangular de PTAR Aypate.	72
Ilustración 103: Fórmulas a emplear con los vertederos de acuerdo con R. M. N° 279-2013-Vivienda.	72
Ilustración 104: Ralph Parshall junto a su invento.	72
Ilustración 105: Canal Parshall del afluente del PTAR Tamarindo. Se señala el limnógrafo o regla.	72
Ilustración 106: Se instala el sensor adosado a la tubería (clamp-on) y este emite una señal ultrasónica. Al rebotar esta señal con las burbujas y los sólidos suspendidos esta señal es leída por el equipo y transformada en valor de caudal.	73
Ilustración 107: Midiendo el caudal en una EBAR. Se encierra el sensor adosado a la tubería.	73
Ilustración 108: Vacuómetro a la izquierda del panel de un equipo hidrojet, usado para la bomba de succión. A la derecha, manómetro para la bomba de agua (manguera a presión).	74
Ilustración 109: Manovacúmetro. Nótese la escala bajo cero.	74
Ilustración 110: Equipo portátil logger de presión con display.	74
Ilustración 111: Sensor de presión con display en línea de impulsión.	74
Ilustración 112: Medición de presión con manómetro convencional (PSI) y logger de presión (mca).	74
Ilustración 113: Vista del conjunto diafragma + manómetro.	75
Ilustración 114: Otra vista del diafragma con manómetro.	75
Ilustración 115: Vista de cerca del diafragma.	75
Ilustración 116: Lejía en botella (1 lt).	76

Ilustración 117: Lejía en garrafa (1 gal).	76
Ilustración 118: Lejía en botella (250 ml).	76
Ilustración 119: Lejía en cojines (150 ml).	76
Ilustración 120: Hipoclorito de calcio en pastillas Ø3”(75 und).	76
Ilustración 121: Hipoclorito de calcio en pastillas Ø3” (7 und).	76
Ilustración 122: Hipoclorito de calcio granulado al 65% (4 kg).	76
Ilustración 123: Hipoclorito de calcio granulado al 65% (1 kg).	76
Ilustración 124: Concentración de cloro usando hipoclorito de sodio (lejía).	77
Ilustración 125: Concentración de cloro usando hipoclorito de calcio (HTH).	77
Ilustración 126: Actividad bactericida de distintos desinfectantes en presencia de V. cholerae.	79
Ilustración 127: Modelo de un Formato de Operación de Cámara (EBAR) de una EPS de nuestro país.	80
Ilustración 128: De requerirse, se empleará máscara con oxígeno adicional.	84
Ilustración 129: Se aprecian los EPP que se deberán emplear.	84
Ilustración 130: Uniforme de operador de EBAR. Nótese que cubre TODA la piel de brazos y piernas.	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 Recolección de Aguas Residuales está dividida en dos estándares de competencia, el primero contempla: “Operar las estaciones de bombeo de aguas residuales cumpliendo la normatividad vigente”, y el segundo: “Mantener operativo el sistema de recolección de aguas residuales, cumpliendo la normatividad vigente”.

Héctor Barreda Domínguez

Director ejecutivo del OTASS

INTRODUCCIÓN

La presente guía describe una serie de operaciones que se ejecutan para hacer funcionar el sistema de recolección de aguas residuales.

El objetivo principal de este documento es fortalecer las capacidades de los operarios de las EPS en los conocimientos básicos del proceso de operación de las estaciones de bombeo de recolección de aguas residuales, lo cual les permitirá desarrollar habilidades y destrezas para el desempeño eficiente de sus funciones. Así también, esta guía de capacitación brinda sólidos conocimientos teóricos que se acompañan de un registro fotográfico para entender mejor las actividades de control.

En el capítulo 1, se informa sobre la gestión integral de residuos sólidos, se describen los conceptos básicos de agua residual, la clasificación, gestión, control y disposición de los residuos sólidos.

En el capítulo 2, se explica sobre la operación de equipos electromecánicos, comprende los conceptos básicos de electricidad, diagnóstico de los equipos y operación de válvulas.

En el capítulo 3, se aborda la operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo residual, mencionamos los conceptos básicos, los objetivos de operación y mantenimiento de la EBAR, sistema de bombas alternadas, procedimiento para la limpieza del sistema de rejillas y desatorador, operación de compuerta, procedimiento de operación de los equipos de bombeo, parámetros y componente de control y desinfección con cloro.

Finalmente, el capítulo 4 trata sobre la seguridad y salud en el trabajo, se mencionan las condiciones seguras que se deben prever para realizar las operaciones.

1

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

1. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

1.1.	OBJETIVOS DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (GIRS)	19
1.1.1.	RESIDUOS SÓLIDOS	19
1.1.2.	RESIDUOS PELIGROSOS	20
1.1.3.	AGUA RESIDUAL	20
1.1.4.	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	20
1.1.5.	AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA	21
1.1.6.	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	21
1.2.	CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	21
1.2.1.	SEGÚN SU ORIGEN	21
1.2.2.	SEGÚN SU GESTIÓN	23
1.2.3.	SEGÚN SU PELIGROSIDAD	24
1.2.4.	RESIDUOS ORGÁNICOS	26
1.2.5.	RESIDUOS INORGÁNICOS	26
1.3.	GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS	27
1.4.	CONTROL Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS CONTAMINADOS	27
1.5.	FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA	28



1. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

1.1. OBJETIVOS DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (GIRS)

En concordancia con la normatividad, el objetivo de la GIRS es “... asegurar que la gestión y el manejo de los residuos sólidos sean apropiados para prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la calidad ambiental, la salud y el bienestar de la persona humana.”¹.

Para el caso de las personas que laboran en el sistema de recolección de aguas residuales, sobre todo los que aplican para el Perfil Ocupacional de Recolección de Aguas Residuales, el conocer las características de los residuos que son propios del sistema de alcantarillado cobran vital importancia para que ante la exposición inevitable a estos, de manera técnica y responsable, no causen ningún evento no deseado para el personal que labora, en lo referido a su salud, y para el medio ambiente referido a la contaminación del aire y suelo.

Antes de iniciarnos en la gestión de residuos sólidos, deberemos entender qué son los residuos sólidos y otros conceptos importantes para comprender de mejor manera la GIRS.

1.1.1. RESIDUOS SÓLIDOS

Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y, en último caso, su disposición final². Los residuos sólidos incluyen todo residuo o desecho en fase sólida o semisólida³.

Para nuestro caso, a pesar de que el sistema de recolección de aguas servidas, llamado también alcantarillado sanitario o simplemente desagüe, no está diseñado para transportar elementos sólidos (grasa, basura, trapos, plásticos, palos, madera y otros sólidos disímiles), lamentablemente la presencia de estos elementos por mal uso, por falta de mantenimiento preventivo y correctivo o por otras causas, implica un serio problema en el normal funcionamiento del sistema porque impiden el normal discurrir de las aguas residuales.

Son materiales desechados que, por lo general, carecen de valor económico para el común de las personas y se les conoce coloquialmente como “basura”. También se encuentran dentro de esta categoría los materiales semisólidos (como el lodo, el barro, la sanguaza, entre otros) y los generados por eventos naturales. Cabe resaltar que las aguas residuales (agua contaminada con sustancias fecales y orina) no son residuos sólidos⁴.

¹ D. S. N° 057-2004-PCM Aprueban el Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos.

² NTP 900.058 (2019) Gestión de Residuos. Código de colores para el almacenamiento de residuos sólidos. *Waste Management. Color code for storage and solid waste.*

³ D. L. N° 1278 Decreto Legislativo que Aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

⁴ LA FISCALIZACIÓN AMBIENTAL EN RESIDUOS SÓLIDOS. Primera edición: febrero de 2014. OEFA, Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

1.1.2. RESIDUOS PELIGROSOS

Son residuos sólidos peligrosos aquellos que, por sus características o el manejo al que son o van a ser sometidos, representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente.

1.1.3. AGUA RESIDUAL

Es el agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión⁵.

Es el agua resultante de cualquier combinación de actividades domésticas, industriales o comerciales, así como la escorrentía superficial y cualquier entrada o infiltración accidental al alcantarillado y que puede incluir el agua de lluvia recolectada que es descargada al ambiente o al alcantarillado. También incluye los residuos sanitarios en su forma sin diluir⁶.

Es llamada también agua servida, pues ya ha sido utilizada (ya sirvió) y ahora son desechadas.



Ilustración 1:
No confundir aguas servidas (que ya sirvieron) con aguas hervidas (que han sido calentadas). Fuente: Imagen del autor tomada en una localidad de nuestro país.

1.1.4. AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

Es el agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana⁷.

⁵ NORMA OS.090 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

⁶ NTP-150 24511 2012 (revisada el 2018) Actividades relacionadas con los servicios de agua para consumo humano y de agua residual. Directrices para la gestión de las entidades prestadoras de servicios de agua residual y para la evaluación de los servicios de agua residual. *Activities relating to drinking water and wastewater services. Guidelines for the management of wastewater utilities and for the assessment of wastewater services.*

⁷ NORMA OS.090 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Son los residuos líquidos procedentes de viviendas, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas. También son llamadas aguas servidas, negras o de cloaca a los residuos líquidos con residuos fecales y que van por los desagües, se sabe que estas aguas no solo contienen estos desechos, sino muchos otros desechos urbanos e industriales⁸.

1.1.5. AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA

Son los residuos líquidos procedentes principalmente de instalaciones comerciales, de servicios e industriales que se vierten al sistema de alcantarillado.

1.1.6. AGUA RESIDUAL MUNICIPAL

Son aguas residuales domésticas. Se puede incluir bajo esta definición a la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial, siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado⁹.

1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

La siguiente clasificación es la que estableció la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos.

1.2.1. SEGÚN SU ORIGEN

1. Residuo domiciliario
2. Residuo comercial
3. Residuo de limpieza de espacios públicos
4. Residuo de establecimiento de atención de salud
5. Residuo industrial
6. Residuo de las actividades de construcción
7. Residuo agropecuario
8. Residuo de instalaciones o actividades especiales

⁸ NTP 901.001 2012 (revisada el 2018) Actividades relacionadas con los servicios de agua para consumo humano y de agua residual. Términos y definiciones *Activities relating to drinking water and wastewater services. Terms and definitions.*

⁹ NORMA OS.090 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

1. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	GENERADOS POR	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
1 Residuo domiciliario	Actividades domésticas realizadas en los domicilios.	Restos de alimentos, revistas, botellas, latas, etc.	
2 Residuo comercial	Establecimientos comerciales de bienes y servicios.	Papeles, plásticos, embalajes diversos, residuos producto del aseo personal, latas, etc.	
3 Residuo de limpieza de espacios públicos	Servicios de barrido y limpieza de pistas, veredas, plazas y otras áreas públicas.	Papeles, plásticos, envolturas, restos de plantas, etc.	
4 Residuo de establecimiento de atención de salud	Procesos y actividades para la atención e investigación médica en establecimientos como: hospitales, clínicas, centros y puestos de salud, laboratorios clínicos, consultorios, entre otros afines.	Agujas, gasas, algodones, órganos patológicos, etc.	
5 Residuo industrial	Actividades de las diversas ramas industriales, como manufacturera, minera, química, energética, pesquera y otras similares.	Lodos, cenizas, escorias metálicas, vidrios, plásticos, papeles, que generalmente se encuentran mezclados con sustancias peligrosas.	
6 Residuo de las actividades de construcción	Actividades de construcción y demolición de obras. Fundamentalmente inertes.	Piedras, bloques de cemento, maderas, entre otros, (desmonte).	
7 Residuo agropecuario	Actividades agrícolas y pecuarias.	Envases de fertilizantes, plaguicidas, agroquímicos, etc.	
8 Residuo de instalaciones o actividades especiales	Generados en infraestructuras, normalmente de gran dimensión y de riesgo en su operación, con el objetivo de prestar ciertos servicios públicos o privados	Residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales, puertos, aeropuertos, entre otros.	

Ilustración 2:
Clasificación de residuos según su origen¹⁰.

¹⁰ Ministerio del Ambiente (2010). Guía de capacitación a recicladores para su inserción en los programas de formalización municipal.

1.2.2. SEGÚN SU GESTIÓN

1. Residuo de ámbito municipal¹¹:

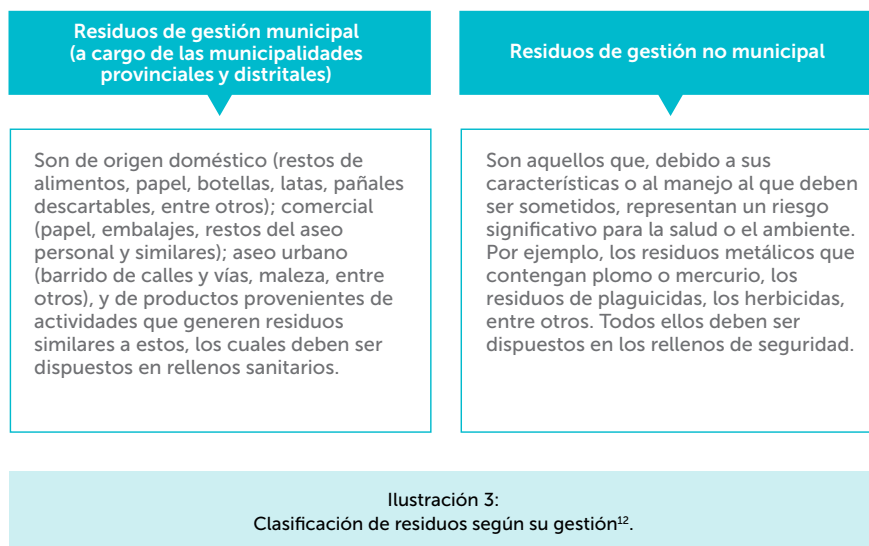
Los residuos del ámbito de la gestión municipal o residuos municipales están conformados por los residuos domiciliarios y los provenientes del barrido y limpieza de espacios públicos, incluyendo las playas, actividades comerciales y otras actividades urbanas no domiciliarias cuyos residuos se pueden asimilar a los servicios de limpieza pública, en todo el ámbito de su jurisdicción.

- Residuos domiciliarios
- Residuos comerciales
- Residuos de limpieza de áreas públicas

2. Residuo de ámbito no municipal:

Los residuos del ámbito de gestión no municipal o residuos no municipales son aquellos de carácter peligroso y no peligroso que se generan en el desarrollo de actividades extractivas, productivas y de servicios. Comprenden los generados en las instalaciones principales y auxiliares de la operación.

- Residuos de establecimientos de salud
- Residuos industriales
- Residuos de actividades de la construcción
- Residuos agropecuarios
- Residuos de instalaciones o actividades especiales



¹¹ D. L. N° 1278 Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

¹² OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2013). La fiscalización ambiental en residuos sólidos.

1.2.3. SEGÚN SU PELIGROSIDAD

1. Residuos peligrosos ¹³

Sin perjuicio de lo establecido en las normas internacionales vigentes para el país o las reglamentaciones nacionales específicas, se consideran residuos peligrosos los que presenten por lo menos una de las siguientes características:

- Autocombustibilidad
- Explosividad
- Corrosividad
- Reactividad
- Toxicidad
- Radioactividad
- Patogenicidad



Ilustración 4:
Residuos peligrosos.

El código **CRETIB:**

- C:** corrosivo
- R:** reactivo
- E:** explosivo
- T:** tóxico
- I:** inflamable
- B:** biológico-infeccioso

¹³ D. L. N° 1278 Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Artículo 30.

refiere a las características que hacen que un residuo sea considerado peligroso. Basta con que se cumpla una de ellas para que el residuo sea un residuo peligroso. Es importante señalar que residuos no peligrosos en contacto con residuos peligrosos se contaminan y los convierten en residuos peligrosos.

Aplicando a los sólidos presentes en las aguas servidas, estos tienen las características de TÓXICOS y BIOLÓGICO-INFECCIOSOS, lo cual es aportado por las aguas servidas, que al estar en contacto con los sólidos, les confiere la característica de residuos peligrosos.

2. Residuos no peligrosos



Si bien las aguas servidas (residuales, cloacales o desagües) no deberían contener sólido alguno, a la presencia de estos por diversas fuentes, los podremos clasificar como:

Según su origen	Residuo domiciliario Residuo comercial Residuo de establecimiento de salud Residuo industrial Residuo de las actividades de construcción
Según su gestión	Residuo de ámbito municipal <ul style="list-style-type: none"> - Residuos domiciliarios - Residuos comerciales - Residuos de limpieza de áreas públicas Residuo de ámbito no municipal <ul style="list-style-type: none"> - Residuos de establecimientos de salud - Residuos industriales
Según su peligrosidad	Residuos peligrosos <ul style="list-style-type: none"> - Toxicidad - Patogenicidad

Ilustración 6:
Clasificación de residuos sólidos presentes en el sistema de alcantarillado.

Otra clasificación de los residuos sólidos presentes en las aguas residuales, que si bien puede considerarse simple al referirse a su composición, pero sí es de gran ayuda para un operador del Perfil Ocupacional de Recolección de Aguas Residuales, es esta:

1.2.4. RESIDUOS ORGÁNICOS

Todo aquello relacionado con los organismos y con la vida, o mejor dicho de origen biológico. Orgánica es una planta, un alimento, vísceras, excretas, huesos, es decir, un compuesto generado por un ser vivo.

Estos residuos, por procesos biológicos propios de descomposición de la materia o una sustancia, o por la acción de diversos factores y de determinados microorganismos (putrefacción), hacen que atenten contra la salud y el medio ambiente; son causantes de decremento de la vida humana (enfermedades e incluso la muerte) y disminución de la calidad del medio ambiente (contaminación).

Algunos residuos orgánicos de por sí son residuos peligrosos (desde las heces, pasando por restos de camales y mataderos, por ejemplo), pero otros en primera instancia no lo son (restos recientes de verduras de los mercados, por ejemplo). En las aguas residuales, debido al contacto con estas, todos los residuos orgánicos son considerados residuos peligrosos.

1.2.5. RESIDUOS INORGÁNICOS

Todo aquello que carece de órganos para la vida y, por lo tanto, aunque suene redundante, de vida. Inorgánicos serán, por ejemplo: los minerales, los plásticos, los metales, etc.

Lo saltante de estos residuos es que, al estar en contacto con aguas residuales, se convierten en residuos peligrosos.



Ilustración 7:
Vista de la cámara de rejas de una estación de bombeo de aguas residuales.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 8:
Otra vista de lo anterior. Se aprecian sólidos disímiles.
Fuente: Imagen del autor.

1.3. GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS

Dentro del sistema de alcantarillado, al estar todo en contacto directo con las aguas residuales, ello provoca que los sólidos presentes se conviertan necesariamente en residuos peligrosos, por la carga biológica peligrosa a la que han sido expuestos.

De ninguna manera se deben reciclar los residuos sólidos extraídos y presentes en el sistema de alcantarillado, primero se deberá neutralizar la contaminación por aguas residuales (usando cal o solución clorada) y, luego de su transporte, se deberán llevar a su disposición final, que por normativa deberá ser en un relleno sanitario para residuos peligrosos.

1.4. CONTROL Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS CONTAMINADOS

El manejo de los residuos peligrosos en el Perú se sujeta a lo dispuesto en la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y su Reglamento¹⁴, la que dispone que el manejo sea realizado exclusivamente por sociedades con personería jurídica y que se encuentren registradas en la DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental) para desarrollar actividades de manejo de residuos sólidos, sea como:

- Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS), para las actividades de recolección, transporte, segregación, tratamiento y disposición final.
- Empresa Comercializadora de Servicios de Residuos Sólidos (ECS-RS), para las actividades de recolección, transporte, segregación, tratamiento y disposición final.

Aunque también en la referida norma:

*Artículo 55.- Manejo integral de los residuos sólidos no municipales
El generador (que es nuestro caso como EPS), operador y cualquier persona que intervenga en el manejo de residuos no comprendidos en el ámbito de la gestión municipal, es responsable por su manejo seguro, sanitario y ambientalmente adecuado, así como por las áreas degradadas por residuos.*

La realidad de las EPS a nivel nacional difiere de lo normado, por lo que el operador de la EBAR (Estación de Bombeo de Aguas Residuales) deberá, de acuerdo con lo estipulado en su propia EPS, mantener su lugar de trabajo lo más limpio posible.

Esto hace referencia a que se deberá de contar con depósitos aparentes para el almacenamiento temporal de los residuos sólidos (plásticos, palos, basura, sólidos disímiles) que se extraigan de, sobre todo, la limpieza de la cámara de rejillas.

Se acostumbra contar con, por lo menos, un cilindro metálico con tapa en la EBAR para este fin, el que NUNCA deberá ser llenado en su totalidad para facilitar su transporte al momento de que sea llevado hacia la disposición final (relleno sanitario).

¹⁴ Decreto Legislativo N° 1278 que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial El Peruano de 23 de diciembre de 2016.



EMENA

00729

Agua es Vida

emapa san mar

2

OPERACIÓN DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS

2.	OPERACIÓN DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS	30
2.1.	OBJETIVOS DE LA OPERACIÓN DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS	31
2.2.	CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD	31
2.2.1.	VOLTIO	31
2.2.1.1.	TENSIÓN ELÉCTRICA (V)	31
2.2.2.	AMPERIO	31
2.2.2.1.	CORRIENTE ELÉCTRICA (I)	31
2.2.3.	OHMIO	32
2.2.3.1.	RESISTENCIA ELÉCTRICA (R)	32
2.2.4.	POTENCIA ELÉCTRICA (W)	32
2.2.5.	LEY DE OHM	32
2.2.6.	EQUIPOS DE MEDICIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS	33
2.2.6.1.	VOLTÍMETRO	34
2.2.6.2.	AMPERÍMETRO	34
2.2.6.3.	KILOVATÍMETRO	35
2.2.6.4.	FRECUENCÍMETRO	35
2.2.6.5.	HORÓMETRO	35
2.3.	DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS	36
2.3.1.	FUGA	36
2.3.2.	PRINCIPALES CAUSAS DE UNA FUGA ELÉCTRICA	36
2.3.2.1.	AISLAMIENTO DEFECTUOSO DEL ALAMBRE DEL CIRCUITO	36
2.3.2.2.	CONEXIONES DE CABLES SUELTOS	36
2.3.2.3.	CABLEADO DEFECTUOSO	36
2.3.3.	SOBRECALENTAMIENTO	36
2.3.3.1.	CAUSAS ELÉCTRICAS	38
2.3.3.2.	EFFECTOS MEDIOAMBIENTALES	38
2.3.3.3.	CAUSAS MECÁNICAS	38
2.3.4.	VIBRACIÓN	38
2.3.5.	SOBREPRESIÓN	40
2.3.6.	VIDA ÚTIL	41
2.4.	OPERACIÓN DE VÁLVULAS	42
2.4.1.	VÁLVULAS MANUALES	42
2.4.1.1.	VÁLVULA DE PURGA DE AIRE (VPA)	42
2.4.1.2.	VÁLVULA COMPUERTA	43
2.4.1.3.	VÁLVULA CHECK	44
2.5.	FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA	45
2.6.	BIBLIOGRAFÍA	46



2. OPERACIÓN DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS

2.1. OBJETIVOS DE LA OPERACIÓN DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS

- Conseguir que las operaciones y los procesos involucrados en el trasvase de aguas servidas sean hechos con eficiencia, seguridad y economía.
- Obtener información constante sobre el comportamiento de las instalaciones de manera que se pueda evaluar la operación y sus resultados para el control de esta.
- Racionalizar la utilización de la capacidad instalada y operar las instalaciones y equipos con miras al prolongamiento de su vida útil.
- Conocer con amplitud las características técnicas de las instalaciones y equipos con miras a futuras ampliaciones y estar preparados para actuar de manera organizada y eficiente en situaciones de emergencia.

2.2. CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD

2.2.1. VOLTIO

Es la unidad de medida de la tensión eléctrica.

2.2.1.1. Tensión eléctrica (V)

Se denomina tensión eléctrica (o también voltaje) a la fuerza potencial (atracción) que hay entre dos puntos cuando existe entre ellos diferencia en el número de electrones. En los polos de una batería hay una tensión eléctrica y la unidad que mide la tensión es el voltio (V).

2.2.2. AMPERIO

Es la unidad de medida de la corriente eléctrica.

2.2.2.1. Corriente eléctrica (I)

A la cantidad de electrones o intensidad con la que circulan por un conductor, cuando hay una tensión aplicada en sus extremos, se le denomina corriente eléctrica o intensidad. La unidad que mide la intensidad es el amperio (A).

2.2.3. OHMIO

Es la unidad de medida de la resistencia eléctrica.

2.2.3.1. Resistencia eléctrica (R)

Los electrones que circulan por un conductor encuentran cierta dificultad a circular libremente ya que el propio conductor opone una pequeña resistencia; esta depende de la longitud, la sección y el material con que está construido el conductor.

La corriente fluirá mejor cuanto mayor sea la sección y menor la longitud. La unidad que mide la resistencia es el ohmio (Ω).

2.2.4. POTENCIA ELÉCTRICA (W)

La potencia se define como la energía o trabajo consumido o producido en un determinado tiempo.

En los circuitos eléctricos la unidad de potencia es el vatio (W) y su definición está relacionada con la tensión aplicada y la intensidad que circula por un circuito: se dice que un vatio es la energía (trabajo) que libera un amperio en un circuito con una tensión de un voltio.

La unidad de potencia eléctrica, vatio (W), tiene correspondencia con otras unidades de potencia utilizadas en el automóvil, como los caballos de fuerza (HP):

1.0 HP equivale a 746 W

2.2.5. LEY DE OHM

Existe una relación entre las tres unidades eléctricas (voltio, amperio y ohmio) de tal modo que puede definirse cada una de ellas con la combinación de las otras dos, así por ejemplo puede decirse que:

1 amperio es la corriente (I) que circula por un conductor de 1 ohmio de resistencia eléctrica (R), cuando se aplica un 1 voltio de tensión (V).

Y esta definición expresada matemáticamente es:

$$V = R \times I$$

Donde:

- V:** Voltaje en *voltios*
- R:** Resistencia eléctrica en *ohmios*
- I:** Intensidad eléctrica en *amperios*

2.2.6. EQUIPOS DE MEDICIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS



Ilustración 10:
Voltímetro.



Ilustración 11:
Amperímetro.



Ilustración 12:
Frecuencímetro.

La clasificación principal de los equipos de medición de parámetros eléctricos son dos: los clásicos analógicos de aguja y los denominados digitales, con indicación numérica, donde aparecen los valores de medida en números enteros, separados por un punto cuando hay decimales.

Los instrumentos analógicos muestran las tensiones que miden como una respuesta proporcional o “análoga” a su valor; podríamos citar como ejemplo el de un multímetro de aguja donde el desplazamiento de la aguja es proporcional a la magnitud que mide.



Ilustración 13:
Tablero analógico.



Ilustración 14:
Tablero digital. Amperímetro.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 15:
Tablero digital. Voltímetro.
Fuente: Imagen del autor.

Los instrumentos digitales toman muestras periódicas de la magnitud que miden y lo convierten a números binarios (unos y ceros) que pueden representar valores escalonados de tensión, después los números binarios se “traducen” a dígitos que aparecen en una pantalla, mostrando así la magnitud de la medida.

En los equipos analógicos la lectura de la medida se realiza por estimación, ya que el usuario ha de apreciar la situación de la aguja y determinar cuál es la medida realizada. Se requiere pues cierta experiencia en el uso de equipos analógicos ya que de no estimarse bien es fácil errar en la lectura.

Con los equipos digitales hay menos posibilidad de lectura errónea que con el analógico porque la lectura aparece en forma de valor numérico, sin que le influya el ángulo de visión del operador, ni la precisión de la escala.

Solo para conocimiento, existen equipos más modernos como los analizadores de red (no confundir con los multímetros) que además de los valores de V, I y Hz, miden más variables como la "calidad" de la energía.



Ilustración 16:
Midiendo con analizador de redes.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 17:
Midiendo con analizador de redes.
Fuente: Imagen del autor.

2.2.6.1. Voltímetro

Es el instrumento para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico, es decir, mide la tensión o voltaje que la empresa suministradora de energía eléctrica nos provee.

2.2.6.2. Amperímetro

El amperímetro es el instrumento que se encarga de medir la cantidad de Coulombs que pasan por segundo (amperes).



Ilustración 18:
Kilovatímetro.



Ilustración 19:
Frecuencímetro.

2.2.6.3. Kilovatímetro

Es el dispositivo que permite realizar la medición de los vatios que hay en una corriente de electricidad. Vatio, también conocido como watt, es la unidad de medida que equivale a un julio por segundo y que se emplea para medir la potencia.

2.2.6.4. Frecuencímetro

Sirve para medir la frecuencia, contando el número de repeticiones de una onda en la misma posición en un intervalo de tiempo mediante el uso de un contador que acumula el número de periodos.

2.2.6.5. Horómetro

Sirve para medir el tiempo en horas en que un equipo ha estado operando, similar al contador de kilómetros en un automóvil. Es un acumulador de horas que es de gran ayuda para indicarnos el tiempo en que una electrobomba ha estado en operación para poder además llevar el índice (estadístico) de: N° de fallas/horas de operación. Se encuentra en el tablero eléctrico de la bomba.

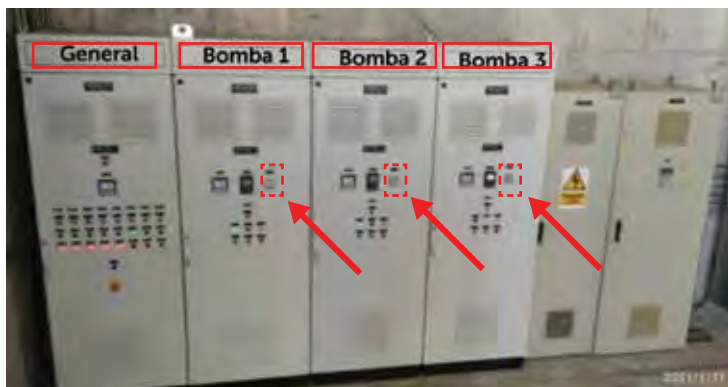


Ilustración 20:
Tablero eléctrico de una estación de bombeo con tres bombas, cada bomba cuenta con su respectivo horómetro. Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 21:
Horómetro de una bomba. Fuente: Imagen del autor.

2.3. DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS

Si bien es cierto, un técnico especializado es el que deberá reparar los desperfectos eléctricos que se presenten por ser trabajos en alto voltaje y peligrosos, el operador de EBAR deberá tener el conocimiento básico sobre estas ocurrencias.

2.3.1. FUGA

Una fuga eléctrica a tierra es la circulación de corriente fuera de los conductores de una instalación eléctrica. Está considerada como una falla y representa un peligro para la integridad física de las personas (electrocución).

También representa un peligro para la economía, por los excesos de consumo que se pagarán en los recibos por concepto de energía eléctrica.

2.3.2. PRINCIPALES CAUSAS DE UNA FUGA ELÉCTRICA

2.3.2.1. Aislamiento defectuoso del alambre del circuito

Un aislamiento antiguo o dañado puede producir que los cables neutros y con carga eléctrica (calientes) se toquen, lo que puede causar una fuga de corriente eléctrica en el sistema eléctrico de la EBAR. Las perforaciones con clavos y tornillos, así como la antigüedad, pueden ocasionar que las envolturas de cables o el aislamiento se deterioren y creen fugas eléctricas. O, si las plagas de animales, como ratones, ratas o ardillas, roen el cableado del circuito, los conductores internos pueden quedar expuestos a fugas eléctricas.

2.3.2.2. Conexiones de cables sueltos

Los accesorios pueden aflojarse debido a la vibración, permitiendo a veces que los cables neutros y vivos (con carga) se toquen. Arreglar conexiones de cables defectuosos es complicado, en estos casos se aconseja que el operador de EBAR informe de esta ocurrencia al supervisor o jefe inmediato superior, para que un especialista (técnico electricista) evalúe y solucione el problema, puesto que generalmente en las EBAR se trabaja con voltajes altos (>220 voltios).

2.3.2.3. Cableado defectuoso

Los equipos viejos o desgastados pueden desarrollar fugas eléctricas internas con el tiempo. Pueden producirse fugas eléctricas en los equipos electromecánicos, en los enchufes, en los cables de alimentación o dentro del propio dispositivo.

2.3.3. SOBRECALENTAMIENTO

El que un motor emita calor, no es relevante, pues el movimiento que genera fricción emite mayor temperatura. Pero que esta se vea incrementada sin motivo aparente, puede deberse a varios factores que a continuación se detallan:

El operador de EBAR debe estar en la capacidad de notar y registrar esta anomalía, pues se quiere que la mayor cantidad de energía eléctrica sea transferida a las aguas residuales en forma de movimiento (caudal y presión) y no en otras formas de energía, como lo sería el calor para este caso.



Ilustración 22:
Medidor infrarrojo industrial.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 23:
Importante saber el rango de medición de temperatura, para nuestro caso -30 °C a 650 °C. Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 24:
Los puntos rojos señalan el área donde el medidor registra la temperatura al apretar el gatillo. Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 25:
Termómetro infrarrojo. Fuente: Imagen del autor.

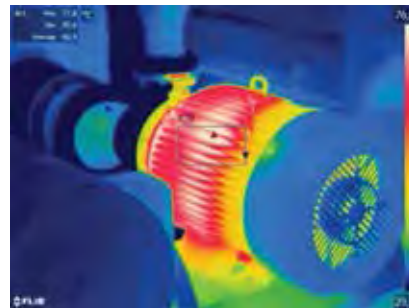


Ilustración 26:
Imagen termográfica de un motor.

Para evaluar este parámetro, se deberá usar un termómetro infrarrojo (similar a los que se emplean en los protocolos COVID-19 para medir la temperatura de las personas, pero industrial) o un equipo superior denominado cámara infrarroja de temperatura. Es más que sabido que un equipo energizado no debe ser tocado para evitar la electrocución.

Tener presente que la conversión de la energía eléctrica a temperatura es una forma de ineficiencia eléctrica, por ende es dinero que se gasta sin producir el efecto deseado, que principalmente es caudal y presión para la EBAR.

2.3.3.1. Causas eléctricas

Defecto o exceso de tensión, corriente trifásica asimétrica o disminución de la resistencia de aislamiento.

2.3.3.2. Efectos medioambientales

Temperatura ambiente elevada, carencia de ventilación o ventilación deficiente, o gran altura sobre el nivel del mar de instalación (baja densidad del aire en la sierra).

2.3.3.3. Causas mecánicas

Demasiados ciclos de arranque y parada, caudal demasiado alto o demasiado bajo, alta resistencia a la rotación debido a daños en la bomba, alta viscosidad o densidad del medio bombeado, o atasco u obstrucción de la bomba.

También podría deberse a que el ventilador de enfriamiento no esté operando de manera correcta.

2.3.4. VIBRACIÓN

Otra forma de pérdida de la eficiencia de la energía eléctrica que se les proporciona a los equipos de bombeo, sobre todo para que sea transferida a las aguas residuales en forma de movimiento (caudal y presión), es la vibración.

Es lógico pensar que cuando una instalación es nueva, los equipos operan de manera óptima, suenan como licuadoras, con un pequeñísimo ronroneo. A medida que van operando, estos pierden eficiencia, convirtiendo parte de la energía en vibraciones y sonido, que no hacen más que disminuir la presión o el caudal del trasvase si lo comparamos con el inicio de su instalación.

Para medir los ciclos por vibración que se generan en los equipos de bombeo, se emplea el vibrómetro:



Ilustración 27:
Se aprecia el (1) vibrómetro con su (2) caja, (3) portacinto, (4) cargador AC/DC y (5) manual.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 28:
Vista del vibrómetro. Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 29:
Medición de vibración en una bomba. El valor obtenido por el equipo se deberá comparar con las tablas siguientes para obtener resultados de acuerdo con el valor registrado. Fuente: Imágenes del autor.

DIN ISO 10816-3	Grupo 1		Grupo 2	
	Máquinas grandes 300 kW < P < 50 MW Motor H > 315 mm		Máquinas medianas 15 kW < P < 300 kW Motor 160 mm < H < 315 mm	
Fundamento	flexible	rígido	flexible	rígido
Velocidad v mm/s rms	11,0	7,1	4,5	2,8
10-1000 Hz r=800 gpm	7,1	4,5	2,8	1,4
2-1000 Hz 120 < r=800 gpm	4,5	2,8	1,4	
	2,8	1,4		
	1,4			

Ilustración 30:
Para la evaluación de motores.

DIN ISO 10816-7	Categoría 1		Categoría 2		r < 1000 rpm 0,5 gpm 1,0 gpm 2,0 gpm
	Bombas centrífugas con una sola fase, de dependencia y resaca de seguridad.		Bombas centrífugas para aplicaciones generales o aplicaciones menos críticas.		
Tipo de bomba	< 200 kW (> 200 kW)		< 200 kW (> 200 kW)		
Potencia	< 200 kW (> 200 kW)		< 200 kW (> 200 kW)		
Velocidad v mm/s rms	7,8	6,3	5,0	4,0	3,2
10-1000 Hz r=800 gpm	6,3	5,0	4,0	2,5	2,0
2-1000 Hz r=800 gpm	5,0	4,0	2,5	1,4	1,0
	4,0	2,5	1,4		
	2,5	1,4			

Ilustración 31:
Para la evaluación de bombas centrífugas.

Si bien es cierto no es una manera técnica de medir la vibración en los equipos mecánico-eléctricos (conjunto motor-bomba), pero como prueba de campo válida, podemos emplear una moneda (cualquiera que esta sea) no importa la denominación y ponerla de canto, es decir "parada" y apoyarla sobre una superficie plana del equipo. Esta no deberá caerse por ningún motivo mientras el equipo opere, si esto ocurre, es un indicativo de que el equipo no se encuentra instalado en su mejor forma.



Ilustración 32:
Control de calidad para las vibraciones en un equipo de bombeo de gran caudal en la PTAP Werkbetriebe Frauenfeld (Suiza). Una moneda puesta de canto no se cae a pesar de la operación (vibración) del equipo. Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 33:
Similar control de calidad para las vibraciones en un nuevo equipo de bombeo de gran caudal. Persona de la imagen señala la moneda puesta de canto que no cae por las vibraciones generadas por el equipo. Fuente: Imagen Facebook SEDACUSCO.

2.3.5. SOBREPRESIÓN

Conocido también como Pulso de Zhukovski (llamado así por el ingeniero ruso Nikolái Zhukovski quien estudió este efecto), golpe de ariete o *water hammer* (en inglés). Este se produce cada vez que se inicia o termina el bombeo (tener presente que la EBAR opera de manera intermitente).

El dispositivo que permite aliviar este efecto hidráulico es la válvula de alivio o válvula de seguridad. Hay de varias marcas y modelos, pero lo significativo es que, si bien usan el mismo principio para agua potable, debido a que las aguas servidas transportan sólidos, su forma (geométrica) es diferente.



Ilustración 34:
VPA para aguas residuales en un pozo. Nótese que aguas abajo hay una válvula compuerta. Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 35:
VPA para aguas residuales dentro de su caja. Se aprecia el tubo que devuelve el exceso de aguas residuales. Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 36:
VPA para aguas residuales. Nótese la diferencia de forma al compararla con la usada en el pozo. Fuente: Imagen del autor.

Toda válvula de alivio debe necesariamente instalarse inmediatamente después de una válvula compuerta, esto permitirá darle mantenimiento o cambiarla si es necesario sin necesidad de paralizar la operación de la EBAR.

Esquema de instalación de válvula de alivio: Se ilustra válvula de alivio para agua potable, solo para el ejemplo, pero aplica también para aguas residuales; se debe procurar que la distancia entre la válvula y la tubería de impulsión sea la menor posible.

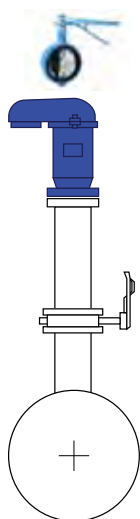


Ilustración 37:
Usando una válvula mariposa. No es muy recomendable pues la presencia de sólidos impedirá su cierre.

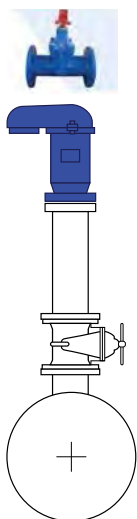


Ilustración 38:
Usando una válvula compuerta.

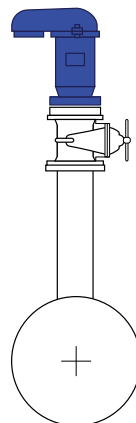


Ilustración 39:
Es posible la instalación de la VPA ya que la válvula compuerta es de paso total.



Ilustración 40:
Árbol de VPA correcto.

Siempre la boca de la VPA para aguas residuales se deberá conectar con una tubería que devuelva a la cámara húmeda los posibles excesos de aguas residuales que pudieran salir de la VPA, esto con la finalidad de no contaminar con aguas residuales el lugar donde se ubican estas.

2.3.6. VIDA ÚTIL

La vida útil es la estimación en tiempo (generalmente en años) que un activo puede tener, sin que deje de ser eficiente (económicamente) su operación.

La vida útil de un bien se puede determinar, de acuerdo con lo descrito por el fabricante:

- Por el tiempo transcurrido desde su fabricación, similar a la fecha de vencimiento de los alimentos.
- Por el tiempo de operación de este, por ejemplo, los focos o bombillos tienen una vida útil de 10 mil horas.
- Por cambio de normatividad, por ejemplo, el uso de asbesto cemento está prohibido para tuberías y accesorios para agua potable.
- Por obsolescencia.



Ilustración 41:
Árbol de la línea de impulsión de una EBAR. Se aprecian las válvulas compuerta y check. Fuente: Imagen del autor.

Es sabido que en nuestras EPS los equipos electromecánicos son reemplazados cada vez que se puede, en su mayoría son equipos cuyas reparaciones al año son tanto o más costosas que adquirir uno nuevo, o cuyo alto consumo de energía eléctrica y baja eficiencia los hace económicamente desechables.

2.4. OPERACIÓN DE VÁLVULAS

Válvulas: Son accesorios que se utilizan en las líneas de impulsión para controlar el flujo y se pueden clasificar en función de la acción específica que realizan. Las válvulas deberán ser instaladas en cámaras adecuadas, seguras y con elementos que permitan su fácil operación y mantenimiento.

2.4.1. VÁLVULAS MANUALES

Hay que tener presente que los accesorios que se emplean para la EBAR deben ser los aparentes para trabajar con aguas residuales, pues su acción sobre los metales genera que estos se corroan rápidamente.

2.4.1.1. Válvula de purga de aire (VPA)

Es una válvula usada para eliminar el aire existente en las tuberías. Puede ser manual o automática (purgador o ventosa), son preferibles las automáticas. Se debe tener presente que si bien emplean el mismo principio que las VPA para agua potable, estas tienen diferente forma.

Se sugiere emplear VPA de material plástico pues son menos susceptibles al robo para el "charreo" o para los "recicladores", estos actos son frecuentes en nuestro país.

Además deberán ser, por lo menos, de triple función: (i) permitir la purga de aire, (ii) permitir la admisión de aire y (iii) permitir la expulsión de aire en la operación (a tubo lleno) de bombeo.



Ilustración 42:
VPA para alcantarillado. Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 43:
VPA para aguas residuales de una marca/modelo específico.

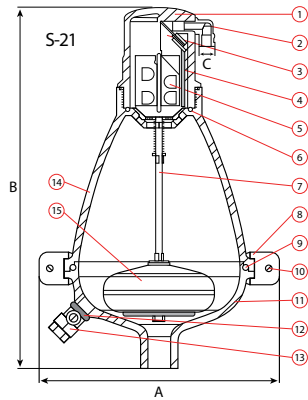


Ilustración 44:
Se aprecian las partes internas de la VPA para alcantarillado.

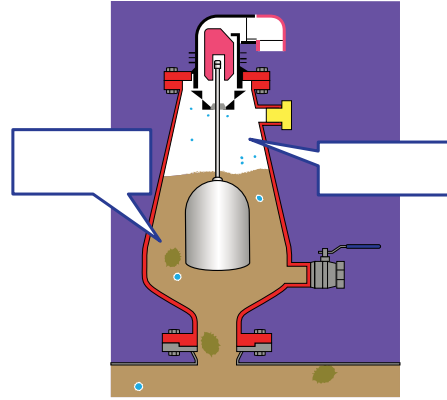


Ilustración 45:
El elemento obturador de la VPA para aguas residuales nunca entra en contacto con el agua.

Nótese que en la imagen anterior, el elemento 15 es una boya que acciona la apertura/cerrado del obturador de la VPA por medio del elemento 7. Esto se debe a que el agua residual, al tener sólidos, no acciona directamente la salida del aire, como sí lo hacen las VPA para agua potable.

2.4.1.2. Válvula compuerta

Cuando hablamos de válvulas, hacemos referencia a un accesorio que permite modificar el caudal de paso por un ducto debido al estrangulamiento de la sección de este, pudiendo este nulo, ser parcial o total.

La forma de conectarse a la tubería, puede ser: embone, rosca o bridado. Si se les acopla un motor, estas pueden operar a señales eléctricas y, por ende, pueden ser telecomandadas.



Ilustración 46:
Válvula compuerta DN1000 bridada.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 47:
1:Válvula check + 2: Compuerta en EBAR.
Fuente: Imagen del autor.

2.4.1.3. Válvula check

Llamada antirretorno, permite solo el flujo del agua servida en un solo sentido, con la finalidad de proteger al equipo de bombeo del golpe de ariete. Esta válvula impide el retorno de agua a la cámara húmeda y mantiene la columna hidráulica cargada.

Su estado siempre debe ser operativo, pues como la bomba está sujeta varias veces a encendido/apagado, el golpe del agua (*water hammer*) deteriorará con el tiempo el equipo electromecánico.

Hay que considerar que dependiendo de la posición de esta, existen válvulas de tipo horizontal a 180° (llamadas también válvula clapeta, cortina o columpio) y de tipo vertical a 90°, no recomendando su instalación en otras configuraciones (con otra inclinación).

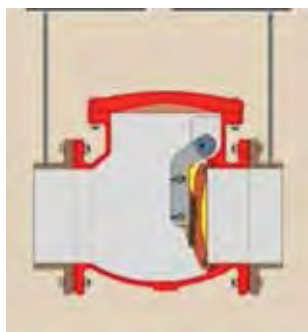


Ilustración 48:
Válvula check cuando está paralizado el bombeo de la EBAR.

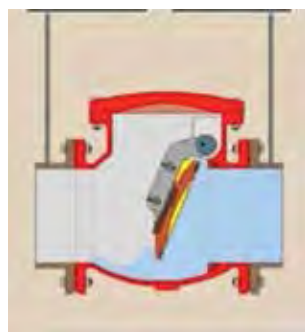


Ilustración 49:
Se inicia el bombeo, la check se abre de acuerdo con el caudal.

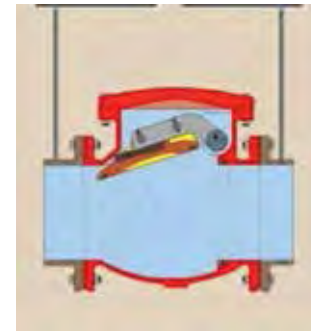


Ilustración 50:
Luego de poco tiempo, la check se encuentra totalmente abierta.

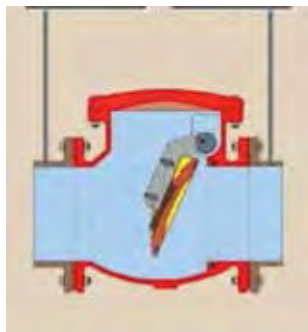


Ilustración 51:
Al paralizarse el bombeo, el "plato" de la check comienza a descender de manera rápida.

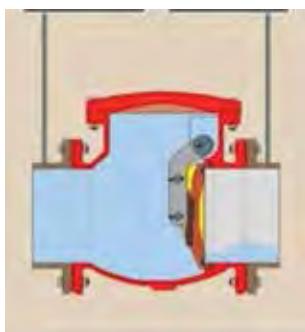


Ilustración 52:
Pasado un instante, el "plato" cierra totalmente impidiendo el retorno del fluido aguas abajo.

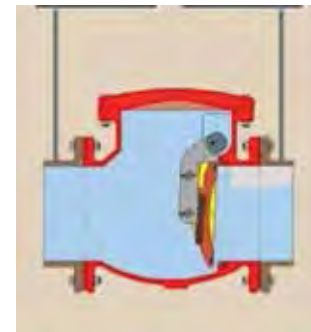


Ilustración 53:
Cuando nuevamente se inicia el bombeo, el "plato" comienza a levantarse.

Existen en el mercado soluciones que hacen que el plato obturador de la válvula check no cierre de manera violenta, sino que tarde lo suficiente para permitir que pase parte del *backflush* (flujo de retorno) evitando o mejor dicho disminuyendo el golpe de ariete.

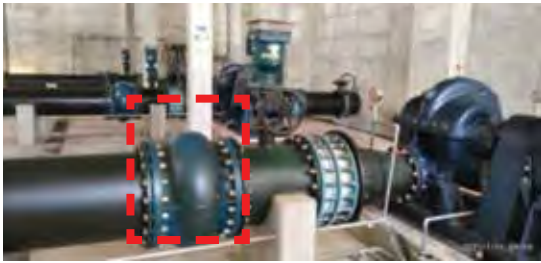


Ilustración 54:
Válvula check de una línea de impulsión DN900.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 55:
Válvula check con contrapeso.
Fuente: Imagen del autor.

2.5. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA A

La operación diaria de la EBAR deberá estar reflejada en un REPORTE DIARIO DE OPERACIÓN. Cada EPS cuenta con su formato, pero en esencia registra los mismos datos.

Este deberá contener mínimamente el registro del volumen de aguas residuales bombeadas, ante la exigencia del ente fiscalizador (SUNASS) y como dato valedero operacional para la PTAR, así como contener la data técnica de la operación de la EBAR, de los parámetros eléctricos e hidráulicos.

E.P.S. _____

REPORTE DIARIO DE OPERACIÓN

EBAR: _____

Fecha: _____

HORA	BOMBA N° 01			BOMBA N° 02			Q (l/s)	P (mca)
	VOLT. (V)	AMP. (A)	HORÓMETRO (horas)	VOLT. (V)	AMP. (A)	HORÓMETRO (horas)		
12:00 a.m.								
01:00 a.m.								
02:00 a.m.								
.								
.								
.								
09:00 p.m.								
10:00 p.m.								
11:00 p.m.								

Ocurrencias: _____

 Nombre y firma

Esto permitirá registrar sobre todo el caudal (desde el medidor para aguas servidas) y presión (manómetro para aguas residuales), que al cambiar de manera drástica, indicará que algo ha pasado en las instalaciones o equipos de la EBAR.

2.6. BIBLIOGRAFÍA

- Conceptos Básicos de Electricidad C. B. N° 1 –
Organización de Servicio - SEAT, S. A. Sdad. Unipersonal, Zona Franca, Calle 2
Reg. Mer. Barcelona. Tomo 23662, Folio 1, Hoja 56855
- Electricidad Básica
Manual de Contenido del Participante
http://www.trabajosocial.unlp.edu.ar/uploads/docs/electricidad_basica_ii.pdf



3

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RESIDUAL (EBAR)

3.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RESIDUAL (EBAR)	48
3.1.	CONCEPTOS FUNDAMENTALES	49
3.1.1.	OPERACIÓN	49
3.1.2.	MANTENIMIENTO	49
3.1.2.1.	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	50
3.1.2.2.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	52
3.1.2.3.	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	54
3.1.3.	EBAR: ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES	54
3.1.3.1.	RESUMEN DE EQUIPAMIENTO DE CÁMARA DE BOMBEO	55
3.1.3.2.	INFORMACIÓN DETALLADA DE EQUIPO DE CÁMARA DE BOMBEO	56
3.1.3.3.	INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO	56
3.1.4.	ACONDICIONAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES	57
3.2.	OBJETIVOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA EBAR	61
3.3.	SISTEMA DE BOMBAS ALTERNADAS	62
3.4.	PROCEDIMIENTO PARA LA LIMPIEZA MANUAL DEL SISTEMA DE REJAS Y DESARENADOR	62
3.4.1.	LIMPIEZA DE CÁMARA DE REJAS	62
3.4.1.1.	OPERACIÓN DE REJILLA PLANA Y CANASTILLA	64
3.4.2.	LIMPIEZA DE DESARENADOR	65
3.4.3.	CONSIDERACIONES PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EXTRAÍDOS	66
3.5.	OPERACIÓN DE COMPUERTA METÁLICA O VÁLVULA DE INGRESO	67
3.6.	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO	67
3.6.1.	EBAR EQUIPADA CON TRES ELECTROBOMBAS	67
3.6.1.1.	MODO MANUAL	68
3.6.1.2.	MODO AUTOMÁTICO	68
3.6.1.3.	PARADA DE EMERGENCIA	69
3.6.2.	CUADRO DE CAUSAS Y PROBLEMAS MÁS FRECUENTES DE LAS BOMBAS	70
3.7.	PARÁMETROS Y COMPONENTES DE CONTROL	70
3.7.1.	PARÁMETROS HIDRÁULICOS	71
3.7.1.1.	CAUDAL	71
3.7.1.2.	PRESIÓN (POSITIVA) Y VACÍO (NEGATIVA)	73
3.8.	DESINFECCIÓN CON CLORO DE ÁREAS Y ELEMENTOS CONTAMINADOS	75
3.8.1.	CLORO	75
3.8.2.	COMPUESTOS DE CLORO	76
3.8.3.	HIPOCLORITO DE SODIO	76
3.8.4.	HIPOCLORITO DE CALCIO	76
3.8.5.	SOLUCIÓN CLORADA	77
3.9.	NEUTRALIZACIÓN DE DESECHOS ORGÁNICOS CON EL USO DE CAL	77
3.9.1.	CAL	77
3.9.2.	USO DE LA CAL	78
3.9.2.1.	PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE CAL PARA DESINFECCIÓN	78
3.10.	FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA	79
3.11.	BIBLIOGRAFÍA	81



3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RESIDUAL (EBAR)

A continuación, se describirán las actividades y tareas que se desarrollan en una EBAR típica. Estas podrían cambiar por la diferencia en la infraestructura, pero esencialmente son las mismas.

Por ejemplo, mientras en una EBAR se emplea un polipasto eléctrico, en otras se podrá usar un teclé mecánico; pero la esencia de la actividad y de las tareas, se mantiene.

3.1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

3.1.1. OPERACIÓN

La operación es un conjunto de actividades que se desarrollan para conseguir que las estructuras de almacenamiento y los equipos de bombeo del sistema de abastecimiento de agua desempeñen la función para la que fueron diseñadas.

Las operaciones pueden clasificarse en simples y compuestas, de acuerdo con la complejidad de las actividades que están involucradas. La operación simple es un conjunto de acciones elementales para accionar un equipo determinado o una parte específica de una estructura; por ejemplo, la apertura y cierre de una válvula. Las operaciones compuestas son un conjunto de operaciones simples que se desarrollan, simultáneamente o en una secuencia, para conseguir un fin determinado; por ejemplo, operaciones simples que se realizan para conseguir que un reservorio, abastecido por una estación de bombeo, no rebose.

En ambos casos, para que el resultado de la operación sea satisfactorio, los responsables de la operación deben recibir las herramientas e instrumentos adecuados, y que se encuentren debidamente capacitados; en caso contrario, existirán muchas fallas de operación que llevarán a daños en el sistema de abastecimiento, pérdidas económicas y riesgo de deterioro de la calidad del agua potable.

3.1.2. MANTENIMIENTO

El mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado consistirá en el conjunto de actividades que es necesario desarrollar para corregir oportunamente las fallas¹⁶ que lleguen a presentarse en sus estructuras y conseguir que los sistemas se encuentren continuamente en condiciones de poderse operar adecuadamente.

¹⁶ Falla: Falta, deficiencia o error. Acción y efecto de fallar (<https://dle.rae.es/fallo>).

Clasificación de las fallas¹⁷:

Fallas tempranas: Ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problema de materiales, de diseño o de montajes.

Fallas adultas: Son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamientos en una máquina, etc.).

Fallas tardías: Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien (envejecimiento de la aislación de un motor eléctrico, pérdida del flujo luminoso de una lámpara, etc.).

En los principales manuales de organización y funciones (MOF) consultados de las más grandes EPS del país (SEDAPAL, SEDAPAR y EPS Grau S. A.), la función de mantenimiento es asignada a personal propiamente de mantenimiento de equipos eléctricos y electromecánicos o, en su defecto, de mantenimiento de redes de las gerencias de Operaciones y Mantenimiento (O&M) o Producción. Pero esto no es impedimento para describir de manera breve las principales actividades de mantenimiento que se ejecutan en la EBAR.

Las actividades de mantenimiento pueden clasificarse principalmente en: correctivas y preventivas. Existen las predictivas pero eso es un nivel superior del mantenimiento al que deberemos tener como meta y solo nombraremos para conocimiento.

3.1.2.1. Mantenimiento correctivo

Está constituido por las actividades destinadas a reparar oportunamente cualquier falla que se presente en las estructuras o equipos.

Para desarrollarlas se requiere:

(a) Reporte sobre la falla.

Como operador de EBAR, es obligación el reportar cualquier tipo de falla que se presente en las instalaciones de la estación.

Cuando nos referimos a falla, lo hacemos generalizando que esta puede darse en el sistema eléctrico (tableros, luminarias, etc.), en el árbol de distribución (tubería y accesorios), en la mecánica de la cámara de rejas o desarenador, incluso en las obras civiles de la EBAR.

Para eso existen los reportes diarios, cuadernos de ocurrencias u otro medio escrito que evidencie la aparición de esta ocurrencia. Esto no implica que dependiendo de la gravedad de la falla, esta se deba de comunicar de manera verbal (llamada telefónica, por ejemplo) a la superioridad.

¹⁷ Falla: Cuando un medio productivo cesa de realizar una o más de sus funciones, mucho antes del fin de su vida útil, se dice que ha fallado. Estas fallas pueden causar pérdidas, paradas imprevistas, incrementos de los costos de mantenimiento y reparación. (https://www.editores-srl.com.ar/revistas/aa/11/yavarone_diagnostico_eficiente)

(b) Revisión y diagnóstico de la falla.

Al ser el operador la persona que se encuentra toda su jornada laboral en la EBAR, es lógico que sea quien haya notado los "avisos" que da el componente antes de fallar. No basta con solo decir "el equipo ha fallado".

La revisión y diagnóstico de falla es una actividad para, en lo posible, saber el motivo por el cual el componente o equipo ha fallado. Luego se podrá usar esa información para mejorar la situación anterior actual.

Por ejemplo, si cada vez que enciendo las luminarias de la EBAR, noto que el medidor de caudal comienza a dar malas lecturas o incluso apagarse, pues este es un indicativo de que el sistema eléctrico (distribución de cargas) presenta un defecto.

El análisis de falla está diseñado para¹⁸:

- *identificar los modos de falla (la forma de fallar del producto o pieza);*
- *identificar el mecanismo de falla (el fenómeno físico involucrado en la falla);*
- *determinar la causa raíz (el diseño, defecto o cargas que llevaron a la falla);*
- *recomendar métodos de prevención de la falla.*

Las causas más comunes del porqué se presentan las fallas son:

- *Mal uso o abuso*
- *Errores de montaje*
- *Errores de fabricación*
- *Mantenimiento inadecuado*
- *Errores de diseño*
- *Material inadecuado*
- *Condiciones no previstas de operación*
- *Fin de vida útil del componente*

(c) Labores de reparación.

La reparación de las fallas, dependiendo de la gravedad de estas, deberán ser ejecutadas necesariamente por personal calificado, más aún si estas se presentan en equipos y componentes eléctricos y mecánico-eléctricos (tener presente que generalmente se emplean altos voltajes lo que hace peligroso el intentar manipular los equipos "en caliente" sin el conocimiento y experiencia previos).

Lo cierto es que existen fallas que bien pueden ser atendidas por el operador de la EBAR, desde el cambio de un luminario (foco o bombillo) hasta reiniciar el sistema desde el tablero general con la finalidad de que, al restituirse los valores iniciales, la falla presentada se corrija.

(d) Reporte final para efectos de control y estadística.

Si bien es cierto, la actividad de superar (mantenimiento correctivo) la falla no necesariamente es del operador de la EBAR y, por ende, es este personal quien debería ejecutar el reporte final (indicar causas de la falla, trabajos realizados, material y equipo empleado, entre otros) es importante que en el formato respectivo o en el cuaderno de ocurrencias, el operador de la EBAR anote lo referido a la ejecución de trabajos realizados para superar la falla.

¹⁸ https://www.editores-srl.com.ar/revistas/aa/11/yavarone_diagnostico_eficiente

La atención de las fallas debe priorizarse de acuerdo con los siguientes aspectos:

- El tipo de estructura o equipo en cuestión: no es lo mismo que la bomba presente fallas a que el sensor de presión lo haga.
- La magnitud de la falla: si por ejemplo hay una fuga en el árbol de impulsión que genera presencia de aguas servidas en la cámara seca y la bomba sumidero ha fallado, no tendrá la misma magnitud que una falla en el medidor de aguas residuales.
- Cómo afecta la falla a la operación de la EBAR: no es lo mismo que el sensor de nivel falle a que falle el sensor de presión, mientras que el sensor de nivel enciende/apaga las bombas, el sensor de presión es un medidor de las condiciones hidráulicas que puede obviarse hasta ser superado el fallo (no se recomienda operar siempre la EBAR sin medir la presión).

3.1.2.2. Mantenimiento preventivo

A diferencia del correctivo, el mantenimiento preventivo se inicia con un programa, sigue con una revisión y termina con un informe que puede originar una actividad de reparación.

Son actividades de mantenimiento con el objetivo de prevenir problemas. Dentro de las principales actividades que se practican como parte de este tipo de mantenimiento cabe destacar: inspección al equipo, limpieza, lubricación y sustitución de componentes.

Es un tipo de mantenimiento preventivo, por ejemplo, la limpieza de la válvula de purga de aire de la EBAR una (1) vez al mes. Probablemente al desarmarla y ver su interior encontraremos que esta se encuentra prácticamente sin sólidos, lo que hará que para la próxima actividad de mantenimiento el período sea mayor, tal vez para los siguientes dos (2) meses. Pero si por el contrario encontramos bastantes sólidos en su interior, la próxima acción de mantenimiento se dará cada medio (½) mes.

Para su formulación es indispensable:

(a) Una lista de equipos

Es necesario tener un "catastro" de equipamiento de la EBAR, desde lo principal, que son los tableros eléctricos pasando por las bombas y el árbol hidráulico (sin ellos la EBAR colapsa¹⁹), hasta lo secundario pero no menos importante (la EBAR podrá trasvasar las aguas residuales aun no estando operativos estos), como pueden ser las luminarias de la estación o el sistema de control de olores.

Para mejor entendimiento de lo anteriormente descrito, se sugiere ir a:

3.1.3.1. RESUMEN DE EQUIPAMIENTO DE CÁMARA DE BOMBEO

3.1.3.2. INFORMACIÓN DETALLADA DE EQUIPO DE CÁMARA DE BOMBEO

(b) Establecer procedimientos

Toda actividad de mantenimiento deberá seguir un procedimiento que debe estar descrito claramente ya sea en el manual de mantenimiento, manual de usuario, especificaciones técnicas del fabricante, normas nacionales u otro.

¹⁹ Dicho de una actividad: Decrecer o disminuir intensamente. (<https://dle.rae.es/colapsar>)
Paralización a que pueden llegar el tráfico y otras actividades. (<https://dle.rae.es/colapso>)

Tener como premisa que la experiencia (tiempo) sin técnica (conocimiento) es solo años de trabajo.

Por ejemplo, para la limpieza (remoción de lodos) de cámara húmeda hay directivas de estricto cumplimiento, pues un error en estos trabajos puede ser fatal; se está trabajando en un espacio confinado, con presencia de gases tóxicos, con presencia de humedad y otros factores que hacen de este trabajo una actividad especial.

Artículo 55.- Mantenimiento y Reparación.

- a) Para los trabajos de mantenimiento y reparación de un edificio o estructuras que no puede efectuarse con seguridad desde una escalera portátil, se erigirá andamiajes, plataforma y demás construcciones fijas y provisionales adecuadas y seguras.
- b) Cuando se realicen trabajos de mantenimiento en el interior de cámaras de desagüe y otros lugares subterráneos en donde pueda haber peligro de acumulación de gases, vapores u otras sustancias nocivas, la persona encargada tomará las siguientes medidas, antes de asignar al personal que vaya a tener a cargo dichas obras:
- c) Solicitar al Equipo de Seguridad e Higiene Ocupacional el monitoreo de gases, con una anticipación de 48 horas previo al inicio del trabajo.
- d) Coordinar la disponibilidad de los Equipos de suministro de aire de Tiro Forzado que sean necesarios, de acuerdo al tiempo estimado de duración del trabajo.
- e) Todos los trabajadores que ingresen al interior de las cámaras deberán obligatoriamente hacer uso de una máscara de Tiro Forzado.
- f) Los trabajadores tienen derecho a negarse a ingresar a una cámara de desagüe cuando no se haya realizado la medición de gases o no se cuente con el Equipo de suministro de aire de Tiro Forzado.
- g) Si se encuentra que un buzón, pozo, cámara de desagüe, contiene gases u otras sustancias peligrosas, se tomará las medidas de control necesarias para garantizar que el trabajo pueda ser efectuado con seguridad, y en particular:
- h) Se practicará ventilación natural o mecánica hasta que las concentraciones no representen peligro.
- i) Se deberá tener presente que estos accidentes son generalmente mortales.
- j) En general, para los trabajos de limpieza de cámaras de desagüe, se debe considerar que:
 - Esta tarea se asignará al personal, con experiencia, especialmente, bajo las condiciones prevaletentes.
 - Los trabajadores estarán bajo la dirección y vigilancia de personal competente y experimentado.
 - El personal por ningún motivo ingresará a dichos lugares sin ropa y equipo protector adecuado.
- k) Cuando se tenga que efectuar reparaciones a una máquina, ésta será detenida antes de empezar el trabajo, garantizando que la máquina no se pondrá en marcha hasta que el trabajo haya sido terminado, si es posible, poner avisos y trabar el arrancador o la llave.
- l) Después que la reparación o mantenimiento de la máquina haya sido terminada antes de ponerla en marcha de nuevo, todas las herramientas, instrumentos y materiales usados, serán retirados.

(c) Hacer la programación

Toda programación de actividades de mantenimiento preventivo se deberá ejecutar en el momento del día que el discurrir de las aguas servidas sea el mínimo. Normalmente este se da en horario nocturno (11:00 p. m. a 4:00 a. m.) ya que es bastante problemático para los usuarios del servicio el tener que verse restringidos del uso del alcantarillado (para que no fluyan las aguas servidas pues se procede a cortar el servicio de agua potable al sector operacional o cuenca de atención de la EBAR).

Existe también normatividad del ente supervisor (SUNASS) referido, por ejemplo, a la limpieza de la cámara húmeda de la EBAR; pues esta deberá ejecutarse por lo menos una (1) vez al semestre, pues la programación de las actividades de mantenimiento preventivo deberá iniciar con lo mínimo exigido por el ente regulador.

(d) Organizar y llevar un registro de datos

En la EBAR es importante contar con la "historia" del mantenimiento de los elementos y equipos que la componen. Por ejemplo, el tener registrada la fecha de la última limpieza (eliminación de lodos) de la cámara húmeda de la EBAR y la cantidad de sólidos retirados permitirá necesariamente programar su ejecución antes de los 6 meses establecidos como obligatorios por la SUNASS para ejecutar esta actividad.

(e) Producir la información

Todo trabajo de mantenimiento necesariamente deberá generar reportes y "actualizaciones" en la bitácora (catastro) de los equipos de la EBAR, desde el reporte de fallos (número de fallos/horas de operación) hasta el cambio de equipos por reemplazo (deterioro u obsolescencia).

Para programar la frecuencia entre revisiones existen tres criterios diferentes: Uno que considera que un equipo no debe trabajar períodos muy largos sin someterse a una revisión, este fija por tanto el tiempo máximo (número de horas, días, meses o años, según el caso) entre revisiones; el otro establece que el desgaste es función del trabajo realizado y así define los períodos, por el número de horas trabajadas o por el de unidades que han intervenido (m^3 de agua, km de recorrido, etc.); el tercero adopta los dos criterios y fija, como período, lo primero que se presente, por ejemplo, revisar un motor cada dos meses o cada 1,500 horas de operación.

3.1.2.3. Mantenimiento predictivo

A diferencia del correctivo, el mantenimiento predictivo se inicia con un programa.

Este mantenimiento está basado en el monitoreo (generalmente con equipos), registro y análisis del comportamiento de las principales variables de operación del equipo y de las instalaciones, con la finalidad de verificar que su funcionamiento sea el correcto y, en caso de que se presente una desviación de las condiciones de operación normales, programar las actividades correctivas correspondientes.

3.1.3. EBAR: ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES

La EBAR²⁰ (llamada comúnmente cámara de bombeo de desagües, cámara de bombeo de aguas residuales, cámara de bombeo de aguas negras u otra forma local de denominarla), comprende fundamentalmente: dis-

²⁰ RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 153-2019-VIVIENDA Aprueban Norma Técnica "Guía de Diseños Estandarizados para Infraestructura Sanitaria Menor en Proyectos de Saneamiento en el Ámbito Urbano - Etapa 1 y sus Anexos"

positivos para el acondicionamiento del líquido cloacal previo a su bombeo, equipos de bombeo, motores, accesorios y válvulas especiales; cámara húmeda con o sin cámara seca, extractores de aire y la arquitectura de la edificación.

En las EBAR se han proyectado dos compartimentos denominados; cámara seca, cámara húmeda (aunque hay EBAR que solo cuentan con cámara húmeda y usan bombas sumergibles), alojándose en la cámara seca los equipos de bombeo de desagües tipo centrifugas, de las cuales unos operarán y otros estarán de reserva (llamados equipos en *stand by*). Importante es también la bomba de achique o sumidero que trasvasa las aguas que pudieran estar en la cámara seca.

Siempre y cuando por vez primera se empieza a laborar en una EBAR, se deberá contar con el Manual de Operación y Mantenimiento (O&M) de la referida estación, esto con la finalidad de familiarizarnos con los equipos instalados, la operación y sobre todo la resolución de posibles fallas.

Si es que no se cuenta con este importante documento en la EBAR, se deberá reportar al supervisor o jefe inmediato superior el requerimiento de una versión impresa del referido manual.

En caso no se contase con el Manual de O&M de la EBAR, el operador de la EBAR procederá a confeccionar la información mínima necesaria para facilitar y demostrar conocimiento de la operación, así como para facilitar el entendimiento de este a futuros operadores que lleguen a laborar a esta estación.

Se requiere que el personal que llega a una EBAR, no solo sea “el dedo que enciende/apaga las bombas”, sino de un operador de EBAR que cumpla con las expectativas que imponen los nuevos tiempos.

3.1.3.1. Resumen de equipamiento de cámara de bombeo

Se sugiere que por lo menos se cuente con la información que se aprecia en la ilustración siguiente, a la que se le podrán agregar las columnas: Operativo (Sí/No), Estado de Conservación, etc. con la finalidad de describir de mejor manera el equipamiento existente.

Resumen de equipamiento de cámara de bombeo.

Item	Equipo	Cant.	Marca	Modelo
1	Electrobombas	3	abs	XFP150J-CH2 PE430/4-E-60EX
1.1	Electrobomba de sumideros	1	abs	ASO630D-S164D 60
2	Instrumentos			
2.1	Medidor de caudal	1	Siemens	MAG5100 MAG6000
2.2	Medidor de nivel	1	Siemens	Echomax XPS 10 Mutiranger 100
3	Tecle mecánico o eléctrico	1	Kito	ER2025S/MR2025S
4	Cámara de rejillas			
4.1	Compuerta	1	Vcp	
4.2	Canastilla y rejilla	1	Vcp	Semicilíndrica Plana
4.3	Tecle mecánico o eléctrico	1	Kito	ER2010L
5	Extractor de aire	1	Soler & Palau	HEP-400
6	Control de olores	1	Siemens	ZB-54
7	Grupo electrógeno	1	Olympian	GEP220-2
8	Transformador	1	Epli S.A.C	TD30 315KVA 22.9-10/0.46KV
9	Tableros eléctricos	5	ABB	Mural, empotrado y adosado

Ilustración 57:
Ejemplo de Cuadro Resumen de Equipamiento de EBAR.

3.1.3.2. Información detallada de equipo de cámara de bombeo

Se deberá contar con por lo menos la información completa de los equipos electromecánicos de la EBAR, pues es el punto más sensible de la operación de esta.

Una EBAR se podrá operar (en caso extremo) con los extractores de aire en estado inoperativo, con el grupo electrógeno sin combustible o sin batería, con el extractor de olores sin funcionar, pero no lo puede hacer sin contar con los equipos de bombeo. De ahí la necesidad de saber sobre sus características.

Tener presente que el objetivo de toda EBAR es trasvasar²¹ las aguas residuales, por lo que mínimamente las características de los equipos más importantes: los tableros eléctricos, las bombas y motores de ser el caso, deberán ser conocidos.

II. Resumen de Equipo.

Item 1 : Electrobomba.

Bomba					
Marca, Modelo	abs, XFP150J-CH2	NPSH requerido	3.8	Velocidad de giro (RPM)	1760
# Serie	50813, 50814 50815	Potencia Absorbida (KW)	36	Diámetro de Succión (mm)	150
Tipo de instalación	Vertical Cámara Seca	Eficiencia punto de operación (%)	70	Diámetro de Descarga (mm)	150
Altura dinámica ADT (m, Psi)	32.1 (47)	ADT min (m) (Psi)	14 (20)	ADT max (m) (Psi) Q=0	48 (67)
Caudal (l/seg)	75	Caudal min (l/seg)	20	Caudal max (l/seg)	165
Caudal BEP (lt/seg)	105	ADT BEP (m)	27		
Motor					
Marca, Modelo	abs, PE430/4-60FM	Voltaje (V)	440	Cos ϕ (Al 100%)	0.8265
# Serie	50813, 50814 50815	Corriente (A)	71.85	Eficacia (A plena carga)	95.02
Tipo de motor	Sumergible, vertical	Potencia Nominal (KW)	43	Factor de Servicio	1.15
Tipo de protección	Clase 1, División 1, Grupo C,D	Corriente de Arranque (A)	639	Aislamiento	Clase H
Cable de bomba Fuerza y control					
Marca	Carol Super Vutron	Modelo	Type G-GC	Calibre/material	3/C 4AWG 8/C 16AWG /EPR

Ilustración 58: Ejemplo de Cuadro Resumen de las bombas de una EBAR.

3.1.3.3. Instalaciones eléctricas interiores en la estación de bombeo

En el tablero eléctrico general de la EBAR, en su interior, se ubicarán las barras de cobre con sus derivaciones al interruptor general y los interruptores de los alimentadores de las bombas, tablero de alumbrado y otras conexiones, las que deben ser conocidas por el operador de la EBAR.

²¹Trasvasar: pasar de un vaso (recipiente, contenedor, etc.) a otro, un fluido.



Ilustración 59:
Vista del exterior de un tablero.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 60:
Vista del interior del tablero. Note la cantidad de interruptores. Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 61:
No cuenta con lectura análoga, sino digital.
Fuente: Imagen del autor.

Se tienen en general los siguientes interruptores de protección:

1. Interruptor general
2. Un interruptor para la bomba sumergible N° 1
3. Un interruptor para la bomba sumergible N° 2
4. Un interruptor para la bomba sumergible N° 3
5. Un interruptor para el tablero de alumbrado y tomacorrientes
6. Un interruptor para el tablero de control

3.1.4. ACONDICIONAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales ordinariamente contienen materias en suspensión como papeles, vidrios, hojas, latas y hasta objetos plásticos de considerable tamaño, por lo cual siempre es conveniente proyectar elementos que acondicionen el líquido cloacal para su bombeo, de forma que evite daños a los equipos.



Ilustración 62:
Operario procediendo a sacar un objeto extraño de un buzón.
Fuente: Imagen del autor



Ilustración 63:
Se aprecia que introduce su mano al interior del buzón.
Fuente: Imagen del autor



Ilustración 64:
Aunque parezca extraño, sacó un banco plástico.
Fuente: Imagen del autor



Ilustración 65:
Objeto retirado del interior del buzón.



Ilustración 66:
Se aprecia el banco plástico en su verdadera magnitud.

Para este fin, al ingreso de la EBAR se considera en el diseño, una cámara de rejas²², que no es más que un “tamiz” que impide que sólidos disímiles de gran tamaño (palos, trapos, plásticos y otros) ingresen a la cámara húmeda y estropeen el correcto funcionamiento de los equipos de bombeo.

Para la remoción de sólidos sedimentables de menor tamaño como arenas y piedras, a pesar de que las aguas residuales no deberían contener este tipo de sólidos, los contienen en porcentajes (%) que se debe analizar previamente para un mejor diseño de la EBAR; es que antes del ingreso a la cámara húmeda en una EBAR, se diseña un DESARENADOR, que emplea un vortex (existen otros tipos de desarenadores pero este es usado por ocupar menor espacio) que no es más que una estructura de diseño particular que permite que las arenas y otros sólidos de mayor densidad que el agua puedan decantar (“caer” a la parte más baja del vortex) y luego estos ser bombeados en forma de lodos, y en otra etapa del proceso, poder ser separados con equipos diseñados para tal fin.



Ilustración 67:
Vista en corte de una EBAR típica donde se señala la ubicación del desarenador. Fuente: Imagen del autor.

²² NORMA OS.070 REDES DE AGUAS RESIDUALES: Reglamento Nacional de Edificaciones

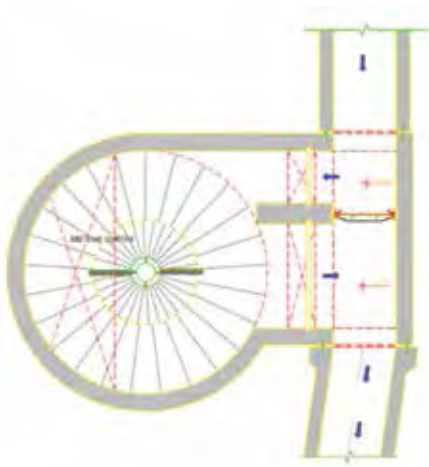


Ilustración 68:
Vista de planta de un desarenador con sistema vortex.
Fuente: Imagen del autor.

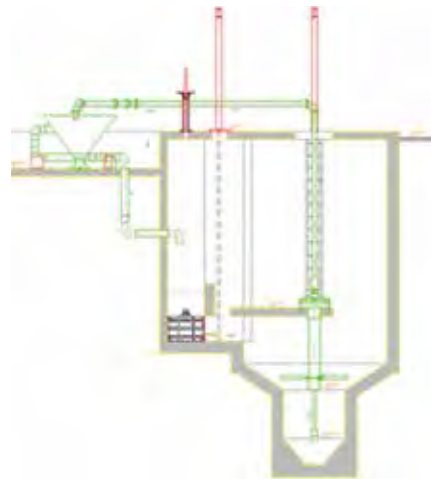


Ilustración 69:
Vista en corte de un desarenador-vortex. Se aprecia al lado izquierdo (triángulo invertido) el equipo separador de sólidos del lodo extraído. Fuente: Imagen del autor.

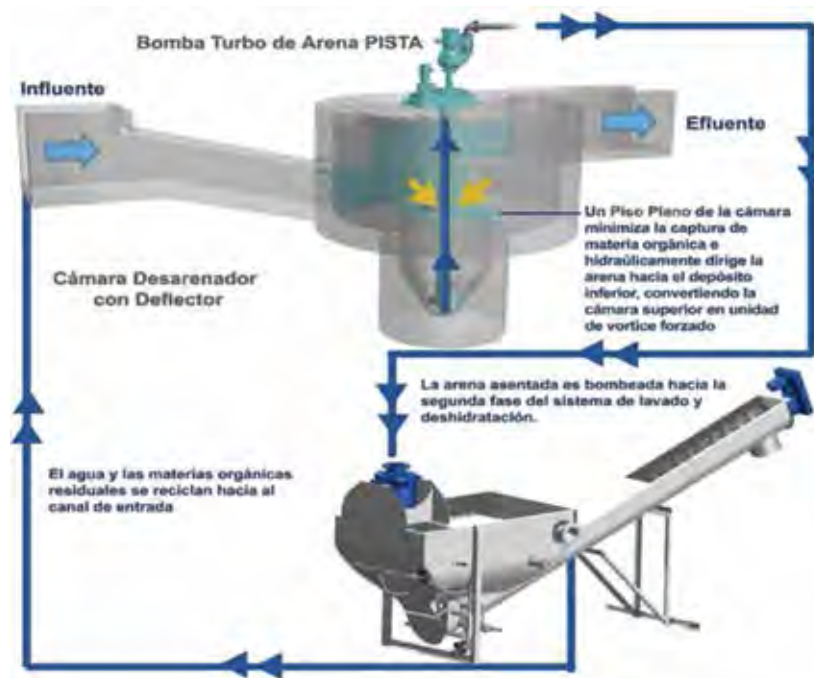


Ilustración 70:
En este diagrama se visualiza de mejor manera lo anterior²³.

²³ <https://spenagroup.com/desarenador-vortex/>



Ilustración 71:
Vista de un equipo para separar los sólidos sedimentados en un desarenador de una EBAR, que emplea un "tornillo sin fin". Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 72:
Otra vista del mismo equipo.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 73:
Se aprecian los sólidos extraídos del desarenador, dispuestos de mala manera.
Fuente: Imagen del autor.

El conocer por ejemplo cuánta arena ingresa al sistema (realmente cuánta arena se retira desde el desarenador) y si esta cantidad se ve bruscamente aumentada, es un indicativo por ejemplo de que un hundimiento en las redes colectoras ha sucedido. Si de pronto la presencia de cierto residuo sólido en particular aparece a una hora determinada, podría referir una actividad no controlada (presencia de vísceras, por ejemplo).

La inexistencia de desarenadores permite ocurrencias más extremas, que hacen que la columna de succión de las bombas se colmaten en su total sección, de sólidos, especialmente arena y lodo, causando la paralización de la EBAR. Tener presente que si bien, es cierto, las bombas de la EBAR están diseñadas para el trasvase (pasar de un vaso a otro) de aguas residuales con cierto % de sólidos; no están diseñadas para lodos.



Ilustración 74:
La presión registraba valores anómalos, fue necesario desmontar la bomba sumergible.



Ilustración 75:
Al cortar la manguera de descarga de la bomba se encontró que estaba totalmente obstruida en toda su sección por sólidos.

Con el uso de equipos diseñados para tal fin, se deben bombear estos lodos para poder retirar estos sólidos, evitando que ingresen a la cámara húmeda, y que ocasionen:

- i. Disminución progresiva del volumen efectivo de la cámara húmeda porque estos sólidos van ocupando su fondo (por pesar más) sedimentándola.
- ii. Generación de más gases y malos olores, debido a los procesos biológicos que suceden en estos lodos depositados en el fondo de la cámara húmeda.
- iii. Daños en los equipos de bombeo de la EBAR, puesto que las arenas (y en general todos los sólidos) al momento de ser bombeados, se convierten en elementos que friccionan (literalmente actúan como si fueran lijas) las paredes de las carcassas de las bombas (llamadas también caracol por su peculiar forma), llegando incluso a perforarlas. Para mejor entendimiento se comportan como si se tratara de un arenado con aire, solo que en aguas residuales.



Ilustración 76:
Vista de una carcasa de una bomba de EBAR.



Ilustración 77:
Acercamiento a la carcasa.



Ilustración 78:
Se señalan las perforaciones de la carcasa.



Ilustración 79:
Vista del interior de la misma carcasa.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 80:
Al humedecer la carcasa se aprecian las perforaciones a dicho accesorio.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 81:
Se señalan las perforaciones de la carcasa.
Fuente: Imagen del autor.

3.2. OBJETIVOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA EBAR

Como en toda instalación sanitaria de este tipo, no solo se requiere que esta logre trasvasar el agua residual desde la EBAR hacia otra EBAR o PTAR²⁴ (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales), sino que además esta operación sea eficiente.

²⁴ RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 153-2019-VIVIENDA Aprueban Norma Técnica "Guía de Diseños Estandarizados para Infraestructura Sanitaria Menor en Proyectos de Saneamiento en el Ámbito Urbano - Etapa 1 y sus Anexos"

Existen indicativos hidráulicos (baja en la presión, baja en el caudal, las más importantes) así como eléctricos (aumento del amperaje, reducción del voltaje, entre otros) que van avisando que algo no está operando de manera adecuada y que, más temprano que tarde, presentará una falla que podría paralizar los equipos, con el consiguiente afloramiento de aguas servidas en la vía pública o en los domicilios de los usuarios, con los problemas que esto acarrea.

Tener presente que, por la dificultad de algunas actividades de mantenimiento, estas no deberán nunca ser ejecutadas en solitario, pues eso puede conllevar resultados fatales.

3.3. SISTEMA DE BOMBAS ALTERNADAS

De acuerdo con el diseño, en toda estación deberá considerarse como mínimo una bomba de reserva²⁵, que no es más que un equipo de bombeo de similares, sino iguales, características hidráulicas (Q y P) que opera de manera intermitente, permitiendo la redundancia del sistema, es decir, que en caso llegase a fallar un equipo de bombeo, inmediatamente este equipo, que se encuentra en *stand by*, suplirá la deficiencia del anterior.

Es lógico afirmar que el operador deberá darse cuenta de la ocurrencia anterior, con la finalidad de asegurar y mantener la operatividad del sistema.

Lo más común y aconsejable es que los equipos electromecánicos de bombeo operen cíclicamente alternados, es decir, por ejemplo, si se tienen tres bombas: A, B y C; la operación será de a par: A + B, luego A + C y luego B + C, así sucesivamente. En casos excepcionales podrán operar las tres bombas (A+B+C) para caudales "pico".

No es recomendable, para el mismo supuesto, que operen siempre A+B y que para cuando una de estas bombas falle por diversos motivos, la bomba C entre en operación formando el par A+C o B+C, debido a que un equipo de bombeo que se encuentra sin uso por demasiado tiempo puede "pegarse" y no operar de la manera correcta, lo cual generaría un problema al solo operar la EBAR con una bomba.

3.4. PROCEDIMIENTO PARA LA LIMPIEZA MANUAL DEL SISTEMA DE REJAS Y DESARENADOR

3.4.1. LIMPIEZA DE CÁMARA DE REJAS

Las aguas residuales contienen trapos, desperdicios, pedazos de madera, arena, etc. que deben ser removidos antes de ingresar a la cámara debido a que más temprano que tarde obstruirán tuberías, canaletas, orificios, etc., que una vez admitidas en la misma son de difícil remoción y pueden afectar posteriormente el proceso de bombeo (reducción de caudal, atasco en los impulsores de las bombas, entre otros).

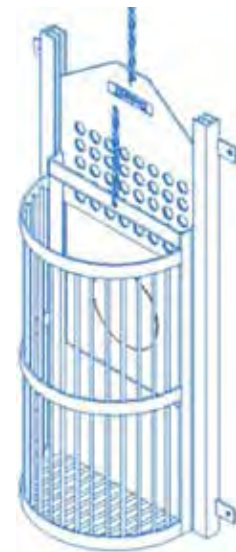


Ilustración 82:
Modelo de cámara de rejillas.
Fuente: Imagen del autor.

²⁵ Norma OS.080 ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES: Reglamento Nacional de Edificaciones.

Para tal efecto, la cámara cuenta con un sistema de rejillas ubicado a la entrada de esta. Los residuos atrapados en las rejillas deben extraerse tantas veces al día como sea necesario para prevenir el represamiento del líquido.

Como medida precautoria, no se deberá aceptar que el porcentaje de obstrucción supere el 60% de la superficie útil de la reja.

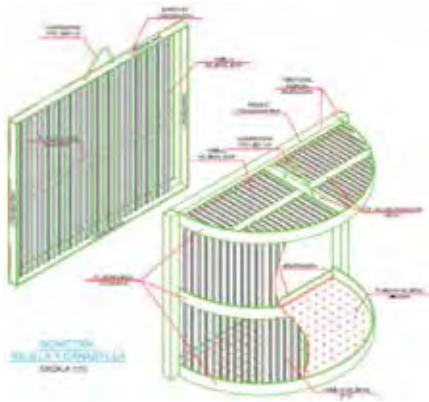


Ilustración 83:
Rejilla plana y canastilla típica de EBAR. Nótese la forma de cada una. Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 84:
Vista en planta de la disposición de la rejilla en la cámara de rejillas. Fuente: Imagen del autor.

Indudablemente, esta frecuencia podrá variar en función de la cantidad de material retenido en la reja, pudiendo aumentar o disminuir según los resultados que se obtengan durante el período de arranque de las bombas. No obstante, se requerirá como mínimo de dos limpiezas por día, preferentemente por la mañana y por la tarde, al inicio y final de la jornada de trabajo.

Los residuos retenidos en las rejillas tipo canasto serán removidos con rastrillos plásticos de mango largo, los que deben ser livianos para facilitar su manejo.

El material retenido en las rejillas deberá ser transportado a un lugar dentro de las instalaciones con ayuda de una carretilla a un recipiente de dimensiones adecuadas.



Ilustración 85:
Mala práctica de disponer los sólidos extraídos de la cámara de rejillas en la misma EBAR. Fuente: Imagen del autor.

Se conocen múltiples casos en donde la no extracción adecuada de sólidos en la cámara de rejillas o la inexistencia de esta han ocasionado fallas en la EBAR con atascos en los impulsores de los equipos de bombeo, lo cual genera que estos si bien aparentemente funcionan con normalidad (parámetros eléctricos normales) reducen el caudal bombeado (parámetros hidráulicos anómalos) llegando incluso a cero, originando problemas con las aguas residuales (desbordes) con el consecuente disgusto de los usuarios por la contaminación producida.



Ilustración 86:
Personal técnico revisando el equipo de bombeo de una EBAR de una localidad de Perú.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 87:
Fue necesario desarmar el árbol de impulsión de la EBAR para acceder al interior de la bomba.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 88:
Se pudo observar que un sólido extraño se encontraba atascado en el impulsor de la bomba.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 89:
Se aprecia que un pedazo de madera está atorado en el interior. Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 90:
Se procedió a retirar el objeto extraño que originaba la falla. Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 91:
Vista del pedazo de madera que originó la falla en la EBAR. Fuente: Imagen del autor.

3.4.1.1. Operación de rejilla plana y canastilla

1. Retirar la tapa de la cámara de rejillas.
2. Colocar cerca de la maniobra la rejilla plana.
3. Ubicar el teclé mecánico sobre la canastilla.
4. Colocar el gancho auxiliar de acero inoxidable en el gancho del teclé mecánico.
5. Colocar la rejilla plana de acero inoxidable en el gancho auxiliar, para luego proceder a bajarlo por la guía que está pegada a la pared que divide la cámara de rejillas.
6. Verificar que la rejilla plana se encuentra en el piso de la cámara de rejillas.
7. Una vez confirmada que la rejilla se encuentra en el fondo se procede a retirar el gancho auxiliar del asa de izar de la rejilla desde arriba, moviendo la cadena.
8. Luego, mover el teclé mecánico sobre la canastilla, cuando se encuentre cercano al punto de anclaje de la canastilla, se deberá colocar el gancho auxiliar en el asa de izar del mismo e inmediatamente subir la canastilla a través de las guías de acero inoxidable.
9. Cuando esta ya se encuentre en la parte superior y sea colocada en una base plana, se procederá a retirar los residuos acumulados en la canastilla, con el empleo de herramientas auxiliares como rastrillos que permitan

jalar los residuos, a su vez se deberá lavar la canastilla con agua, estos residuos sólidos se depositarán en cilindros con tapa (u otro contenedor aparente), que se deberán llenar solo hasta $\frac{3}{4}$ de su capacidad para facilitar su traslado al momento de la disposición final (ver 3.9. NEUTRALIZACIÓN DE DESECHOS ORGÁNICOS CON EL USO DE CAL).

10. Culinada la limpieza de la canastilla, se procede a regresarla al fondo de la cámara de rejas.
11. Verificar que esta se encuentre en el fondo de la cámara.
12. Una vez confirmada la posición de la canastilla se procede a retirar el gancho auxiliar.
13. Colocar el gancho auxiliar en el asa de izar de la rejilla, para retirarla.
14. La disposición final de estos residuos será un botadero autorizado de la zona, mientras tanto deberá disponerse en depósitos colectores con tapa para su posterior disposición final.

El operador será responsable de depositar diariamente los residuos y también de recubrirlos con una pequeña capa de cal (CaCO_3) por lo menos una vez al día, y de agregar una capa de material de acopio disponible en el recinto. Se prevé un espesor de recubrimiento de un centímetro de cal y de unos dos a tres centímetros de relleno. De esta manera, se evitará que el material esté expuesto al ambiente provocando la producción de malos olores (por la descomposición de la materia orgánica), la proliferación de insectos y la presencia de roedores.

Al final de cada jornada, los operadores deben lavar los utensilios empleados (pala, rastrillos y la carretilla), a fin de evitar la proliferación de insectos y malos olores por la descomposición de la materia orgánica depositada en estos.

3.4.2. LIMPIEZA DE DESARENADOR

Las aguas residuales por efectos del remolino (vórtice) que se genera en el vortex hace que las arenas y pequeñas piedras sean depositadas en el fondo de este, sean retiradas por bombeo del lodo del desarenador.

Este lodo bombeado, al ingresar al tornillo sin fin, separa los sólidos del líquido, este último es devuelto al desarenador para que continúe con el proceso de la EBAR.

Estos sólidos extraídos deberán colectarse de manera adecuada, no se debe permitir su disposición en el suelo pues obviamente lo contaminará, ni que se encuentren a la intemperie (sin tapa) puesto que atraerá a vectores como las moscas, con el problema que esto genera.

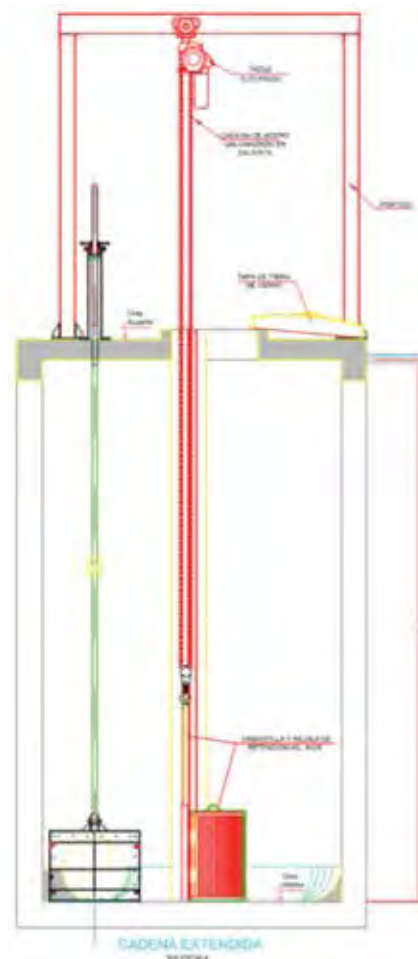


Ilustración 92:
Cámara de rejas con compuerta. Nótese el polipasto. Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 93:
Vista de un colector de residuos sólidos metálico. Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 94:
Modelos de colectores plásticos (se recomienda metálicos por su durabilidad) que podrían emplearse en el desarenador. El uso de ruedas permitirá su fácil desplazamiento.

Los depósitos colectores, se recomienda que sean metálicos y es muy importante que cuenten con ruedas para su fácil movilización al momento de ser retirados para su disposición final. Se deberán llenar a una altura que permita y facilite su transporte. El tamaño (volumen) de estos contenedores deberá ser el aparente, dependiendo siempre de la cantidad de sólidos que se extraigan y la periodicidad de la limpieza y remoción de sólidos que tenga la EBAR. Se deberán llenar hasta $\frac{3}{4}$ de su capacidad con la finalidad de evitar reboses y salpicaduras al momento de su traslado, tener presente que estos se encuentran húmedos.

Considerando que estos sólidos han tenido contacto con aguas residuales, se deberán tratar como residuos sólidos peligrosos. La aplicación de cal al contenido de estos contenedores es una obligatoria práctica (ver 3.9. NEUTRALIZACIÓN DE DESECHOS ORGÁNICOS CON EL USO DE CAL).

3.4.3. CONSIDERACIONES PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EXTRAÍDOS

Partiendo de que nuestra EBAR no está diseñada para trasvasar sólidos, ni grasas ni natas o similares; además si es que estos sólidos han sido extraídos ya sea por prevención o porque han ocasionado algún evento negativo (atoro, afloramiento de aguas residuales u otro), debemos procurar su eficiente disposición final, así como remediar la contaminación generada por su extracción.

- Como regla de estricto cumplimiento, toda superficie que ha estado en contacto con las aguas residuales deberá ser desinfectada con el uso de cloro o cal, de acuerdo con la disponibilidad y costumbres locales. Ver 3.8. DESINFECCIÓN CON CLORO DE ÁREAS Y ELEMENTOS CONTAMINADOS y 3.9. NEUTRALIZACIÓN DE DESECHOS ORGÁNICOS CONTAMINADOS CON EL USO DE CAL.
- Lo anterior incluye el pavimento donde han estado los residuos sólidos extraídos de la cámara de rejillas o del desarenador antes de ser acarreados los contenedores, los equipos y las herramientas.
- Tener presente que estos compuestos empleados (hipoclorito y cal) nunca deberán tener contacto con la piel, ojos ni mucosas de los operadores.
- Por descontado se da el uso de los EPP respectivos: vestimenta adecuada, respirador, protección de ojos, guantes y otros.
- Estos sólidos extraídos (azolve) deberán transportarse en contenedores con tapa para evitar la presencia de vectores (moscas) y su derramamiento o salpicaduras, así como la propagación de malos olores.
- Se recomienda llenar los contenedores a lo más a $\frac{3}{4}$ de su capacidad para facilitar su acarreo y transporte.

- El uso de bolsas o sacos de polietileno o similares es momentáneo, pues para su transporte deberán estar contenidos en depósitos cerrados con tapa.
- Se debe eliminar la posibilidad del escurrimiento de aguas residuales desde la unidad móvil al pavimento durante su transporte a la disposición final.
- Necesariamente se deberá emplear algún neutralizador de la carga orgánica (cal por capas).
- Estos contenedores, de acuerdo con lo indicado por la EPS, se deberán disponer de la mejor manera posible, evitando daños a la salud y al medio ambiente.
- El uniforme empleado en la jornada laboral deberá embolsarse y lavar de manera separada al resto de ropa.

3.5. OPERACIÓN DE COMPUERTA METÁLICA O VÁLVULA DE INGRESO

Dependiendo del diseño, del buzón de reunión hacia la EBAR, se instalará o una compuerta o una válvula de ingreso para interrumpir el ingreso de aguas residuales a la cámara húmeda y poder iniciar las operaciones de mantenimiento, sobre todo a la cámara húmeda de la EBAR. A continuación se describe el procedimiento para una compuerta, pero se operará de similar manera en caso se tenga una válvula compuerta.

Las compuertas serán izadas y bajadas mediante un volante que se encuentra encima del pedestal de la válvula.

El sistema de compuerta cuenta con una caja reductora de engranajes que permitirá sin dificultad la operación de la compuerta, que casi siempre es de acero inoxidable al igual que las rejas:

1. El inicio de la operación de la compuerta se da con el giro de la volante en sentido antihorario para subirla y horario para bajarla.
2. Verificar el ascenso de la compuerta a través de la ranura en el pedestal.
3. Si se desea cerrar la compuerta, para dar el mantenimiento a la cámara húmeda, se recomienda limpiar la base donde se asienta, debido a que en esta generalmente se quedan residuos sólidos que dificultan que la compuerta cierre.

Para esto se deberá utilizar agua de la red a través de una manguera a fin de retirar los residuos de la base.

3.6. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO

Tendrán dos modos de funcionamiento, manual o automático. La selección del modo de funcionamiento se hará manualmente a través de un conmutador ubicado en el tablero general (TG).

3.6.1. EBAR EQUIPADA CON TRES ELECTROBOMBAS

Tendrán dos modos de funcionamiento, manual o automático.

La selección del modo de funcionamiento se hará manualmente a través de un conmutador ubicado en el TG:

En la situación 1, tanto en modo manual como automático, podrá trabajar una de las dos o ambas electrobombas a la vez.



Ilustración 95:
Conmutador.

En la situación 2, tanto en modo manual como automático, podrán trabajar dos electrobombas a la vez (en el modo automático: serán aquellas que venían operando en condiciones normales de alternado).

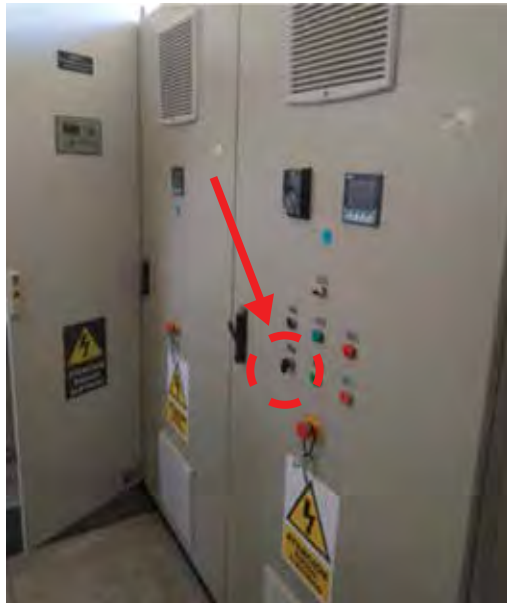


Ilustración 96:
Tablero general de equipos electromecánicos de una EBAR típica.
Se señala el conmutador. Fuente: Imagen del autor.

3.6.1.1. Modo manual

El arranque y la parada de las electrobombas serán efectuados por el operador de la EBAR a través de pulsadores de arranque y parada ubicados en la puerta del tablero general.

El número de electrobombas a operar, sea en operación alternada o en simultaneo, será decidida por el operador de la EBAR.

3.6.1.2. Modo automático

El arranque y la parada de las electrobombas se harán según los niveles previamente prefijados de la EBAR.

La selección de la única electrobomba a operar (en caso una de las bombas salga de servicio por mantenimiento) o el alternado de las electrobombas (en condiciones normales cuando ambas están aptas para operar) se hará a través de un conmutador de tres posiciones con cero.

La selección del par de electrobombas a operar se hará a través de un conmutador de tres posiciones con cero.

Las posiciones serán las siguientes:

Cero: No podrá funcionar ninguna electrobomba.

Bombas 1-2: Posición a usarse para elegir el funcionamiento en alternado y simultáneo de las bombas 1 y 2 quedando en reserva la bomba 3. En casos extremos se usará cuando la bomba 3 quede fuera de servicio y se rompa la condición de alternancia y simultaneidad (si es que esta bomba venía trabajando y el selector estaba en posiciones bombas 2-3 o bombas 3-1). Para todo requerimiento normal de evacuación funcionarán las bombas 1-2 y, si la situación lo exige, podrá operar la bomba 3 también.

Bombas 2-3: Posición a usarse para elegir el funcionamiento en alternado y simultáneo de las bombas 2 y 3 quedando en reserva la bomba 1. En casos extremos se usará cuando la bomba 1 quede fuera de servicio y se rompa la condición de alternancia y simultaneidad (si es que esta bomba venía trabajando y el selector estaba en posiciones bombas 1-2 o bombas 3-1). Para todo requerimiento normal de evacuación funcionarán las bombas 2-3 y, si la situación lo exige, podrá operar la bomba 1 también.

Bombas 3-1: Posición a usarse para elegir el funcionamiento en alternado y simultáneo de las bombas 3 y 1 quedando en reserva la bomba 2. En casos extremos se usará cuando la bomba 2 quede fuera de servicio y se rompa la condición de alternancia y simultaneidad (si es que esta bomba venía trabajando y el selector estaba en posiciones bombas 1-2 o bombas 2-3). Para todo requerimiento normal de evacuación funcionarán las bombas 3 y 1 y, si la situación lo exige, podrá operar la bomba 2 también.

El conmutador se ubicará en el tablero general.

- El funcionamiento alternado de dos de las electrobombas seleccionadas, la tercera quedará en *stand by*, se realizará en forma automática según niveles prefijados de la EBAR, siempre y cuando una de las electrobombas en operación pueda evacuar sin dificultad el volumen de líquido previsto. Este funcionamiento será llamado situación 1.
- El funcionamiento simultáneo de las dos electrobombas seleccionadas, la tercera quedará en *stand by*, se realizará en forma automática según los niveles prefijados de la EBAR, siempre y cuando una sola electrobomba en operación no pueda evacuar el volumen de líquido previsto y que, a pesar de estar funcionando esta, el nivel del líquido no desciende pero sí se mantiene por un tiempo determinado o aumenta en su nivel produciendo el arranque de la segunda electrobomba como apoyo a la evacuación. Este funcionamiento será llamado situación 2.

3.6.1.3. Parada de emergencia

Ante la aparición de un inesperado evento, cualquiera que este sea, y se tenga que paralizar la operación de la EBAR de manera inmediata, se deberá pulsar el botón de "Parada de Emergencia" tipo hongo. Tiene este nombre por la peculiar forma de este pulsador.

Siempre deberá reconocerse por sus característicos colores y por su forma (de hongo).

Tener presente que la función de este pulsador es el de parada de operación en caso de emergencia y, por lo tanto, NO deberá usarse para cuando, en normal operación, se requiera el apagado de los equipos de bombeo de la EBAR.



Ilustración 97:
Tablero general de equipos electromecánicos de una EBAR típica. Se señala el pulsador de "Parada de Emergencia" tipo hongo. Fuente: Imagen del autor.

3.6.2. CUADRO DE CAUSAS Y PROBLEMAS MÁS FRECUENTES DE LAS BOMBAS

	NO HAY CAUDAL	CAUDAL REDUCIDO	PRESIÓN INSUFICIENTE	REDUCCIÓN DEL CAUDAL Y PRESIÓN DESPUÉS DE ARRANCAR	VIBRACIÓN	MOTOR SOBRECARGA	MOTOR NO ARRANCA	RUIDO
BOMBA CON BOLSA DE AIRE (CEBADO INCOMPLETO)								
INGRESO DE AIRE A LA SUCCIÓN		X		X				
DESCARGA ATORADA/VÁLVULA CERRADA								
AIRE O GAS EN EL LÍQUIDO BOMBEADO		X	X	X				
ADT MAYOR AL CALCULADO		X						
FALTA DE SUMERGENCIA		X	X					
IMPULSOR OBSTRUIDO		X						
SENTIDO INCORRECTO DE ROTACIÓN		X	X					
DEMASIADA LUZ EN EL IMPULSOR		X	X					
IMPULSOR DAÑADO		X	X					
PROTECTOR TÉRMICO DISPARADO								
MOTOR DAÑADO								
BAJO VOLTAJE		X	X					
RODAMIENTOS DETERIORADOS								
IMPULSOR DESBALANCEADO								
IMPULSOR ROZA CON LA TAPA								
CÁMARA CON NIVEL MÍNIMO O CONTROL DE NIVEL NO FUNCIONA								

3.7. PARÁMETROS Y COMPONENTES DE CONTROL

El tablero general también estará equipado con un analizador de redes o con los equipos necesarios para la medición de:

- Tensión de línea o de fase (voltios)
- Intensidad de línea o de fase (amperios)
- Frecuencia (Hz)
- Variadores de velocidad, entre otros



Ilustración 98:
Tablero general.



Ilustración 99:
Tablero con pantalla.
Fuente: Imagen del autor.

La adecuada operación de las EBAR permitirá el bombeo de aguas residuales en el caudal calculado (de acuerdo con diseño) de forma continua en el tiempo estipulado, con eficiencia y menor costo operacional (eficiencia energética).

Para este efecto se necesitan controlar los siguientes parámetros:

- Supervisar el funcionamiento de los equipos y elementos instalados en las cámaras, tableros eléctricos, accesorios mecánicos e hidráulicos.
- Mantener en funcionamiento los equipos, de acuerdo con las necesidades.
- Llevar un control de la operación, indicando, por lo menos:
 - Número de equipos trabajando y horarios
 - Hora de arranque
 - Hora de parada
 - Voltaje
 - Amperaje
 - Caudal bombeado
 - Presión de operación

Del tiempo de operación de los equipos de bombeo (ver 2.2.6.5. HORÓMETRO), de sus parámetros eléctricos (ver 2.2.6. EQUIPOS DE MEDICIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS) ya nos hemos ocupado. A continuación describiremos o referiremos a los parámetros hidráulicos de caudal y de presión.

3.7.1. PARÁMETROS HIDRÁULICOS

3.7.1.1. Caudal

Definimos esta magnitud como un volumen dado que se trasvasa en una unidad de tiempo.

$$Q = A \cdot V \text{ donde } A \text{ es área de la sección;}$$
$$V \text{ es la velocidad.}$$

La unidad de medida más empleada para el caudal es l/s (litros por segundo), aunque también es de común uso m³/hr (metros cúbicos por hora).

Para medir el caudal en aguas residuales, hay que tener presente que por las propias características de las aguas residuales (corrosivas), así como que estas contienen sólidos suspendidos y burbujas, cualquier tipo de medidor de caudal que contenga elementos en contacto con estas aguas, es impráctico.

Lo que se estila es usar en la descarga de la línea de impulsión un canal Parshall o algún tipo de vertedero (usado tanto para aguas limpias como para aguas residuales). Si bien es cierto, estas instalaciones no se encuentran en la EBAR, daremos una breve descripción de ellas, pues permiten medir el caudal de las aguas residuales bombeadas, así sea en el afluente de la PTAR.

Vertederos (a la entrada de la EBAR)

Al obligar el paso del agua por una forma geométrica dada y midiendo la altura que esta desarrolla, se obtiene su caudal.

Vertedero rectangular



Vertedero triangular

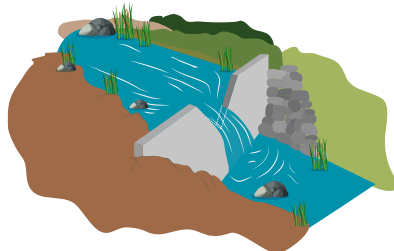


Ilustración 100:
Vertedero rectangular.

Ilustración 101:
Vertedero triangular.

Ilustración 102:
Vertedero triangular de PTAR Aypate.
Fuente: Imagen del autor.

De acuerdo con la R. M. N° 279-2013-Vivienda²⁶, estas son las fórmulas a emplear para los vertederos:

Tipo de vertedero	Diagrama	Ecuación
Rectangular con contradicción		$Q = 3,3 * L * H^{1,5}$ Q= Caudal en m ³ /s L= Longitud de cresta en m H= carga (tirante) en m
Rectangular sin contradicción		$Q = 1,83 * L * H^{1,5}$ Q= Caudal en m ³ /s L= Longitud de cresta en m H= carga (tirante) en m
Triangular		$\theta = 90^\circ$ $Q = 1,4 * H^{2,5}$ Q= Caudal en m ³ /s H= carga (tirante) en m $\theta = 60^\circ$ $Q = 0,775 * H^{2,5}$ Q= Caudal en m ³ /s H= carga (tirante) en m

Ilustración 103:
Fórmulas a emplear con los vertederos de acuerdo con R. M. N° 279-2013-Vivienda.

Medidor Parshall (a la entrada de la EBAR)

Llamado también medidor de caudal de régimen crítico, es una infraestructura generalmente de concreto de un diseño determinado que mide el caudal del agua a su paso por este. Toma este nombre en memoria de su creador Ralph Parshall (1881-1959) quien lo presentó en 1921 con la patente denominada "Venturi-flume water-stage-recording instruments". Hoy es conocido como canal Parshall, medidor Parshall o simplemente Parshall.



Ilustración 104:
Ralph Parshall junto a su invento.
Fuente: Imagen de internet.



Ilustración 105:
Canal Parshall del afluente del PTAR Tamarindo. Se señala el limnógrafo o regla. Fuente: Imagen del autor.

²⁶ R. M. N° 279-2013- Vivienda Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Diario Oficial El Peruano 24 de octubre de 2013.

Para establecer el caudal, se toma la altura del pelo de agua y se lo ingresa en su fórmula, se obtendrá el valor del caudal.

$$Q = (H_0/k)^{1/m}$$

Q=Caudal en m³/s

H0=Altura de agua en la zona de medición en m

K,m constantes en función al ancho de garganta de la canaleta

Como para nuestro caso, el volumen de agua (residuales) se transporta en un conducto (tubería) cerrado, existen medidores **ultrasónicos doppler**²⁷ diseñados para medir agua con sólidos y burbujas, lo que un medidor para agua potable cualquiera no podría hacer.

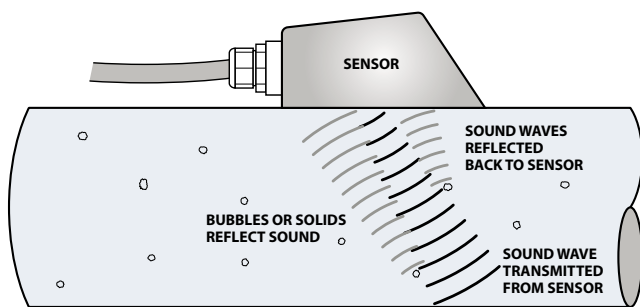


Ilustración 106:

Se instala el sensor adosado a la tubería (clamp-on) y este emite una señal ultrasónica. Al rebotar esta señal con las burbujas y los sólidos suspendidos esta señal es leída por el equipo y transformada en valor de caudal.



Ilustración 107:

Midiendo el caudal en una EBAR. Se encierra el sensor adosado a la tubería. Fuente: Imagen del autor.

Imagen del manual: Portable Flow Meter for Dirty or Aerated Liquids
Non-Contacting Doppler Flow Meter Greyline PDFM 5.1

3.7.1.2. Presión (positiva) y vacío (negativa)

Esta magnitud se define como la fuerza aplicada en un área determinada.

Definimos la magnitud presión y vacío empleando la norma técnica **LFP-001-1984 MEDICIONES DE PRESIÓN. Términos. Definiciones, símbolos y unidades**, que dice:

Presión (P).- Cuando la fuerza se ejerce normal y uniformemente distribuida sobre una superficie plana, su medida se obtiene dividiendo la fuerza que actúa sobre el área correspondiente, es decir:

$$P = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área}}$$

²⁷ Los medidores acústicos de efecto doppler miden la velocidad de las partículas, ya sean sólidos en suspensión o burbujas de aire, que se desplazan en un fluido en movimiento. Un transductor emisor emite señales acústicas de frecuencia conocida, que son reflejadas por las partículas en movimiento, y que son captadas por un transductor receptor (http://201.116.60.182/CONAGUA07/Noticias/Ultrasonico_Doppler_tuberias.pdf).

Vacío.- Es la condición que reúne un espacio donde no existe sustancia.

Nota.-

1. No puede obtenerse en la práctica.
2. Este término es también utilizado comúnmente para significar presión manométrica negativa o enrarecimiento, por esta acepción no se establece como nivel de referencia.

Manómetro.- Es el nombre genérico de todos los instrumentos utilizados para la medición de la presión relativa.

Y según el tipo de presión que miden:

Manómetro.- Es el manómetro para medir la presión manométrica positiva.

Vacuómetro.- Es el manómetro para medir la presión manométrica negativa.



Ilustración 108:
Vacuómetro a la izquierda del panel de un equipo hidrojet, usado para la bomba de succión. A la derecha, manómetro para la bomba de agua (manguera a presión).
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 109:
Manovacuómetro. Nótese la escala bajo cero.
Fuente: Imagen del autor.

También existen equipos de medición que surgen de una combinación de ambos, llamados manovacuómetros, que miden tanto presión positiva como presión negativa (vacío).

Es importante mencionar que también existen equipos de medición de presión electrónicos con sensores y con display de datos que permiten una mejor toma de lectura de la presión:



Ilustración 110:
Equipo portátil logger de presión con display.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 111:
Sensor de presión con display en línea de impulsión. Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 112:
Medición de presión con manómetro convencional (PSI) y logger de presión (mca).
Fuente: Imagen del autor.

Pero hay que tener presente siempre que para instalar un manómetro en una línea de impulsión de aguas residuales, se deberá instalar con un dispositivo llamado diafragma que no es más que un protector para que las aguas residuales no estén en contacto directo con el manómetro (deteriorándolo):



Ilustración 113:
Vista del conjunto diafragma +
manómetro. Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 114:
Otra vista del diafragma con manómetro.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 115:
Vista de cerca del diafragma.
Fuente: Imagen del autor.

Si bien es cierto, lo siguiente no tiene que ver directamente con el bombeo de aguas residuales, son parámetros que aunque se trate de una EBAR que trasvasa aguas putrefactas, no deben de dejarse de cumplir:

- Mantener limpia y en orden todas las estructuras componentes de la cámara.
- Cuidar la seguridad de los equipos ubicados en la cámara, además de botiquín, extintores, otros.
- Reportar inmediatamente al profesional responsable (o jefe inmediato superior) cualquier situación extraordinaria que se pudiera presentar, dejando constancia del hecho en el cuaderno de ocurrencias u otro formato que se emplee.

3.8. DESINFECCIÓN CON CLORO DE ÁREAS Y ELEMENTOS CONTAMINADOS

3.8.1. CLORO

El cloro es un elemento químico de número atómico 17 situado en el grupo de los halógenos (grupo VIIA) de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es Cl. En condiciones normales y en estado puro forma dicloro: un gas tóxico amarillo-verdoso formado por moléculas diatómicas (Cl_2) unas 2,5 veces más pesado que el aire, de olor desagradable y tóxico. Es un elemento abundante en la naturaleza y se trata de un elemento químico esencial para muchas formas de vida²⁸.

²⁸ Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Cloro>

3.8.2. COMPUESTOS DE CLORO

Como ya lo hemos descrito líneas arriba, el cloro en su estado natural, al ser un gas tóxico, hace que su utilización, y sobre todo su manejo, se tenga que dar en forma de compuestos y más que nada en estado sólido o líquido. Los más conocidos y de mayor uso son:

3.8.3. HIPOCLORITO DE SODIO

La presentación más conocida es en forma de lejía (líquido) con una concentración de 5% de cloro. Es de fácil adquisición en cualquier supermercado o bodega. Viene en presentaciones de cojín, botella (1 lt) y galonera (1 gl).



Ilustración 116:
Lejía en botella (1 lt).



Ilustración 117:
Lejía en garrafa (1 gal).



Ilustración 118:
Lejía en botella (250 ml).



Ilustración 119:
Lejía en cojines (150 ml).

3.8.4. HIPOCLORITO DE CALCIO

Para las EPS y muchos, este producto es conocido como HTH²⁹, el cual realmente hace referencia a una marca comercial en particular de productos de mantenimiento para piscinas, que incluye en su gama de productos el hipoclorito de calcio. Probablemente sea la primera presentación de cloro que se empleó para la desinfección del agua, que haya hecho que se use el nombre de la marca por hacer referencia al producto.

Lo que en la práctica se usa es el hipoclorito de calcio granulado o en tabletas (indistintamente de la marca y presentación), que viene en presentaciones de balde/botella (1 kg), balde chico (4 kg) y balde grande (45 kg), para el caso de granulado; y por número de unidades en la presentación por pastillas.



Ilustración 120:
Hipoclorito de calcio en pastillas
Ø3" (75 und).



Ilustración 121:
Hipoclorito de calcio en pastillas
Ø3" (7 und).



Ilustración 122:
Hipoclorito de calcio granulado
al 65% (4 kg).



Ilustración 123:
Hipoclorito de calcio granulado
al 65% (1 kg).

²⁹ <https://www.hthpools.com/>

Lo que importa de esta presentación del cloro es que tiene una concentración de 65% de cloro, lo cual realmente es lo que interesa para preparar una solución clorada.

3.8.5. SOLUCIÓN CLORADA

Usando la nota técnica de la OMS titulada "Limpieza y desinfección de las superficies del entorno inmediato en el marco de la COVID-19: Orientaciones provisionales"³⁰.

Cuadro 1. Cálculo de las concentraciones de hipoclorito de sodio

$[\% \text{ de cloro en el hipoclorito de sodio líquido} / \% \text{ de cloro deseado}] - 1 = \text{Partes totales de agua por cada parte de hipoclorito de sodio.}$
Ejemplo: $[5\% \text{ de cloro en el hipoclorito de sodio líquido} / 0,5\% \text{ de cloro deseado}] - 1 = 9$ partes de agua por cada parte de hipoclorito de sodio.

Ilustración 124:
Concentración de cloro usando hipoclorito de sodio (lejía).

Cuadro 2. Cálculo de las soluciones de cloro preparadas a partir de hipoclorito de calcio

$[\% \text{ de cloro deseado} / \% \text{ de cloro en el polvo o gránulos de hipoclorito}] \times 1\,000 = \text{gramos de hipoclorito de calcio en polvo por litro de agua.}$
Ejemplo: $[0,5\% \text{ de cloro deseado} / 35\% \text{ de cloro en el hipoclorito en polvo}] \times 1000 = 0,0143 \times 1000 = 14,3$
Por consiguiente, hay que disolver 14,3 gramos de hipoclorito de calcio en polvo por cada litro de agua usada, a fin de obtener una solución de cloro al 0,5%.

Ilustración 125:
Concentración de cloro usando hipoclorito de calcio (HTH).

3.9. NEUTRALIZACIÓN DE DESECHOS ORGÁNICOS CON EL USO DE CAL

3.9.1. CAL

La cal (también llamada cal viva) es un término que designa todas las formas físicas en las que puede aparecer el óxido de calcio (CaO). Se obtiene como resultado de la calcinación de las rocas calizas o dolomías. Es un producto tradicional que se aplica en la desinfección.

La cal se encuentra en forma de óxido de calcio, CaO; o de cal apagada, hidratada o hidróxido de calcio, Ca(OH)₂. El óxido de calcio es la cal viva, se debe hidratar antes de aplicarlo en solución. La cal apagada se puede emplear en forma seca.

Cuando se necesitan grandes cantidades, la cal viva puede resultar más barata. En las plantas pequeñas es preferible la cal apagada porque su manipulación es más fácil, no se deteriora al almacenarla, y porque se encuentra en el mercado en sacos de tamaño conveniente.

Para poder dosificar adecuadamente la cal es preciso conocer su contenido en calcio; en la cal viva puede variar de 75 a 99%, y en la apagada, de 55 a 99%. La cal viva se debe comprar y usar a base del calcio que contenga.

Si se supone un 100% de CaO en la cal viva y un 100% de Ca(OH)₂ en la apagada, 75.7 libras de la primera equivaldrán a 100 libras de la segunda; y 100 libras de cal viva a 132 de cal apagada. Esta relación se modifica según el porcentaje de CaO o de Ca(OH)₂ de la cal empleada. Por ejemplo, si la cal apagada tiene un 95% de Ca(OH)₂, 140 libras (132 ÷ 95) equivaldrán a 100 libras de cal viva con un 100% de CaO³¹.

³⁰ <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332168/WHO-2019-nCoV-Disinfection-2020.1-spa.pdf> (15May20)

³¹ Pan American Journal of Public Health. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP);jun. 1943. Esgotos; Saneamiento; Engenharia Sanitária, pág 512

3.9.2. USO DE LA CAL

La cal o cal viva (óxido de calcio) no tiene poder desinfectante por sí misma, pero al ligarlo con agua (apagarla) se forma el hidróxido de calcio produciendo una gran liberación de calor. Al elevar el pH del agua por arriba de 12.4 crea un ambiente alcalino donde la sobrevivencia o proliferación de bacterias, virus y microbios es poco probable.

Resulta útil para desinfección de heces. La lechada de cal es útil en las instalaciones ganaderas, puesto que mata las esporas y bacterias esporulantes. Se usa para cubrir cadáveres, evitando la propagación o contaminación fuera de las fosas de enterramiento. De similar manera es empleada para aplicar a los residuos sólidos que son retirados de la cámara de rejillas de la EBAR³², con la finalidad de neutralizar la carga biológica (bacterias, virus, microorganismos, etc.) de estos residuos sólidos por contacto con aguas servidas, por su capacidad bactericida y antimicrobiana.

Para la desinfección, que es nuestro caso, se utilizan suspensiones al 10 o 20% a partir de la cal corriente.

3.9.2.1. Preparación de solución de cal para desinfección

Para preparar 1.0 lt de solución, en un litro de agua, agregar una cucharada de cal viva (aprox. 50 gr), se agita o revuelve y luego de haber sedimentado, se emplea solo el líquido para la desinfección. Es importante preparar solo la cantidad a usarse pues la cal apagada (cal que pasó por agua), transcurridas 10 horas después de su preparación, pierde su poder desinfectante, impidiendo su almacenamiento como solución.

Asimismo, la cal se contempla para la limpieza, desinfección y esterilización de utensilios e instrumentos de trabajo en múltiples disciplinas de la siguiente forma:

Óxido de calcio (CaO) al 5%

Sinónimos: Cal viva, cal quemada, cal cáustica.

Consideraciones: Disolver 500 g de óxido de calcio en 10 litros de agua con precaución ya que la cal viva reacciona con el agua produciendo calor y esto puede ocasionar posibles quemaduras.

Una vez reaccionado el óxido de calcio con el agua se produce hidróxido de calcio.

Tiempo de contacto: 6 a 24 horas.

Método de aplicación: Aspersión.

Usos: Se usa para control de plagas en cultivos orgánicos, seca huevos de larvas, para control de malos olores en las instalaciones agropecuarias.

Hidróxido de calcio Ca(OH)₂

Sinónimos: Cal hidratada, cal muerta.

Consideraciones: La cal hidratada es insoluble en alcohol y agua, soluble en glicerina y solución de azúcar del 5 al 30%.

Se debe guardar en un envase bien cerrado y almacenarse en un lugar seco.

Este compuesto se forma cuando la cal viva se trata con agua. Se produce como gránulos o polvo y sin olor, con una fuerte reacción alcalina.

³² EBAR: Estación de Bombeo de Aguas Residuales, en concordancia a la RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 153-2019-VIVIENDA Aprueban Norma Técnica "Guía de Diseños Estandarizados para Infraestructura Sanitaria Menor en Proyectos de Saneamiento en el Ámbito Urbano - Etapa 1 y sus Anexos" del 3 de mayo de 2019 en 5. ABBREVIATURAS.

Usos: Se usa para control de plagas en cultivos orgánicos, seca huevos de larvas, para control de malos olores.

En solución saturada de cal (1.5 gr/L o 1500 ppm) ha demostrado su eficacia contra el cólera (*Vibrio cholerae*), la escherichia coli, la salmonela y la shigella; al ser comparado con otros compuestos como soluciones de plata clorada al 0.33% (0.0016 mg/L), sulfacloramina de tolueno (41 mg/L) con bicarbonato de sodio (9 mg/L) e hipoclorito de sodio (5 mg/L)³³.

CUADRO 1. Actividad bactericida de distintos desinfectantes en presencia de *V. cholerae* 01 biotipo El Tor, serotipo Ogawa

Desinfectante	Tiempo (en minutos)	UFC* (recorridos)
Plata coloidal al 0,33% (0,0016 mg/L)	60	$6,8 \times 10^8 - 4,6 \times 10^9$
Sulfacloramina de tolueno (50 mg/L)	60	$6 \times 10^8 - 7,1 \times 10^8$
Hipoclorito de sodio (5 mg/L)	10	$6,4 \times 10^3 - 3,7 \times 10^5$
Sobrenadante de hidróxido de calcio micronizado (1500 mg/L)	1	0
Sobrenadante de cal hidratada (1500 mg/L)	1	0
Muestra testigo	60	$5,3 \times 10^8 - 6,2 \times 10^9$

* Unidades formadoras de colonias.

Ilustración 126:
Actividad bactericida de distintos desinfectantes en presencia de *V. cholerae*.

En el cuadro anterior, se aprecia claramente el mejor resultado que muestra la cal, ya sea cal viva o cal muerta, respecto a las otras soluciones, en combatir al causante del cólera.

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

El uso de formularios permite llevar un registro y control de la operatividad del sistema. De igual manera, permite conocer cuáles son los parámetros de operación normal de los equipos, sobre todo de las bombas.

Los buenos resultados de la operación de las instalaciones y equipos se obtienen teniendo en cuenta y evaluando lo siguiente:

- Ejecutar las actividades técnicas de acuerdo con los manuales específicos (de parte del proveedor y de la EPS).
- Suministro de datos e informaciones operacionales.
- Evaluación de indicadores de gestión.
- Acciones para el mejoramiento del servicio.
- La información que se debe tener disponible en el control de la operación de las cámaras de bombeo se muestra en la siguiente tabla:

³³ PAHO IRIS: Efecto bactericida de la cal hidratada en solución acuosa https://iris.paho.org/handle/10665.2/15600?locale_attribute=pt

3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RESIDUAL (EBAR)

COMPONENTE SISTEMA	INFORMACIÓN	INSTRUMENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE
EBAR	Estado general de las instalaciones y equipos	Observación	Diario	Inspector y operador
	Consumo de energía eléctrica y combustibles	Medidor	Hora	Operador
	Tiempos de funcionamiento	Medidor	Hora	Operador
	Volúmenes	Medidor	Diario	Operador
	Evaluación	Observación	Mensual	Inspector



REGISTRO DIARIO DE OPERACIÓN DE CÁMARA NUEVA PERSONAL ESTABLE

CÁMARA: _____ FECHA: _____

RESUMEN DIARIO:		BOMBA N° 1	BOMBA N° 2	BOMBA N° 3	BOMBA N° 4	SUMADERO
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	H. PUNTA (18:30-23:00hrs) H. FUERA DE PUNTA					
HORAS DE PARALIZACIÓN POR MANTENIMIENTO						
HORAS DE PARALIZACIÓN POR CORTE DE ENERGÍA						
HORAS DE PARALIZACIÓN POR FALLA						
CONSUMO DE PETRÓLEO (GLS)						
HORAS DE FUNCIONAMIENTO GRUPO ELECTROGENO						

LECTURAS:

HORA	VOLT	BOMBA N° 1				BOMBA N° 2				BOMBA N° 3				BOMBA N° 4				SUM	
		HOROM	ARR (min)	PARO (min)	AMP	HOROM	ARR (min)	PARO (min)	AMP	HOROM	ARR (min)	PARO (min)	AMP	HOROM	ARR (min)	PARO (min)	AMP	ARR (min)	PARO (min)
0:00 - 1:00																			
1:00 - 2:00																			
2:00 - 3:00																			
3:00 - 4:00																			
4:00 - 5:00																			
5:00 - 6:00																			
6:00 - 7:00																			
7:00 - 8:00																			
8:00 - 9:00																			
9:00 - 10:00																			
10:00 - 11:00																			
11:00 - 12:00																			
12:00 - 13:00																			
13:00 - 14:00																			
14:00 - 15:00																			
15:00 - 16:00																			
16:00 - 17:00																			
17:00 - 18:00																			
18:00 - 19:00																			
19:00 - 20:00																			
20:00 - 21:00																			
21:00 - 22:00																			
22:00 - 23:00																			
23:00 - 0:00	*																		

NOTA: LOS DÍAS DOMINGOS Y FERIADOS NO SE REGISTRAN HORAS PUNTAS.

Ilustración 127:
Modelo de un Formato de Operación de Cámara (EBAR) de una EPS de nuestro país.

3.11. BIBLIOGRAFÍA

- <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332168/WHO-2019-nCoV-Disinfection-2020.1-spa.pdf> (15May20)
- Pan American Journal of Public Health. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP);jun. 1943. Esgotos; Saneamiento; Engenharia Sanitária, pág 512
- RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 153-2019-VIVIENDA Aprueban Norma Técnica “Guía de Diseños Estandarizados para Infraestructura Sanitaria Menor en Proyectos de Saneamiento en el Ámbito Urbano - Etapa 1 y sus Anexos”.
- <https://spenagroup.com/desarenador-vortex/>.
- <https://calidra.com/todo-lo-que-necesitabas-saber-sobre-la-desinfeccion-con-cal/>
- MEDIDAS DE RÁPIDO IMPACTO DE LA EPS SERVICIO MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE CHINCHA - SEMAPACH S. A. FICHA TÉCNICA AMBIENTAL – JGGR Proyectos. Feb-2017.

4

SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

4.	SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	82
4.1.	ACCIDENTE DE TRABAJO	83
4.1.1.	ACTO INSEGURO	83
4.1.2.	CONDICIÓN INSEGURA	83
4.2.	EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)	83
4.3.	ASPECTOS A TENER PRESENTES AL TRABAJAR EN UNA EBAR	84
4.4.	EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES INSEGURAS EN SU ÁREA DE TRABAJO	85
4.4.1.	CAL: PRECAUCIONES PARA SU MANEJO Y USO SEGUROS	85
4.4.2.	PASOS A TOMAR EN CASO DE QUE EL MATERIAL SE ESCAPE O DERRAME	86
4.4.3.	MEDIDAS DE CONTROL	86
4.4.4.	DATOS SOBRE PELIGROS A LA SALUD	86
4.4.5.	MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS	87
4.5.	BIBLIOGRAFÍA	88



4. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

4.1. ACCIDENTE DE TRABAJO

Se considera accidente de trabajo todo acontecimiento que cause daño personal al empleado.

Un accidente de trabajo, además de causar problemas a la integridad física del ser humano, perjudica al medio que lo rodea, y por esta razón debe existir una atención y cuidado permanentes por parte de la entidad correspondiente.

Los accidentes pueden ser causados por dos situaciones de acciones distintas, sin embargo, ambas son muy frecuentes en las actividades que comprenden el mantenimiento de redes: acto inseguro y condición insegura.

4.1.1. ACTO INSEGURO

Es toda acción practicada por el hombre con posible riesgo a su integridad física, la de sus compañeros de trabajo o la de la comunidad. En el mantenimiento de redes estos actos pueden darse, entre otros, por una mala señalización, el mal uso de los equipos de protección individual o colectiva, la incorrecta utilización de herramientas y equipos, la existencia de juegos en el trabajo, carga y transporte de pesos, improvisación en la ejecución de los servicios, etc.

4.1.2. CONDICIÓN INSEGURA

Es la existencia de fallas de seguridad de o para un local de trabajo. En este caso están incluidas, por ejemplo, la existencia de materiales en los bordes de la zanja, falta de tablestacado, clavos y herramientas esparcidas por el piso, amontonamiento sin criterio de materiales, etc.

4.2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

Los EPP sirven para proteger las partes del cuerpo del trabajador que pueden estar expuestas a riesgos de accidentes que podrían surgir durante la ejecución del trabajo.

La responsabilidad por el uso del equipo es del propio trabajador.

Corresponde al supervisor controlar, orientar y hacer cumplir los Reglamentos de Seguridad del Trabajo respecto al uso obligatorio de los equipos de protección, tales como:

- Casco
- Botas de goma o PVC, de varios tamaños

- Calzado de seguridad con punta de acero
- Anteojos de seguridad
- Protector auricular
- Protector contra lluvia
- Chaleco fosforescente
- Guantes de fibra resistente y de buen material

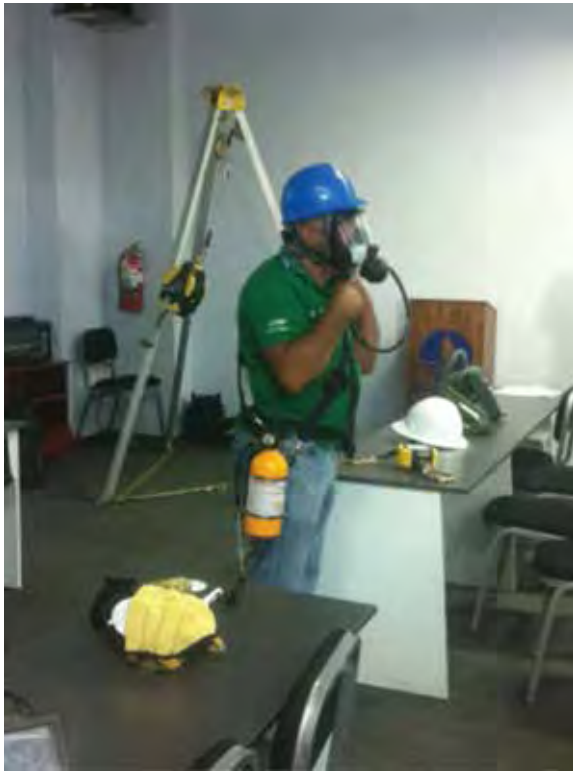


Ilustración 128:
De requerirse, se empleará máscara con oxígeno adicional.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 129:
Se aprecian los EPP que se deberán emplear.
Fuente: Imagen del autor.



Ilustración 130:
Uniforme de operador de EBAR.
Nótese que cubre TODA la piel de brazos y piernas.

4.3. ASPECTOS A TENER PRESENTES AL TRABAJAR EN UNA EBAR

En general, en sistemas de alcantarillado pueden presentarse sustancias volátiles que son inflamables y en ciertas concentraciones venenosas y que representan un peligro para el personal que labora en estos sistemas. Entre estas sustancias, la más conocida es el gas metano que presenta un límite bajo de explosión a partir del 5% y un límite alto de explosión a partir del 15%. Otras de las sustancias peligrosas presentes en sistemas de alcantarillado son el H_2S (sulfuro de hidrógeno) y el NH_3 (amoníaco). Este último, en pequeñas concentraciones es un gas incoloro de un olor muy penetrante que produce irritaciones de las mucosas y ojos, en concentraciones mayores conduce a irritaciones de la laringe y de los bronquios que pueden llevar a la muerte. Su valor de máxima concentración admisible está en los 50 mg/l.

El sulfuro de hidrógeno en concentraciones de 1000 mg/l presenta peligro de muerte. En general, la presencia de sulfuro de hidrógeno se da cuando en el alcantarillado hay ausencia total de oxígeno, presencia de sustancias

sulfurosas o enlaces de azufre producto de las industrias, pendientes bajas o velocidades sin capacidad de arrastre y, finalmente, altos períodos de residencia de las aguas.

Las aguas residuales de origen doméstico transportan consigo más de 1 millón de bacterias por mililitro de agua; de estas, una cantidad apreciable son del tipo patógeno, a las que se adicionan virus y parásitos. Aun cuando el tema relacionado a las enfermedades infecciosas esté en el tapete de discusión en lo referente a la mayor propensión que pueden tener los trabajadores que laboran directamente con aguas residuales, estadísticas recientes realizadas en países de Europa demuestran que tales trabajadores porcentualmente no se enferman más que aquellos que no están en contacto con aguas residuales, la explicación que se aduce refiere al hecho de que aparentemente se desarrolla una suerte de inmunización. No obstante, en la ropa de trabajo se transportan microorganismos que pueden transmitir enfermedades a otras personas.

Por lo indicado, es absolutamente indispensable cuidar tanto de la higiene personal mediante ducha luego de la jornada de labores, así como el lavado de la indumentaria empleada. Para el lavado de ropa hay que disponerla en una bolsa para luego ser lavada en casa con el cuidado respectivo (no mezclarla con otras prendas). La ropa de trabajo empleada en las faenas de limpieza no debe estar junto a la ropa de calle, es necesario separar estas mediante casilleros.

Durante la jornada de trabajo se acostumbra a consumir algún refrigerio. Previo al consumo de cualquier alimento es necesario lavarse la cara y las manos.

Los accidentes de trabajo pueden ser evitados en la medida que todos asuman la responsabilidad de respetar las normas e instrucciones, conozcan y apliquen los procedimientos correctos en la ejecución de servicios, den buenos ejemplos, utilicen los equipos de protección, presenten sugerencias para mejorías de las condiciones de seguridad, etc.

4.4. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES INSEGURAS EN SU ÁREA DE TRABAJO

4.4.1. CAL: PRECAUCIONES PARA SU MANEJO Y USO SEGUROS

Las soluciones saturadas de óxido de calcio (leche de cal) pueden tener un pH de 12-12.49 a 25 °C o superiores; son corrosivas para los ojos y la piel desprotegidos.

La cal es un peligro para la seguridad del trabajador debido a su propiedad corrosiva. Cuando se trabaja con cal, se debe usar vestimenta que cubra toda la piel de brazos y piernas, guantes, gafas protectoras y una máscara contra el polvo. Se conocen casos de pérdida de la visión debido a la salpicadura de solución de cal directamente a los ojos.

Deberán usarse anteojos fuertemente ajustados y guantes, botas y otros equipos personales de protección para evitar contacto con la piel y los ojos. Tiene que seleccionarse el equipo que sea resistente a la impregnación y penetración del agua de cal.

Manejo: Usar equipo de protección personal (EPP) resistente a la impregnación y penetración del agua de cal.

Almacenaje: Proteger el producto contra daño físico y almacenar en un lugar seco lejos del agua o de la humedad.

4.4.2. PASOS A TOMAR EN CASO DE QUE EL MATERIAL SE ESCAPE O DERRAME

No tocar el material derramado. Detener la fuga, si es posible hacerlo sin riesgo. Para derrames pequeños, levantar con un material absorbente y colocarlo dentro de contenedores para disposición posterior. Para pequeños derrames secos, recoger usando herramientas (como palanas, nunca con las manos directamente) el material dentro de un contenedor limpio y seco y taparlo. Retire los contenedores del área de derrame. Para derrames grandes, colocar diques muy adelante del derrame para disposición posterior.

4.4.3. MEDIDAS DE CONTROL

- Prácticas de trabajo/higiénicas: Inmediatamente después de trabajar con óxido de calcio, los trabajadores deberán bañarse en regadera con jabón y agua. Seguir las precauciones apropiadas listadas, durante el mantenimiento o reparación de equipo contaminado.
- Este producto no contiene ni es directamente manufacturado con ninguna sustancia controlada reductora del ozono, clases I y II.
- Ventilación: Encerrar todos los procesos polvorientos, usar ventilación de extracción local; usar la ventilación para llevar el polvo al colector de polvo.
- Equipo personal de protección: Usar un respirador con capacidad para filtrar polvo para protección contra el óxido de calcio en suspensión en el aire. Usar guantes de trabajo del tipo guantelete y anteojos firmemente ajustados.
- Deberán usarse camisas de manga larga y pantalones largos. Podrán usarse cremas protectoras sobre las superficies de piel expuesta.

4.4.4. DATOS SOBRE PELIGROS A LA SALUD

El óxido de calcio (cal) puede contener cuarzo por arriba del 0.1%. La exposición crónica por la inhalación de polvo respirable de cuarzo a niveles que excedan los límites de exposición ha causado silicosis, una seria y progresiva pneumoconiosis la cual puede inhabilitar y, en casos extremos, llevar a la muerte. Los síntomas pueden aparecer en cualquier tiempo, aún años después de que haya terminado la exposición. Estos síntomas pueden incluir respiración corta, dificultad para respirar, tos, disminución de la capacidad de trabajo, reducción del volumen pulmonar y crecimiento y falla del lado derecho del corazón. El único método confiable para detectar la silicosis es por medio de rayos X del tórax. La silicosis puede agravar otras condiciones pulmonares crónicas y puede aumentar el riesgo de una infección de tuberculosis pulmonar. Fumar agrava los efectos de la exposición a sílice.

International Agency for Research in Cancer (IARC) ha determinado que la sílice cristalina de cuarzo es carcinógeno para los humanos cuando es inhalado a partir de fuentes ocupacionales.

4.4.5. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

VÍA DE EXPOSICIÓN	SÍNTOMAS	TRATAMIENTO
Inhalación CORROSIVO	<p>Dolor de garganta, tos, asfixia, disnea, dolor de cabeza, mareos y debilitamiento.</p> <p>Exposiciones intensas pueden resultar en opresión en el pecho y edema pulmonar de acción retardada. Exposición crónica: Irritación bronquial con tos crónica es común, la sobreexposición crónica puede resultar en una silicosis.</p>	<p>Retirar de la exposición, mover inmediatamente al aire fresco.</p> <p>Mantener a la persona afectada cubierta y descansando.</p> <p>Obtener atención médica.</p>
Contacto con la piel CORROSIVO	<p>Puede penetrar profundamente en las áreas de contacto produciendo una necrosis blanda. La solubilidad permite penetración ulterior la cual puede continuar por varios días. La extensión del daño depende de la duración del contacto. Una dermatitis crónica puede resultar por el contacto repetido.</p>	<p>Quitar inmediatamente la ropa y el calzado contaminados.</p> <p>Lavar el área afectada con jabón y agua (aproximadamente de 15 a 20 minutos).</p> <p>En el caso de quemaduras químicas, cubrir el área afectada con gasa seca estéril.</p> <p>Aplicar vendaje firme no muy apretado.</p> <p>Obtener atención médica.</p>
Contacto con ojos CORROSIVO	<p>El contacto directo con el sólido o con soluciones acuosas puede causar un edema conjuntival y destrucción de la córnea, lo cual puede llegar a causar ceguera. El contacto prolongado puede causar conjuntivitis.</p>	<p>Obtener atención médica.</p>
Ingestión	CORROSIVO	Obtener inmediatamente atención médica.

4.5. BIBLIOGRAFÍA

- Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP); 22(6), jun. 1943
AGUAS NEGRAS (continuación)
<https://iris.paho.org/handle/10665.2/11525>
- Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP); 118(4), abr. 1995
Efecto bactericida de la cal hidratada en solución acuosa
<https://iris.paho.org/handle/10665.2/15600>
- Proyecto: "Mejoramiento del Sistema de Evacuación de Aguas Servidas Hacia las Lagunas de Oxidación Tacalá - Castilla - Dpto. de Piura". Manual de Operación y Mantenimiento "Cámara de Bombeo de Aguas Residuales La Primavera", abril del 2012.
- Elaboración del Estudio Definitivo y Expediente Técnico del Proyecto "Instalación de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado para el A.H. Alta Paloma, Asociación de Propietarios San Benito Grande, Agrupación Familiar Los Higuales de Campoy, Agrupación de Familias 3 De Mayo, A.H. Villa Los Andes y Ampliación – Distrito de San Juan de Lurigancho". Lima.





BANCO DE PREGUNTAS

GUÍA DE CAPACITACIÓN EC1

Estándar de Competencia 1 (EC1): Operar las estaciones de bombeo de aguas residuales cumpliendo con la normativa vigente.

PERFIL OCUPACIONAL DE RECOLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES



CONTENIDO

1.	GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	93
1.1.	Objetivos de la gestión integral de residuos sólidos (GIRS)	93
1.2.	Clasificación de los residuos sólidos	94
1.3.	Gestión de los residuos orgánicos	94
1.4.	Control y disposición final de los residuos contaminados	95
1.5.	Formato de registro de datos e incidencias en el sistema	95
<hr/>		
2.	OPERACIÓN DE EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS	96
2.1.	Objetivos de la operación de equipos electromecánicos	96
2.2.	Conceptos básicos de electricidad: voltio, amperio, potencia eléctrica, ley de Ohm, voltímetro, amperímetro, kilovatímetro, frecuencímetro	96
2.3.	Diagnóstico de equipos electromecánicos: fuga, sobrecalentamiento, vibración, sobrepresión, vida útil	98
2.4.	Operación de válvulas: válvulas manuales, tipo compuerta, mariposa	99
2.5.	Formato de registro de datos e incidencias en el sistema	100
<hr/>		
3.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RESIDUAL	100
3.1.	Objetivos de la operación y el mantenimiento de la estación de bombeo de agua residual	100
3.2.	Sistema de bombas alternadas	101
3.3.	Procedimiento para la limpieza manual del sistema de rejillas	101
3.4.	Desinfección de áreas y elementos contaminados con cloro	102
3.5.	Neutralización de desechos orgánicos con el uso de cal	103
3.6.	Formato de registro de datos e incidencias en el sistema	103
<hr/>		
4.	SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	103
4.1.	Objetivos de la SST	103
4.2.	Tipos de EPP, individuales y colectivos, uso adecuado, conservación y fiscalización	104
4.3.	Evaluación de las condiciones inseguras en su área de trabajo	104
4.4.	Formato de registro de datos e incidencias en el sistema	105
<hr/>		
5.	SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN	105

BANCO DE PREGUNTAS





1. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

1.1. Objetivos de la gestión integral de residuos sólidos (GIRS)

1. El objetivo de la gestión integral de residuos sólidos (GIRS) es:

- a) Diferenciar los residuos sólidos peligrosos de los no peligrosos.
- b) Definir qué residuos sólidos pueden ser reciclados.
- c) Disponer de la mejor manera los residuos sólidos en botaderos municipales.
- d) Prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la calidad ambiental, la salud y el bienestar de la persona humana.
- e) Ninguna de las anteriores.

2. La mejor definición de residuo sólido es:

- a) Los residuos sólidos incluyen todo residuo o desecho en fase sólida o semisólida.
- b) Residuo sólido es cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda.
- c) Residuo sólido es solo la basura municipal que debe ser recogida por la baja policía (comúnmente el camión recolector de basura).
- d) Residuo sólido es el resto (sobrante no aprovechable) de la actividad humana que debe ser desechado por el alcantarillado sanitario.
- e) Ninguna de las anteriores.

3. La mejor definición de residuo peligroso es:

- a) Son residuos peligrosos todo tipo de basura que al descomponerse generan bacterias.
- b) Son residuos peligrosos los que pueden generar heridas al ser humano (tales como los vidrios y metales).
- c) Son residuos peligrosos aquellos que, por sus características o el manejo al que son o van a ser sometidos, representan un riesgo significativo para la salud y para el ambiente.
- d) Son residuos peligrosos los que generan virus, bacterias y otros microorganismos que son un peligro para la salud humana.
- e) Ninguna de las anteriores.

4. La mejor definición de agua residual es:

- a) Agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión.
- b) Agua resultante de cualquier combinación de actividades domésticas, industriales o comerciales que es descargada al ambiente o al sistema de alcantarillado.
- c) Agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

1.2. Clasificación de los residuos sólidos

5. Según su origen, los residuos sólidos se clasifican en residuos:

- a) Domiciliario, comercial, industrial.
- b) De limpieza de espacios públicos, de establecimiento de atención de salud.
- c) De las actividades de construcción, agropecuario, de instalaciones o actividades especiales.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

6. Según su gestión, los residuos sólidos se clasifican en:

- a) Residuos de ámbito municipal: domiciliario, comercial y de limpieza de espacios públicos.
- b) Residuos de ámbito no municipal: de establecimiento de atención de salud, industrial, de las actividades de construcción, agropecuario, de instalaciones o actividades especiales.
- c) Residuos peligrosos.
- d) a y b.
- e) Ninguna de las anteriores.

7. Según su peligrosidad, los residuos sólidos se clasifican en:

- a) Residuos peligrosos (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable, biológico-infeccioso).
- b) Residuos no peligrosos.
- c) Residuos peligrosos y residuos no peligrosos.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

1.3. Gestión de los residuos orgánicos

8. Los sólidos orgánicos presentes en las aguas residuales:

- a) Luego de lavarlos y desinfectarlos se pueden reciclar.
- b) Se deben neutralizar y luego proceder a su reciclado final.
- c) Son considerados residuos sólidos peligrosos.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

9. Los sólidos inorgánicos presentes en las aguas residuales:

- a) Luego de lavarlos y secarlos al sol se pueden reutilizar.
- b) Se deben neutralizar con cloro o cal y luego pueden ser reciclados.
- c) Son considerados residuos sólidos peligrosos.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

1.4. Control y disposición final de los residuos contaminados

10. Los sólidos retirados de la cámara de rejillas de la EBAR se deben:

- a) Retirar y disponer adecuadamente para su posterior disposición final.
- b) Dejar pasar a la cámara húmeda.
- c) Desinfectar con solución clorada.
- d) Retirar para el regajo de la basura municipal (baja policía o camión recolector de la basura).
- e) Ninguna de las anteriores.

11. Los residuos sólidos retirados de la cámara de rejillas de la EBAR:

- a) Si es posible, debemos reciclarlos.
- b) Se deben enterrar en el lugar dispuesto de la EBAR.
- c) Son residuos sólidos peligrosos y, como tales, se deben gestionar (disponer) de manera específica.
- d) Después de lavarlos de manera adecuada, botarlos junto con la basura municipal.
- e) Ninguna de las anteriores.

12. La responsabilidad de la gestión los residuos sólidos generados en la EBAR:

- a) Es del servicio de recojo de basura municipal.
- b) Se deben enterrar en el lugar dispuesto de la EBAR.
- c) Son residuos sólidos peligrosos y, como tales, se deben gestionar (disponer) de manera específica.
- d) Después de lavarlos de manera adecuada, botarlos junto con la basura municipal.
- e) Ninguna de las anteriores.

1.5. Formato de registro de datos e incidencias en el sistema

13. El contar con un registro de los residuos sólidos extraídos de la EBAR (del desarenador o de la cámara de rejillas) permite:

- a) Llevar un registro al detalle de la cantidad de arena extraída de las aguas residuales, pues una variación es un indicativo de alteración del sistema de alcantarillado.
- b) La presencia de cierto tipo de residuos sólidos indica una actividad no controlada.
- c) Este registro de residuos sólidos se debe ejecutar para cumplir con la normatividad vigente.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

14. La importancia de registrar (llenado de formatos) de los parámetros eléctricos e hidráulicos de la EBAR, es:

- a) Demostrar que los operadores de EBAR son necesarios.
- b) Poder llevar una estadística de las ocurrencias de la EBAR, para poder intervenir antes de la aparición de una falla.
- c) Esta actividad solo se debe ejecutar por cumplir con la norma.
- d) No tiene mayor importancia.
- e) Todas las anteriores.

15. Los principales parámetros eléctricos que deben aparecer en un Parte Diario de Operaciones son:

- a) Voltaje
- b) Amperaje
- c) Resistencia e impedancia.
- d) a y b.
- e) b y c.

16. Los principales parámetros hidráulicos que deben aparecer en un Parte Diario de Operaciones son:

- a) Caudal
- b) Presión
- c) Golpe de ariete
- d) a y b.
- e) Ninguna de las anteriores

2. OPERACIÓN DE EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS

2.1. Objetivos de la operación de equipos electromecánicos

17. Son objetivos de la operación de equipos electromecánicos:

- a) Conseguir que las operaciones y los procesos involucrados en el trasvase de aguas servidas sean hechos con eficiencia, seguridad y economía.
- b) Obtener información constante sobre el comportamiento de las instalaciones de manera que se pueda evaluar la operación y sus resultados para el control de la misma.
- c) Racionalizar la utilización de la capacidad instalada y operar las instalaciones y equipos con miras al prolongamiento de su vida útil.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

2.2. Conceptos básicos de electricidad: voltio, amperio, potencia eléctrica, ley de Ohm, voltímetro, amperímetro, kilovatímetro, frecuencímetro.

18. El voltio es:

- a) La unidad de medida de la intensidad eléctrica.
- b) La unidad de medida de la tensión eléctrica.
- c) La unidad de medida de la potencia eléctrica.
- d) La unidad de medida de la resistencia eléctrica.
- e) Ninguna de las anteriores.

19. Para medir los voltios en cualquier punto de la red eléctrica, debo usar:

- a) Voltímetro
- b) Amperímetro
- c) Frecuencímetro
- d) Llamar a la empresa eléctrica y pedir el dato.
- e) Ninguna de las anteriores.

20. El amperio es:

- a) La unidad de medida de la intensidad eléctrica.
- b) La unidad de medida de la tensión eléctrica.
- c) La unidad de medida de la potencia eléctrica.
- d) La unidad de medida de la resistencia eléctrica.
- e) Ninguna de las anteriores.

21. Para medir la intensidad eléctrica en cualquier punto de la red eléctrica, debo usar:

- a) Voltímetro
- b) Amperímetro
- c) Frecuencímetro.
- d) Llamar a la empresa eléctrica y pedir el dato.
- e) Ninguna de las anteriores.

22. El ohm es:

- a) La unidad de medida de la intensidad eléctrica.
- b) La unidad de medida de la tensión eléctrica.
- c) La unidad de medida de la potencia eléctrica.
- d) La unidad de medida de la resistencia eléctrica.
- e) Ninguna de las anteriores.

23. Para medir la frecuencia eléctrica, debo usar:

- a) Voltímetro
- b) Amperímetro
- c) Frecuencímetro
- d) Llamar a la empresa eléctrica y pedir el dato.
- e) Ninguna de las anteriores.

24. El watt es:

- a) La unidad de medida de la intensidad eléctrica.
- b) La unidad de medida de la tensión eléctrica.
- c) La unidad de medida de la potencia eléctrica.
- d) La unidad de medida de la resistencia eléctrica.
- e) Ninguna de las anteriores.

25. La equivalencia de 1.0 HP a watt es:

- a) No se puede determinar si es que no se usa un equipo de medición eléctrico.
- b) 1 HP equivale a 736 W.
- c) 1 HP equivale a 736 KW.
- d) 736 HP equivalen a 1 W.
- e) Ninguna de las anteriores.

2.3. Diagnóstico de equipos electromecánicos: fuga, sobrecalentamiento, vibración, sobrepresión, vida útil.**26. La fuga eléctrica:**

- a) Es la circulación de corriente fuera de los conductores de una instalación eléctrica.
- b) Es considerada una falla del sistema eléctrico.
- c) Representa un peligro para los equipos y las personas.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

27. Las principales causas de una fuga eléctrica:

- a) Aislamiento defectuoso del cableado eléctrico.
- b) Conexiones de cables sueltos.
- c) Cableado defectuoso.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

28. El sobrecalentamiento de los equipos eléctricos:

- a) Es normal en los equipos eléctricos.
- b) No puede ser medido, pues existe riesgo eléctrico al tocar el equipo.
- c) El uso de termómetros infrarrojos permite medir el sobrecalentamiento de los equipos eléctricos.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

29. Para saber la temperatura de un equipo en operación:

- a) Usamos un termómetro de contacto.
- b) Usamos un termómetro infrarrojo.
- c) Lo tocamos para sentir su temperatura.
- d) Usamos una cámara infrarroja.
- e) b y d.

30. Las causas del sobrecalentamiento de los equipos electromecánicos se debe a:

- a) Causas eléctricas: defecto o exceso de tensión, corriente trifásica asimétrica, disminución del aislamiento, etc.
- b) Causas mecánicas: arranques y paradas excesivos, caudal alto o bajo, ventilador de enfriamiento deteriorado, etc.
- c) Causas medioambientales: temperatura ambiente elevada, carencia o deficiencia de ventilación en sala de bombas, altura respecto al mar, etc.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

31. La vibración en los equipos eléctricos:

- a) Es una forma de pérdida de eficiencia de la energía eléctrica.
- b) Aumenta con el tiempo a medida de la operación de los equipos.
- c) El vibrómetro es el equipo empleado para medir los ciclos de vibración.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

32. La sobrepresión en los equipos de la EBAR:

- a) Llamado también golpe de ariete o *water hammer*.
- b) Se produce al inicio y al finalizar el bombeo.
- c) Se emplean válvulas de purga de aire para minimizar su efecto.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

33. El Pulso de Zhokovski que se da al inicio y al finalizar el bombeo de aguas residuales en la EBAR:

- a) Se llama golpe de ariete.
- b) Se llama *water hammer*.
- c) Se llama sobrepresión.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

34. Las válvulas de purga de aire (VPA) para alcantarillado:

- a) Permiten la salida de aire de las tuberías al inicio del bombeo.
- b) Permiten el ingreso de aire de las tuberías al finalizar el bombeo.
- c) Permiten la salida de burbujas de aire de las tuberías durante el bombeo.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

2.4. Operación de válvulas: válvulas manuales, tipo compuerta, mariposa.

35. Las válvulas de purga de aire (VPA) para alcantarillado:

- a) Eliminan el aire presente en las tuberías de impulsión.
- b) Se sugiere emplear VPA de material plástico.
- c) Deben ser trifuncionales.
- d) Tienen diferente forma que las usadas para agua potable, pero el mismo principio.
- e) Todas las anteriores.

36. Las válvulas check:

- a) Llamadas también antirretorno.
- b) Protegen al equipo de bombeo del golpe de ariete.
- c) Se las debe tener siempre operativas en la EBAR.
- d) Pueden ser de tipo vertical u horizontal.
- e) Todas las anteriores.

2.5. Formato de registro de datos e incidencias en el sistema**37. La importancia de registrar (llenado de formatos) las incidencias en la EBAR es:**

- a) Demostrar que los operadores de la EBAR son necesarios.
- b) Poder llevar una estadística de las ocurrencias del sistema, para la posterior toma de decisiones.
- c) Esta actividad solo se debe ejecutar por cumplir con la norma.
- d) No tiene mayor importancia.
- e) Todas las anteriores.

38. En los formatos de operación de las EBAR:

- a) Se registra el caudal bombeado.
- b) Se registra el voltaje de la operación de las bombas.
- c) Se registra el amperaje de la operación de las bombas.
- d) Se registra la presión de operación.
- e) Todas las anteriores.

3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RESIDUAL**3.1. Objetivos de la operación y el mantenimiento de la estación de bombeo de agua residual****39. La operación de la EBAR es:**

- a) Un conjunto de actividades tendientes a asegurar el correcto desempeño de los equipos e instalaciones.
- b) Se pueden clasificar en operaciones simples y operaciones compuestas.
- c) El operador de EBAR deberá contar con las herramientas correctas para la ejecución de las actividades.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

40. Las actividades de mantenimiento principalmente son:

- a) Mantenimiento correctivo.
- b) Mantenimiento preventivo.
- c) Mantenimiento programado.
- d) a y b.
- e) Ninguna de las anteriores.

3.2. Sistema de bombas alternadas

41. En una EBAR con dos equipos de bombeo, las bombas operan:

- a) De manera alternada: operación.
- b) Opera una bomba un día y el subsiguiente opera la otra bomba.
- c) Opera una bomba un día y al día siguiente opera la otra bomba.
- d) Operan ambas bombas a la vez.
- e) Opera cualquier bomba de manera indistinta.

42. El conmutador de un tablero eléctrico sirve para que:

- a) No funcione ninguna bomba.
- b) Puedes seleccionar el funcionamiento de las bombas en manual.
- c) Puedes seleccionar el funcionamiento de las bombas en automático.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.



3.3. Procedimiento para la limpieza manual del sistema de rejillas

43. Para la limpieza manual del sistema de rejillas, se realizan las siguientes actividades:

- a) Izar la canastilla con el polipasto (tecle) eléctrico o de manera manual.
- b) Retirar los residuos de la canastilla.
- c) Disponer los sólidos en cilindros para luego ser retirados de la EBAR.
- d) Regresar la canastilla al fondo de la cámara de rejillas.
- e) Todas las anteriores.

44. Los sólidos extraídos de la cámara de rejillas:

- a) Pueden ser reciclados luego de seleccionarlos adecuadamente.
- b) Se deben secar al sol antes de disponerlos en contenedores.
- c) Los sólidos deberán botarse a la basura.
- d) Los sólidos deberán acumularse en la EBAR.
- e) Ninguna de las anteriores.

3.4. Desinfección de áreas y elementos contaminados con cloro

45. Las áreas que han tenido contacto con las aguas servidas y con los sólidos retirados de las cámaras de rejillas y que, por ende, se encuentran contaminadas, se desinfectan con cloro; puede usarse:

- Aplicación de cloro en gas de manera directa a la zona que ha estado en contacto con las aguas residuales.
- Aplicación de cloro en polvo (hipoclorito de calcio) esparcido en las zonas expuestas a las aguas residuales.
- Aplicación de solución clorada (disuelta en agua) en la zona que ha estado en contacto con las aguas residuales.
- Todas las anteriores.
- Ninguna de las anteriores.

46. Considerando la siguiente fórmula:

$$\left[\frac{\% \text{ de cloro en el hipoclorito de sodio líquido}}{\% \text{ de cloro deseado}} - 1 = \text{Partes totales de agua por cada parte de hipoclorito de sodio.} \right]$$

Para preparar una solución al 0.5% de cloro usando lejía (5% de concentración de cloro), se deberá emplear:

- 20 partes de agua por 1 parte de lejía.
- 9 partes de agua por 1 parte de lejía.
- 5 partes de agua por 1 parte de lejía.
- 1 parte de agua por 5 partes de lejía.
- 1 parte de agua por 9 partes de lejía.

47. Considerando la fórmula y ejemplo siguiente:

Cuadro 2. Cálculo de las soluciones de cloro preparadas a partir de hipoclorito de calcio

$[\% \text{ de cloro deseado} / \% \text{ de cloro en el polvo o gránulos de hipoclorito}] \times 1000 = \text{gramos de hipoclorito de calcio en polvo por litro de agua.}$

Ejemplo: $[0,5\% \text{ de cloro deseado} / 35\% \text{ de cloro en el hipoclorito en polvo}] \times 1000 = 0,0143 \times 1000 = 14,3$

Por consiguiente, hay que disolver 14,3 gramos de hipoclorito de calcio en polvo por cada litro de agua usada, a fin de obtener una solución de cloro al 0,5%.

Para preparar una solución al 0.5% de cloro usando hipoclorito de calcio (HTH al 65% de concentración de cloro), se deberá emplear:

- 5.0 gr de hipoclorito de calcio por litro de agua.
- 20.0 gr de hipoclorito de calcio por litro de agua.
- 7.7 gr de hipoclorito de calcio por litro de agua.
- 65.0 gr de hipoclorito de calcio por litro de agua.
- 0.5 gr de hipoclorito de calcio por litro de agua.

3.5. Neutralización de desechos orgánicos con el uso de cal

48. Para la neutralización de las aguas servidas y las superficies que han estado en contacto con ellas, es más eficiente:

- a) La cal viva.
- b) La cal apagada (mezclada con agua).
- c) Depende de la concentración de la cal.
- d) Es indistinto el uso de cal viva o cal apagada.
- e) Ninguna de las anteriores.

3.6. Formato de registro de datos e incidencias en el sistema

49. La importancia de registrar (llenado de formatos) las incidencias del sistema de la EBAR es:

- a) Demostrar que el operador de la EBAR siempre se encuentra ocupado.
- b) Poder llevar una estadística de la operación de la EBAR, para la posterior toma de decisiones.
- c) Esta actividad solo se debe ejecutar por cumplir con la normas de la EPS.
- d) No tiene mayor importancia, se ejecuta por costumbre.
- e) Todas las anteriores.

4. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

4.1. Objetivos de la SST

50. Es el objetivo primordial de la seguridad y salud en el trabajo (SST):

- a) Evitar multas por el ente regulador.
- b) Proteger las instalaciones y equipos de la EPS.
- c) Proteger la seguridad y salud de todos los trabajadores.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

51. Un accidente de trabajo:

- a) Causa problemas a la integridad física del trabajador.
- b) Es un acontecimiento que causa daño personal al trabajador.
- c) Son ocasionados por un acto inseguro y una condición insegura.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.

4.2. Tipos de EPP, individuales y colectivos, uso adecuado, conservación y fiscalización.

52. Las siglas EPP hacen referencia a:

- a) Empresa público-privada.
- b) Equipo de protección personal.
- c) Estado público peruano.
- d) Equipo de protección plástico.
- e) Ninguna de las anteriores.

53. El uso de EPP por parte del personal de la EPS es:

- a) Opcional
- b) Obligatorio
- c) Dependiendo de la actividad que se realice.
- d) Dependiendo de lo que disponga el jefe/capataz.
- e) Ninguna de las anteriores.

54. Los EPP deben ser usados:

- a) Solo por el personal obrero.
- b) Solo por los jefes y capataces.
- c) Dependiendo de la actividad que se realice.
- d) Dependiendo de lo que disponga el jefe/capataz.
- e) Ninguna de las anteriores.

55. Los EPP

- a) Se usan para diferenciar al personal técnico del administrativo.
- b) Son la primera barrera entre la persona y el daño.
- c) Son la última barrera entre la persona y el daño.
- d) Son parte del uniforme que nos entrega la EPS.
- e) Ninguna de las anteriores.

56. Sobre el uso y conservación de los EPP:

- a) Se deben emplear solo cada vez que hagamos trabajos de riesgo.
- b) Deben ser reemplazados cuando estos se encuentren totalmente deteriorados por el uso o el tiempo.
- c) Es responsabilidad del propio trabajador.
- d) Es la propia EPS la que deberá evaluar el uso y conservación de los EPP entregados.
- e) Ninguna de las anteriores.

4.3. Evaluación de las condiciones inseguras en su área de trabajo

57. Referido a la limpieza de la cámara de rejillas:

- a) Es un trabajo que no requiere la presencia de dos personas.
- b) Esta se debe ejecutar siempre al mediodía, pues es la hora donde aparecen mayor cantidad de sólidos.
- c) Se ejecuta una vez al mes.

- d) Se debe usar arnés de seguridad para evitar posibles caídas al interior de la cámara de rejillas.
- e) No requiere mayor cuidado, pues se emplea un polipasto eléctrico que facilita su realización.

58. Referido al uso de cal:

- a) Se deberá usar camisa de manga corta cuando haya contacto de la piel con la cal, y así poder lavarse rápidamente con agua.
- b) El uso de lentes de seguridad es opcional, pues dificultan la visibilidad al momento de trabajar.
- c) Se deberá humedecer la cal para evitar que se levante polvo al momento de su manipulación.
- d) Deberán usarse anteojos fuertemente ajustados (antiparra), guantes, botas y otros equipos personales de protección para evitar contacto con la piel y los ojos.
- e) Ninguna de las anteriores.

59. Referido al uso del cloro:

- a) Se deberá usar camisa de manga corta cuando haya contacto de la piel con el hipoclorito o la solución clorada, y así poder lavarse rápidamente con agua.
- b) El uso de lentes de seguridad es opcional, pues dificultan la visibilidad al momento de trabajar.
- c) Se deberá humedecer el hipoclorito para evitar que se levante polvo al momento de su manipulación y dañar las vías respiratorias.
- d) Deberán usarse anteojos fuertemente ajustados (antiparra), guantes, botas y otros equipos personales de protección para evitar contacto con la piel y los ojos.
- e) Ninguna de las anteriores.

4.4. Formatos de registro de incidencias en el sistema SST

60. La importancia de registrar (llenado de formatos) las ocurrencias de accidentes de trabajo en la EBAR es:

- a) Demostrar que los trabajos en la EBAR son peligrosos.
- b) Poder llevar una estadística de las ocurrencias, para la posterior toma de decisiones.
- c) Esta actividad solo se debe ejecutar por cumplir con la norma.
- d) No tiene mayor importancia.
- e) Todas las anteriores.

5. SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

- 1. d
- 2. b
- 3. c
- 4. d
- 5. d
- 6. d
- 7. c
- 8. c
- 9. c
- 10. a

- 11. c
- 12. c
- 13. d
- 14. b
- 15. d
- 16. d
- 17. d
- 18. b
- 19. a
- 20. a
- 21. b
- 22. d
- 23. c
- 24. c
- 25. e
- 26. d
- 27. d
- 28. c
- 29. e
- 30. d
- 31. d
- 32. d
- 33. d
- 34. d
- 35. e
- 36. e
- 37. b
- 38. e
- 39. d
- 40. d
- 41. d
- 42. d
- 43. e
- 44. e
- 45. c
- 46. b
- 47. c
- 48. b
- 49. b
- 50. c
- 51. d
- 52. b
- 53. b
- 54. e
- 55. c
- 56. c
- 57. d
- 58. d
- 59. d
- 60. b



Con el apoyo de:



Implementada por



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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