



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POTSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE PROCESOS



**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ADECUACIÓN DE EFLUENTES Y
DESECHOS GENERADOS EN LOS PROCESOS OPERATIVOS DE UNA
CLÍNICA DE CIRUGÍA Y ESTÉTICA DEL DISTRITO CAPITAL**

AUTOR: Ing. DIANA P. GONZÁLEZ T.

TUTOR: Mgs AUXILIA MALLIA

Valencia, 27 de Julio de 2018



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE PROCESOS



**CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR Y APROBACIÓN DEL
PROFESOR DE SEMINARIO**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ADECUACIÓN DE EFLUENTES Y
DESECHOS GENERADOS EN LOS PROCESOS OPERATIVOS DE UNA
CLÍNICA DE CIRUGÍA Y ESTÉTICA DEL DISTRITO CAPITAL**

**Aprobado en el Área de Estudios de Postgrado por:
Prof. Alberto Mieres Pitre
Profesor del Seminario de Investigación y Trabajo de Grado.**

Prof. Alberto Mieres Pitre
C.I.:3.306.841

Tutor: Prof. Auxilia Mallia
**Acepto la tutoría del presente Trabajo según las condiciones del Área de Estudios
de Postgrado de la Universidad de Carabobo.**

Prof. Auxilia Mallia
C.I.:8.842.095

Valencia, 27 de Julio de 2018



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCIÓN DE POSTGRADO
SECCIÓN DE GRADO



ACTA DE DISCUSIÓN DE TRABAJO DE GRADO

En atención a lo dispuesto en los Artículos 137, 138 y 139 del Reglamento de Estudios de Postgrado de la Universidad de Carabobo, quienes suscribimos como Jurado designado por el Consejo de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a lo previsto en el Artículo 135 del citado Reglamento, para estudiar el Trabajo de Grado titulado:

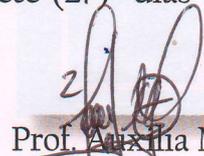
“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ADECUACION DE EFLUENTES Y DESECHOS GENERADOS EN LOS PROCESOS OPERATIVOS DE UNA CLINICA DE CIRUGIA ESTETICA DEL DISTRITO CAPITAL”

Presentado para optar al grado de **MAGÍSTER EN INGENIERIA DE PROCESOS** por el (la) aspirante:

DIANA GONZALEZ T.
V- 18.719.406

Habiendo examinado el Trabajo presentado, decidimos que el mismo está **APROBADO**.

En Valencia, a los veintisiete (27) días del mes de Julio del año dos mil dieciocho.


Prof. Auxilia Mallia
C.I.: 8842095
Fecha: 27/07/2018


Prof. Rafael Dautant
C.I.: 8919538
Fecha: 27/07/2018
FE: 25/07/2018 al-




Prof. Mirna Polo
C.I.: 7010110
Fecha: 27/07/2018



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POTSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE PROCESOS



**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ADECUACIÓN DE EFLUENTES Y
DESECHOS GENERADOS EN LOS PROCESOS OPERATIVOS DE UNA
CLÍNICA DE CIRUGÍA Y ESTÉTICA DEL DISTRITO CAPITAL**

Aprobado por la Comisión Coordinadora del Programa de Ingeniería de Procesos

Prof. Carlos Hernández
Coordinador del Programa

Prof. Olga Martínez

Prof. Alberto Mieres Pitre

Valencia, 27 de Julio de 2018



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE PROCESOS



CARTA AVAL DE TUTOR

Dando cumplimiento a lo establecido en el reglamento de Estudio de Postgrado de la universidad de Carabobo en su artículo 131 quien suscribe, la Profesora AUXILIA MALLIA titular de la cédula de identidad N° V.- **8.842.095** en mi carácter de tutor del trabajo de Maestría titulado **“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ADECUACIÓN DE EFLUENTES Y DESECHOS GENERADOS EN LOS PROCESOS OPERATIVOS DE UNA CLÍNICA DE CIRUGÍA Y ESTÉTICA DEL DISTRITO CAPITAL”**, presentado por la **Ing. DIANA GONZÁLEZ**, titular de la cédula de identidad N° V.-18.719.406, para optar al título de MAGISTER EN INGENIERÍA DE PROCESOS, hago constar que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y a la evaluación por parte del jurado examinador que se le designe

En Valencia a los 15 días del mes de Mayo del año 2018.

2018

PROF. AUXILIA MALLIA
C.I.: 8.842.095
(Tutora)

Valencia, 2018

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO.....	1
ÍNDICE DE TABLAS.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
RESUMEN.....	7
.	
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	11
1.1. Planteamiento del problema.....	13
1.2. Formulación del problema.....	13
1.3. Objetivos de la investigación.....	13
1.4. Justificación.....	14
1.5. Limitaciones.....	16
1.6. Alcance.....	16
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes.....	18
2.2. Bases teóricas.....	22
2.2.1 Procesos en centros de salud y atención médica.....	22
2.2.2 Desechos.....	25
2.2.2.1 Desechos comunes.....	26
2.2.2.2 Desechos potencialmente peligrosos.....	26
2.2.2.3 Desechos infecciosos.....	26
2.2.2.4 Desechos orgánicos o biológicos.....	27

ÍNDICE DE CONTENIDO

2.2.2.5 Desechos especiales.....	27
2.2.2. Procedimientos de separación de desechos infecciosos.....	28
2.2.3. Aguas Residuales.....	29
2.2.3.1. Toma de muestras.....	31
2.2.3.2. Técnicas de muestreo.....	32
2.2.3.3. Cadena de custodia.....	33
2.2.4. Sistemas de tratamiento.....	36
2.2.5. Selección de Sistema de tratamiento.....	39
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	42
3.1. Tipo de estudio y de investigación.....	42
3.1.1 Diseño de investigación.....	42
3.1.2 Tipo de investigación.....	42
3.2 Desarrollo de la investigación.....	43
3.2.1 Reconocimiento y focalización del problema.....	43
3.2.2 Muestreo y caracterización de muestras.....	48
3.2.3 Sistema de gestión de desechos.....	53
3.2.4 Propuestas de plantas de tratamientos de aguas residuales (PTAR).....	53
3.2.5 Análisis de propuestas de tratamiento.....	56
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	59
4.1. Diagnóstico inicial.....	59
4.2 Caracterización de Aguas residuales.....	66
4.3 Diseño de equipo para gestión de desechos.....	73
4.3.1 Especificaciones mínimas del sistema neumático.....	74

ÍNDICE DE CONTENIDO

4.3.2 Dimensionamiento del ciclón.....	75
4.3.3 Diseño de las tolvas.....	76
4.4 Propuestas de planta de tratamiento de aguas residuales.....	82
4.4.1 Propuesta A.....	82
4.4.2 Propuesta B.....	82
4.5 Selección de Propuesta.....	86
4.6 Diseño de propuesta seleccionada.....	87
4.6.1 Rejillas de desbaste.....	87
4.6.2 Tanque de igualación.....	90
4.6.3 SBR.....	90
4.6.4 Adición de polímero para remoción de fosforo.....	93
4.6.3.1. Aplicación sugerida.....	94
4.6.3.1 Puntos de dosificación.....	94
4.6.3.2 Dosis recomendada.....	95
4.7 Análisis de factibilidad económica.....	97
4.7.1 Costos de construcción.....	98
4.7.2 Costos de operación.....	103
4.7.3 Costos de mantenimiento.....	106
CONCLUSIONES.....	110
RECOMENDACIONES.....	113
ANEXOS.....	115
Anexo A. Determinación de caudal.....	116

ÍNDICE DE CONTENIDO

Anexo B. Diseño de equipo para gestión de desechos.....	119
Anexo C. Diseño de propuesta de planta de tratamiento. Propuesta B.....	134
Anexo D Análisis de agua residual, caracterización de laboratorio autorizado y cadena de custodia.....	149
Anexo E. Charlas impartidas al personal de la clínica	165
Anexo F Cronograma de actividades del trabajo de grado.....	167
Anexo G Procedimientos de Análisis de parámetros en Aguas Residuales Utilizados.....	170
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	202

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Límites máximos para aguas a ser descargadas en redes cloacales.....	31
Tabla 2.2 Preservación y plazo máximo de análisis según el parámetro a determinar.....	34
Tabla 2.3. Tratamientos combinados físicos, químicos y de oxidación para depuración de aguas residuales en la industria.....	38
Tabla 2.4. Ejemplo de matriz de factores ponderados.....	40
Tabla 3.1. Parámetros que deben medirse para cada nivel de complejidad del sistema en muestras compuestas.....	51
Tabla 3.2. Parámetros a analizar.....	54
Tabla 3.3 Modelo de matriz de factores ponderados para selección de propuesta.....	57
Tabla 4.1 Clasificación y cantidad de desechos generados por áreas en kg	66
Tabla 4.2 Resultados de muestras analizadas.....	68
Tabla 4.3 Porcentaje (%) de Remoción de contaminantes requeridos y valores máximos obtenidos en caracterización de efluente.....	71

ÍNDICE DE CONTENIDO

Tabla 4.4 Resultados de muestras analizadas.....	72
Tabla 4.5 Modelo de bomba seleccionada.....	75
Tabla 4.6. Diseño del ciclón.....	77
Tabla 4.7. Dimensionamiento de Tolva rectangular.....	79
Tabla 4.8. Matriz de factores ponderados para selección de propuesta de tratamiento de aguas residuales.....	87
Tabla 4.9. Dimensiones de diseño de rejillas de desbaste.....	88
Tabla 4.10 Diseño del tanque de igualación.....	90
Tabla 4.11 Parámetros de diseño del Reactor Biológico Secuencial.....	91
Tabla 4.12 Valores del efluente luego del segundo ciclo de tratamiento en el SBR.....	94
Tabla 4.13 Rangos recomendados de pH para las sales metálicas.....	96
Tabla 4.14 Valores Dosis de productos por metro cubico (base seca).....	96
Tabla 4.15 Concentraciones y duración de la solución de coagulante.....	97
Tabla 4.16 Costos de construcción.....	98
Tabla 4.17 Actividades semanales a realizar por operador.....	102
Tabla 4.18 Costos anuales de Operación de PTAR.....	103
Tabla 4.19 Estructura de costos de operador.....	106
Tabla N° 4.20 Costos anuales de mantenimiento de PTAR.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Mapa de procesos del establecimiento de salud y puntos clave de generación de desechos.....	26
Figura 2.2 Gestión de desechos.....	30

ÍNDICE DE CONTENIDO

Figura 3.1. Herramienta IVPH (Fase Ir-Ver).....	46
Figura 3.2. Herramienta IVPH. (Fase Pensar-Hacer, Matriz Causa-Efecto y 5 ¿Por qué?).....	47
Figura 3.3. Etiqueta de identificación de muestra.....	52
Figura 4.1 Desarrollo de IR-VER-PENSAR-HACER.....	61
Figura 4.2. Bolsas adecuadas para separación de desechos, según decreto 2635.....	63
Figura 4.3. Shar container.....	64
Figura 4.4 Sistema de arrastre por vacío para gestión de desechos propuesto.....	82
Figura 4.5 Propuesta A, Constituida por rejillas de desbaste, tanque igualador y dos sistemas compactos flotación por aire disuelto (DAF) y reactor biológico secuencial (SBR).....	84
Figura 4.6 Propuesta B, Constituida por rejillas de desbaste, tanque igualador, reactor biológico secuencial (SBR) realizando 2 ciclos de tratamiento y adición de polímero	85
Figura 4.7 Modelo rejilla inclinada.....	89
Figura 4.8 Tiempos de reacción del reactor biológico secuencial.....	92
Figura 4.8 Puntos de dosificación de polímero.....	95

RESUMEN



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE PROCESOS



PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ADECUACIÓN DE EFLUENTES Y DESECHOS GENERADOS EN LOS PROCESOS OPERATIVOS DE UNA CLÍNICA DE CIRUGÍA Y ESTÉTICA DEL DISTRITO CAPITAL

AUTOR(A):
Ing. DIANA P. GONZÁLEZ T.
TUTOR:
Mgs AUXILIA MALLIA
Año: 2018

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad el diseño de procesos conformados por unidades de tratamiento, que permitieran dar un manejo y gestión adecuada de desechos en un instituto clínico ubicado en el Distrito Capital, con el fin de reducir el volumen de agua generado y minimizar los contaminantes de los efluentes generados. Por medio de una investigación de campo a través de un análisis sistemático de la realidad, evaluación de los procesos y caracterización de los efluentes se dieron propuestas de mejora. Basado en los resultados obtenidos en las caracterizaciones y mediciones de caudales, se pudo observar que el volumen de efluentes generados y su carga orgánica en términos de DBO_5 y sólidos, disminuyen en un 15% y 35% respectivamente producto de una adecuada gestión de desechos y mejoras administrativas en los procesos de la clínica. Así mismo el tratamiento de los desechos sólidos se establece por medio de un sistema de gestión por vacío, para un manejo de desperdicios apropiado, y finalmente la gestión de los efluentes generados por medio de un sistema de tratamiento biológico, diseñado acorde a las instalaciones actuales del instituto y con tecnología accesible en el país, logrando toda esta propuesta garantizar el cumplimiento de la legislación ambiental venezolana.

Palabras clave: Clínica, desechos, residuales, tratamiento, agua

INTRODUCCIÓN



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE PROCESOS



PROPOSAL OF A SYSTEM FOR THE ADEQUACY OF EFFLUENTS AND WASTE GENERATED IN THE OPERATIONAL PROCESSES OF A CLINIC OF SURGERY AND AESTHETICS OF THE CAPITAL DISTRICT

AUTHOR:
Ing. DIANA P. GONZÁLEZ T.
TUTOR:
Mgs AUXILIA MALLIA
Año: 2018

ABSTRACT

The objective of this research was to design processes made up of treatment units, which allowed the management and management of waste at a clinical institute located in the Capital District, in order to reduce the volume of water contaminants from the effluents generated. Through a field investigation through a systematic analysis of the reality, evaluation of the processes and characterization of the positive effects of an improvement. Based on the results obtained in the characteristics and measurements of flows, it was observed that the volume of effluents generated and their organic load in the terms of BOD5 and solids, decreased by 15% and 35% respectively, as a result of an adequate management of waste and administrative improvements in the clinic processes. Likewise, the treatment of solid waste is established by means of a management system for vacuum, for the management of waste, and finally the management of secondary effects generated by means of the biological treatment system. of the institute and with accessible technology in the country, this law will ensure compliance with Venezuelan environmental legislation.

Keywords: Clinic, waste, waste, treatment, water

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Una gran cantidad de contaminantes son descargados al medio ambiente diariamente, dentro de los cuales proliferan un sin fin de microorganismos que pueden afectar gravemente la salud pública, comprometiendo esto el desempeño y operatividad del instituto o empresa que los genera. La presente investigación se direcciona a la adecuación de los procesos desarrollados en una clínica de salud y estética con la finalidad de optimizar sus procesos, reducir los desechos generados y dar tratamiento al efluente, reduciendo el grado de contaminación del mismo.

La contaminación, gestión de desechos y generación de efluentes constituyen un problema en los institutos de salud, ya que a mayor caudal a tratar debe ser mayor el volumen de las unidades que ejecuten la actividad lo que encarece los gastos, incrementa la mano de obra y requiere de mayor espacio, entre otros, adicional a la necesidad de cumplir lo límites máximos de descarga que establece la legislación venezolana.

El aporte de la presente investigación se focaliza en la mejora de los procesos asociados al desempeño ambiental de la clínica, para lo que fue necesario establecer mejoras administrativas y operacionales que reduzcan los desechos sólidos generados y garanticen la gestión y disposición adecuada de estos, son procesos necesarios para obtener un desempeño ambiental permitido para un instituto de salud, reduciendo así la cantidad de desechos en contacto con agua y por ende el volumen de efluente contaminado.

Basado en lo anteriormente expuesto, se verificaron las tecnologías disponibles y aplicables al proceso, obteniéndose un sistema de succión al vacío

INTRODUCCIÓN

para la gestión de los desechos, en el cual los desechos son extraídos por tuberías diseñadas para tal fin, depositándose estos en tolvas, donde almacenaran a la espera de su retiro para disposición final. Para el caso del efluente generado la tecnología disponible y las propiedades del agua, permitieron diseñar un tratamiento biológico conformado por rejillas de desbaste, tanque igualador, reactor biológico secuencial (SBR), un filtro percolador y un sistema de sedimentación secundaria, que permiten alcanzar los límites establecidos en el decreto venezolano 883, propuesta que fue seleccionada por medio de una matriz de factores ponderados.

Finalmente y posterior a la obtención del diseño de las unidades de tratamiento se evaluaron los recursos necesarios para la puesta en marcha y operación de los mismos a fin de dar respuesta concreta a la necesidad detectada al inicio de la investigación, involucrando las variables operativas y económicas del sistema de tratamiento de aguas residuales y desechos propuesto.

CAPÍTULO I

En el presente capítulo se realiza el planteamiento del problema que se desea resolver, los objetivos que se pretenden lograr, las distintas razones teóricas, prácticas, metodológicas ambientales y de innovación que justifican la investigación, así como las limitaciones y el alcance de la investigación.

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial la escasez, generación de desechos y contaminación del agua es uno de los problemas de mayor envergadura, que afectan y ponen en riesgo el desarrollo de la vida en el planeta y la supervivencia del mismo, considerando que de ellos depende parte de la calidad de vida de las generaciones actuales y futuras. El actual crecimiento demográfico lleva consigo el incremento de los desechos generados, incremento de la demanda del recurso agua, y el deterioro de la calidad de la misma, ya que inevitablemente los recursos son utilizados en la vida diaria y todos estos usos generan desechos. Existen aguas residuales con contaminantes peligrosos provenientes de los laboratorios y algunos de ellas han sido identificadas y caracterizadas con el objeto de tratarlos (Calvo *et al.* 2010). A nivel nacional e internacional, se han implantado leyes relacionadas a la producción y gestión de desechos y a los usos, y gestión del medio hídrico, con las que se obliga a los usuarios a adoptar estrategias, realizar tratamientos, clasificación y gestión efectiva del agua y de los desechos antes de su vertido y disposición final.

Los desechos expuestos y la descarga de material peligroso pueden contaminar el agua, el suelo y el aire. Esta contaminación puede extenderse hasta cientos de kilómetros del lugar donde los desechos fueron inicialmente

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

descargados (Calvo *et al.* 2010). La naturaleza líquida de la sangre, unida a su baja valorización como subproducto, ocasiona que acabe formando parte de material no aprovechable (desechos) o en menor proporción parte las aguas residuales. Al ser la sangre el principal producto presente en las aguas residuales de instituciones de salud, se hace necesario y obligatorio, reducir la cantidad que está en contacto directo con el agua y realizar el tratamiento de los efluentes que se generan, principalmente por salud pública y cumplimiento de legislación ambiental, además de que las crecientes exigencias en la calidad de vertido, hacen que sea necesario el empleo de tecnologías de depuración avanzadas, diseñadas en base al efluente generado (Espinosa, 2011).

Para llevar a cabo la presente investigación se seleccionó un instituto clínico, dedicado a la salud y estética, en el cual actualmente se están generando caudales de agua residual significativos, con altos niveles de concentración de patógenos y carga orgánica. La generación de desechos y la demanda del recurso hídrico han ido incrementando a la par del incremento de la demanda de dicho instituto. Considerando que los desechos y el agua residual antes de ser vertidos a las masas receptoras, debe recibir un tratamiento para reducir la carga orgánica, ya que de esta manera se puede modificar sus características al límite de evitar que la disposición provoque problemas graves de contaminación (Cárdenas *et al.* 2002) se plantea la presente investigación cuyo propósito es tratar el efluente problema adaptándolo a lo establecido en el decreto venezolano 883 y gestionar adecuadamente los desechos que se pueden generar de manera que se reduzca el impacto que ocasiona la actual operación del instituto clínico, a la vez de evitar sanciones legales.

1.2. Formulación del problema

Considerando la necesidad de solventar los problemas ocasionados por la gestión no adecuada de los desechos sólidos y líquidos generados en el instituto clínico y la oportunidad de utilizar un tratamiento que permitirá degradar o aislar los contaminantes antes de su disposición final acorde con la legislación venezolana existente, surge la siguiente hipótesis.

“Es posible diseñar un sistema para la adecuación de efluentes y desechos y establecer alternativas que permitan minimizar la contaminación del efluente final, garantizando el cumplimiento de la legislación venezolana”

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Proponer un sistema de adecuación de efluentes y desechos que permitan controlar y reducir contaminantes y riesgos biológicos, adaptado a la legislación venezolana.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Identificar las actuales condiciones de gestión de efluentes y desechos, actividades que los generan y las causas que ocasiona problemas con el manejo de los desechos sólidos y líquidos.
2. Desarrollar análisis a nivel de laboratorios que permitan caracterizar los parámetros, físicos, químicos y biológicos del efluente de agua residual generado.

3. Establecer un sistema de adecuación que permita reducir las cargas orgánicas enviadas a efluentes a través de la correcta gestión de desechos biológicos y patológicos.
4. Proponer modelos de planta de tratamiento de agua residual (PTAR) que permita adaptar el efluente a lo establecido en la legislación venezolana.
5. Seleccionar la alternativa de planta de tratamiento más adecuada desde el punto de vista económico, operativo y técnico, a través de un estudio de factibilidad.

1.4. Justificación

En el país actualmente son pocos los institutos clínicos que cuentan con procesos de separación de desechos y tratamiento de efluentes generados antes de su disposición final, motivo por el cual se considera necesario dar una propuesta de mejora que permita minimizar la contaminación del efluente final, garantizando el cumplimiento de la legislación venezolana. Esto garantiza la operación sostenible, sin riesgo de paralización de actividades por cumplimiento legal. Además por medio de esta investigación permitirá establecer una base en cuanto a los principales contaminantes presentes en efluentes de institutos clínicos de salud y estética.

El diseño de un sistema de gestión de desechos y tratamiento de aguas residuales de institutos clínicos permite dar una propuesta para disminuir la carga orgánica de los efluentes generados, a la vez de controlar los olores y riesgos que se producen en el proceso de descomposición de los desechos biológicos y patológicos. Por otra parte el hecho de que un instituto clínico garantice el manejo adecuado de sus desperdicios y opere sosteniblemente, da confiabilidad en sus procesos y seguridad a sus clientes, en cuanto a la calidad del servicio prestado.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Por otra parte, para la ejecución de la investigación se deberán poner en práctica métodos de muestreo, recolección, análisis y diseño; empleados en la ingeniería de procesos, para establecer procesos y operaciones unitarias, que permitan lograr el objetivo de la presente investigación, a través del empleo de análisis establecidos por la Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA USA 2005 para garantizar la precisión de los datos y el diseño de las unidades a emplear.

La mayoría de los diseños propuestos para tratar aguas residuales, mayormente requieren amplio espacio físico, o en caso contrario presentan costos elevados. Uno de los métodos de tratamiento que adquiere cada vez mayor relevancia es la tecnología de membranas, ya que permite separar especies contaminantes en los ámbitos de tamaño molecular e iónico (Calvo *et al.* 2010), los tratamientos de las aguas residuales que contienen compuestos orgánicos tóxicos son difíciles de realizar por métodos convencionales, los reactores aerobios operados en secuencia batch son una buena alternativa (Moreno y Buitron, 2002), así mismo las unidades con materiales a base de caucho o fibras sintéticas son prometedores en el campo del tratamiento de aguas residuales. Es importante combinar adecuadamente las ayudas tecnológicas con las cuales se debe jugar para realizar el diseño más óptimo y con costos accesibles, que representen una buena alternativa para reducir niveles de contaminantes biológicos y patológicos, aplicables en el país.

La gestión de desechos es un tema que está cobrando fuerza en el país, además que es un tema amarrado a legislación ambiental, sin embargo actualmente no se da cumplimiento cabal a la ley, lo que ocasiona un aumento del riesgo al que se exponen las personas que manipulan los mismos, un incremento en la contaminación de aguas residuales y consecuencias siguientes, esto obliga a

plantear sistemas que garanticen la gestión adecuada de desechos y efluentes a través de un tratamiento previo a su vertido final (Reinoso, 2008), ofreciendo una actividad económica sustentable y sostenible, reduciendo los niveles de contaminantes antes de su descarga final, la generación de malos olores y la proliferación de microorganismos que pueden atentar contra la salud pública, siendo una actividad más amigable con el ambiente.

1.5. Limitaciones

Considerando que actualmente no existe un registro de propiedades del efluente generado las pruebas para caracterizar el mismo deben ser repetidas en varias oportunidades hasta generar un valor promedio, estableciendo como factor limitante la accesibilidad a reactivos, debido a temas de fabricación y disponibilidad en el país. Por otra parte la limitación de divisas para las instituciones en el país trae consigo la necesidad de verse obligado a contemplar como opción preferiblemente los productos de fácil ubicación y reposición en el país, de manera que se pueda garantizar la puesta en práctica y operación de la propuesta que se diseñe. Finalmente es importante destacar la política de privacidad del instituto clínico como una limitante, ya que el tema de cumplimiento legal y salud pública es delicado, por lo que posiblemente se restringirá información que viole la confidencialidad de la misma.

1.6. Alcance

Por medio de la investigación se propondrá un sistema de adecuación de efluentes y desechos que permitan controlar y reducir contaminantes y riesgos biológicos a los que se expone el personal que manipula los mismos y que permita disminuir el impacto ambiental que se puede generar, estando adaptado a la

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

situación actual del instituto clínico y la situación del país. Finalmente se determinará la factibilidad económica de instalar y poner en funcionamiento la propuesta dada.

CAPÍTULO II

En el presente capítulo, se enumeran algunas investigaciones realizadas anteriormente por otros autores y se plasman las bases teóricas relacionadas a la presente investigación, en las cuales se muestran metodologías e información que contribuye al desarrollo de la misma.

2.1. Antecedentes

Altmann et al. (2014), sostienen que numerosos microcontaminantes orgánicos (OMP) son descargados en ambientes acuáticos, causando graves daños al medio, con el fin de proteger las fuentes de los ecosistemas y el agua potable de los efectos potencialmente tóxicos, se están regulados los vertidos de un número cada vez mayor de las OMP. Su investigación tuvo como objetivo comparar directamente la eliminación de OMP con carbón activado en polvo (CAP) y transformación OMP oxidativo con ozono en diferentes efluentes de planta de tratamiento de agua residual (PTAR) municipal, para eliminar o transformar una serie de OMPs. La PTAR se equipó con sedimentación primaria, lodos activados convencionales y clarificación secundaria, se trataron efluentes de 4 plantas, primero se caracterizaron y luego se aplicó tratamiento biológico y precipitación química. El ozono se inyectó en estado gaseoso y luego CAP. Para los métodos analíticos, se realizó comparación del grado de absorción de cada uno y se indicó la influencia de la concentración de demanda de carbón orgánico (DOC) con la eficiencia de remoción de OMP. Las concentraciones de carbamazepina y diclofenac se redujeron en más de un 90 % con 20 mg/L de CAP o 5 mg/L de ozono. La comparación de las dosis típicas para los usos prácticos de ozonización demostró ser más eficaz para la reducción de ulfamethoxazole, mientras que la remoción de benzotriazol y iomeprol era comparativamente más eficiente con

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

carbón activado. Además, la eficiencia de eliminación de OMP correspondía bien con la reducción de la absorción de la luz ultravioleta a 254 nm para ambas opciones de tratamiento. Dando esta investigación métodos analíticos y prácticos de fácil aplicación a la investigación de interés.

Varela et al. (2014), establecen que según últimos estudios realizados la resistencia de las bacterias a los antibióticos se ha ido reforzando, esto se puede deber al uso excesivo de antibióticos y a la presencia de los mismos en aguas residuales. El presente estudio se basó en la hipótesis de que los efluentes de hospitales son un importante proveedor de residuos antimicrobianos y de bacterias resistentes a los antibióticos, produciendo niveles altos de poblaciones bacterianas que aumentan su resistencia con el tiempo, dando como aporte a la investigación la caracterización de efluentes de aguas residuales provenientes de un centro hospitalario. Las muestras de los efluentes hospitalarios, se caracterizaron para determinar la presencia de amoxicilina y la prevalencia de la resistencia a la ciprofloxacina, el contenido de metales pesados y residuos de antimicrobianos y la estructura de la comunidad bacteriana, se cuantificaron microcontaminantes, se realizó análisis de 16S ribosomal. Se determinó que la concentración de las fluoroquinolonas, el arsénico y el mercurio era en general más alta en el efluente de entrada de la PTAR, mientras que lo opuesto se observó para las tetraciclinas, sulfonamidas y penicilina G. La prevalencia de la resistencia a la ciprofloxacina fue significativamente mayor en los efluentes del hospital que en el flujo de entrada sin procesar. Se observó que la concentración de residuos de antimicrobianos se correlaciona significativamente con la prevalencia de bacterias resistentes a los antibióticos y con variaciones en la comunidad bacteriana. Se confirmó en el efluente del hospital una relevante fuente de residuos de antimicrobianos y bacterias resistentes a los antibióticos presentes en aguas residuales.

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

Quintero y Cardona (2011), afirman que se puede aplicar tratamiento biológico para remoción de color índigo de agua residual industrial textil. La finalidad de su investigación era desarrollar un tratamiento para el efluente que se genera en las tintorerías dedicadas al teñido de prendas índigo. Se utilizaron colorantes y químicos proporcionados por la industria textilera. Plástico reciclado y antracita fueron el material de soporte para el crecimiento de biopelícula. Se instaló una planta piloto conformada por un reactor de mezcla, seguido de un Reactor trifásico de lecho fluidizado. La Temperatura, pH y amonio fueron medidos usando un medidor digital, el OD y la conductividad con la sonda multiparámetro. Para demás parámetros utilizaron métodos colorimétricos con el espectrofotómetro, nitrato por el método 8039 de reducción con cadmio; fósforo reactivo por el método 8178 de amino ácido; DQO por el método 8000 de digestión con reactor de dicromato; la absorbancia de color índigo a 670 nm fue medida de acuerdo a los valores de longitud de onda máxima, concentración de color índigo con curva de calibración, absorbancia de surfactantes a 400 nm y SST con absorbancia a 810 nm. DBO por el método de respirometría, ST, SSVLM, sólidos sedimentables según el método estándar. Se preparó el inóculo con bacterias especializadas para bioaumentación. Se realizaron ensayos preliminares, el primero de un solo reactor sin blanco, el segundo de dos reactores, uno de ellos de control sin inóculo y sin presencia de luz lámpara, el tercer ensayo fue dos reactores, uno como control sometido a las condiciones de luz en las que operará el reactor de lecho fluidizado. Los resultados indicaron que es posible lograr el tratamiento aeróbico de agua residual textil después de obtener un inóculo adaptado a las fuentes de carbono de tensoactivos e índigo.

Calvo et al. (2010), desarrollaron una investigación sobre la aplicación de la tecnología de membranas en el tratamiento de algunos residuos líquidos altamente peligrosos, específicamente para los generados en el Laboratorio de

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC). En la investigación se probó una membrana de ósmosis inversa y un tratamiento convencional de desechos líquidos peligrosos. En el caso de la membrana, fue necesario hacerle un pretratamiento para neutralizar, eliminar oxidantes fuertes, y reducir la concentración de cationes que pudieran bloquearla, dicha membrana era de forma de espiral y fue puesta en un formato de cartucho cilíndrico, con una entrada y dos salidas, una para el permeado y una para el concentrado. En ambos casos (la membrana y el tratamiento tradicional) redujo la concentración de los contaminantes por debajo de la norma, excepto en el caso del Hg. Finalmente se concluyó que el tratamiento de los residuos laboratorio con la metodología desarrollada en esta investigación resultó un 50% más barato, así mismo concluyeron que el tratamiento por membranas puede proponerse, como un método complementario más que sustitutivo.

Rennola et. al. (2007), llevaron a cabo una investigación, cuyo objetivo principal fue estudiar la factibilidad del tratamiento de las aguas residuales de una destilería (vinazas) utilizando los coagulantes: cloruro de polialuminio, poliacrilamida aniónica y catiónica, mezcla de ellos y una membrana de ultrafiltración. Se caracterizó la vinaza realizándole medidas de color y turbidez. Se determinó el coagulante óptimo y su dosis a través del ensayo de jarras con el equipo de prueba de jarras marca Phipps y Bird, según norma estandarizada ASTM D 2035 standard practice for coagulation- flocculation jar test of water. Se encontró que las poliacrilamidas aniónicas, catiónicas y el cloruro de polialuminio remueven la turbidez en 0%, 35% y 70% respectivamente. Con la mezcla dual de floculantes PAM/PAC, se determinó que podría lograr una remoción adicional de hasta un 28% en la turbidez y 10% en color. Posteriormente se sometió la vinaza a un proceso de ultrafiltración con una membrana cerámica con diámetro de poro de 0.005 μ m con y sin el uso de coagulantes. Los resultados muestran una reducción

de color en 70% y turbidez en 90%. Al usar coagulantes la remoción de la turbidez aumentó a 97%. Concluyendo que la aplicación de un sistema dual (combinación de dos floculantes) mejora la remoción de turbidez y color de la suspensión de vinaza, sin embargo la eficiencia de los coagulantes utilizados es baja aunque su uso en conjunto con una membrana de ultrafiltración conduce a resultados más satisfactorios.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Procesos en centros de salud y atención médica

En los establecimientos de salud se llevan a cabo una serie de procesos, que permiten transformar la entrada en un resultado, es estos casos la entrada es el paciente, quien es sometido a una serie de procesos y las distintas etapas que lo conforman, a fin obtener un diagnóstico, poder dar un tratamiento y finalmente de poder mejorar su calidad de vida.

Mora (2003) indica que los procesos en los establecimientos de salud son estratégicos, operativos y de soporte, considerando estratégicos aquellos que ayudan a establecer y cumplir las políticas y estrategias, fijación de objetivos, provisión de comunicación, aseguramiento de la disponibilidad de recursos necesarios y revisiones por la dirección, operativos todos aquellos que son la ejecución propiamente de la actividad y/o servicios y de soporte incluyendo en ellos todas las actividades que permiten ejecutar la actividad operativa.

La clínica de interés tiene estos tres procesos desglosados de la siguiente manera:

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

- Procesos estratégicos, conformados por: control de gestión, gestión de calidad, planificación y dirección, docencia e investigación
- Procesos operativos, que contemplan: la prestación de los servicios médicos en función del paciente, incluyendo atención ambulatoria, hospitalización y emergencia, atención médico-clínica, atención diagnóstica (consultas), servicios de laboratorio, RX, considerando el estado de gravidez para luego poder determinar un diagnóstico y direccionar al paciente hacia el proceso correcto.
- De soporte: donde se incluyen seguridad laboral, logística, mantenimiento, gestión de recursos físicos, gestión de servicios farmacéuticos, gestión de archivos y registros clínicos, gestión jurídica, gestión IT, servicios generales, gestión del talento humano, mercadeo y gestión financiera.

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

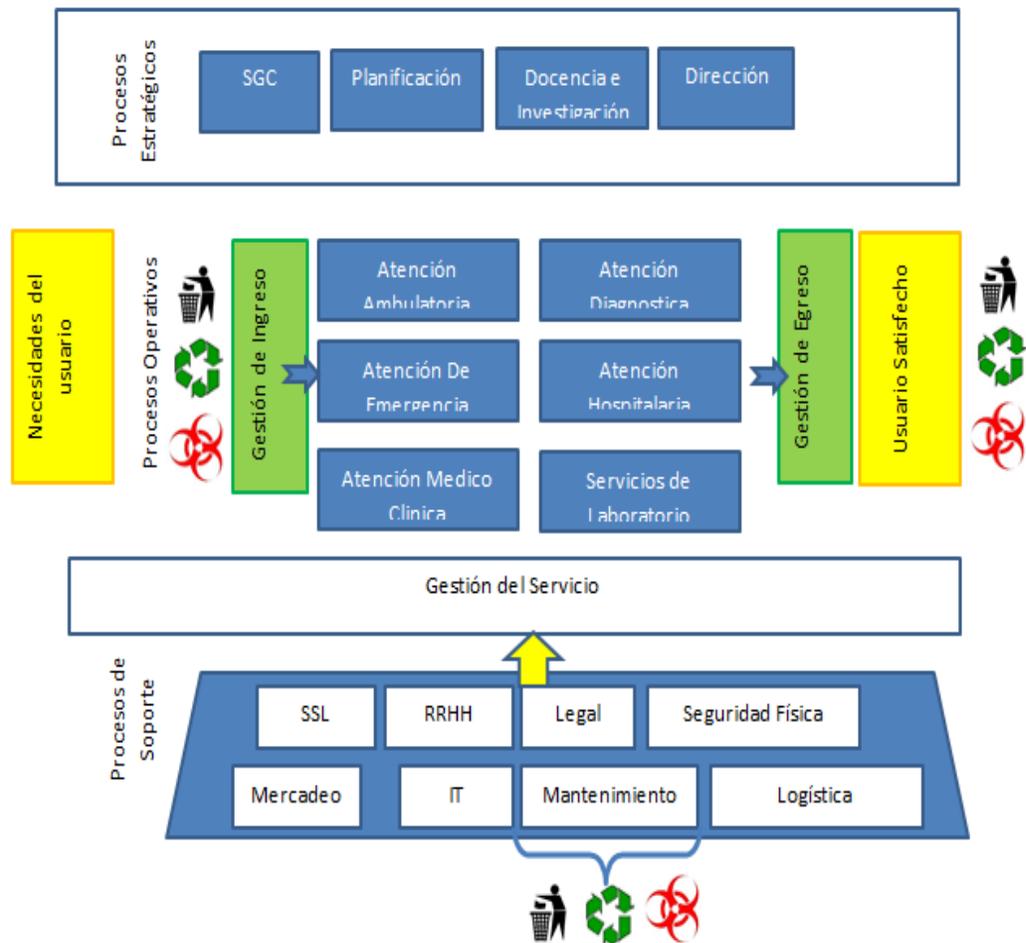


Figura 2.1. Mapa de procesos del establecimiento de salud y puntos clave de generación de desechos

En la prestación de servicio en los procesos operativos, se generan los desechos infecciosos de interés en la presente investigación, principalmente durante:

- Cirugías quirúrgicas, generándose en primer lugar altas cantidades de sangre, partes de miembros del cuerpo, producto de amputaciones, cirugías estéticas, partos, reconstrucciones, exploración, extirpación de partes de los órganos, entre otros.

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

- Restos de muestras de pacientes y materiales que estuvieron en contacto con ellas, ya sea tomadas o procesada en los laboratorios de la clínica.
- Muestras de pacientes tomadas en los consultorios, tales como ginecología, oftalmología, urología, otorrinolaringología, entre otros.
- Fluidos del cuerpo humano, piel, células muertas, que genera el paciente durante su estadía en emergencia, salas de recuperación y hospitalización, así como los distintos materiales con los que pueda estar en contacto, (baja lenguas, guantes, algodones, entre otros).
- Materiales con los que se aplica tratamiento (inyectoras, catéter, entre otros)

Tal como se indicó en todos los procesos mencionados se generan desechos que requiere gestión adecuada, sin embargo, es en los procesos operativos en donde se generan los desechos con potencial infeccioso y sobre los cuales se busca mejorar la gestión, para reducir el impacto que generan y riesgo que representan. Así mismo los procesos de soporte son importantes a la hora de gestión de desechos, ya que manejan dos áreas claves (servicios generales y gestión del talento humano), en función del desempeño del personal de servicios generales y de la efectividad de los planes de inducción, capacitación y formación del personal puede cambiar la gestión dada a los desechos.

2.2.2. Desechos

Para las personas que trabajan en sitios de salud el termino desecho, está establecido en el decreto 2218 (1998), el cual reza “es todo material o sustancia generada o producida en los establecimientos relacionados con el sector salud, humana o animal, cualquiera sea su naturaleza u origen, destinado al desuso o al

abandono”. Así mismo en Venezuela es el decreto 2218 (1998) el que establece la clasificación de los desechos generados en estos establecimientos, la cual es la siguiente.

2.2.2.1. Desechos comunes (tipo a)

Son aquellos cuyos componentes básicos son: papeles, cartones, plásticos, residuos de alimentos, vidrios, componentes de barrido generados en las áreas administrativas, limpieza en general, elaboración de alimentos, almacenes y talleres, siempre y cuando no hayan estado en contacto con los desechos clasificados como B, C, D y E.

2.2.2.2. Desechos potencialmente peligrosos (tipo b)

Son todos aquellos materiales, que sin ser por su naturaleza peligrosos, por su ubicación, contacto o cualquier otra circunstancia puedan resultar contaminados. Se incluyen aquí los provenientes de áreas de hospitalización de los enfermos y de consulta externa.

2.2.2.3. Desechos infecciosos (tipo c)

El decreto 2218 (1998) establece que los desechos infecciosos son aquellos desechos que por su naturaleza, ubicación, exposición, contacto o por cualquier otra circunstancia, resulten contentivos de agentes infecciosos provenientes de áreas de reclusión o tratamiento de pacientes infecto-contagiosos, actividades biológicas, áreas de cirugía, quirófanos, salas de parto, salas de obstetricia y cuartos de los pacientes correspondientes, departamentos de

emergencia y medicina crítica, servicios de hemodiálisis, bancos de sangre, laboratorios, institutos de investigación, bioterios, morgues, anatomía patológica, salas de autopsias y toda área donde puedan generarse desechos infecciosos.

2.2.2.4. Desechos orgánicos o biológicos (tipo d)

Son todas aquellas partes o porciones extraídas o provenientes de seres humanos y animales, vivos o muertos, y los envases que los contengan.

2.2.2.5. Desechos especiales (tipo e)

Aquellos productos y residuos farmacéuticos o químicos, material radioactivo y líquidos inflamables, así como cualquier otro catalogado como peligroso, no comprendido entre los grupos anteriores. El manejo de este tipo de desecho se hará por separado y se registrará por lo establecido en las “Normas para el Control de la Generación y Manejo de Desechos Peligrosos”,

La sangre y los componentes de los desechos tipo “c”, son considerados infecciosos, así como los derivados no comerciales, incluyendo las células progenitoras, hematopoyéticas y las fracciones celulares o acelulares de la sangre resultante (hemoderivados). En institutos de salud, constantemente se están generando desechos patológicos e infecciosos, que deben ser gestionados y dispuestos adecuadamente, para evitar proliferación de enfermedades, contaminación de aguas, problemas de salud pública y reducir el riesgo de exposición del personal que labora en el mismo, en Venezuela este aspecto es regulado por el decreto 2635 (1998), titulado “normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos” y el decreto 2218 (1992) “normas para la clasificación y manejo de desechos en

establecimientos de salud”, de manera que se garantice una gestión adecuada, en donde los desechos patológicos sean separados y así las cargas orgánicas enviadas a efluentes de agua residual sean las menores posibles.

2.2.3. Procedimientos de separación de desechos infecciosos

Es importante realizar una separación adecuada de los desechos que se pueden generar en establecimiento de salud, garantizando bioseguridad, de manera que se mitiguen la cantidad de desechos y se evita la contaminación aguas abajo del punto de generación (Orellana, 2005). Para su correcta identificación y posterior envasado, la separación de los residuos se debe de realizar de acuerdo a su estado físico (líquido o sólido) y su tipo.

Monge (1997) indica que el flujo adecuado de los desechos generados en institutos de salud se debe realizar según lo mostrado en la figura 2.1, esto permite minimizar la cantidad de desechos infecciosos, a través de la reducción de contacto y contaminación entre desechos.

Un sistema poco utilizado pero muy efectivo, es un ducto de succión al vacío que permite extraer todo desechos patológico generados de manera que viajen separados y sean depositados en el recipiente en el que se almacenaran hasta su disposición final. Independientemente del proceso de separación de desechos generados es importante disminuir la carga orgánica enviada al efluente, de manera que los requerimientos de tratamiento sean menores.

Los desechos líquidos generados y solidos que no puedan ser retirados, debido a su tamaño, pasan a formar parte de salidas del proceso, que

posteriormente debe recibir adecuación, almacenamiento temporal y tratamiento, antes de su retiro de las instalaciones.

2.2.4. Aguas residuales

Son el conjunto de aguas que lleva elementos extraños, bien por causas naturales, bien provocadas de forma directa o indirecta por la actividad humana, estando compuestas por una combinación de: líquidos de desagüe de viviendas, comercios, edificios de oficinas e instituciones, líquidos efluentes de establecimientos industriales, líquidos efluentes de instalaciones agrícolas y ganaderas y cualquier otro contaminante que pueda alterar las propiedades del cuerpo receptor (Sánchez, 2007).

Toda actividad relacionada a la descarga de un efluente de aguas residuales en Venezuela, debe guiarse por lo establecido en el decreto 883, promulgado el 11 de octubre de 1995, en el cual se establecen las normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua específicamente en la sección donde se especifican los rangos y límites establecidos en la sección V, artículo 15, del decreto mencionado. Para que toda práctica de descarga sea sostenible y no ocasione sanciones a la organización generadora, debe estar adaptada por lo establecido en la norma mencionada. En la tabla 2.1, se muestran de manera resumida los principales parámetros que monitorea el Ministerio de ecosocialismo y aguas y a los cuales solicita a las empresas realizar seguimiento.

Cuando se requiere verificar que un efluente en particular cumple o no con los límites y rangos establecidos, es necesario proceder a una caracterización del agua generada (agua residual). Orellana (2005) indica que para identificar las propiedades y volúmenes del efluente de agua residual generado, considera que

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

es necesario conocer el proceso de caracterización de agua, el cual consiste en realizar una toma adecuada de agua, para posteriormente analizarla y posteriormente determinar sus parámetros, físicos, químicos y organolépticos, a continuación se da un breve resumen de cómo se puede proceder según Zambrano (2010)

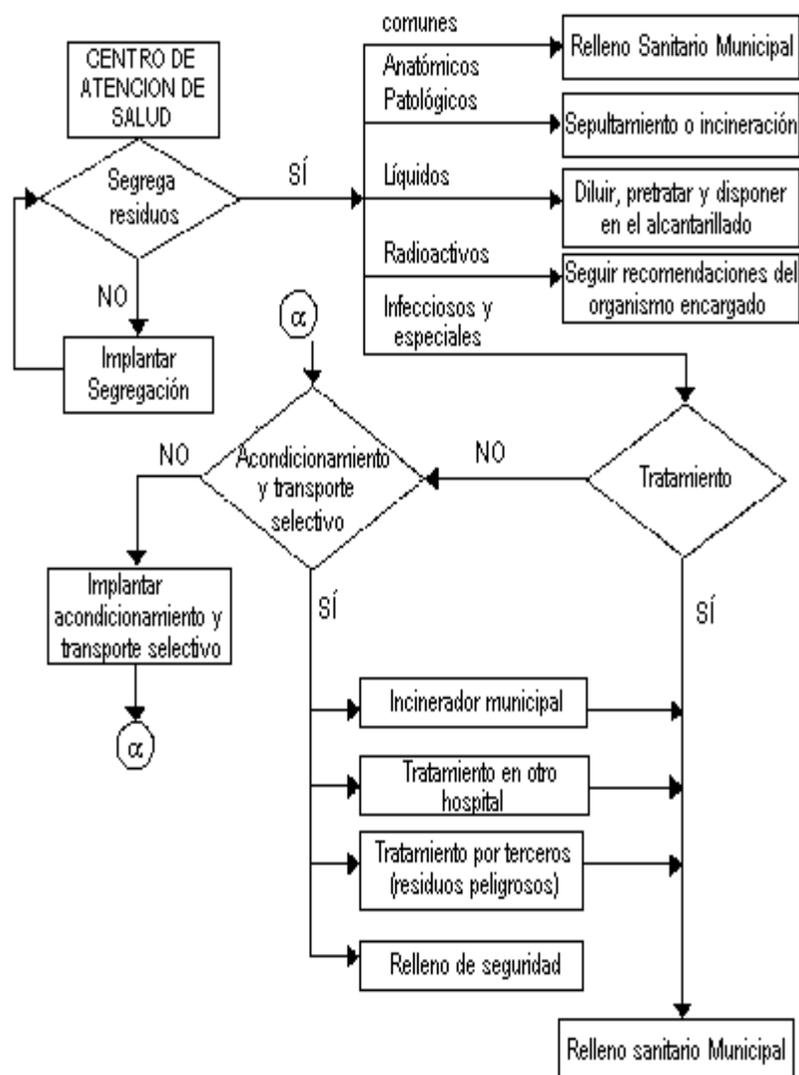


Figura 2.2 Gestión de desechos

2.2.4.1. Toma de muestras

Es el primer paso para la determinación de la calidad de una fuente de agua. En este sentido debe asegurarse que la muestra sea representativa de la fuente cuya calidad se desea evaluar, y que no se deteriore, ni se contamine antes de llegar al laboratorio, ya que la calidad de los resultados, depende de la integridad de las muestras que ingresan al mismo. La toma de la muestra debe realizarse con sumo cuidado, a fin de garantizar que el resultado analítico represente la composición real de la fuente de origen, y que antes de iniciar el muestreo se debe consultar al laboratorio sobre las condiciones en que éste debe desarrollarse y la información mínima requerida, para obtener la alícuota necesaria y conocer condiciones de preservación y traslado. (Mendoza *et al.* 2011).

Tabla 2.1. Límites máximos para aguas a ser descargadas en redes cloacales

Parámetros Físico-Químicos	Límites máximos o rangos
Aceites minerales e hidrocarburos	20 mg/l
Aceites y grasas vegetales y animales	150 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno, (DBO_{5,20})	350 mg/l
Demanda Química de Oxígeno	(DQO) 900 mg/l
Fósforo total (expresado como fósforo)	10 mg/l
Hierro total	25 mg/l
Nitrógeno total (expresado como nitrógeno)	40 mg/l
Ph	6-9
Sólidos flotantes	Ausentes

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

Sólidos suspendidos	400 mg/l
Sólidos totales	1600 mg/l
Sulfatos	400 mg/l
Temperatura	40°C

Fuente: Decreto 883, 1995

2.2.4.2. Técnicas de muestreo

- a) Muestreo simple; es una muestra puntual en el espacio y en el tiempo. Proporciona, salvo casos muy concretos, información de escaso valor.
- b) Muestreo compuesto: Es una mezcla y homogeneización de varias muestras simples obtenidas en un mismo punto a lo largo de un cierto periodo de tiempo.
- c) Muestreo integrado; es el resultado de mezcla de muestras simples recogidas al mismo tiempo pero en puntos diferentes.

La toma de la muestra para Altmann *et al.* (2014), se debe establecer un procedimiento normalizado de muestreo en función de los objetivos y el alcance del trabajo que se pretenda realizar, lo importante es que contenga elección del punto de muestreo, tipo de muestreo, frecuencia y periodos de muestreo, parámetros a determinar y métodos de análisis, material de toma de muestra y condiciones de conservación y transporte de las muestras. Una vez determinado el tipo de muestra, frecuencia y volumen de la muestra se debe de establecer un protocolo de preparación, transporte y conservación de las muestras de forma que se garantice su integridad hasta el momento de la determinación de los parámetros necesarios para caracterizar el efluente.

Por otra parte Orellana (2005) también indica que si la naturaleza del efluente es tal que pudiera descomponerse rápidamente, la muestra deberá ser mantenida a baja temperatura para inhibir la acción bacteriana y evitar en lo posible el cambio de sus características. El control de temperatura de aproximadamente 4 °C retarda la acción bacteriana y suprime la volatilización de los gases disueltos, manteniendo las características físico-químicas de las muestras. La refrigeración es particularmente importante para la determinación de la DBO, donde no pueden realizarse pretratamientos químicos.

En la tabla 2.2, se indica los requerimientos del agente conservador y el tipo de envase recomendado, teniendo en cuenta el parámetro a determinar. Así mismo se indica el tiempo de validez de las muestras con el preservador indicado.

2.2.4.3. Cadena de custodia

También es necesario tener una cadena de custodia, que es el proceso de control y vigilancia del muestreo, una vez hecha la toma de la muestra, se requiere preservación, codificación, transporte y su correspondiente análisis. Esta es esencial para asegurar la representatividad e integridad de la muestra desde su toma hasta el reporte de sus resultados (Zambrano, 2010).

En la tabla 2.2 se muestran condiciones de envase, preservante y volúmenes mínimos requeridos para poder preservar las muestras tomadas.

Con la cadena de custodia se asegura la confiabilidad de la muestra y permitir la trazabilidad de la misma. Los pasos a seguir según Zambrano (2010), se describen a continuación:

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

Tabla 2.2.- Preservación y plazo máximo de análisis según el parámetro a determinar

Parámetro	Envase	Preservativo	V. Mínimo necesario (mL)	Plazo Máximo de Análisis
Alcalinidad	P o V	4 °C	200	14 días
Calcio	P (A) o V (A)	NO ₂ H - pH 2	250	6 meses
Cloruro	P o V	No requiere	100	28 días
Conductividad	P o V	4 °C	250	28 días
DBO	P o V	4 °C	1000	2 días
DQO	P o V	SO ₄ H ₂ - pH 2 - 4°C	200	28 días
Dureza	P o V	NO ₂ H - pH 2	100	6 meses
Fosforo hidrolizable	V	SO ₄ H ₂ - pH 1,5 - 4°C	200	7 días
Fósforo Total	V	SO ₄ H ₂ - pH 1,5 - 4°C	200	7 días
Grasas y aceites	V	ClH - pH 2 - 4°C	1000	28 días
Hierro	P (A) o V (A)	NO ₂ H - pH 2	250	6 meses
Nitrato	P o V	SO ₂ H ₂ - pH 2 - 4°C	500	2 días
Nitrito	P o V	4 °C	250	2 días
Nitrogeno	P o V	SO ₂ H ₂ - pH 2 - 4°C	800	28 días
Oxígeno disuelto	P o V		300	Inmediato
Ph	P o V	4 °C	100	2 hrs
Sulfato	P o V	4 °C	500	28 días
P = Plástico(Polietileno o Similar), P (A) = Plástico Enjuagado con ácido, V (A) = Vidrio Enjuagado con ácido V (C) = Vidrio color caramelo,		P (E) = Plástico esterilizado V = Vidrio, V (E) = Vidrio Esterilizado V (B) = Vidrio Borosilicato		

Fuente: Zambrano, 2010

- a) Etiquetas: es la identificación de las muestras, debe pegarse a los frascos antes del muestreo, con papel engomado o etiquetas adhesivas y debe

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

contener la siguiente información: código, número de Identificación de la muestra, fecha en la cual se realiza la toma de la muestra, hora de la toma de la muestra, ubicación general del sitio de toma (Coordenadas geográficas), tipo de muestra agua residual, punto de toma, parámetro medido en el sitio, responsable, solicitante, teléfono y dirección del usuario.

- b) Sellos: estos son útiles para evitar alteraciones de la muestra una vez tomada, se recomienda sellar los recipientes con papel autoadhesivo o con sellos de plástico. El sello se debe adherir de tal manera que sea necesario romperlo para abrir el recipiente de la muestra, después de que el muestreador seda la custodia y la muestra al laboratorio para su correspondiente análisis.
- c) Formato de toma de muestras: contiene información básica necesaria, para identificar las condiciones y características de la muestra y del sitio de la toma de la muestra, incluye la siguiente información: sitio de muestreo, identificación de la muestra, características del muestreo, firma del recolector responsable, fecha, hora, sitio de muestreo, tipo de muestra, firmas del personal participante en el proceso de muestreo y las fechas correspondientes.
- d) Entrega de la muestra en el laboratorio: las muestras se deben entregar en el laboratorio lo más pronto que sea posible después del muestreo, sin exceder el tiempo de almacenamiento y preservación máximo permitido, por tal razón se debe planificar el procedimiento para asegurar su entrega oportuna en el laboratorio.
- e) Análisis: una vez recibida la muestra se debe corresponder al análisis y caracterización a nivel de laboratorio. La caracterización de los líquidos residuales es una tarea muy importante, ya que a partir de los resultados de la misma, podemos diseñar los tratamientos necesarios para el efluente residual (Orellana 2005). Cabe aclarar que esta caracterización nos sirve

también para verificar si los efluentes, se encuentran dentro de las normas de descarga. Los efluentes contienen una gran variedad de componentes en función de la actividad que los genere, sin embargo se debe determinar para todos ellos los siguientes parámetros: sustancias orgánicas, sustancias inorgánicas, pH, oxígeno disuelto, DBO y DQO. Y sus características organolépticas: color, olor, temperatura, turbidez, contenido en sólidos, conductividad, entre otros.

Luego de tomar la muestra y realizar la cadena de custodia, se debe proceder a realizar el traslado y análisis de las muestras, que determina los valores de los parámetros a remover, acto fundamental para que se pueda definir el sistema de tratamiento a utilizar.

2.2.5. Sistemas de tratamiento

Para analizar la situación de la depuración de aguas residuales, una vez conocidas las necesidades y los objetivos a cubrir, es necesario conocer los diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales que existen, con el fin de poder elegir en cada caso la alternativa que mejor se adapte a esas necesidades (Orellana, 2005). Existen tres principales clasificaciones de los sistemas de tratamiento, estos son según Chaparro (1999):

- a) Método de eliminación: los contaminantes del agua residual se pueden eliminar por:
 - a. Métodos físicos, entre los que podemos destacar el desbaste de sólidos, desengrasado, desarenado, sedimentación, flotación, evaporación, desinfección y absorción.

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

- b. Métodos químicos, como la floculación, coagulación, neutralización, oxidación, reducción, intercambio iónico, absorción y desinfección (cloro, ozono).
 - c. Métodos biológicos, entre los que podemos incluir los fangos activados, lechos bacterianos, lechos de turba, lagunaje, humedales artificiales, lechos biológicos, biodiscos, reactores biológicos por batch y sistemas de aplicación al suelo.
- b) Según la intensidad del tratamiento: los sistemas de tratamiento de aguas residuales podemos clasificarlos en función de la intensidad del tratamiento aplicado:
- a. Pretratamiento y tratamiento primario: desbaste de sólidos, desarenador, desengrasador, decantación primaria, entre otros.
 - b. Tratamiento secundario: fangos activados, lagunaje facultativo, lagunas aireadas, lechos de turba y biodiscos.
 - c. Tratamiento terciario: procesos de nitrificación-desnitrificación, procesos de eliminación de fósforo, biodiscos, lechos bacterianos, lagunaje de maduración, lagunas de macrofitas, filtros verdes, sistemas de aplicación al suelo, ultrafiltración, ozonización y radiación ultravioleta.
- c) Según el costo de la explotación: se pueden clasificar en
- a. Tecnologías de bajo coste, métodos blandos o extensivos: lagunaje, lagunas de macrofitas, aplicación al suelo, filtros verdes, lechos de turba, lechos bacterianos y contactores biológicos rotativos.
 - b. Métodos convencionales: procesos físico-químicos y fangos activados incluyendo el tratamiento convencional de fangos).

Cada tratamiento tiene un proceso unitario distinto, algunos de ellos se indican en la tabla 2.3., lo importantes es que sea cual sea el tratamiento

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

seleccionado, debe garantizar un control total de los patógenos y de los niveles de contaminación y nutrientes presentes en el efluente. La utilización de depósitos equilibradores y equalizadores de las corrientes evitan la necesidad de que las plantas especializadas de tratamiento tengan una dimensión excesiva para ocuparse de las corrientes máximas (Muñoz, 2005).

Tabla 2.3. Tratamientos combinados físicos, químicos y de oxidación para depuración de aguas residuales en la industria

Tipo de Tratamiento	Proceso Unitario
Primario	Cribado
	Sedimentación
	Flotación
	Separación de Aceites
	Homogeneización
	Neutralización
Secundario	Lodos Activos
	Aireación Prolongada
	Estabilización por Contacto
	Modificación del Sistema convencional de lodos activos
	Lagunaje con Aireación
	Estabilización por lagunaje
	Filtros biológicos (percoladores) y discos biológicos
	Reactor por carga
	Tratamientos anaerobios
Terciario	Microtamizado
	Filtración
	Precipitación Química, Coagulación y Floculación
	Adsorción (Carbón activado)
	Osmosis Inversa
	Electrodialisis
	Cloración y ozonización
	Procesos de reducción de Nutrientes
	Intercambio Iónico

Fuente: Sánchez 2007

Muños (2005), recomienda tener en la aplicabilidad del proceso, caudal de operación, variación de caudales, características del agua residual cruda y constituyentes inertes, antes de realizar las combinaciones de las distintas unidades de tratamiento. En función de las propiedades del efluente a tratar se suelen plantear tipos de tratamiento, para alcanzar los valores deseados en el efluente final.

2.2.6. Selección de Sistema de tratamiento

Cuando se tienen diferentes opciones para un problema, es importante considerar a la vez varios aspectos, a fin de seleccionar la opción que más se adapte. Henríquez, et al. (2011) indica que las matrices de factores ponderados permite realiza un análisis cuantitativo en el que se compararán entre sí las diferentes alternativas a través de criterios explícitos, para conseguir determinar la más conveniente. Hace posible, determinar alternativas y los criterios a considerar para adoptar una decisión, priorizar y clarificar problemas, oportunidades de mejora y proyectos y, en general, establecer prioridades entre un conjunto de elementos para facilitar la toma de decisiones.

Así mismos establecen que la matriz se lleva a cabo en 6 pasos, estos son:

1. Definir el objetivo: El planteamiento del objetivo ha de ser claro y explícito, que en el caso presente es seleccionar la propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales
2. Identificar las opciones: Identificar o generar las alternativas posibles para alcanzar el objetivo
3. Elaborar los criterios de decisión: los criterios deben definirse nítidamente para que su significado no ofrezca duda

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

4. Ponderar los criterios: mediante una matriz tipo-L se ponderan los distintos criterios, confrontándolos con los demás. Para ello, y partiendo del eje vertical, se compara el primer criterio con los restantes, asignando el valor más apropiado según la tabla de valores existente al efecto.

Tabla 2.4. Ejemplo de matriz de factores ponderados

Factores	Peso relativo (%)	Alternativas		
		A	B	C
Proximidad a <u>Proveedores</u>	30	7	7	10
Costos laborales	30	5	9	7
Transportes	20	9	6	6
Impuestos	15	6	6	7
Costos instalación	5	7	8	2
Puntuación total		6,65	7,3	7,45

Fuente: Henríquez, et al. (2011)

5. Comparar las opciones: se comparan todas las opciones en función de cada uno de los criterios.
6. Seleccionar la mejor opción: Para cada celda de la matriz de priorización se multiplica el valor obtenido de “ponderación del criterio” (para cada criterio) por el valor de “calificación de la opción” (para cada opción) y finalmente se suman los valores, la opción con la más alta puntuación es la que se selecciona

Posteriormente se debe realizar el diseño de la opción seleccionada y el estudio de factibilidad. Un estudio de factibilidad se realiza luego de conocer la problemática, conocer la causa raíz y conocer las propuestas de solución, Rosales (2011) indica que este estudio permite seleccionar la opción más viable entre

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

varias opciones, en donde se contemplen varios aspectos, los cuales comprenden el punto de vista técnico, en donde se analice la tecnología disponible en el proyecto, el punto de vista operativo, verificando la facilidad de uso de los equipos necesarios y el funcionamiento de los mismos, el punto de vista económico que indique si monetariamente es factible su instalación.

Según Ojeda (2005) básicamente un estudio de factibilidad contempla:

- Estudio Técnico. que persigue la determinación de las capacidades instalada y utilizada de la empresa, así como la de todos los costos involucrados en el proceso de producción
- Estudio económico: cuyo objetivo general es ordenar y sistematizar la información derivada de las etapas anteriores y elaborar los cuadros que conforman el estudio económico financiero del proyecto de inversión, realizando al finalizar una evaluación de resultados

CAPÍTULO III

En este capítulo se indica el tipo de estudio e investigación que se va a realizar, seguidamente en el diseño de la investigación se dan a conocer los métodos, técnicas y actividades a implementar para el desarrollo de la investigación de manera que se cumplan objetivos propuestos.

3.1. Tipo de estudio y de investigación

3.1.1. Diseño de investigación

En las investigaciones de campo, se establece un análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. En la cual los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad; en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios, según la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Vicerrectorado de Investigación y Postgrado, (2006). Considerando lo citado anteriormente y que en la presente investigación se requiere de un análisis sistemático de la realidad presente, acudiendo al sitio donde se origina el problema a solventar así como tomar datos de la realidad se plantea que la presente es investigación de campo

3.1.2. Tipo de investigación

Al busca proponer una alternativa a un problema específico, en este caso para el tratamiento adecuado de los efluentes generados, la investigación se define como proyectiva adaptándose al concepto que da Hurtado (2010) indicando

que la investigación proyectiva, consiste en la elaboración de una propuesta o de un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, o de una institución, en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y las tendencias futura.

3.2. Desarrollo de la investigación

3.2.1. Reconocimiento y focalización del problema

El paso principal consistió en identificar la gestión que se realizaba a los distintos desechos que se generan en las instalaciones, así como los procesos y actividades que los generan, para ello se hizo acompañamiento diario y observación de los procesos y registro de los mismos. Posteriormente se realizó entrevistas al personal en cada turno de trabajo y con esta información se estableció el flujo actual y enfocó el problema en las áreas de interés, plasmando la información a través de la técnica Ir-Ver-Pensar-Hacer (IVPH), cuyo formato se muestra en la figura 3.2

Para poder realizar el reconocimiento y la focalización del problema, se inició con el reconocimiento del lugar de trabajo del personal de la clínica y lugar de estudio para el caso del autor, la clínica está conformada por 6 pisos en un área de 168 m² y presta servicio de atención las 24 horas del día, tanto a adultos como a niños, con servicio de consultorios médicos, hospitalización, imagenología, -RX-tomografía, laboratorio de anatomía patológica, laboratorio clínico, laboratorio de genética, quirófanos, sala de recuperación inmediata y terapia intensiva adulto e infantil, en donde se consiguen distintas especialidades de atención médica. El

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

lugar está amoblado con 60 camas incluidas las áreas de emergencia, consultorios médicos, hospitalización cirugía, entre otros.

El personal operativo y clave está conformado por personal de enfermería, médicos especialistas, asistentes de personal médico, personal de laboratorios y personal de limpieza, quienes son los que tienen contacto directamente con los desechos que se generan en las áreas de trabajo, a quienes se les entrevistó para poder obtener la información al momento de establecer y focalizar el problema. El personal de enfermería labora en su mayoría en turnos de 7 am a 1 pm, 1 pm a 7 pm, 7 pm a 1 am y 1 am a 7 pm. Para el caso del personal médico, en las áreas de urgencia laboran en turnos de 12 horas, 24 horas y 48 horas, según el requerimiento, el personal de limpieza labora únicamente en 3 turnos comprendidos por los siguientes horarios, 6 am a 2 pm, 2 pm a 10 pm, 10 pm a 6 am, el personal asistente médico y médicos especialista laboran en horarios diurnos, cubriendo desde las 7 am a las 10 pm, pudiendo dividirse en distintos turnos, según el horario de consulta del médico especialista y finalmente se tiene el personal de los laboratorios de anatomía patológica, laboratorio clínico, laboratorio de genética, para el caso de los primeros dos el personal labora en turnos de 6 am a 2 pm y 2 pm a 10 pm y para el ultimo laboratorio solo labora en un horario comprendido entre 8 am a 5 pm.

Por tal motivo y considerando los horarios de trabajo, se debió conversar con el personal en turnos matutinos y vespertinos, durante dos semanas, para cubrir por lo menos a una persona de cada turno y de cada área, a fin de poder establecer el reconocimiento del área de estudio y las condiciones de gestión actual, logrando entrevistar a un total de 30 personas. Cabe destacar que la metodología del IVPH consiste en abordar al personal seleccionado con las preguntas establecidas en este formato y corroborar visualmente el problema,

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

para que esta pueda ser validada o establecido en el formato. En la presente investigación el problema abordado inicialmente con el personal es la gestión de los desechos sólidos y líquidos generados en la clínica.

Mediante la construcción de una matriz causa-efecto se establecieron los posibles causales del problema ya focalizado, mostrando relación ¿entre las actividades realizadas y el problema generado, así como los 5 ¿por qué?, que

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

IR -VER PENSAR HACER					
LIDER DEL EQUIPO: _____		PARTICIPANTES: _____		COACH _____	
AREA: _____		FECHA: _____			
IR-VER	Describe el problema (en caso de que el problema sea identificado previamente o durante las reuniones operacionales indicar que medida es afectada)				
	¿Hay alguna corrección provisional que podría aplicarse?				
	¿Cuál fue la corrección provisional?			Quien	Cuando
				Estatus	
	Entender cómo y dónde ocurre el problema (mediante flujo del proceso, flujo de información, el flujo de materiales, observaciones .. etc)				
	Enfocarse en el Problema(4W1H)				
	QUE				
	DONDE		QUIEN		
	CUANDO		CUANTO		
	Planteamiento del Problema (usando 4W1H) :				
Compruebe puntos Escribir S para Si, N para No, N / A para No aplicable en la casilla de verificación		¿Cuál es la acción? Si la respuesta es No, y es aplicable, anote Acción, Quién, Cuando, Estatus		Estatus	
<input type="checkbox"/> ¿Existe una estandar? (en caso afirmativo, pasar a la siguiente pregunta, si no, pasar a la fase Pensar-Hacer)					
<input type="checkbox"/> ¿Se está siguiendo? (en caso afirmativo, pase a la fase Pensar Hacer, si no, pasar a los puntos de chequeo siguientes)					
<input type="checkbox"/> ¿Las personas han sido entrenadas en el estandar?					
<input type="checkbox"/> ¿El estandar es facil de entender?					
<input type="checkbox"/> ¿Los materiales y los parámetros del equipo estan dentro de especificaciones? (si aplica)					

Figura 3.2. Herramienta IVPH (Fase Ir-Ver)
Fuente: Villegas, 2014

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

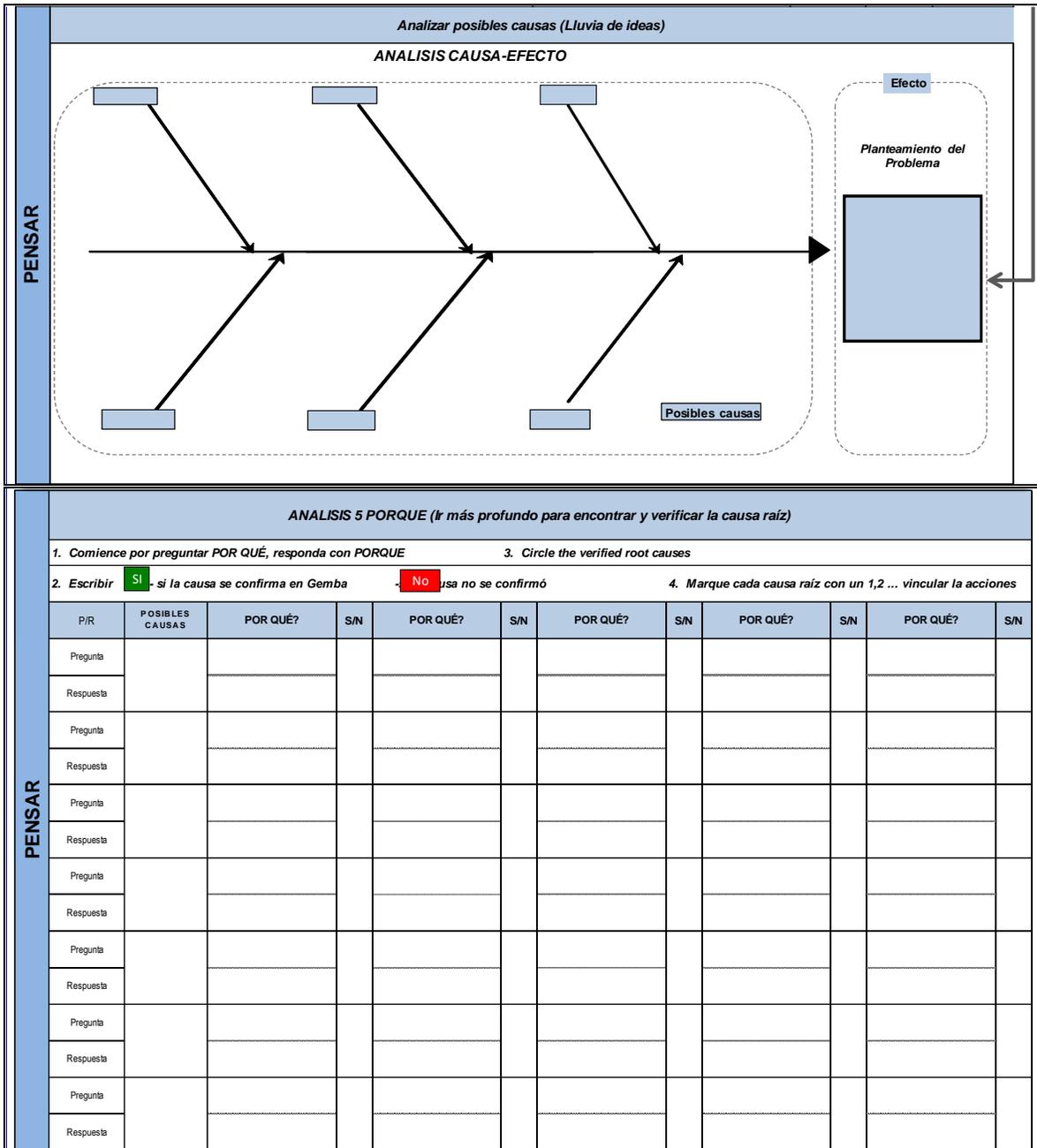


Figura 3.3. Herramienta IVPH. (Fase Pensar-Hacer, Matriz Causa-Efecto y 5 ¿Por qué?)
Fuente: Villegas, 2014

generan el problema. En la figura 3.3 se muestra el esquema general de la matriz causa-efecto, dentro del IVPH. La finalidad fue detectar el origen de las malas

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

prácticas de separación de desechos, y posteriormente se establecieron acciones sencillas, pero de alto impacto en búsqueda de mejorar la separación de desechos peligrosos de los no peligrosos y reducir la cantidad de agua que se contamina durante la manipulación de los desechos.

Como la clínica está estructurada en pisos permitió diseñar sistemas de tuberías al vacío en el edificio, específicamente en las áreas con mayor tasa de generación, de manera que los desechos biológicos y/o patológicos generados en cada piso, quirófano, consultorio, entre otros, viajen por un mismo ducto hasta llegar a un lugar de almacenamiento temporal y para aquellos casos que no formen parte del sistema de vacío establecer una mejor gestión, uniendo todo el material en tolvas de recepción y áreas de almacenamiento y refrigeración temporal. Disminuyendo así el contacto entre el personal y el material, evitando la contaminación de aguas en el centro clínico.

Previo y posterior a las mejoras en segregación de desechos se realizó la caracterización del efluente lo que permitió reconocer el efluente (caudal) de agua que se puede contaminar si no se realiza una gestión adecuada de desechos. Antes de realizar la toma de muestras fue necesario realizar un reconocimiento del lugar para incluir en el muestreo todas las actividades que se desarrollan en la misma y que pueden contribuir con la alteración de las propiedades del agua.

3.2.2. Muestreo y caracterización de muestras

El efluente a analizar fue seleccionado del generado durante tres (3) días distintos, durante tres (3) semanas, para un total de nueve (9) días, durante días de operaciones normales de la clínica, considerando lo establecido por Lara (2009), donde indica que para análisis de aguas, es importante que las muestras

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

tomadas sean adecuadas al análisis a realizarse y que se deben tomar al menos 8 alícuotas de igual volumen, a distintas horas cubriendo todo el tiempo en el cual se calcula el caudal, así bien se muestreó durante días distintos de cada semana: semana 1; lunes, miércoles y viernes, semana 2 martes, jueves y sábado, semana 3 domingo, miércoles y viernes.

Considerando que una parte de los análisis se realizará en el laboratorio donde labora el autor (y fueron realizados directamente por esta) y que los restantes análisis serán realizados por medio de laboratorio autorizado por el Ministerio de Ecosocialismo y Aguas (MINEA) para la actividad, ya que en el laboratorio mencionado anteriormente no se cuenta con todos los reactivos y equipos necesarios, se debió contar con doce (12) recipientes de plástico de 2 L y doce (12) recipientes de vidrio de 250 mL debidamente identificados, de los cuales 9 de cada uno fueron enviados al laboratorio privado y se utilizaron 3 de cada uno para los análisis que realizó el autor, estos recipientes una vez tomadas las muestras fueron lavados adecuadamente y curados con HCL antes del próximo muestreo para retirar restos de metales u otros materiales que pudieran causar interferencia en el próximo análisis.

El punto de toma de muestra fue ubicado considerando dos aspectos principalmente, se ubicó el punto de desagüe en donde las condiciones de flujo facilitaron la mezcla homogénea y a la salida de una tubería cerrada.

Ya habiendo hecho el reconocimiento, se procedió a realizar el correspondiente muestreo, teniendo en cuenta que el objetivo en esta parte es caracterizar el agua residual y por ende es necesario coleccionar una porción de material que represente la composición verdadera de la muestra. El muestreo realizado fue compuesto y se realizó coleccionando una alícuota del efluente cada

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

hora durante 24 horas, iniciando a las 8 am y culminando a la misma hora del día siguiente, las muestras fueron vertidas en: recipiente plástico (polietileno) de aproximadamente dos (2) litros junto con 4 mL de H₂SO₄ como preservante y en un recipiente de vidrio de aproximadamente 250 mL añadiéndole 1 mL de HCL y manteniéndolas a 4°C para la preservación de la muestra y fijación de los valores que se deben analizar, sin olvidar que se deben tener en cuenta los parámetros que deben medirse (Tabla 3.1) en el nivel medio alto, para poder preservar adecuadamente las muestras estos son:

La recolección de las muestras se realizó de manera manual este método de recolección es el más simple e involucra equipamiento mínimo, los recipientes para tomas de muestras variaron, teniendo en cuenta que se van a realizar análisis químicos, físicos y bacteriológicos, las muestras deben ser colectadas, en recipientes de polietileno con capacidad mínima de 2 L, previamente tratados con HCl diluido, para evitar trazas de metales que puedan quedar de su elaboración de manera que los análisis físicos sean adecuados, frascos de vidrios de boca ancha, esterilizados, con capacidad mínima 250 metros para los análisis químicos y finalmente frascos limpios (neutros), con capacidad mínima de 2 litros, para obtener las muestras de análisis biológicos.

Para tomar las muestras correctamente, antes de tomar cada una, se enjuago por lo menos tres veces cada recipiente con el agua de muestreo, es decir se realizó la purga de recipientes, como las muestras fueron trasladadas en distancias considerables (Caracas-Valencia, Caracas-Turmero), se dejó un espacio libre dentro del recipiente, de aproximadamente el 10% de su volumen, para que la expansión térmica no fracturara los recipientes, durante las operaciones de muestreo se llevó un registro de cada muestra, identificándola e

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

indicando el tipo de análisis para el cual se toma la muestra, el lugar, la fecha y la hora de la toma. Adicionalmente se debe realizar una descripción de los aspectos relevantes encontrados en el sitio del muestreo, a fin de establecer trazabilidad entre las muestras y los resultados analíticos.

Tabla 3.1. Parámetros que deben medirse para cada nivel de complejidad del sistema en muestras compuestas

Nivel	Parámetro
Bajo	DBO ₅ , sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables, DQO, nitrógeno total Kjeldahl y fósforo.
Medio	DBO ₅ , sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables, DQO, nitrógeno total Kjeldahl y fósforo
Medio alto	DBO ₅ , sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables, DQO, fósforo, aceites, detergentes, grasas y nitrógeno total Kjeldahl.
Alto	DBO ₅ , sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables, DQO, nitrógeno total Kjeldahl, fósforo (soluble y particulado), aceites y grasas, fósforo, metales pesados: Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Hg, Cu, Ag, y sustancias orgánicas volátiles, cloruros, detergentes.

Fuente: Barrillas y Córcega, 2006

Los volúmenes mínimos requeridos para los análisis, se tomaron de la tabla 2.2, teniendo en cuenta que no debe utilizarse la misma muestra para todos los ensayos químicos (orgánicos o inorgánicos), debido a que los métodos de muestreo y manipulación son diferentes y que el material de recipiente puede alterar los resultados, como es el caso de análisis de aceites y grasas.

Se identificaron las muestras utilizando una etiqueta como la que se observa en la figura 3.4. Algunos parámetros, fueron medidos inmediatamente en

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

la muestra antes de sellarla, ya que sus valores cambian rápidamente con el tiempo, utilizando kits y/o equipos portátiles de análisis (temperatura, pH, etc.) y otros fueron fijados o preservados en campo, para su posterior análisis en el laboratorio. Tal es el caso de nitrógeno, la DBO₅, la DQO, entre otros.

Luego que la muestra fue tomada se debió preservar según los análisis a realizar y el tiempo máximo que pueda mantenerse la muestra antes de su análisis, esta información también es tomada de la tabla 2.2 Barrillas y Córcega (2006) indican que las muestras se preservan para minimizar el potencial de volatilización o biodegradación entre el muestreo y el análisis de la muestra, retardar la acción biológica, retardar la hidrólisis de compuestos y complejos químicos, y para retardar la volatilización de los constituyentes. Posteriormente se realizó el transporte, de las muestras para su análisis en el menor tiempo posible.

Código: _____	N° de Muestra: _____
Fecha: _____	Hora: _____
Sitio de toma: _____	
Tipo de Muestra: _____	Parámetro medido In Situ: _____
Responsable: _____	
Análisis a Realizar: _____	

Figura 3.3. Etiqueta de identificación de muestra

Del listado de análisis a realizar según lo indicado en el decreto 883, se seleccionaron solo aquellos que son seguidos principalmente desde el Ministerio de Ecosocialismo y Aguas, estos se resumen en la tabla 3.2 y se especifica donde se realizó el análisis de los mismos. Así mismo los análisis, ya sea realizados por un tercero o por el autor, fueron hechos según lo descrito por APHA, *et al.* (2012) siguiendo los métodos estandarizados para el análisis de aguas y aguas

residuales, en la tabla mencionada se indica el número de método utilizado, para mayor detalle se pueden consultar el procedimiento en los anexos.

3.2.3. Sistema de gestión de desechos

Una vez determinados los parámetros físicos, químicos y biológicos actuales del efluente y principalmente la tasa de generación de desechos y cantidades de desechos peligrosos y no peligrosos, se procedió a realizar la propuesta de separación de desechos a fin de gestionarlos de acuerdo a la legislación ambiental y disminuir la cantidad de carga orgánica enviada al agua, por lo que fue necesario consultar que otros trabajos o investigaciones similares, se han realizado en lugares donde se manipule sangre, desechos patológicos y altas cargas orgánicas y extrapolar esas soluciones a la realidad de la clínica.

3.2.4. Propuestas de plantas de tratamientos de aguas residuales (PTAR)

La caracterización del efluente, posterior a mejoras en la gestión de desechos permitió conocer propiedades del efluente de agua, que comparándolo comparado con los parámetros presentes en la tabla 2.1., se identificó el % a remover de cada uno de ellos, de manera que el efluente se adapte a lo establecido por el decreto 883.

Luego se procedió a realizar una revisión bibliográfica, de los principales libros y empresas especializadas en el tratamiento de agua residual. Así como también, se realizó una revisión de las sugerencias realizadas en el tratamiento de aguas residuales para actividades similares.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

Tabla 3.2 Parámetros a analizar

Parámetros Físico-Químicos	Ejecutante del análisis	Observación	N° de método para análisis
Aceites minerales e hidrocarburos	Tercero	No Medido	N/A
Aceites y grasas vegetales y animales	Tercero	-	
Alkil Mercurio	Tercero	No Medido	N/A
Aluminio total	Tercero	Medido 1 vez	10215
Arsénico total	Tercero	Medido 1 vez	8013
Bario total	Tercero	Medido 1 vez	Turbidimétrico
Cadmio total	Tercero	Medido 1 vez	Ditizona
Cianuro total	Tercero	Medido 1 vez	4500
Cobalto total	Tercero	Medido 1 vez	8025
Cobre total	Tercero	Medido 1 vez	8506
Cromo total	Tercero	Medido 1 vez	Oxidación alcalina con hipobromito
Cloruros	Autor	-	DPD
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO _{5,20})	Autor	-	8043
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Autor	-	8000
Detergentes	Tercero	No Medido	N/A

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

Dispersantes	Tercero	No Medido	N/A
Fenoles	Tercero	No Medido	N/A
Fósforo total	Autor	-	8190
Hierro total	Tercero	Medido 1 vez	8008
Manganeso total	Tercero	Medido 1 vez	3111
Mercurio total	Tercero	Medido 1 vez	Vapor frío
Níquel total	Tercero	Medido 1 vez	10220
Nitrógeno Total	Autor	-	8075
pH 6 – 9	Autor	-	-
Plata total	Tercero	Medido 1 vez	8120
Plomo total	Tercero	Medido 1 vez	10216
Selenio	Tercero	Medido 1 vez	8194
Sólidos flotantes	Autor	-	2540 (Diferencial)
Sólidos suspendidos	Autor	-	2540
Sólidos totales	Autor	-	2540 (Diferencial)
Sulfatos	Autor	-	8051
Sulfuros	Autor	No Medido	N/A
Temperatura	Autor	-	-
Vanadio	Tercero	Medido 1 vez	DPD
Zinc	Tercero	Medido 1 vez	8009

Una vez realizada la revisión bibliográfica, se procedió a verificar los % de remoción de cada unidad sugerida, seleccionando aquellos que se adapten a las necesidades. Se procedió al diseño propiamente dicho y la propuesta de dos (2) PTAR a través de la combinación de distintas unidades de tratamiento.

3.2.5. Análisis de propuestas de tratamiento

Al tener las propuestas de plantas de tratamiento a través de la combinación de distintas unidades individuales de tratamiento se aplicó una matriz de factores ponderados que permitió seleccionar desde el punto de vista operativo y técnico el modelo de planta de tratamiento que más se adaptó a lo requerido, en base a distintos criterios evaluados (Tabla 3.3), estos criterios son los siguientes:

- Asequibilidad: evaluando que la propuesta sea viable para construir, adquirir o importar a Venezuela. Por lo que a mayor factibilidad de adquirir localmente y operada fácilmente
- Capacidad para operar con cargas choque, variaciones bruscas de carga orgánica: En búsqueda de obtener la propuesta que pueda ser más resistente a variaciones de cargas.

Finalmente se seleccionó la PTAR a utilizar, propuesta a la cual se le realizó el estudio de factibilidad económica, considerando los gastos asociados a instalación, puesta en marcha y operación de la propuesta de gestión de desechos y de la planta de tratamiento seleccionada y finalmente si la clínica cuenta con los recursos para ejecutar esta actividad, considerando los gastos descritos en las etapas del estudio mencionadas anteriormente (mano de obra, operatividad, inversión, entre otros).

Tabla 3.3 Modelo de matriz de factores ponderados para selección de propuesta

Factores	Peso relativo	Propuestas	
		A	B
Criterio A			
Criterio B			
Criterio C			
Criterio D			
Puntuaciones total			

El primer paso en esta sección fue realizar una revisión bibliográfica, digital y telefónica, en donde se determinaron los precios de las diferentes unidades de manera individual, así como de los productos químicos requeridos, además de identificar los costos de los materiales asociados al funcionamiento de cada unidad, para obtener el costo de suministro, construcción e instalación, posteriormente se calcularon los costos de operación y mantenimiento de cada unidad de tratamiento incluyendo la mano de obra requerida y los costos de los mismos, todo esto reflejado en la ecuación (3.13) y finalmente para cerrar con el estudio de factibilidad económica se realizó la evaluación de resultados calculando la tasa de retorno que según Miranda (2003) se calcula por (3.14),

$$CT = C_{SCI} + C_{op} + C_{Mtto} \quad (3.13)$$

$$TR = CT/T_{IA} \quad (3.14)$$

Dónde:

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

CT: costo total (Bs).

C_{SCI}: costo de suministro, construcción e instalación (Bs).

C_{op}: costo operación (Bs).

C_{Mtto}: costo de mantenimiento (Bs).

TR: tasa de retorno (año)

T_{IA}: tasa de ingreso anual (Bs/año)

Para efectos de la presente investigación los cálculos estimados se realizaron a precios constantes, ya que según la economía actual es difícil tener idea del comportamiento de los costos a mediano y a corto plazo.

CAPÍTULO IV

En este capítulo se indican los resultados producto del trabajo ejecutado en campo, la caracterización de aguas, la propuesta y diseño de unidades para manejo de desechos sólidos y finalmente la planta de tratamiento seleccionada y diseñada para reducir los contaminantes en el agua residual generada por la clínica, así como el estudio de factibilidad de dichas propuestas, a fin de definir cuál es la mejor a recomendar en la investigación.

4.1 Diagnóstico inicial

La gestión de desechos y efluentes es clave para mantener condiciones salubres en todos los procesos desarrollados en un sistema de atención médica, durante el acompañamiento a campo se lograron observar algunas oportunidades de mejora, así como detectar la causa raíz de estas condiciones actuales de gestión de los desechos y efluente, las cuales fueron usadas para posteriormente establecer controles operativos y mejorar las condiciones de gestión de desechos y efluentes. En la Figura 4.1 Desarrollo de IR-VER-PENSAR-HACER (IVPH) se plasman las causas raíz detectadas, a continuación, se detallan las principales oportunidades de mejora que se identificaron, las cuales son utilizadas como base para las recomendaciones de mejora.

- Ausencia de método claro, que incluya la gestión adecuada de cada desecho.
- No se cuenta con un inventario suficiente de envases y bolsas que permitan cumplir con lo requerido en el decreto N° 2218 (1992). “Normas para la clasificación y manejo de desechos en establecimientos de salud.”
- No se tiene claramente definidos roles y responsables en la gestión de desechos por cada área, así como en la reposición de los envases y bolsas requeridos.

- Gran parte de los desechos líquidos generados en los laboratorios son descartados con el agua residual y enviados a la red cloacal directamente.
- Los derrames de materiales líquidos, antes de ser absorbidos para evitar la proliferación de bacterias son simplemente lavados o limpiados a través de mopas sin contemplar las implicaciones sanitarias.
- No se tiene claramente definido como cada proceso ejecutado dentro de la clínica tiene impacto en la gestión de efluentes y desechos y como cada colaborador impacta en ello.
- Gran parte de los desechos son retirados por servicio de basura común y no son tratados como desechos patológicos.
- No se tiene un flujo establecido para el retiro de desechos.
- El personal desconoce cómo su labor diaria puede impactar la calidad del efluente generado y como puede impactar esto el proceso.
- No se tiene un plan de inducción para el personal de limpieza con respecto a la segregación y almacenamiento de desechos en institutos de salud.
- Organolépticamente las aguas residuales generadas contienen sangre y restos de desechos que puedan ser descartados por los sifones o tuberías cloacales.

En base a lo anteriormente detectado, se decidieron aplicar algunas mejoras mayormente administrativas, para reducir el impacto que las actividades diarias están generando en el proceso, dentro de estas se incluyen:

- Adquisición de mayor número de bolsas para desechos patológicos (figura 4.2) y mantenimiento de este tipo de bolsas en inventario. Las bolsas serán solicitadas por el personal de limpieza quien es el responsable de dotar los buzones o estantes de donde son tomadas por los usuarios directos. Desde este punto se tendrá un inventario para solicitar oportunamente la compra de las bolsas.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

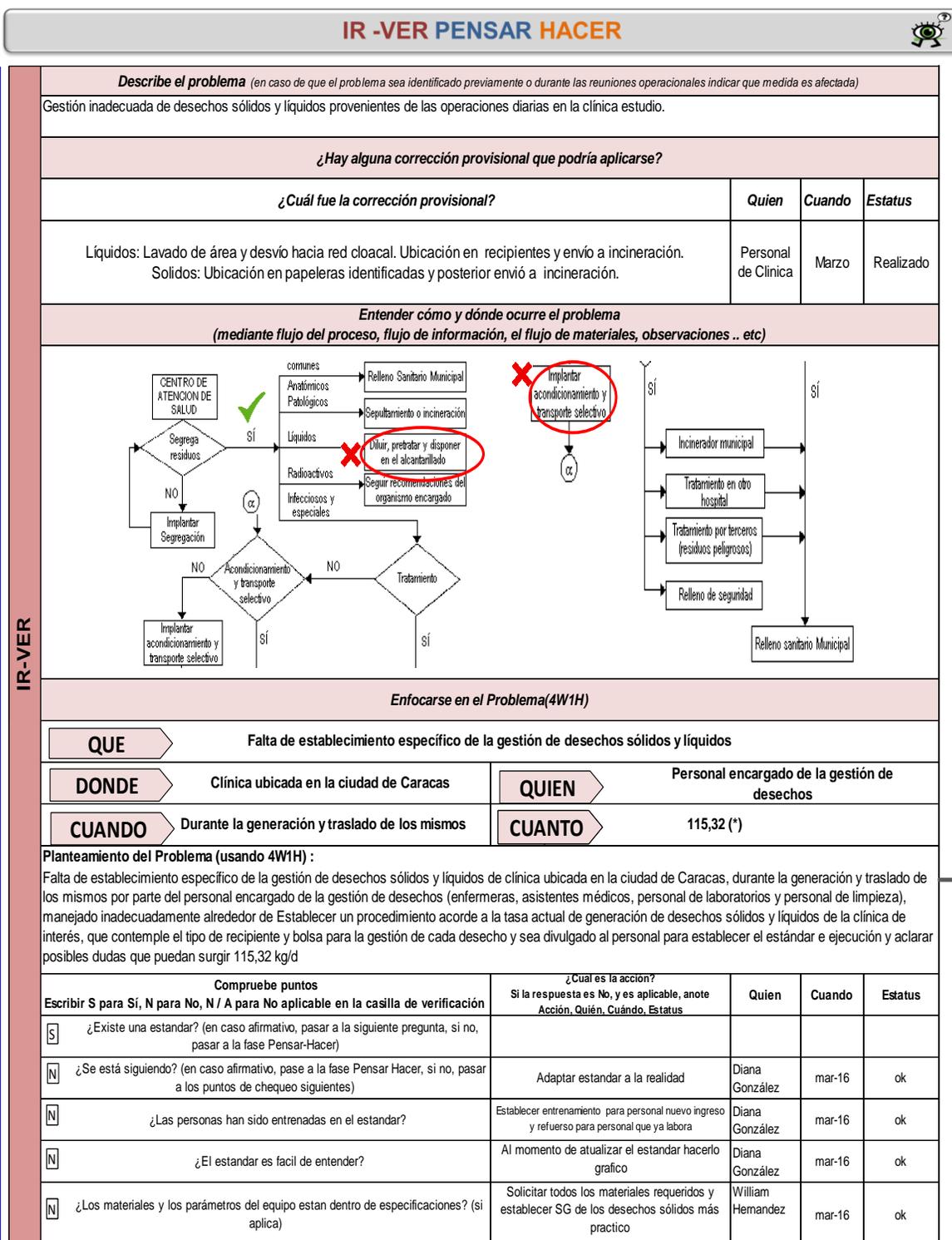


Figura 4.1 Desarrollo de IR-VER-PENSAR-HACER

(*) La cantidad de desechos fue definida mediante pesado durante 3 días, luego de establecer mejoras en separación de desechos según lo observado, se realizó nuevamente el pesado para el diseño de los equipos

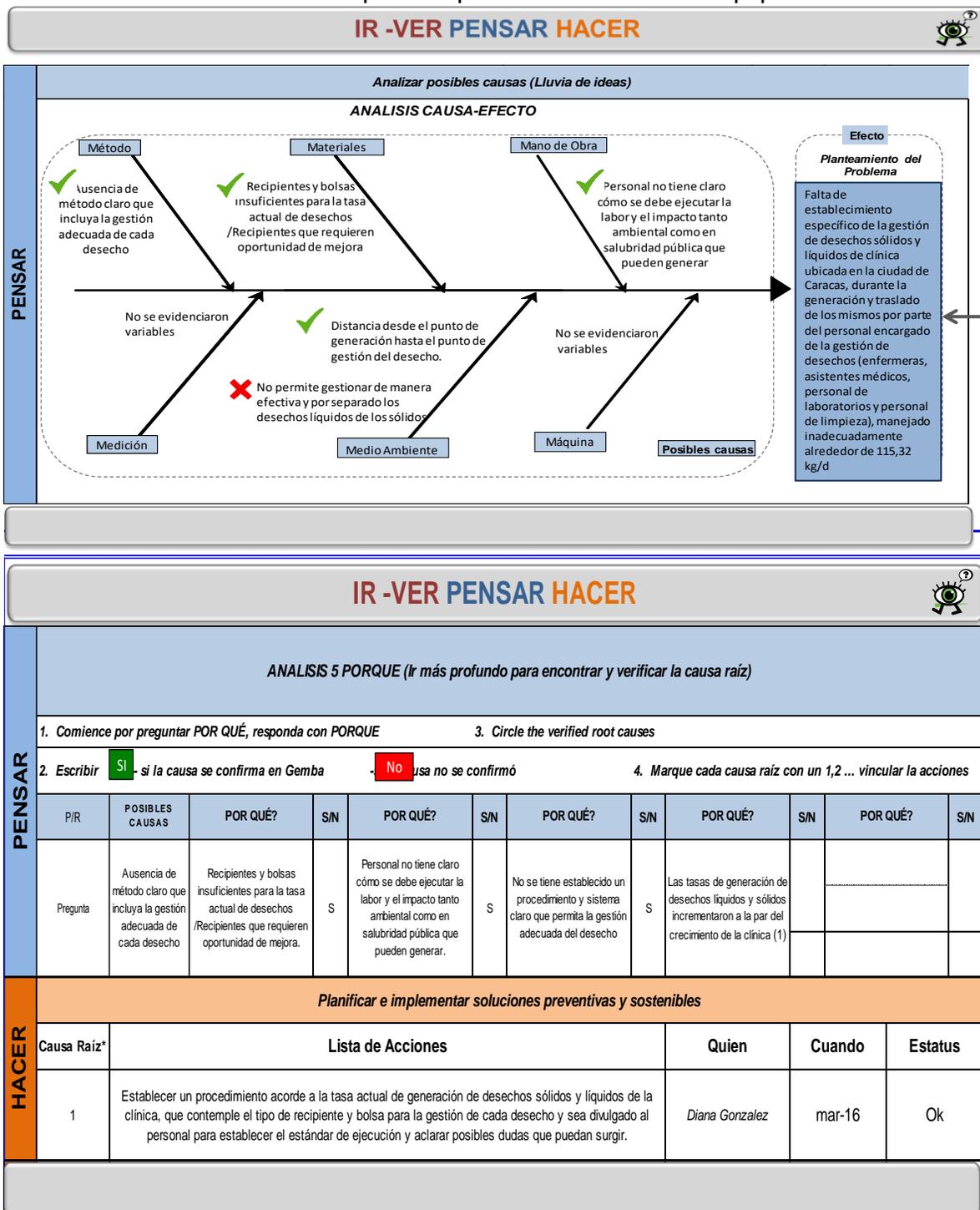


Figura 4.1 Desarrollo IR-VER-PENSAR-HACER, (continuación)

- Todo desecho líquido generado, debe ser vertido dentro de un recipiente sólido identificado para tal fin. Los efluentes provenientes de limpieza, desinfección y esterilización de otros recipientes para su uso posterior (Ejemplo: en laboratorios) deben ser vertidos también en dichos recipientes.
- Aquellos líquidos derramados o generados en actividades que no puedan ser vertidos en recipientes inmediatamente, deberán ser colectados por medio de materiales absorbentes, el líquido recuperado se vierte en los recipientes mencionados en el párrafo anterior y los sólidos contenidos en las bolsas de desechos patológicos.



Figura 4.2. Bolsas adecuadas para separación de desechos, según decreto 2635

- En los casos en que exista la posibilidad de que el material sólido pueda romper o perforar la bolsa de desecho patológico, además de la bolsa se deben ubicar contenedores adecuados (Shar container figura 4.3).



Figura 4.3. Shar container

- Los desechos deben ser almacenados en refrigeración a 0°C para evitar la proliferación de bacterias, hongos, virus, entre otros.
- Los desechos sólidos y líquidos colectados deben ser enviados a incineración por separado y correctamente sellados.
- El retiro de desechos patológicos se deberá ejecutar desde el piso superior hasta el piso inferior evitando la manipulación de otros materiales y trasladando directamente hasta el área de refrigeración.
- Para el caso específico del cobre, en primer lugar se descartó el material de las tuberías de la clínica y posteriormente se revisaron los distintos procesos realizados a fin de conocer si alguno de ellos involucra el uso de cobre, detectando que en el laboratorio de anatomopatología en los ensayos practicados se utiliza el cobre y los restos de reactivo utilizados son vaciados en el área de lavado de utensilios, por lo que existe la hipótesis de que lo detectado en el muestreo corresponde a restos del reactivo descartado.

La clasificación de desechos se realizó por áreas funcionales en base a los servicios prestados, los residuos se identifican conforme indica la tabla 4.1, observándose que los quirófanos, hospitalización, laboratorios de anatomía patológica, laboratorio de genética y laboratorio clínico, ginecología y emergencia, son las áreas claves de generación de desechos patológicos. Para los casos de ginecología y emergencia en donde también se genera este tipo de desechos pero en menor proporción se establecen controles administrativos.

Validando la información tomada en campo con lo establecido Cantanhe (1999), quien indica que la cantidad y las características de los desechos generados en los establecimientos de atención de salud varían según la función de los servicios proporcionados, pero que la cantidad de residuos se encuentra en el rango de 2,6 a 3,8 kg/cama/día, así como que de 10 a 40% de estos desechos pueden ser clasificados como peligrosos debido a su naturaleza patógena y el resto como residuos domésticos. Los datos recaudados anteriormente permiten calcular que los desechos patológicos mostrados en el área de interés corresponden a un 33,16% de los desechos totales generados.

Considerando como desecho patológico (o desechos sobre el cual se deberá tener un tratamiento especial) todos los clasificados como tipo b, c, d y tipo e. Los residuos patológicos, infecciosos, cortopunzantes, y especiales tienen un peso específico de 89 kg/m³, 105,48 kg/m³, 487,5 kg/m³ y 335,11 kg/m³, respectivamente (Catota y Rodríguez 2014), para el presente caso se considerará el valor menor, para cubrir el mayor volumen al momento del diseño de los equipos, ya que la cantidad de desechos generados y la gestión actual de los mismos (a pesar de las mejoras implementadas) requieren de un control del proceso más eficiente a fin de garantizar la menor exposición del personal y gestión acorde a los desechos.

Tabla 4.1 Clasificación y cantidad de desechos generados por áreas en kg

Piso	Especialidades	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E
1	Emergencia, laboratorio general, imagenología, RX-tomografía, recepción de laboratorio general, cafetería y cocina	110,175	3,9	9,45	1,65	0,75
2	Consultorios	38,55	6,45	2,7	1,2	2,1
3	Hospitalización	23,1	12,45	3,9	1,95	0,3
4	Hospitalización	26,7	10,2	4,35	2,25	0,15
5	Laboratorio de anatomía patológica, laboratorio de genética, análisis de laboratorio General	15,6	3,9	6,75	0,45	0,3
6	Quirófanos, terapia intensiva	63,9	4,8	18,9	11,55	0,15
Planta baja	Estacionamiento, área de desechos	22,5	0	0	0	0
/	Total (Promedio día)	300,525	41,7	46,05	19,05	3,75
			110,55 kg			

4.2 Caracterización de Aguas residuales

La toma de muestras se realizó en una tanquilla de aguas residuales ubicada en el sótano del edificio, en donde finalmente caen todas las aguas del edificio, a fin de tomar la muestra más representativa. Considerando que se muestreó el efluente durante 9 días y que los análisis se realizarían en dos laboratorios, se colectaron dieciocho (18) muestras en recipientes de plástico y dieciocho(18) muestras en recipientes de vidrio, con el objetivo de no alterar las propiedades de la muestra según el envase que las contiene.

Una vez las muestras fueron tomadas se enviaron a un laboratorio autorizado por el Ministerio de Ecosocialismo y Aguas (MINEA) y al laboratorio de

la Empresa donde labora el autor, los análisis y resultados se indican en la tabla 4.2 y son los requeridos por el decreto 2218 (1998) en su artículo N° 15.

Luego de ser las muestras tomadas y analizadas, por cada laboratorio se obtienen los resultados mostrados en la tabla 4.2, según los parámetros a analizar indicados en la tabla 3.2. Estos análisis se realizaron durante la etapa diagnóstico.

Tabla 4.2 Resultados de muestras analizadas

Parámetros Físico-Químicos	Muestra día 1 (mg/L)	Muestradía2 (mg/L)	Muestra día4 (mg/L)	Muestra día5 (mg/L)	Muestra día6 (mg/L)	Muestradía7 (mg/L)	Muestra día8 (mg/L)	Muestradía9 (mg/L)
A y G	432	350	260	210	365	298	315	242
Cloruros	564	320	420	113	289	512	325	232
DBO _(5,20)	5700	3560	3645	3340	5021	4312	4870	3560
DQO	8300	6832	6631	5987	7694	6552	7263	6650
Fósforo total	120	90	65	64	72	80	98	48
Nitrógeno	750	351	153	268	84	358	364	285
pH	7,5	8,3	7,2	6,8	7,8	7,4	6,2	6,3
Sólidos flotantes	Presentes	Presentes	Presentes	Presentes	Presentes	Presentes	Presentes	Presentes
Sólidos suspendidos	2500	1350	834	657	1268	950	1152	830
Sólidos Totales	2830	1483	1005	850	1360	1120	1230	930
Sulfatos	860	732	662	584	610	631	886	743
Temperatura	26°C	23°C	21°C	26°C	24°C	22°C	28°C	27°C

Tabla 4.2 Resultados de muestras analizadas (continuación)

Parámetros Físico-Químicos	Muestra día3 (mg/L)	Parámetros Físico-Químicos	Muestra día3 (mg/L)
A y G	285	Mercurio	<0,01
Aluminio	3	Níquel	0,9
Arsénico	0,01	Nitrógeno	180
Bario total	<0,1	pH	6,3
Cadmio total	<0,1	Plata	7,5
Cianuro total	0,05	Plomo	Nd
Cobalto total	0,02	Selenio	Nd
Cobre total	1,3	Sólidos flotantes	Presente
Cromo total	1,5	Sólidos suspendidos	1200
Cloruros	265	Sólidos Totales	1450
DBO _(5,20)	4985	Sulfatos	596
DQO	7320	Temperatura	18°C
Fósforo total	58	Vanadio	0,1
Hierro total	28,0	Zinc	3,8
Manganeso	2,5	/	/

En la tabla 4.3 se muestran los valores máximos obtenidos, de los muestreos y análisis realizados.

Los resultados de los análisis realizados, permiten observar que el agua residual de la clínica de interés, contiene una alta carga orgánica, en términos de $DBO_{5,20}$, así como los parámetros aceites y grasas, cobre, DQO, fósforo total, hierro total, nitrógeno total, sólidos flotantes, sólidos suspendidos y sulfatos están fuera de lo establecido en el decreto venezolano 883 “Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos”. Por lo tanto es necesario aplicar medidas administrativas y de diseño a fin de reducir las cargas los valores obtenidos.

Considerando que en el diagnóstico inicial se establecieron algunas mejoras administrativas y operacionales sencillas, que fueron aplicadas en la clínica y para las cuales se les debió hacer acompañamiento, capacitación y concienciación al personal, se realizó a fin de conocer la conexión de un proceso con otro y la responsabilidad en la gestión adecuada de desechos y efluentes, se realizó una segunda caracterización de los efluentes, cuyos resultados se muestran en la tabla 4.4.

Tabla 4.3 Porcentaje (%) de Remoción de contaminantes requeridos y valores máximos obtenidos en caracterización de efluente

Parámetros Físico-Químicos	Valor Máximo	Valor límite	% de Remoción Requerido
	(mg/L)	(mg/L)	
A y G	432	150	65%
Aluminio total	3	5	N/A
Arsénico total	0,01	0,5	N/A
Bario total	<0,1	5	N/A
Cadmio total	<0,1	0,2	N/A
Cianuro total	0,05	0,2	N/A
Cobalto total	0,02	0,5	N/A
Cobre total	1,3	1	23%
Cromo total	1,5	2	N/A
Cloruros	564	N/E	N/A
DBO ^(5,20)	5700	350	94%
DQO	8300	900	89%
Fósforo total	120	10	92%
Hierro total	28	25	11%
Manganeso	2,5	10	N/A
Mercurio	<0,01	0,01	N/A
Níquel	0,9	2	N/A
Nitrógeno Total	750	40	95%
pH 6 – 9	8,3	6-9	N/A
Plata	Nd	0,1	N/A
Plomo	Nd	0,5	N/A
Selenio	Nd	0,2	N/A
Sólidos flotantes	250	Ausentes	100%
Sólidos suspendidos	2500	400	84%
Sólidos totales	2830	1600	N/A
Sulfatos	886	400	55%
Temperatura	28°C	40°C	N/A
Vanadio	0,1	5	N/A
Zinc	3,8	10	N/A

Nd: No detectable

N/E: No Especificado

Durante el muestreo para la caracterización se hizo medición del caudal de agua, obteniéndose los siguientes caudales como máximos (Q máx), el detalle de los caudales medidos se puede observar en anexos (Anexo A).

$$Q_{\text{máx}} = 51,92 \text{ L/sg}; \quad = \quad 3115,00 \text{ L/min}; \quad 4.485,60 \text{ m}^3/\text{d}$$

Tabla 4.4 Resultados de muestras analizadas

Parámetros Físico-Químicos	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Valor más alto	Valor límite	% de remoción requerido
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	
A y G	260	245	300	300	150	50%
Cobre total	N/A	N/A	0,3	0,3	1	N/A
Cromo total	N/A	N/A	1,1	1,1	2	N/A
Cloruros	180	210	130	210	N/E	N/A
DBO_(5,20)	3190	3045	3780	3780	350	91%
DQO	6102	5934	7130	7130	900	87%
Fósforo total	22	20	25	25	10	60%
Hierro total	N/A	N/A	11	11	25	N/A
Nitrógeno Total	81	73	83	83	40	52%
pH	6,9	7,1	6,8	7,1	7-9	N/A
Sólidos flotantes	128	112	168	168	Ausentes	100%
Sólidos suspendidos	900	760	980	980	400	59%
Sólidos totales	1600	1750	1860	1860	1600	14%
Sulfatos	580	532	610	610	400	34%
Temperatura	29C	27°C	32°C	32°C	40°C	N/A

Nd: No detectable

N/A: No Aplica

Los resultados obtenidos en esta segunda etapa de caracterización permiten ver que los parámetros medidos presentan reducción de concentraciones, variando desde un 15% de reducción en el caso de la DQO, hasta un 35 % como ocurre en el caso de los sólidos totales. Por lo que se deduce que las medidas aplicadas y mencionadas anteriormente permiten un control operativo en el proceso para reducir los contaminantes en el agua y la carga orgánica en términos de la DBO_{5,20}

No obstante aun la mayoría de los parámetros analizados no cumplen con los límites establecidos en el decreto venezolano 883, por lo que es necesario establecer un control operativo de mayor peso, adicional a acciones correctivas que en este caso consiste en la planta de tratamiento de aguas residuales.

4.3 Diseño de equipo para gestión de desechos

De las diferentes maneras de tratar los desechos generados, se selecciona el diseño de un sistema de arrastre por vacío, el cual en Venezuela no ha sido utilizado anteriormente para el caso de desechos hospitalarios, sin embargo es un sistema que permite trabajar con material con alta carga en términos de DQO; con una tasa de generación moderada, ocupa poco espacio, no requiere una alta inversión inicial y permite manejar los desechos con una logística tal que se reduce el riesgo de exposición del personal, proliferación de microorganismos y por lo tanto el riesgo de contaminación.

Este tipo de diseño que se muestra a continuación permite minimizar la cantidad de desperdicios sólidos que entran en contacto con el agua, lo que reduce el caudal del efluente a tratar y por ende los costos asociados y mejorar el proceso desarrollado en la clínica que es lo que se busca finalmente con el proyecto.

La propuesta consiste en un sistema que succione los desechos patológicos que se generen en los puntos críticos de la clínica, mencionados al inicio del capítulo, haciendo esta succión por vacío de manera que sean colectados y enviados a un punto donde permanezcan refrigerados para su almacenamiento previo al retiro.

Mallia (1997) indica que el sistema neumático es el que proporciona el vacío al proceso, con el cual se produce la succión en la tolva de recepción en este caso de material biopeligroso, la idea es que posteriormente se envíen hasta unos ciclones de separación y desde allí descargar a la tova de almacenamiento.

Para el diseño de los equipos se considera un incremento del 30% la tasa de generación mostrada en la tabla 4.1, ya que es considerado la expansión de la clínica en las instalaciones actuales.

Tasa de generación (desechos patológicos) para el diseño= $110,55 * 30\% + 110,55$

Tasa de generación (desechos patológicos) para el diseño= 143,72 kg/d

Se calcula el caudal de aire en el sistema, la velocidad del aire, diámetro de tubería, área seccional de la tubería, ajuste de caudal, pérdidas de presión desglosada en pérdidas en la línea después del ciclón, pérdidas antes del ciclón, pérdidas en el ciclón, perdidas en filtro y perdidas debida a la succión, también se calculó la potencia y selección del ventilador requeridos, todo esto para obtener las especificaciones de las bombas requeridas, detalle mostrado en anexos (Anexo B). Finalmente en la tabla 4.5 se especifica el modelo de bomba seleccionada en base a los cálculos realizados.

4.3.1 Especificaciones mínimas del sistema neumático

Según los cálculos realizados anteriormente se tienen las siguientes especificaciones del sistema neumático.

- Velocidad (VA) 3000pie/min

- Caudal (Q) = 30,27 pie³/min
- Diametro de tubería = 1½ plg
- Pérdidas totales (p) = 26,97 plg de agua
- Bomba de vacío caudal = 18,4 cfm, marca VMECA
- Potencia Mínima= 0,10 Hp

Tabla 4.5 Modelo de bomba seleccionada.

Equipo	Especificaciones	
	Bomba	Clasic L/VL/M/X/H
	Modelo:	VTM25L- 100L/VTL25- 200/VTX25 - 75/VTH50_150:
	Nivel de vacío máx:	-91KPa / -80 KPa / -92KPa / -97 KPa / -100 KPa
	Caudal de vacío min	1370 NI/m/2061 NI/m/1580 NIm, 521 NIM/521 NIm

4.3.2 Dimensionamiento del ciclón

El diseño de un ciclón consiste en la determinación de sus dimensiones, diámetro, altura, área de entrada, etc., en función del material suspendido en el aire, el caudal del aire y de la eficiencia de recolección deseada (Mallia, 1997)

La eficiencia de un ciclón está definida por la relación (4.1)

$$\varepsilon = S/B \tag{4.1}$$

Donde

ε : eficiencia (%)

S: distancia de la partícula a la pared del ciclón (cm)

B: ancho de la entrada (plg)

Conociendo el valor de B = 1½ plg y con una eficiencia teórica de 75 % se tiene que:

$$S = \varepsilon \times B = 0,75 \times 1\frac{1}{2} \text{ plg} = 1,13 \text{ plg} = 2,88 \text{ cm}$$

S aproximadamente 3 cm

Para calcular las dimensiones del ciclón se tienen las ecuaciones desde (4.2) hasta (4.8) y las dimensiones del diseño se muestran en la tabla N° 4.6.

$$\text{Diámetro del ciclón (D)} = 4 \times B \quad (4.2)$$

$$\text{Área de entrada (A)} = B \times h \quad (4.3)$$

$$h = 2B \quad (4.4)$$

$$\text{Salida de aire (d)} = D/2 \quad (4.5)$$

$$\text{Descarga del material (Am)} = D/4 \quad (4.6)$$

$$\text{Altura del cuerpo del ciclón (L)} = L = 2D \quad (4.7)$$

$$\text{Altura del cono del ciclón (c)} = c = 2D \quad (4.8)$$

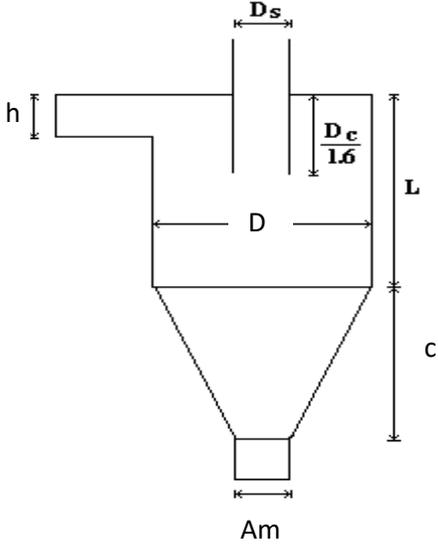
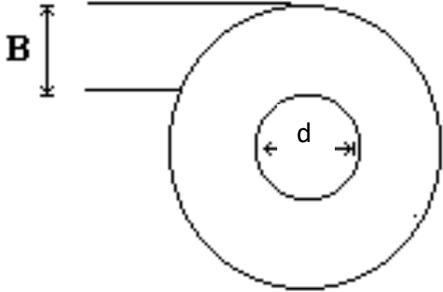
El diseño del sistema de succión al vacío es para aquellos materiales líquidos y de tamaño pequeño, ya que para el caso de piezas grandes, amputaciones, órganos, entre otros, la disposición debe ser a través de su ubicación dentro de un shar container o bolsa de desechos patológicos y enviado directamente a las tolvas de recepción.

4.3.3Diseño de las tolvas

a. Tolva de recepción

Se diseñará una tolva de sección rectangular, como se muestra en la figura 4.7, para manejar unos 143,72 kg/d. Allí deben caer los desechos patológicos y permanecerán allí hasta que se inicia el ciclo de succión, el cual no debe exceder de 2 minutos.

Tabla 4.6. Diseño del ciclón

Partes del ciclón	Dimensiones
	<p> $D = 12 \text{ cm}$ $A = B \times h$ $h = 18 \text{ cm}^2$ $d = 6 \text{ cm}$ $A_m = 3 \text{ cm}$ $L = 24 \text{ cm}$ $C = 24 \text{ cm}$ </p>
	<p> $B = 1\frac{1}{2} \text{ plg}$ $d = 6 \text{ cm}$ </p> <p>Material de construcción, hierro negro con recubrimiento epóxico</p>

En el diseño de la tolva se considera la densidad aparente del material o peso específico, el cual es igual a la densidad del producto entre la densidad del agua.

a.1. Ángulo de reposo (α):

Se considerará un ángulo de 50° (ángulo máximo) para dar la caída del material a coleccionar. El ángulo de caída se obtiene por la ecuación (4.9)

$$\text{Angulo de caída } (\beta) = (\alpha) + 15^\circ \quad (4.9)$$

$$\text{Angulo de caída } (\beta) = 50^\circ + 15^\circ = 65^\circ$$

El área disponible para la recepción de material es de 1m de ancho y 2,5 m de alto, por lo tanto, se asume D como 1m. Las ecuaciones para diseño de tolvas rectangulares según Ruiz R. y Peña J. (2006), son las siguientes:

$$h = \text{tg}\beta (D/2) \quad (4.9)$$

$$V_i = (1/12) * \pi * D^3 * \text{Tg}\beta \quad (4.10)$$

$$V_i/V_T = (1/3) * \text{tg}\beta * (D/h_1) \quad (4.11)$$

$$V_i = \pi D^2 * h_1 / 4 \quad (4.12)$$

$$H_T = h + h_1 \quad (4.13)$$

Donde

V_i = Volumen inútil (m)

V_t =Volumen total (m)

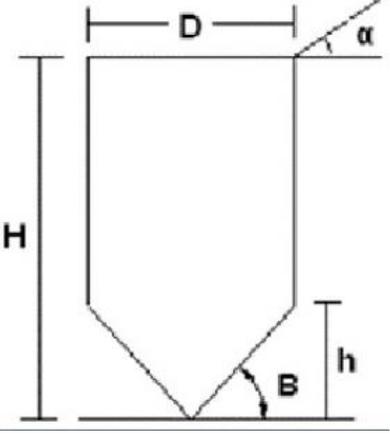
D= Diámetro tolva (m)

h= altura del cono (m)

h_1 = altura del cilindro (m)

H= altura total de la tolva (m)

Tabla 4.7. Dimensionamiento de Tolva rectangular

Tolva de Recepción	Dimensiones
 <p data-bbox="280 772 771 810">Fuente: Ruiz, R. y Peña J. (2006)</p>	<p data-bbox="1036 300 1144 338">$\beta = 65^\circ$</p> <p data-bbox="1013 369 1167 407">$h = 1,07 \text{ m}$</p> <p data-bbox="1003 436 1177 474">$V_i = 0,56 \text{ m}^3$</p> <p data-bbox="1003 504 1177 541">$V_t = 0,84 \text{ m}^3$</p> <p data-bbox="1013 571 1167 609">$h_1 = 0,85 \text{ m}$</p> <p data-bbox="1013 638 1167 676">$H_T = 2,02 \text{ m}$</p> <p data-bbox="841 779 1274 816">Tipo de descarga, por succión.</p> <p data-bbox="841 846 1339 968">Material de construcción = acero inoxidable 306, lámina de 3mm de espesor.</p> <p data-bbox="841 997 1161 1035">Ciclo de succión: 2min</p>

b. Tolva de almacenamiento

Estas tolvas cumplen con la función de almacenar los residuos sólidos durante toda la jornada de trabajo. Se requerirán dos tolvas de sección rectangular, para almacenar unos 143,72 kg/d a 287,44 kg/d, esto tomando como previsión una frecuencia semanal para que se dé el retiro de los desechos de las tolvas y su envío a disposición final.

El volumen total a almacenar y número de tolvas requeridas se obtiene por (4.14)

$$V \text{ t. almacenar} = \frac{TGD}{\gamma \text{ Kg/m}^3} \quad (4.14)$$

$$N^{\circ} \text{ de tolvas} = \frac{Vt \text{ almacenar}}{V \text{ tolva}}$$

Donde:

TGD: Tasa de generación de desechos kg/d

γ : Peso específico Kg/m³

$$V \text{ t. almacenar} = \frac{287,44 \text{ Kg/d}}{89 \text{ Kg/m}^3} = 3,23 \text{ m}^3$$

$$N^{\circ} \text{ de tolvas} = \frac{3,23 \text{ m}^3}{0,84 \text{ m}^3} = 3,84 = 4$$

El retiro diario de los desechos lo realizará una empresa autorizada por el MINEA y sanidad, que está ubicada en el área metropolitana, a fin de garantizar la frecuencia de retiro, sin que esto implique un costo elevado por traslado.

Con este sistema los desechos biológicos y patológicos de tamaños pequeños y medianos serán enviados hacia una tolva de recolección, desde este punto serán succionados por una tubería que por temas de mantenimiento se sugiere sea de PVC, en la cual se tendrá una válvula que permitirá según este abierta o cerrada proporcionar el vacío requerido para arrastrar los materiales mencionados. Posteriormente de la succión el material va a la tolva de recepción y pasa hacia el ciclón de separación, que también cuenta con una válvula que permite dar paso a la succión por vacío, a fin de trasladar los materiales hasta la tolva de almacenamiento.

Es importante tener en cuenta la temperatura a la que deben estar los desechos almacenados, el decreto 2218 (1998), establece: “los desechos tipos B, C y D, deberán tratarse el mismo día de su generación. En caso de no ser posible, podrán almacenarse un máximo de treinta (30) días bajo las siguientes

condiciones: para almacenar un día, la temperatura deberá estar entre 17° °C y 25° C. Para almacenar tres (3) días, la temperatura deberá estar entre 1° C y 7° C”, para almacenar 30 días la temperatura debe estar en 0°C.

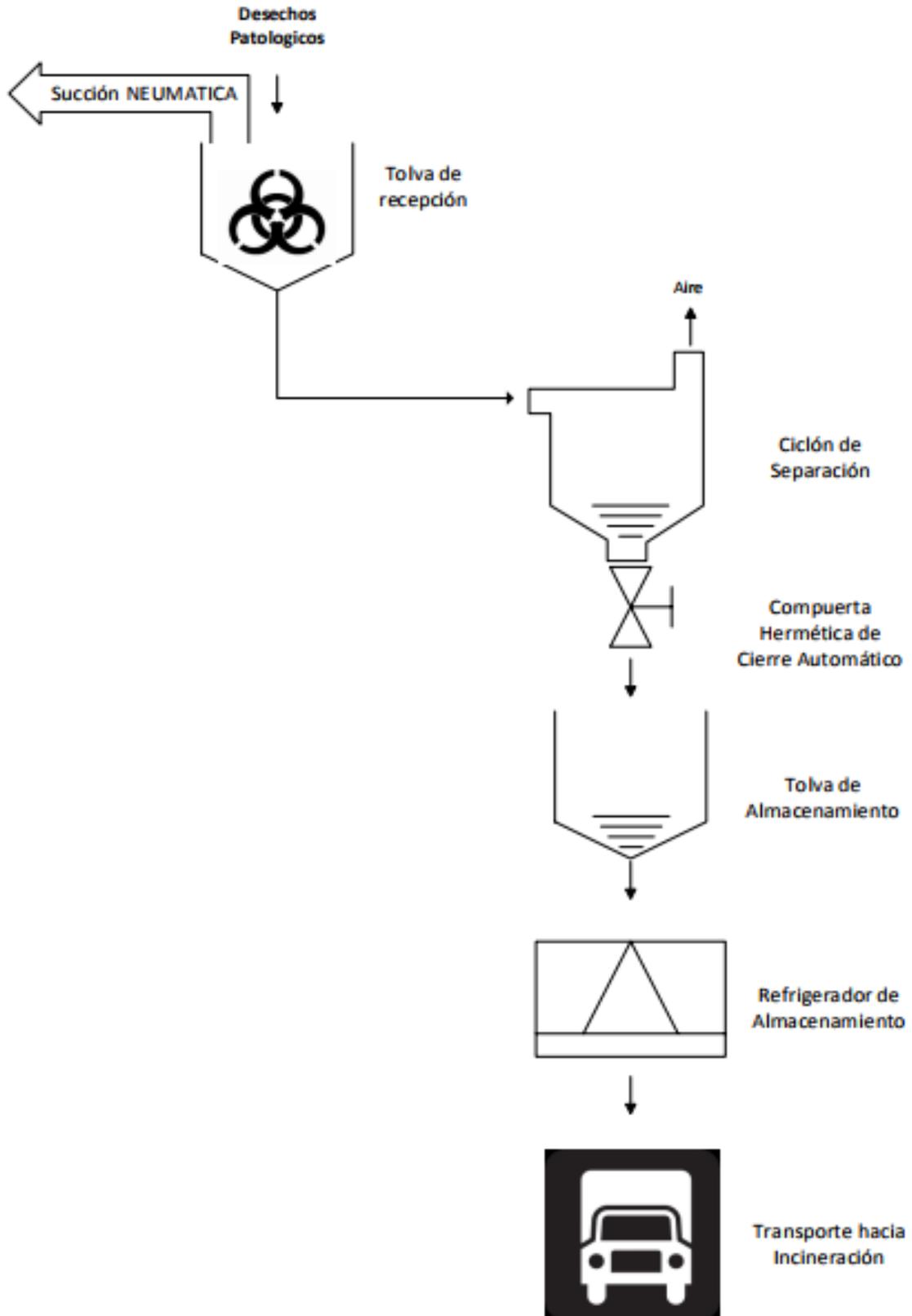


Figura 4.4 Sistema de arrastre por vacío para gestión de desechos propuesto

4.4 Propuestas planta de tratamiento de aguas residuales

Chaparro (1999), recomienda que el diseño de plantas de tratamiento, según su intensidad sea realizado de la siguiente manera: Pre-tratamiento y tratamiento primario: para retirar sólidos y materiales de tamaño significativo, Tratamiento secundario: para reducir el mayor porcentaje de carga orgánica y tratamiento terciario: para reducir contaminantes específicos y desinfectar.

En este orden de ideas, se presentan las propuestas de planta de tratamiento, teniendo presente que el espacio para el diseño es reducido y que el diseño debe aprovechar en lo posible la estructura ya presente, así como los caudales generados por la clínica, ya indicados anteriormente.

4.4.1 Propuesta A:

Constituida por rejillas de desbaste, tanque igualador y dos sistemas compactos flotación por aire disuelto (DAF) y reactorbiológico secuencial (SBR)

4.4.2 Propuesta B:

Constituida por rejillas de desbaste, tanque igualador y un reactor biológico secuencial (SBR) realizando 2 ciclos de tratamiento y la aplicación de cloruro férrico como coagulante para mejorar el proceso.

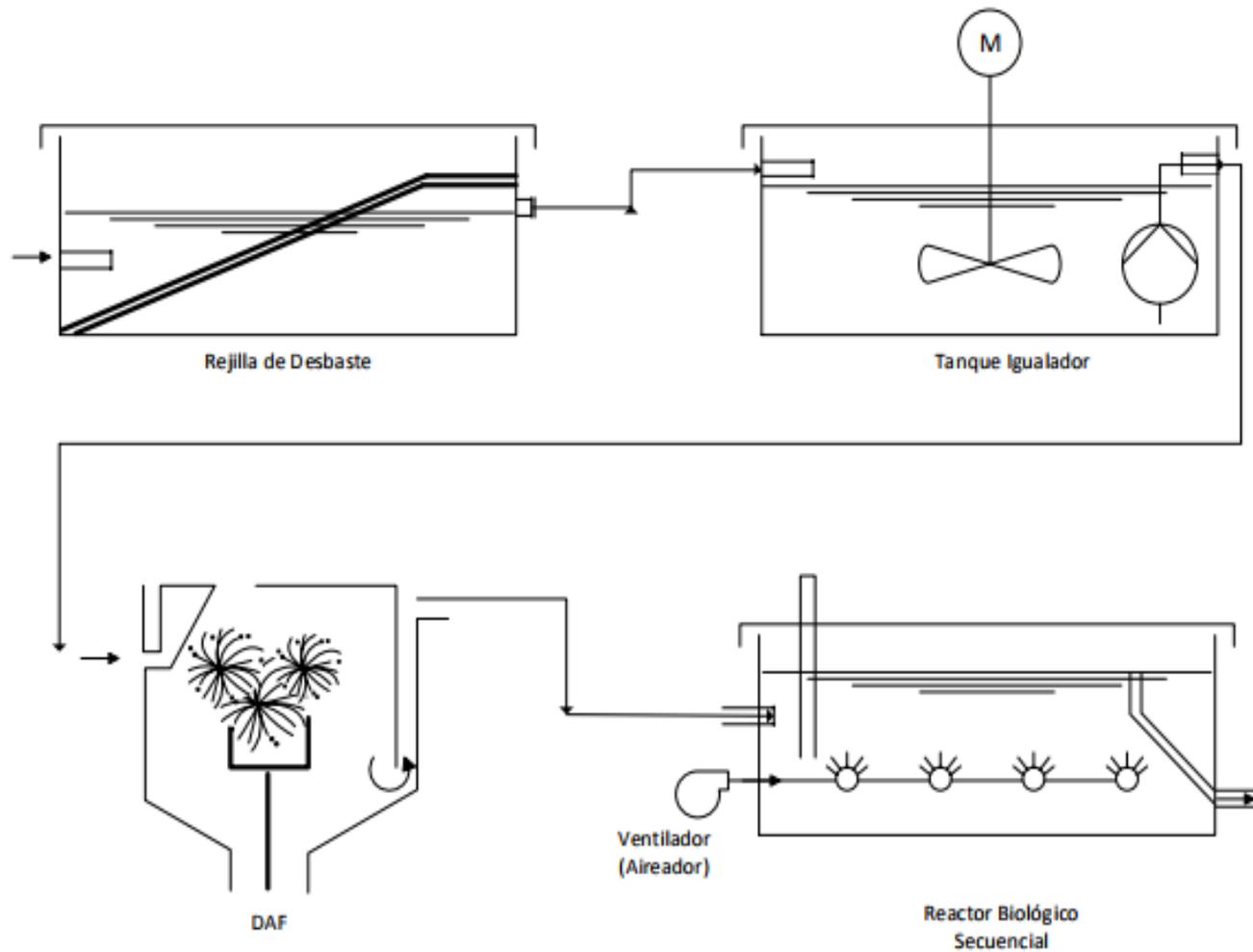


Figura 4.5 Propuesta A, Constituida por rejillas de desbaste, tanque igualador y dos sistemas compactos flotación por aire disuelto (DAF) y reactor biológico secuencial (SBR)

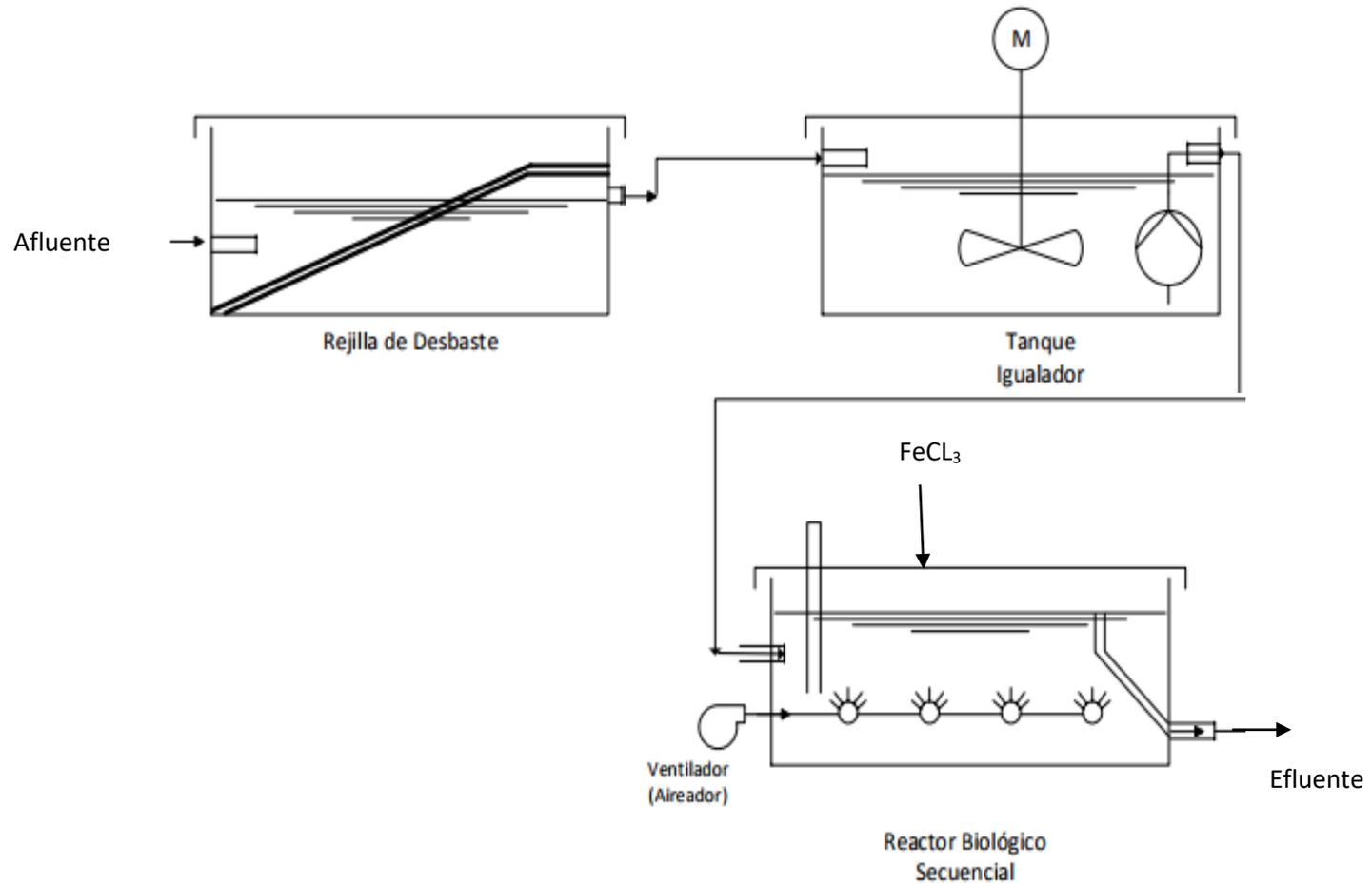


Figura 4.6 Propuesta B, Constituida por rejillas de desbaste, tanque igualador y un reactor biológico secuencial (SBR) realizando 2 ciclos de tratamiento.

4.5 Selección de la propuesta:

Para ellos se va a aplicar la matriz de factores ponderados mostrada en la tabla 5.1, en donde los criterios o factores a considerar son:

- a) Asequibilidad: la propuesta seleccionada debe ser viable para construir, adquirir o importar a Venezuela. Por lo que a mayor factibilidad de adquirir localmente y operada fácilmente. La ponderación dada a este factor es de 9. A mayor puntuación más factible es la tecnología.
- b) Capacidad para operar con cargas choque, variaciones bruscas de carga orgánica: Se busca obtener la propuesta que pueda ser más resistente a variaciones de cargas. La ponderación dada a este factor es de 10 y considerando las condiciones de operación de la clínica, obtendrá una mayor valoración.
- c) Requiere aplicación de químicos: El uso de productos químicos, implica el uso de un recurso adicional, que debe estar disponible siempre, según la carga química (en términos de DQO) la dosis de coagulante y floculante será mayor o menor, esto limita un poco el tratamiento debido a disponibilidad de material, además de uso de productos químicos para activación u otro tratamiento. La ponderación dada a este factor es de 4 y a menor puntuación es mayor el requerimiento de químico.
- d) Tiempos de tratamiento: El tiempo es un factor fundamental, ya que, si el tratamiento es rápido, los equipos quedan disponible para tratar un caudal nuevo, en menor tiempo a fin de evitar colapsos. La ponderación dada a este factor es de 5 y a mayor valoración es menor el tiempo de tratamiento requerido.

Tabla 4.8. Matriz de factores ponderados para selección de propuesta de tratamiento de aguas residuales

Factores	Peso relativo	Propuestas	
		A	B
Asequibilidad	9	8	9
Capacidad para operar con cargas choque	10	9	10
Requiere aplicación de productos químicos	4	4	7
Tiempos de tratamiento	5	8	6
Puntuaciones total		29	32

El resultado mostrado permite seleccionar la propuesta B.

4.6 Diseño de propuesta seleccionada

Mallia (1997) establece que un sistema de arrastre por vacío, permite reducir en un 30% en consumo de agua y por ende el caudal generado y que se debe tratar, en consecuencia la carga contaminante también se ve reducida en un 59% debido a que la sangre no estará en contacto con el agua. Considerando lo anteriormente mencionado, se aplican los porcentajes mencionados a al caudal y DBO, a fin de diseñar la PTAR propuesta.

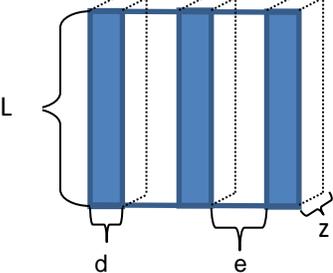
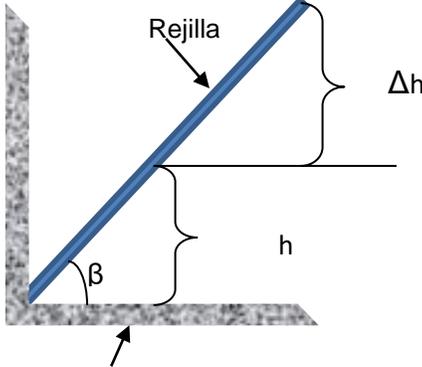
4.6.1 Rejillas de desbaste:

Diseñadas para que cumplan el objetivo de eliminar materiales gruesos que puedan causar obstrucción en las unidades posteriores y que puedan perturbar el tratamiento posterior.

El diseño propuesto, en búsqueda de reducir costos, es establecido para realizar limpieza manual, y se ejecutará con un rastrillo, por lo que resulta conveniente una reja inclinada de 50° a 60° respecto a la horizontal, y no será de gran longitud.

Los cálculos correspondientes se observan en el Anexo C, sección C.1, de los cuales se obtiene

Tabla 4.9. Dimensiones de diseño de rejillas de desbaste

Rejillas de desbaste	Dimensiones
 <p style="text-align: center;">Vista Frontal de la rejilla</p>  <p style="text-align: center;">Vista Lateral de la rejilla</p>	<p>L: largo de las barras 2,5 m</p> <p>Angulo de inclinación: $B = 53,13^\circ$</p> <p>A_t: Área total 2 m²</p> <p>$A_f = 0,09414 \text{ m}^2$</p> <p>$A_s = 1,90 \text{ m}$</p> <p>$N^{\circ}_b = 31$</p> <p>$N^{\circ}_e = 32$</p> <p>$\Delta h = 0,25 \text{ m}$</p> <p>$e = 2 \text{ cm}$</p> <p>$d = 2,5 \text{ cm}$</p> <p>$z = 5d = 12,5 \text{ cm}$</p> <p>$h = 24 \text{ cm}$</p> <p>Altura total de rejillas $25 + h = 49 \text{ cm}$</p>

Además del diseño es importante tener en cuenta algunas recomendaciones de limpieza para la buena operación, algunas de ellas son indicadas por Munguía *et al.* (2016)

- La limpieza de las rejas manuales se efectuará por rastrillado, depositándose los residuos que se extraigan en los cestillos perforados dispuestos al efecto, con objeto de conseguir su escurrido antes de su recogida en un contenedor, para su posterior envío a vertedero.
- La frecuencia de limpieza debe ser como mínimo de dos veces al día, pero será la experiencia en explotación la que la fije, ya que cuando los desperdicios se acumulan en la rejilla bloquean el canal haciendo que las aguas residuales salgan de las arquetas o retrocedan al colector.

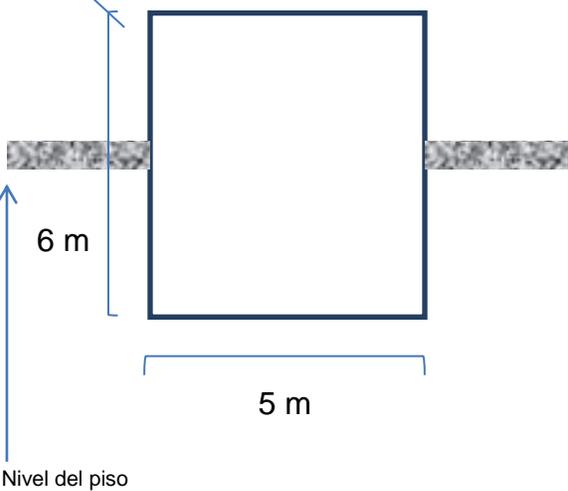


Figura 4.7 Modelo rejilla inclinada

4.6.2 Tanque de igualación

En el Anexo C, sección C.2, puede verse las capacidades y cálculos asociados.

Tabla 4.10 Diseño del tanque de igualación

Tanque de igualación	Dimensiones
 <p data-bbox="224 1077 354 1102">Nivel del piso</p> <p data-bbox="399 1140 618 1165">Vista Lateral y frontal</p>	<p data-bbox="821 632 1224 709">Tipo de tanque: Rectangular Alto (Profundidad) = 6 m</p> <p data-bbox="821 743 992 779">Largo = 5 m</p> <p data-bbox="821 812 1000 848">Ancho = 5 m</p> <p data-bbox="821 882 1390 999">Semi-subterráneo, por disponibilidad de espacio, con impermeabilizante para evitar filtración.</p> <p data-bbox="867 1037 1344 1073">Potencia máx dela bomba= 6429,87m3</p> <p data-bbox="821 1115 1390 1402">Se tomará la potencia comercial de valor inmediatamente superior al calculado; el equipo debe asegurar una alimentación de entre 9 y 15 litros de aire por minuto por cada m³ de tanque, con el fin de permitir condiciones aerobias.</p>

4.6.3 SBR:

Para esta unidad, se utilizó el diseño planteado por Dautant et al. (1988), especificados en Anexo C, sección C.3, obteniendo los parámetros mostrados en la tabla 5.4

Tabla 4.11 Parámetros de diseño del Reactor Biológico Secuencial

SBR	Parámetros de diseño	Sin Sistema de arrastre por vacío	Con Sistema de arrastre por vacío
	Carga = K	$273,16 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$	$196,11 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$
	Alimento a biomasa $\frac{F}{M}$	$\frac{1}{28,5 \text{ d}}$	$\frac{1}{28,5 \text{ d}}$
	Sólidos Biológicos X AR	$1000 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$	$1000 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$
	Volumen del reactor en baja Vro	26,64 m ³	13,76 m ³
	Volumen de reactor Vf	61,76 m ³	Vf = 38,27 m ³
	Área del reactor A	26,64 m ²	A = 13,76 m ²
	Tiempo de residencia con reactor lleno TRH f	0,88 h	0,78 h
	Tiempo de residencia con reactor en mínimo TRH 0	0,52 h	0,28 h
	Oxígeno Requerido R O ₂	$7136,90 \frac{\text{g O}_2}{\text{m}^3}$	$5121,07 \frac{\text{g O}_2}{\text{m}^3}$
	Masa de lodos M L =	$202,13 \text{ kg de } \frac{\text{MLSS}}{\text{h}}$	$145,11 \text{ kg de } \frac{\text{MLSS}}{\text{h}}$
	Flujo Volumétrico de Lodos = QL	$QL = \frac{168,44 \text{ L}}{\text{h}}$	$QL = \frac{120,93 \text{ L}}{\text{h}}$
	Geometría	Rectangular	
	Material	Hierro negro y acero inoxidable	

En donde los tiempos calculados, para el tratamiento del agua son los mostrados en la figura 5.4, definiendo la secuencia de tiempos y fases de cada reacción, definiendo como A los tiempos aerobios, AN los tiempos anaerobios y AnO₂ los tiempos anóxicos a fin de lograr la eliminación biológica de la materia orgánica, el nitrógeno y fosforo, con una decantación final que permite extraer el agua clarificada, esto siguiendo las sugerencias de intervalos de reacción realizadas por oxicon (2009), para tratamientos biológicos.

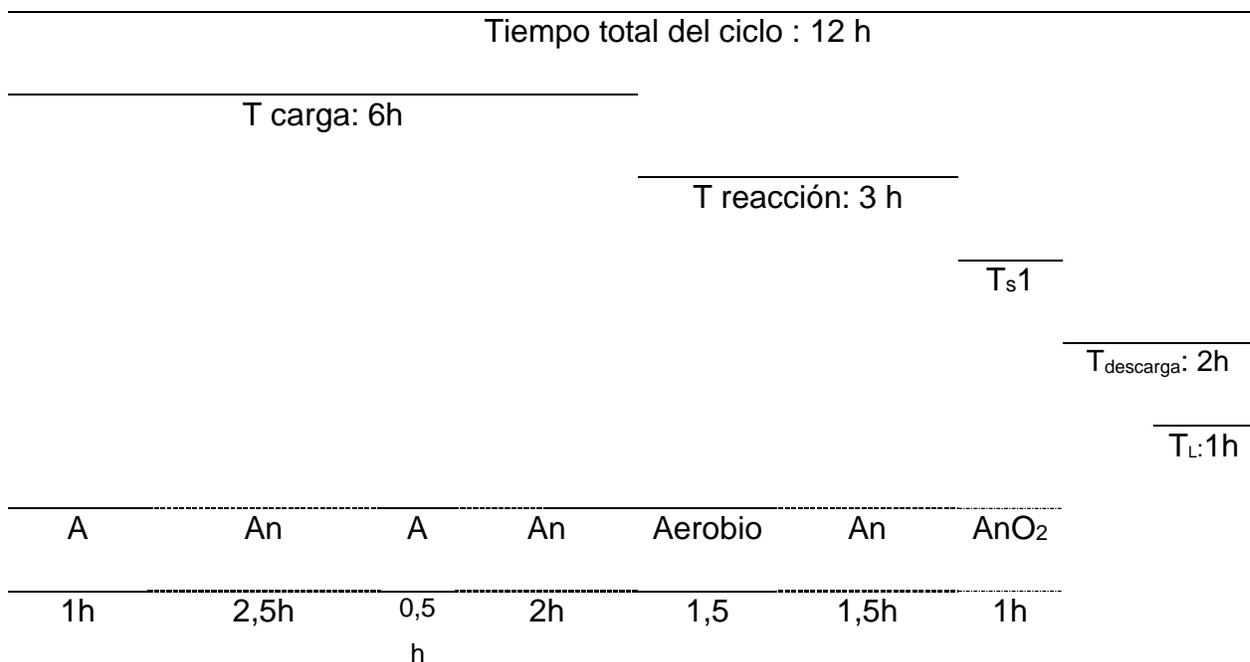


Figura 4.8 Tiempos de reacción del reactor biológico secuencial

Por lo que se debe purgar lodo durante aproximadamente cuarenta (T_{L40} min a 1 hora), considerando que es importante tener presente que esta descarga se da una vez que termina el ciclo, por lo tanto, si se llegan a realizar los 2 ciclos en el día se darán dos descargas. Barillas y Córcega, (2006) recomiendan que los tiempos de descarga de lodos sean en intervalos de 10 minutos aproximadamente

a fin de solo purgar lodo, por lo que se deberá esperar intervalos mínimos de 10 minutos y seguir purgando durante 10 minutos para alcanzar el objetivo cada día.

La secuencia debe ser: llenado y reacción anaerobia (6h), tiempo de reacción aerobia (3h), tiempo de sedimentación y reacción anaerobia (1h), teniendo presente un valor de reacción anaerobia mayor para permitir la degradación del fósforo.

En este caso el aspecto importante a considerar es el volumen y la capacidad del motor soplador a utilizar ya que el aporte de oxígeno que debe dar es de $7136,90 \frac{g O_2}{m^3}$ o en su defecto al aplicar el sistema de arrastre por vacío $5121,07 \frac{g O_2}{m^3}$. El sistema deberá repetir el ciclo, para que, en función de las dimensiones y parámetros estimados de entrada, se alcancen los valores más bajos posibles.

Oxicon (2009), sugiere repetir el ciclo de tratamiento, con los tiempos establecidos si el agua no alcanza los valores esperados, alcanzándose en este segundo tratamiento, entre 55 y 75% de la eficiencia que se alcanza en el primer ciclo y generándose 55 y 75% del lodo desarrollado en el primer ciclo. En base a lo anteriormente indicado, el tiempo de duración del ciclo de 12 horas y considerando que se disponen aún de 12 horas para otro ciclo de tratamiento antes de iniciar el tratamiento del día posterior sin generar acumulación de agua (más de la necesaria) en el tanque de igualación se establece la tabla 5.4 y los valores posterior a este segundo tratamiento son los mostrados en la tabla 5.4:

4.6.3 Adición de polímero para remoción de fosforo

Es importante analizar el fosforo a la entra del reactor y si su valor es muy elevado considerar la adición de un polímero (coagulante) para la mejor remoción del mismo pudiendo estos ser Cloruro Férrico o Sulfato de Aluminio.

Tabla 4.12 Valores del efluente luego del segundo ciclo de tratamiento en el SBR

Parámetros Físico-Químicos	Valores al finalizar el tratamiento sin sistema de arrastre por vacío	Valores al finalizar el tratamiento con sistema de arrastre por vacío	Valor límite según decreto 883
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
A y G	84	84	150
DBO_(5,20)	284	198	350
DQO	642	422	900
Fósforo total	9	9	10
Nitrógeno Total	21	21	40
Sulfatos	298,9	298,9	400

Nota: Para mayor claridad, ver información detallada en anexos

4.6.3.1. Aplicación sugerida

En el caso de la planta de tratamiento propuesta, el modo de dosificación sugerida es el de Co-Precipitación (proceso de adición de químicos para la formación de precipitados que se eliminarán con lodos Biológicos).

4.6.3.1 Puntos de dosificación

La dosificación en este sistema se puede dar en cualquiera de los siguientes puntos:

- Tanque de igualación (corroborar el PH controlado antes de dosificar)
- SBR, en zona de digestión y decantación.

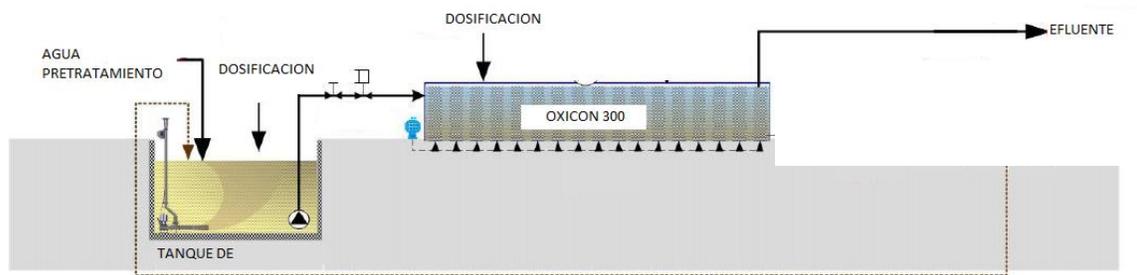


Figura 4.8 Puntos de dosificación de polímero

4.6.3.2 Dosis recomendada:

La dosis recomendada para eliminar el fósforo está en el rango de 10mg/l a 200mg/l (base Seca), cuando se desea remover 80-90% del fósforo, en el caso de lodos activados es recomendable no superar los 150mg/l para evitar efectos dañinos en los microorganismos.

Se sugiere iniciar con la dosis más baja ya que una remoción excesiva de los nutrientes necesarios para los lodos activados como lo es el nitrógeno y fósforo, pueden inhibir la acción de los microorganismos (la relación ideal para los lodos activados es 100Kg DBO/5Kg N/1Kg fósforo).

Rangos recomendados de PH para las sales metálicas: Esto en base al coagulante ubicado al momento de operación, considerando la disponibilidad de los mismos en el país.

Tabla 4.13 Rangos recomendados de pH para las sales metálicas

Catión	Grado óptimo de pH para la coagulación-Floculación
Al +3	6,5 – 8,0
Fe +3	5,5 – 8,5

Tabla 4.14 Dosis de polímero por metro cubico (base seca)

Volumen a tratar m3	Dosis inicial kg (base seca)
10	0,1
20	0,2
30	0,3
40	0,4
50	0,5
60	0,6
70	0,7

Para preparar el coagulante, se recomienda diluir antes de aplicación con base en la siguiente tabla de Concentraciones típicas de sales metálicas:

Es importante contemplar al momento de remoción de lodos que este proceso incrementara la cantidad de lodos conforme a la cantidad de fosforo removido.

Tabla 4.15 Concentraciones y duración de la solución de coagulante

Reactivo Químico	Concentración de solución madre	Duración de la solución	1 Ml en 1 L de solución equivale a
Sulfato de Aluminio	1%	1 mes	10 mg Al ⁺³ /L
Cloruro Ferrico	1%	2 meses	10 mg Fe ⁺³ /L
Cal	1%	1 mes	10 mg/L

Teniendo ya la propuesta diseñada y habiendo evaluado a través de la matriz de factores determinantes la tecnología, operatividad y disponibilidad de espacio, el paso siguiente es analizar la factibilidad financiera del proyecto, para ello es necesario mapear los gastos económicos asociados al desarrollo del proyecto, a fin de conocer de cuánto se requiere para la instalación, operación y mantenimiento del proyecto.

4.7 Análisis de factibilidad económica

Es necesario conocer los costos asociados al proyecto, estos deben contemplar costos: de construcción, arranque u operación y mantenimiento de una PTAR.

Los costos de construcción se muestran a continuación

4.7.1 Costos de construcción

Los costos asociados a la construcción tanto del equipo diseñado para el manejo de los desechos sólidos, así como de la propuesta de tratamiento de aguas residuales, se resumen de manera grossa en la tabla 5.9, comprendiendo el suministro, fabricación e instalación de equipos, para la puesta en marcha y operación.

Tabla 4.16 Costos de construcción

N°	UNIDAD	FUNCIÓN	VOLUMEN (m³)	OBSERVACIÓN	COSTO
1	Sistema de arrastre por vacío	Extraer los desechos desde el punto de succión y transportar hasta el ciclón	N/A	Incluye tubería, bomba de vacío y equipo necesario para generación de vacío. Bomba de vacío comprende alrededor 12.000,00 \$	290.574.712,64 Bs 12.260,53\$
2	Ciclón y Tolvas (recepción y almacenamiento)	Impacto de partículas y caída posterior en las tolvas. Almacenamiento de desechos posterior a su traslado	Tolva de recepción 0,84 m ³ . Tolva de almacenamiento 3,23 m ³	Incluye 4 tolvas, para almacenamiento semanal de los desechos. Para ciclón, material de construcción, hierro negro con recubrimiento epóxico, Costo incluye instalación de equipos	145.287.356,32 Bs 6130,26\$
3	Rejillas de desbaste	Retener solidos	N/A	Se va a construir en una alcantarilla donde cae el agua actualmente, solo se va a agregar las rejillas para retener sólidos. Construida con cabilla de 5/8"	3.495.977,01 Bs 147,50\$

Tabla 4.16 Costos de construcción. (Continuación)

N°	UNIDAD	FUNCIÓN	VOLUMEN (m ³)	OBSERVACIÓN	COSTO
4	Tanque igualación	de Mezclar el agua para que las propiedades sean iguales en cualquier punto	150	Tanque concreto y recubierto con material epóxico para evitar filtraciones Debe ser una parte subterránea, ya que la altura máxima del lugar es 2,5 m. Con bomba para capacidad de 70 m ³ /h. Internamente lleva un cilindro de 1 m de diámetro aproximadamente en todo el centro. Costos incluye: excavación, compactación, carga de escombros, cabilla encofrado, concreto, tapas, epóxico, pintura de 1 metro de tanque con la tapa superior y bomba.	1.137.781.609,19 Bs 48.007,66\$
5	SBR (Reactor biológico por bach)	Reactor que degrada biológicamente y separa el agua tratada del lodo sedimentado	51,01	Lleva tuberías internas micro perforadas para dar aire al agua a través de un soplador este debe aportar 6400g de oxígeno/m ³ de agua y trata 30 m ³ agua Con bomba para capacidad de 70 m ³ /h.	2.179.310.344,82 Bs 91.954,02\$

Tabla 4.16 Costos de construcción. (Continuación)

N. °	UNIDAD	FUNCIÓN	VOLUMEN (m ³)	OBSERVACIÓN	COSTO
6	Adición de polímero para remoción de fósforo (Coagulante)	Mejorar la remoción de fosforo en el efluente	N/A	Se puede usar sulfato de aluminio o cloruro férrico.	0,00 Bs 0,00 \$
<i>Total costos de suministro, instalación y puesta en funcionamiento (Fabricación)</i>					3.756.586.206,90 Bs 158.500,00\$

4.7.2 Costos de operación

Para el presente caso el operador solo debe realizar actividades rutinarias una vez a la semana, ya que el diseño de PTAR elegido permite operar continuamente sin necesidad de tener una persona a diario realizando la revisión de los equipos, así como el mantenimiento al sistema de succión de desechos también está diseñado para captar y acumular semanalmente los desechos generados, las principales actividades a realizar por el operador se muestran en la tabla 5.10

Además de la mano de obra, los materiales necesarios para operar la PTAR son pocos, dentro de ellos están: Cepillos metálicos para limpieza de rejillas, nutrientes para microorganismos, suministro de energía eléctrica, unidades para recolectar el lodo generado y almacenarlo temporalmente, servicio de retiro e incineración de lodos y caracterizaciones trimestrales, a fin de dar cumplimiento a lo establecido en la ley, los gastos asociados se muestran en la tabla N 5.11

Para el presente caso el operador solo debe realizar actividades rutinarias una vez a la semana, ya que los diseños mostrados lo permiten, y no es necesario mantener una persona a diario realizando la revisión de los equipos, las principales actividades a realizar por el operador se muestran en la tabla 6.6, sin embargo en el caso de las tolvas de recepción y almacenamiento si es necesario un colaborador para retirar los desechos de una tolva y almacenarlos en la otra, para que a la llegada del operador que asiste una vez a la semana pueda coordinar el retiro del material con una empresa autorizada.

Tabla 4.17 Actividades semanales a realizar por operador

N°	Unidad/Equipo	Actividad a realizar por el operador
1	Sistema de succión al vacío	Mantenimiento preventivo a bombas, revisión de sonidos y funcionamiento de equipo de vacío
2	Ciclón y Tolvas (recepción y almacenamiento)	Limpieza profunda de tolvas, verificación de lugar de almacenamiento y de sistema de enfriamiento
3	Rejilla de desbaste	Limpieza
4	Tanque de igualación	Revisión de funcionamiento de mecanismo de mezclado
5	SBR	Revisión de funcionamiento de la bomba de envío de material
		Revisión de entrada de agua
		Revisión de funcionamiento de soplador
		Purga de lodo
		Alimentación de bacterias
6	Adición de polímero para remoción de fósforo (Coagulante)	Preparación de coagulante
		Aplicación de coagulante
		Remoción de lodo depositado en equipos

Tabla 4.18 Costos anuales de Operación de PTAR

N°	Unidad/Equipo	Requerimiento	Cantidades requeridas al mes	Unidades	Meses	Costo unitario	Costo Total año (Bs)
1	Sistema de gestión de desechos	Consumo de energía Eléctrica	140000	KWH	12	10,12 Bs 0,004 \$	17.001.600,00 Bs 717,37\$
		Retiro y traslado	442,2	Kg	12	6.157,28 Bs 0,26 \$	32.672.990,59 Bs 1.378,61\$
		Incineración	442,2	Kg	12	2.438,10 Bs 0,10 \$	12.937.533,84 Bs 545,89\$
2	Rejilla de desbaste	Cepillo metálico	0,5	unidad	12	45.402,30 Bs 1,92 \$	272.413,80 Bs 11,49\$
3	Tanque de igualación	Mantenimiento anual	1	N/A	1	15.000.000,00 Bs	15.000.000,00 Bs 632,91\$
4	SBR	Alimentación con material rico en nutrientes (melaza)	1	Galón	12	118.045,98 Bs 4,98 \$	1.416.551,76 Bs 59,77\$
5	Adición de polímero para remoción de fósforo (Coagulante)	Polímero	20	kg	12	100.000 Bs 4,21 \$	1.200.000,00 Bs 50,52 \$
TOTAL							80.501.089,99 Bs 3.396,57\$

Tabla 4.19 Estructura de costos de operador

TECNICO OPERADOR DE PTAR- TURNO NORMAL			
1 día a la semana			
Horario administrativo		SALARIOS	Septiembre 2017
		Salario Básico	136.543,40
		Salario Diario	4.551,45
		Salario Semanal	4.551,45
		Días promedios al mes	5,00
		Salario promedio al mes	22.757,23
		Complemento Salarial	0,00
		Bonos Nocturnos al mes	0,00
		Domingos Laborados al mes	0,00
		Incidencia en el día de Descanso Semanal Legal	0,00
		TOTAL SALARIO	22.757,23
Beneficios Legales y Contractuales			
	VACACIONES	21	5,83%
			1.327,51
	BONO VACACIONAL	15	4,17%
			948,22
	UTILIDADES	60	16,67%
			4.172,16
	ANTIGÜEDAD	60	16,67%
			4.867,52
	S.S.O.	11,00%	2.503,30
	S.P.F.	1,75%	398,25
	L.P.H.	2,00%	455,14
	I.N.C.E.	2,00%	455,14
	TRANSPORTE	0,00%	-
			15.127,24
TOTAL MANO DE OBRA			37.884,47

Tabla 4.19 Estructura de costos de operador (Continuación)

Bono Alimentación		
Personal		1,00
Costo del Cesta Ticket (21UT)		6300,00
Días promedio al mes		5,00
Gastos Administrativo por emisión		12,00%
TOTAL BONO ALIMENTACION		35.280,00
Materiales		
INSUMOS		50.200,00
DOTACION		64.319,92
SEGURIDAD INDUSTRIAL		113.505,75
TOTAL GASTOS DIRECTOS		228.025,67
		301.190,14
ADMINISTRACION	5,00%	15.059,51
SUB-TOTAL Bs.		316.249,65
UTILIDAD	5,00%	15.812,48
SUB-TOTAL Bs.		332.062,13
TOTAL A FACTURAR Bs.		332.062,13
TOTAL A FACTURAR \$		14,01

4.7.3 Costos de mantenimiento:

Estos se muestran en la tabla 5.13. Teniendo los costos de instalación, operación y mantenimiento se puede mostrar a la clínica, de cuanto deben disponer para la ejecución y mantenimiento del proyecto, es importante resaltar que este estudio permite obtener la inversión requerida, ya que de no realizarse la actividad y cumplir con el plan de adecuación de efluentes, introducido ante el Ministerio de ecosocialismo y aguas este ente puede paralizar las actividades de la clínica, dictar años de cárcel para los representantes o en el menor de los casos multas desde 4.000 unidades tributarias (U.T. a 6.000 U.T., según lo establecido en la Ley Penal del Ambiente 2012, en sus artículos 6 y 102) actividades que representan un riesgo mayor a la empresa.

Debido a confidencialidad de la información y periodo de silencio financiero no se puede indicar cuanto en la rentabilidad de la clínica, sin embargo, los costos de rentabilidad son superiores a los costos de operación y mantenimiento, por lo que genera mayor beneficio que efectuar la paralización de las actividades, por la no instalación del sistema diseñado. Por otra parte, los costos de suministro, fabricación e instalación son elevados sin embargo relacionándolo con el lucro de la empresa se tiene una tasa de retorno de 2,10 año, es decir ya en dos años, se puede recuperar la inversión inicial, considerando el diseño se plantea con materiales económicos pero eficientes.

Finalmente considerando lo ya descrito se puede decir que la información recabada permitió determinar que bajo la implementación de normativas, estándares sencillos y entrenamientos periódicos del personal, se puede hacer una adecuada clasificación de desechos, permitiendo reducir las cargas orgánicas enviadas al agua, reduciendo el impacto ambiental y la exposición a microorganismos patógenos al personal y comunidad.

Tabla 4.20 Costos anuales de mantenimiento de PTAR

N°	Unidad/Equipo	Actividad requerida	Frecuencia requerida	Cantidades requeridas	Costo Unitario Bs	Costo Total
1	Sistema de gestión de desechos	Mantenimiento preventivo a la bomba y sistema de succión	Trimestral	4	4.500.000,00	181.609.195,40 Bs 7.662,83\$
		Mantenimiento correctivo a la bomba y sistema de succión	Anual	1	16.000.000,00	145.287.356,32 Bs 6130,26\$
		Refuerzos y mantenimientos a ciclón y tolvas	Trimestral	4	5.600.000,00	203.402.298,85 Bs 8.582,37\$
2	Rejilla de desbaste	Pintura y mantenimiento	Semestral	2	600.000,00	10.896.551,72 Bs 459,77\$
3	Tanque de igualación	Mantenimiento preventivo a la bomba	Trimestral	4	2.000.000,00	72.643.678,16 Bs 3.065,13\$
		Mantenimiento correctivo a la bomba	Anual	1	4.000.000,00	36.321.839,08 Bs 1.532,56\$
		Mantenimiento a tanque	Anual	1	1.000.000,00	9.080.459,77 Bs 383,14\$
4	SBR	Mantenimiento preventivo de soplador	Trimestral	4	1.500.000,00	54.482.758,62 Bs 2.298,85\$
		Mantenimiento correctivo de soplador	Anual	1	3.600.000,00	32.689.655,17 Bs 1.379,31\$
		Mantenimiento a tanque	Anual	1	5.000.000,00	45.402.298,85 Bs 1.915,70\$
		Reemplazo de 1/4 de tubería microperforada	Anual	1	800.000,00	7.264.367,81 Bs 306,51\$
Total						766.390.804,42 Bs 33.716,63 \$

La propuesta de un Sistema de arrastre por vacío para la gestión de los desechos sólidos, consiste en una red de tuberías conectadas a una bomba de vacío que permite succionar el material patológico, esta propuesta está diseñada para el manejo de una tasa de 143,72 kg/d y será ubicada en las áreas de mayor generación de desechos, trasladando los materiales hasta un ciclón, que permita descargar finalmente en tolvas de recepción y tolvas de almacenamiento, donde se plantea acumular los desechos y enviar a refrigeración, hasta que sean retirados por la empresa que hace la disposición final. Dicha bomba de vacío debe ser apta para manejar un caudal mínimo de 18,4 cfm y potencia mínima de 0,10 Hp, para poder dar gestión adecuada a los desechos generados.

La propuesta B, que fue la seleccionada permite retirar los sólidos, igualar cargas, reducir en un 70-80% aproximadamente la carga orgánica en términos de DBO_{5,20} y en un 65-75% la carga química e inclusive reducir un 40-45% de fosforo y 45-50% de Nitrógeno total presente en el efluente, valores que no se consiguen fácilmente con otras unidades de tratamiento, a través del SBR, finalmente el sedimentador secundario, permite de manera controlada y económica espesar los lodos obtenidos, reducir los costos de disposición de lodos y obtener un agua con carga de solidos baja, incluso teóricamente por debajo de los 1200 mg/L valores inferiores a lo establecido en la legislación (decreto 883).

El estudio de factibilidad económica, permitió identificar que el gasto económico más significativo es durante la época de adquisición e instalación de las unidades propuestas, mayormente debido a los costos de importación de los materiales necesarios para construir las instalaciones. . Los gastos en operación y mantenimiento son relativamente bajos, alrededor de 846.891.885,41 Bs 37.113,20 \$, ya que solo implica manipulación de coagulante y no requiere

personal especializado en jornadas completas ni cambios frecuentes de componentes de cada unidad de tratamiento, como suele pasar en otros equipos.

La inversión en suministro, fabricación e instalación de la planta de tratamiento de aguas y el sistema de gestión de desechos propuestos es 3.756.586.206,90 Bs o 158.506,00\$.

Se considera más conveniente clasificar de manera más efectiva los desechos y pagar un costo mayor por incineración, (ya que el costo varía por kilogramos a partir de los 40kg, como se puede observar la cotización en los anexos), siendo el costo de cinco dólares (5 \$) para disposiciones menores a 40 kg y de cuatro dólares (4 \$/Kg) para disposiciones mayores a 40 kg. Esto a fin de reducir el efluente a tratar y los gastos asociados a dicho tratamiento, así como las dimensiones de los equipos a utilizar

CONCLUSIONES

La información recabada y cálculos realizados en la presente investigación permiten establecer las siguientes conclusiones:

1. La gestión de desechos y efluentes que se realizaba en la clínica presentaba deficiencias, debido principalmente a la falta de formación del personal y de equipos para la adecuada separación y gestión, esta mejoró con la realización de actividades sencillas que fomentaron la segregación de materiales líquidos de sólidos, sin embargo para obtener una gestión adecuada de desechos, fue indispensable formar y capacitar al personal en manejo adecuado de desechos.
2. Al aplicar la segregación de los residuos y manejo adecuado de materiales como medida correctiva se disminuyó en un 15% la DQO y en un 35% los sólidos totales, en la corriente de descarga de las aguas residuales.
3. El efluente caracterizado presentó alta carga orgánica, en términos de DBO_5 , adicionalmente los parámetros de aceites y grasas, cobre, DQO_5 , fósforo total, hierro total, nitrógeno total, sólidos flotantes, sólidos suspendidos y sulfatos están fuera de lo establecido en el decreto venezolano "Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos".
4. Para las áreas con mayor tasa de generación de desechos se propuso el manejo de estos a través de un sistema de succión al vacío, conformado por: un sistema neumático movido por una bomba de vacío, un ciclón, una tolva de recepción, tolvas de almacenamiento y refrigeradores ubicados al finalizar la línea de succión de desechos, todo esto a fin de; dar mejor gestión a los desechos y reducir su descarga en aguas residuales.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. La mejora en gestión de desechos, permitió reducir los volúmenes a tratar y disminuir los costos a la hora de la construcción de la planta de tratamiento, siendo las dimensiones de las unidades menores.
6. Se establecieron dos propuestas para el tratamiento del efluente generado, la opción A constituida por; rejillas de desbaste, tanque igualador, un DAF y reactor biológico secuencial junto adición de polímero y la opción B conformada por; un sistema de rejillas, un tanque de igualación, un reactor SBR, un filtro percolador y un sedimentador circular secundario, siendo, esta última opción la seleccionada y diseñada, obteniéndose las dimensiones y especificaciones necesarias de los equipos requeridos para tratar adecuadamente el agua.
7. La propuesta escogida para el tratamiento de aguas (opción B), fue seleccionada a través del uso de la matriz de factores ponderados, esta representa la mejor opción económica, técnica y operativa.
8. La inversión que se requiere para la instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales es de ciento cincuenta y ocho mil quinientos seis dólares con cero céntimos (\$ 158.506,00), con una tasa de retorno de 1,59 año. Los gastos asociados a operación y mantenimiento son treinta y siete mil ciento trece dólares con veinte centavos (\$ 37.113,20), lo que hace factible la continuidad de la mejora propuesta.
9. La implementación de la propuesta de gestión de desechos y la de tratamiento de efluentes, como medidas correctivas (previo a la ejecución de medidas preventivas) permite reducir el grado de contaminación y por ende el impacto ambiental actual de la clínica, mejorar la imagen del lugar y dar cumplimiento a legislación ambiental, según lo definido en los decretos, 883, 638 y la ley de gestión de desechos peligrosos.
10. La instalación, mantenimiento de la PTAR y del sistema de gestión de desechos, se debe asumir junto con el costo que esto implica, para evitar las sanciones que puede establecer el Ministerio de Ecosocialismo y aguas

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

(MINEA), y cumplir con los parámetros exigidos en el artículo 15 del decreto nacional 883.

11. Es necesario que la clínica proceda a la construcción e instalación de los equipos diseñados, para dar cumplimiento al plan de adecuación introducido ante el MINEA y evitar sanciones mayores.

RECOMENDACIONES

Al momento de incluir personal a laborar en la clínica es importante verificar los conocimientos que maneja en gestión de desechos de institutos de salud y sus competencias, ya que deben ser adecuadas al cargo, por esto es importante mapear en un plan de desarrollo la formación necesaria para cubrir la brecha detectada en la persona al momento del ingreso.

Es importante capacitar constantemente al personal encargado de la gestión de desechos y realizar revisiones sorpresa, para verificar la sostenibilidad de las acciones establecidas.

Las inadecuadas prácticas a nivel de laboratorio pueden originar la presencia de elementos de difícil tratamiento en efluentes residuales (ya sean metales pesados, compuestos orgánicos volátiles entre otros), por lo que es vital sensibilizar al personal al respecto.

Para la adecuada clasificación de desechos, es importante mantener dotación constante de bolsas y recipientes (sharcontainer) para la gestión de desechos patológicos.

El personal directivo de la clínica, debe solicitar la actualización de los planos de tuberías y estructura del edificio, para facilitar el trabajo a la hora de construir la propuesta presentada.

Los desechos segregados, colectados en las tolvas de almacenamiento y lodos generados en el proceso, deben ser enviados a disposición por parte de proveedores autorizados.

Considerar la implementación de un sistema que permita gestionar adecuadamente los desechos y tratar apropiadamente los desechos generados, con una secuencia de rejilla de desbaste, tanque de igualación, SBR y adición de epolímero, para reducir cargas orgánicas y volúmenes de efluentes contaminados

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

lo que se traduce en reducción de costos, y llevar el mismo tiempo a límites aceptados por la normativa ambiental venezolana.

La frecuencia de limpieza del sistema de rejillas se debe realizar al menos una vez a la semana, a fin de evitar obstrucción, malos olores o paso de materiales de difícil degradación al sistema de tratamiento, pudiendo obstruir el mismo.

Garantizar que el personal de limpieza diario, valide la ubicación de los desechos hospitalarios en la tolva de almacenamiento y la refrigeración adecuada para cumplir con la normativa legal

Se debe validar los parámetros de salida del efluente .al menos una vez cada tres meses y presentar estos resultados ante el MINEA.

Realizar análisis Fósforo presente en el agua a tratar y en base a ello calcular la cantidad de fosforo requerida, si los valores de fósforo son bajos considerar no aplicar el polímero.

ANEXOS

Anexo A
Determinación de caudal

A.- Determinación de caudal

A la par de la toma de muestras se hizo la medición del caudal de aguas residuales generado, para ello se aplicó lo indicado por Lara (2009), la medición del caudal se puede realizar captando el agua en un recipiente de volumen conocido y dividir el volumen acumulado entre el tiempo que tardó en llenarse dicho recipiente, para obtener la relación de volumen sobre tiempo. El recipiente utilizado fue una carboya de 200 litros el cual fue ubicado dentro de la tanquilla donde se hizo la captación de las muestras para posterior análisis, con un pequeño ajuste de la altura de la tubería, así mismo por pequeño que pareciera se incluyó dentro del volumen calculado las muestras de agua tomadas. También se utilizó un recipiente de menor volumen para captar el agua en aquellos momentos en los que el flujo de agua era mayor, a fin de poder calcular los caudales máximos (Q_{max}) que recibirá la PTAR, luego de finalizar las mediciones por día se obtienen los resultados de la tabla A.1, para el caso de la relación litros por minuto, solo se muestran los valores más altos recibidos a fin de utilizar esta información para el diseño de los controles y tratamientos a aplicar:

Siendo el caudal máximo, obtenido el día 7 de muestreo.

$$Q_{max} = 51,92 \text{ L/sg}; \quad = \quad 3115,00 \text{ L/min}; \quad 4.485,60 \text{ m}^3/\text{d}$$

ANEXOS

Tabla A.1 Caudales registrados (L/min)

Día	Caudal (L/min)	L/sg	Día	Caudal (L/min)	L/s
Día 1	345,00	5,75	Día 5	1.830,00	30,50
Día 1	1.680,00	28,00	Día 5	740,00	12,33
Día 1	670,00	11,17	Día 6	2.380,00	39,67
Día 1	1.200,00	20,00	Día 6	1.930,00	32,17
Día 1	452,00	7,53	Día 6	1.270,00	21,17
Día 2	256,00	4,27	Día 6	980,00	16,33
Día 2	380,00	6,33	Día 6	2.600,00	43,33
Día 2	630,00	10,50	Día 7	2.800,00	46,67
Día 2	313,00	5,22	Día 7	1.250,00	20,83
Día 2	542,00	9,03	Día 7	870,00	14,50
Día 3	198,00	3,30	Día 7	2.470,00	41,17
Día 3	254,00	4,23	Día 7	3.115,00	51,92
Día 3	535,00	8,92	Día 8	115,00	1,92
Día 3	2.130,00	35,50	Día 8	398,00	6,63
Día 3	1.760,00	29,33	Día 8	549,00	9,15
Día 4	342,00	5,70	Día 8	630,00	10,50
Día 4	250,00	4,17	Día 8	862,00	14,37
Día 4	260,00	4,33	Día 9	367,00	6,12
Día 4	845,00	14,08	Día 9	789,00	13,15
Día 4	762,00	12,70	Día 9	542,00	9,03
Día 5	360,00	6,00	Día 9	670,00	11,17
Día 5	578,00	9,63	Día 9	1.570,00	26,17
Día 5	1.450,00	24,17			

Anexo B
Diseño de equipo para gestión de
desechos

B.- Diseño de equipo para gestión de desechos

A continuación se muestran los cálculos del caudal de aire en el sistema, la velocidad del aire, diámetro de tubería, área seccional de la tubería, ajuste de caudal, pérdidas de presión desglosada en pérdidas en la línea después del ciclón, pérdidas antes del ciclón, pérdidas en el ciclón, pérdidas en filtro y pérdidas debida a la succión, en base a ecuaciones dadas por Mallia (1997), también se calculó la potencia y selección del ventilador requeridos, todo esto para obtener las especificaciones de las bombas requeridas.

B.1 Cálculo del caudal de aire en el sistema:

El caudal de aire se determina por medio de la ecuación (B.1):

$$Q = C * Q_u * f \quad (B.1)$$

Dónde:

Q: caudal de aire (m³/s)

C: cantidad de material (kg/s)

Q_u: caudal unitario (pie³/lb)

F: factor de seguridad (adimensional)

Teniendo presente la cantidad de material a manejar que es de 143,72 Kg/d (0,2218 lb/min de residuos sólidos), el caudal unitario se obtiene de la figura B.1 “curvas de velocidad y caudal unitario”, estimándose 1,5 del factor de seguridad, por lo tanto se obtiene:

$$\text{Peso específico } 89 \text{ kg/m}^3 = 5,55 \text{ lb/pie}^3$$

$$Q_u = 91,00 \text{ pie}^3 \text{ aire/lb material}$$

$$Q_u = 0,2218 \text{ lb/min} * 91,00 \text{ pie}^3/\text{lb} * 1,5 = 30,28 \text{ pie}^3/\text{min}$$

B.2 Cálculo de velocidad del aire:

La velocidad del aire (V_a) también se obtiene de la figura B.1 a partir del peso del material. El valor obtenido fue: $V_a = 3000 \text{ pie/min} = 15,24 \text{ m/s}$.

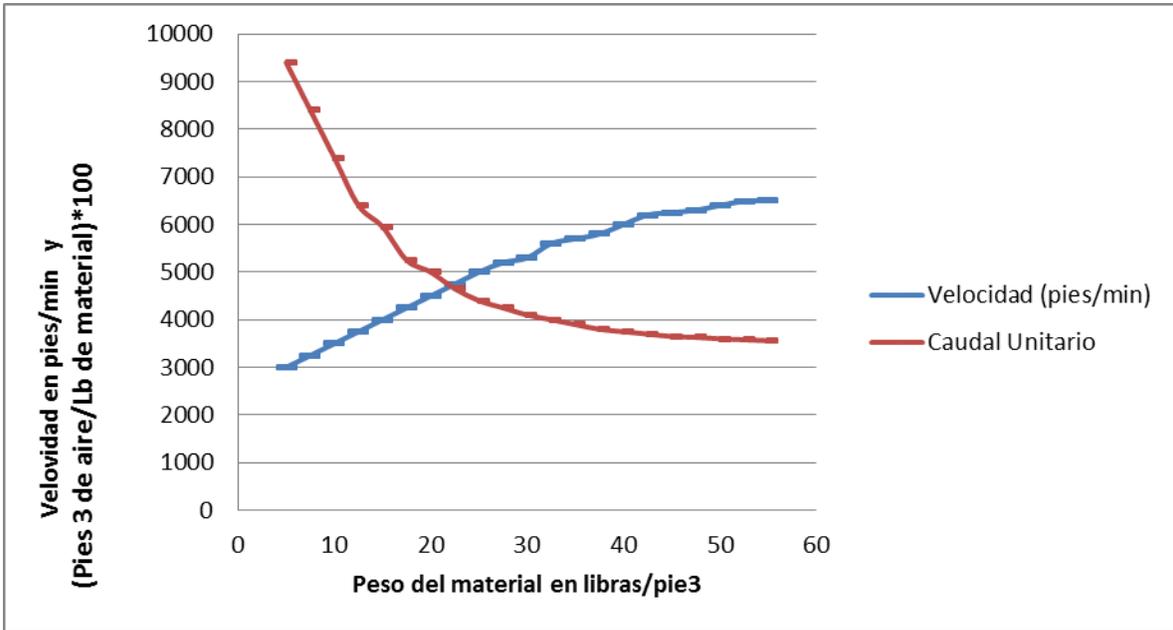


Figura B.1 Curvas de velocidad y caudal unitario

Fuente: Mallia (1997)

B.3 Cálculo del diámetro de tubería

El diámetro de tuberías se determina por medio de la ecuación (B.2):

$$Dt = \sqrt{4 * \frac{Q}{\pi} * Va} \tag{B.2}$$

Donde

Dt: diámetro de la tubería (pie)

Va: Velocidad del aire (pie/min)

Sustituyendo los valores de caudal y velocidad resulta

$$Dt = [(4 \times 30,28 \text{pie}^3/\text{min}) / \pi \times 3000 \text{pie}/\text{min}]^{\frac{1}{2}} = 0,1134 \text{pie} = 1,36 \text{plg}$$

Considerando diámetros de tuberías disponibles en el mercado, $Dt = 1 \frac{1}{2}$ plg

B.4 Cálculo del área seccional de la tubería

Calculada por la ecuación (B.3)

$$A = \pi * (Dt^2)/4 \quad (\text{B.3})$$

$$A = \pi * (0,1134 \text{pie}^2)/4 = 0,01009 \text{pie}^2$$

B.5 Cálculo del ajuste de caudal

Entonces el caudal ajustado será calculado por lo que muestra la ecuación (B.4)

$$Q = Va * A \quad (\text{B.4})$$

$$Q = 3000 \text{pie}/\text{min} * 0,01009 \text{pie}^2 = 30,27 \text{pie}^3/\text{min}$$

$$Qu = Q/C \quad (\text{B.5})$$

Qu: caudal por material a manejar

C: cantidad de material a manejar (l/min)

$$Qu = 30,27 (\text{pie}^3/\text{min}) / 0,2218 \text{ (lb/min)} = 136,45 \text{ pie}^3/\text{lb}$$

En resumen:

$$V_a = 3000 \text{ pie/min}$$

$$Q = 30,27 \text{ pie}^3/\text{min}$$

$$Q_u = 136,45 \text{ pie}^3/\text{lb}$$

$$D_t = 1\frac{1}{2} \text{ plg}$$

B.6 Cálculo de las pérdidas de presión

En este aspecto se identifican cuatro renglones básicos:

a. Pérdidas en la línea

En este renglón es necesario calcular las pérdidas por fricción en el sector de la línea que conduce la mezcla aire/material (antes del ciclón) y en el sector que sólo conduce aire (después del ciclón). En ambos casos se determina la longitud de la línea, incluyendo los codos y el factor de fricción correspondiente (Mallia, 1997)

La longitud de cada sector se calcula a partir de

$$L = l + L_{eq} \tag{B.6}$$

Donde

L: longitud de cada sector (pie)

l: longitud total de los tramos rectos (pie)

L_{eq} : longitud equivalente de los codos (pie)

Las pérdidas por fricción en cualquiera de los sectores se pueden calcular en forma general por (B.7) como:

$$P = f \times L \tag{B.7}$$

Donde

ANEXOS

F: factor de fricción (adimensional)

P: pérdidas por fricción (pie)

b. Pérdidas de la línea después del ciclón

Definidas por la ecuación (B.8)

$$P_1 = F_o \times L_1 \quad (B.8)$$

En este tramo

L_1 se obtiene por (B.9)

F_o : Factor de fricción después del ciclón

$$L_1 = l_1 + Leq_1 \quad (B.9)$$

$$L_1 = 50 \text{ pie} + 4 \text{ pie} = 54 \text{ pie}$$

Donde Leq_1 corresponde a la longitud equivalente de un codo de 1½ plg calculado a través de la tabla B.1)

Tabla B.1 Accesorios y válvulas expresados en pies (m) equivalente de tubería

Accesorios y Válvulas	¾"	1"	1¼ "	1 ½ "
	(20 mm)	(25 mm)	(32 mm)	(40 mm)
Codo a 45°	1(0,3)	1(0,3)	1(0,3)	2(0,6)
Codo Normalizado a 90°	2(0,6)	2(0,6)	3(0,9)	4(1,2)
Codo de gran radio a 90°	1(0,3)	2(0,6)	2(0,6)	2(0,6)
To cruz (corriente gira 90°)	4(1,2)	5(1,5)	6(1,8)	8(2,4)
Válvula de compuerta	--	--	--	--
Válvula de mariposa	--	--	--	--
Válvula de retención con clapeta oscilante	4(1,2)	5(1,5)	7(2,1)	9(2,7)

Fuente: Cantanhe (1999)

Del gráfico de la figura A.2, para $V = 3540 \text{ pie/min}$ y $D = 1 \text{ plg}$ (Extrapolando)

$$F_o = 6 \text{ plg de agua/100 pie}$$

Entonces

ANEXOS

$$P_1 = (6 \text{ plg agua}/100 \text{ pie}) \times 54 \text{ pie} = 3,24 \text{ plg de agua}$$

c. Pérdidas antes del ciclón

$$P_2 = f_1 * L_2$$

Donde f_1 en esta ocasión se puede obtener por (B.10)

$$f_1 = [(4,9/Qu) + 1]*f_o \quad (B.10)$$

Donde

Qu: caudal por material a manejar (pie^3/lb)

f_o : Factor de fricción después del ciclón (plg de agua)

f_1 : Perdida antes del ciclón (plg de agua)

$$f_1 = [(4,9/136,45) + 1]*6 \text{ plg agua} = 6,22 \text{ plg de agua} / 100 \text{ pie}$$

$$L_2 = l_2 + Leq_2 \quad (B.11)$$

Considerando el mismo diámetro de tubería = 1 plg, se tiene que

$$Leq_2 = 2 \text{ plg} = 0,167 \text{ pie}$$

$$l_2 = 0,167 \text{ pie} + 106,33 \text{ pie} = 106,5 \text{ pie}$$

$$P_2 = (16,13 \text{ plg de agua}/ 100 \text{ pie}) * 10,65 \text{ plg de agua}$$

d. Pérdidas en el ciclón

$$P_3 = 0,0024 \times \rho \times V^2 \quad (B.12)$$

Dónde:

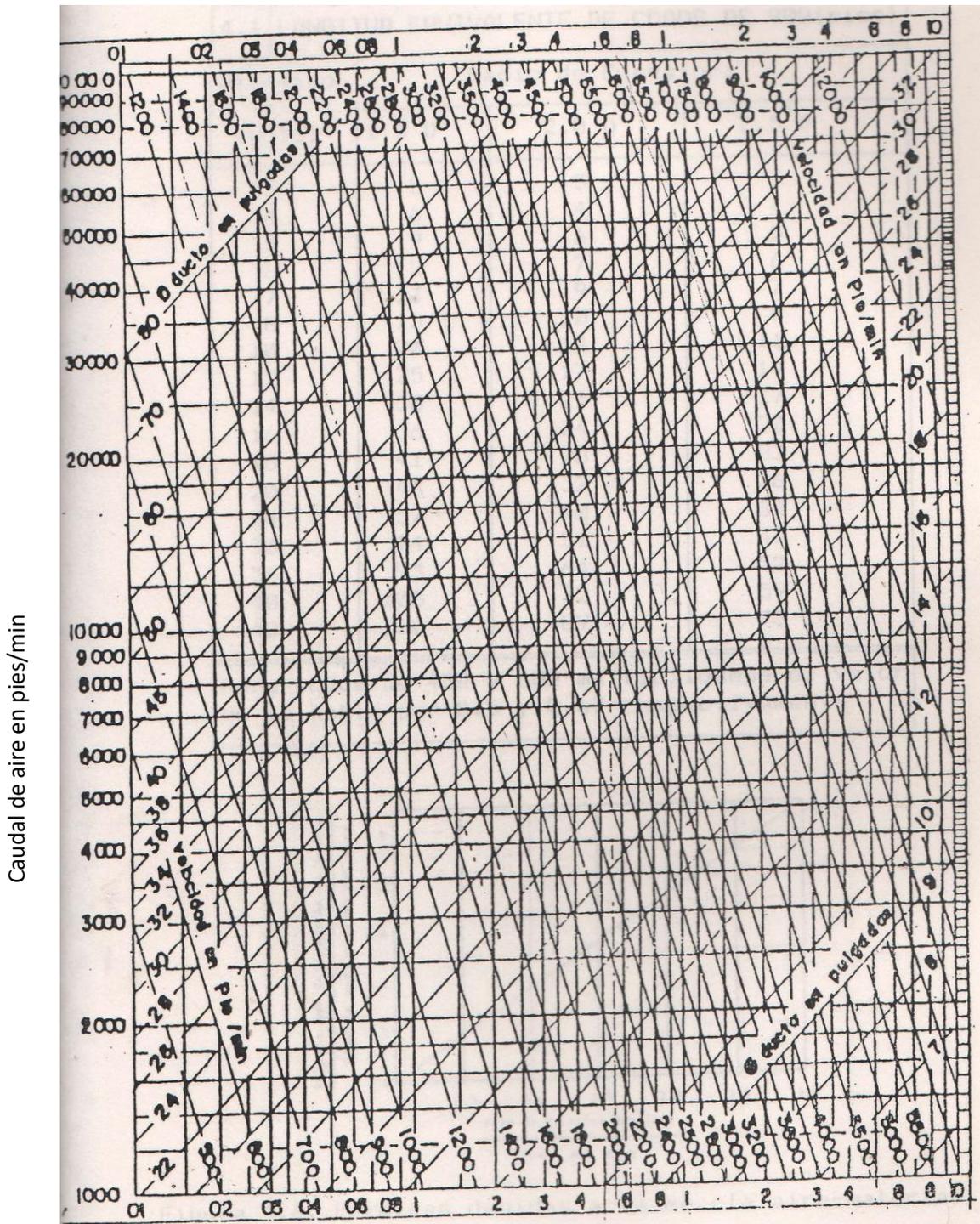
P_3 : pérdidas en el ciclón (pie)

ρ : densidad del aire $0,075 \text{ lb}/\text{pie}^3$

V : velocidad de la corriente

$$V: (3000\text{pie}/\text{min} / 60\text{s}/\text{min}) = 50\text{pie}/\text{s}$$

ANEXOS



Perdidas por fricción en los ductos en Pulg. De agua/100 Pie de long.

Figura B.2. f. a partir de volumen y diámetro

Fuente: Mallia (1997)

Luego

$$P_3 = 0,0024 \times 0,075 \text{ lb/pie}^3 \times (50 \text{ Pie/s})^2 = 0,45 \text{ plg de agua}$$

e. Pérdidas en filtro

Según Mallia (1997), experimentalmente se ha encontrado que las pérdidas en el filtro fluctúan entre 3 y 4 plg de agua, por cada filtro.

$$P_4 = 3 \text{ plg de agua}$$

f. Pérdidas debidas a la succión

El sistema de impulsión debe garantizar la energía necesaria para vencer la inercia de los desechos patológicos, para así levantarlos e imprimirles velocidad. La tabla B.2 (considerando que los desechos patológicos se comporten como la mayor pérdida de los materiales reflejados) permite obtener el valor

$$P_5 = 5 \text{ plg}$$

La pérdida total es la suma de las anteriores pérdidas calculadas (B.13)

$$P = \sum P_i \quad \text{(B.13)}$$

$$P = (3,24 + 10,65 + 0,45 + 3 + 5) \text{ plg de agua} = 22,34 \text{ plg de agua.}$$

B.7 Cálculo de potencia y selección del ventilador

De la figura A.3 para especificaciones de la bomba de vacío para un caudal de 13,10 pie³/min (22 m³/h) y pérdidas de 22,4 plg de agua, se puede seleccionar la potencia requerida de la bomba que para este caso es de 80 Vatios o 0,10 HP

ANEXOS

Tabla B.2. Pérdidas por levantamiento para algunos materiales típicos

Material	Peso promedio (lb/pie ³)	Pérdidas (pulg de agua)
Algodón	5	2
Arena	105	5
Aserrín	12	2
Cal	30	3
Carbón	30	3
Cebada	38	3
Cemento	100	5
Ceniza	30	3
Corcho	14	1
Cortezas	20	2
Escoria	46	4
Frijol	28	4
Frutas secas	30	3
Lana	5	2
Lana Mineral	12	2
Maíz en grano	56	4
Harina	40	3
Malta	35	3
Olote	25	2
Recortes de papel	20	3
Pelo	5	1
Plumas	5	1
Polvo de esmeril	30	2
Polvo de pulidora	30	2
Salvado	16	2
Trapo	30	2
Trigo	46	4
Viruta ligera	9	2
Viruta mojada	24	5

Fuente: Mallia 1997

ANEXOS

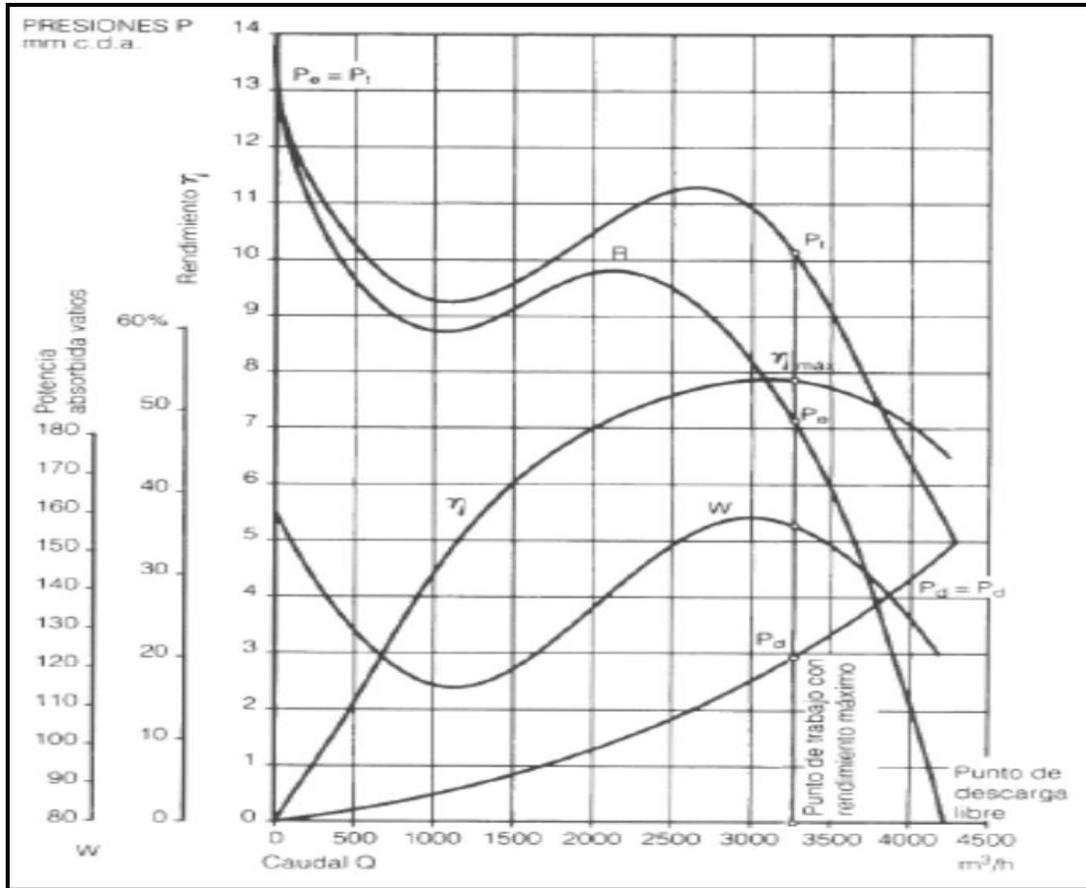


Figura A.3 Especificaciones de bombas según caudal

Fuente: Caicedo 2010

4.8 Dimensionamiento del ciclón

Para calcular las dimensiones del ciclón se tienen las ecuaciones desde (B.14)

$$\text{Diámetro del ciclón (D)} = 4xB \quad (\text{B.14})$$

$$\text{Área de entrada} = B \times h \quad (\text{B.15})$$

$$h = 2B \quad (\text{B.16})$$

$$\text{Salida de aire (d)} = D/2 \quad (\text{B.17})$$

$$\text{Descarga del material (A}_m) = D/4 \quad (\text{B.18})$$

$$\text{Altura del cuerpo del ciclón (L)} = L = 2D \quad (\text{B.19})$$

$$\text{Altura del cono del ciclón (c)} = c = 2D \quad (\text{B.20})$$

ANEXOS

$$D = 4 \times (3 \text{ cm}) = 12,00 \text{ cm}$$

$$h = 2 * 3 \text{ cm} = 6,00 \text{ cm}$$

$$\text{Área} = 3,00\text{cm} * 6,00\text{cm} = 18 \text{ cm}^2$$

$$d = 12/2 = 6\text{cm}$$

$$A_m = D/4 = 12/4 = 3\text{cm}$$

$$L = 2 * 12,00 \text{ cm} = 24,00 \text{ cm}$$

$$c = 2D = 2 * 12,00 \text{ cm} = 24,00 \text{ cm}$$

4.6.10 Diseño de las tolvas

a. Tolva de recepción

a.1. Ángulo de reposo (α):

El ángulo mínimo de inclinación de una tolva depende de la granulometría del material y de la humedad. Algunos ángulos de reposo se muestran en la tabla B.3:

Tabla B.3 Ángulos de reposos según material

Material	A
Arcilla	17°
Arena	31°
Grava	38°-38°
Desposte avícola	63°

Fuente: Sfriso (2008)

Las ecuaciones para diseño de tolvas rectangulares según Ruiz R. y Peña J. (2006), son las siguientes:

$$h = \text{tg}\beta (D/2) \quad (\text{B.21})$$

$$V_i = (1/12) * \pi * D^3 * \text{Tg}\beta \quad (\text{B.22})$$

$$V_i/V_T = (1/3) * \text{tg}\beta * (D/h_1) \quad (\text{B.23})$$

$$V_i = \pi D^2 x h_1 / 4 \quad (\text{B.24})$$

$$H_T = h + h_1 \quad (\text{B.25})$$

Donde

V_i = Volumen inútil (m)

V_t =Volumen total (m)

D = Diámetro tolva (m)

h = altura del cono (m)

h_1 = altura del cilindro (m)

H = altura total de la tolva (m)

$$h = \operatorname{tg}\beta (D/2) = \operatorname{tg}(65) \cdot (1/2) = 1,07 \text{ m}$$

$$V_i = (1/12) \cdot \pi \cdot D^3 \cdot \operatorname{Tg}\beta = (1/12) \cdot \pi \cdot 1^3 \cdot \operatorname{Tg}(65) = 0,56 \text{ m}^3$$

Sustituyendo B.23 en B.24 se obtiene

$$h = \sqrt{\frac{4 \cdot \operatorname{Tg}\beta}{3 \cdot \pi \cdot 1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \operatorname{Tg}(65)}{3 \cdot \pi \cdot 1}} = 0,95 \text{ m}$$

$$V_t = \pi \cdot D^2 \cdot \frac{h_1}{4} = \pi \cdot (1\text{m})^2 \cdot \frac{0,95\text{m}}{4} = 0,84 \text{ m}^3$$

La altura total se obtiene por la ecuación (B.26)

$$H_T = h + h_1 \tag{B.26}$$

$$H_T = 1,07\text{m} + 0,95\text{m} = 2,02 \text{ m}$$

Por lo tanto las dimensiones de la tolva de recepción son:

- $h = 1,07 \text{ m}$
- $H_T = 2,02 \text{ m}$
- $D = 1\text{m}$

ANEXOS

- $\alpha = 50^\circ$
- $\beta = 65^\circ$
- $V_t = 0,84 \text{ m}^3$
- Tipo de descarga, por succión.
- Material de construcción = acero inoxidable 306, lámina de 3mm de espesor.
- Ciclo de succión: 2min

b. Tolva de almacenamiento

Estas tolvas cumplen con la función de almacenar los residuos sólidos durante toda la jornada de trabajo. Se requerirá dos tolvas de sección rectangular, para almacenar de unos 143,72 kg/d a 287,44 kg/d, esto tomando como previsión una frecuencia semanal para dar disposición final a los desechos.

El volumen total a almacenar y número de tolvas requeridas se obtiene por (B.27)

$$V \text{ t. almacenar} = \frac{TGD}{\gamma \text{ Kg/m}^3} \quad (\text{B.27})$$

$$\text{N}^\circ \text{ de tolvas} = \frac{V \text{ t. almacenar}}{V \text{ tolva}}$$

Donde:

TGD: Tasa de generación de desechos kg/d

γ : Peso específico Kg/m³

$$V \text{ t. almacenar} = \frac{287,44 \text{ Kg/d}}{89 \text{ Kg/m}^3} = 3,23 \text{ m}^3$$

$$\text{N}^\circ \text{ de tolvas} = \frac{3,23 \text{ m}^3}{0,84 \text{ m}^3} = 3,84 = 4$$

Para garantizar la frecuencia de retiro del material, se ubicó una empresa en el área metropolitana que pudiera facilitar el retiro diario de producto, sin que esto implique un costo elevado por traslado.

ANEXOS

Es importante tener en cuenta la temperatura a la que debe estar los desechos almacenados, el decreto 2218 (1998), establece: “los desechos tipos B, C y D, deberán tratarse el mismo día de su generación. En caso de no ser posible, podrán almacenarse un máximo de treinta (30) días bajo las siguientes condiciones: para almacenar un día, la temperatura deberá estar entre 17° °C y 25° C. Para almacenar tres (3) días, la temperatura deberá estar entre 1° C y 7° C”, para almacenar 30 días la temperatura debe estar en 0°c.

Anexo C
Diseño de propuesta de planta de
tratamiento
Propuesta B

C.1 Rejillas de desbaste:

Para el diseño de rejillas se tienen las ecuaciones que se muestran a continuación, así como en la tabla C.1 se visualiza de manera gráfica el dimensionamiento de las rejillas:

$$At = As + Af \quad (C.1)$$

$$As = n \times s \times L \quad (C.2)$$

$$Af = \frac{C \times Q}{K \times Va} \quad (C.3)$$

$$N^{\circ}e = N^{\circ}b + 1 \quad (C.4)$$

Donde

At: área total de rejillas (m²)

As: área total de barras (m²)

Af: área necesaria de flujo (m²)

N^o_b: n: número de barras

s: ancho de cada barra (m)

L: longitud de cada barra (m)

C: coeficiente de barras

Q: caudal de entrada (m³/s)

K: coeficiente de contracción de barra

V_a o V_c: velocidad de aproximación

N^o_e: número de espacios

e: separación entre barras

Lara (2009), también indica que los parámetros fundamentales en el diseño de rejillas son la velocidad y la pérdida de carga,

ANEXOS

$$\text{Área} = \frac{Q}{v_a} \quad (\text{C.5})$$

$$\text{Área} = 0,060 \text{ m}^2$$

Pérdida de carga a través de una reja (Δh), en m

$$\Delta h = K_1 * K_2 * K_3 * (V^2/2g) \quad (\text{C.6})$$

V: Velocidad de acercamiento en el caudal, en m/s

g: Aceleración de la gravedad (m/s^2)

K_1 : Valores de atascamiento

C: % de sección de paso que subsiste en el atascamiento máximo

K_2 : Valores referentes a la sección horizontal de los barrotes

K_3 : Valores de sección de paso ente barrotes.

Además, se requiere calcular

e: Espacio entre barrotes

d: Anchura de barrotes

z: espesor de los barrotes

h: altura sumergida de los barrotes

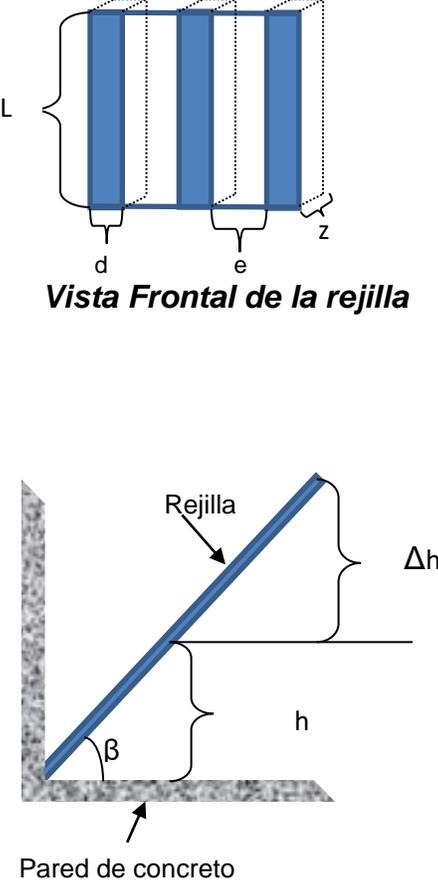
C.2 Tanque de igualación

C.2.1) Cálculo de capacidad de regulación

El valor de bombeo está ligeramente por encima del caudal promedio de descarga estimado siendo 70,04 m^3/h , considerando la reducción del 30% que genera el sistema de arrastre por vacío (42,20 m^3/h). Considerando, se tomará un valor de bombeo de 45 m^3/h .

ANEXOS

Tabla C.1. Dimensiones de diseño de rejillas de desbaste

Rejillas de desbaste	Dimensiones
 <p align="center">Vista Frontal de la rejilla</p>	<p>L: largo de las barras 2,5 m e: espacio entre barrotes = 2 cm d: ancho de barrotes = 2,5 cm z: espesor de los barrotes = 12,5 cm $N^{\circ}_b = 31$ $N^{\circ}_e = 32$</p> <p> Barrotes: la rejilla constará de 31 barrotes y por ende 32 espacios entre barrotes</p> <p>β: Angulo de inclinación: = 53,13° Δh 25 cm h = 24 cm Altura total de rejillas 25 + h = 49 cm</p>

$$\text{Capacidad de Tanque igualación} = \frac{(0,20 \times \text{Volumen vertido acumulado}) \times 24 \text{ h}}{\text{horas de flujo} \times N^{\circ} \text{ de muestreos}} \quad (\text{C.7})$$

$$\text{Capacidad de Tanque igualación} = \frac{(0,20 \times 2170,08 \text{ m}^3) \times 24 \text{ h}}{(6 \text{ h} \times 12)} = 144,67 \text{ m}^3$$

C.3) SBR:

Para esta unidad, Dautant et al. (1988), indica que es necesario definir:

ANEXOS

- Q_0 el flujo promedio, el flujo máximo, e idealmente, la curva de variación del flujo ($m^3/día$).
- S_0 la concentración de orgánicos (DBO) de entrada media, máxima y sus variaciones horarias (mg/L)
- X_0 la concentración de sólidos suspendidos de entrada (SS, mg/L)
- los requisitos de salida para el sustrato (S_F) y los sólidos suspendidos (X_F)

Estas definiciones permiten obtener la carga (masa diaria) de sustrato a abatir y los requisitos de sedimentación para clarificación del efluente final.

C.3.1) Carga (K):

La carga se cuantifica como flujo másico de entrada al reactor, según (C.8):

$$K=Q_0*(S_0-S_E) \quad (C.8)$$

Donde:

K: Flujo másico a la entrada del reactor

Q_0 : Caudal a la entrada de la unidad, que es igual a Q_{out} de la unidad anterior (m^3/s). Considerando

S_E : la concentración de orgánicos (DBO) máxima permitida a la salida (mg/L). Considerando S_E de 300 mg/L

S_0 : la concentración de orgánicos (DBO) a la entrada (mg/L).

Considerando 4200 mg/L (como factor de sobrediseño versus 3780 mg/L previo al sistema de arrastre por vacío) y un valor de 3100 mg/L (como factor de sobrediseño versus 2646 mg/L) posterior a la aplicación del sistema de manejo de desechos mencionado. Este sobre diseño a fin de cumplir con los requerimientos del efluente fluctuante en cargas, debido a que esta es la última unidad de tratamiento.

$K = 273,16 \frac{kg}{h}$ Sin sistema de arrastre por vacío y

$K = 196,11 \frac{kg}{h}$ con el sistema de arrastre por vacío

Para el presente diseño se asume $F/M = 28,5 \text{ día}^{-1}$ y $X_{AR} = 10000 \text{ mg/L}$

Las dos decisiones clave para la operación del SBR son la razón de alimento a biomasa (F/M) y la densidad celular activa de operación (XA medido como MLVSS).

C.3.2) Volumen del reactor en baja: (previo a ser alimentado)

Queda completamente determinado por la carga de diseño (K) y la selección de valores de F/M y X_{AR} . En particular, la carga (K) refleja la masa diaria de orgánicos que deben ser tratados; pero, el tratamiento se realizará con una cantidad definida de sólidos biológicos (X_{AR}) que deben establecer una relación predefinida entre ellos (F/M). Así la ecuación (C.9) permite calcularlo:

$$V_{ro} = \frac{Q_0 * S_0}{\left(\frac{F}{M}\right) * X_{ar}} \quad (C.9)$$

$V_{ro} = 26,64 \text{ m}^3$ Sin sistema de arrastre por vacío

$V_{ro} = 13,76 \text{ m}^3$ Con sistema de arrastre por vacío

C.3.3) Volumen de reactor:

Esta dado por la ecuación (C.10)

$$V_f = V_{ro} + \frac{Q_0}{N_c * N_r} \quad (C.10)$$

Dónde:

ANEXOS

Nc: Numero de ciclos en el día (N°/d). Considerando los % de remoción dados anteriormente, se puede establecer 1 solo ciclo, sin embargo, para reducir las cargas a la menor expresión en el caso de tener valores altos al término del primer ciclo

Nr: N° de reactores. Al ser los valores de entrada bajos y tener ya establecido dos ciclos, se considera la presencia de un solo ciclo.

Nc: Se consideran 2 ciclos, para reducir las cargas a la menor expresión en el caso de tener valores altos al término del primer ciclo

$$V f = 61,76 \text{ m}^3 \text{ Sin sistema de arrastre por vacío}$$

$$V f = 38,27 \text{ m}^3 \text{ Con sistema de arrastre por vacío}$$

Finalmente es importante saber que el volumen admitido a cada reactor es el mismo que el descargado y habrá tantas descargas diarias de cada reactor como ciclos diarios se operen.

C.3.4) Área del reactor:

Es obtenida a través de la ecuación (C.11), en donde H_o es la altura mínima del reactor Dautant et al. (1988), indica que la altura mínima debe considerar que los sólidos al final de la etapa de decantación y descarga ocuparán una altura determinada que, de ser disminuida, produciría la descarga de sólidos en el efluente tratado; recomendando alturas mínimas del orden de un metro (1m), valor considerado dicho valor. De estas consideraciones se obtiene el área de reactor:

$$A = \frac{V_{ro}}{H_o} \tag{C.11}$$

$$A = 26,64 \text{ m}^2 \text{ Sin sistema de arrastre por vacío}$$

$$A = 13,76 \text{ m}^2 \text{ Con sistema de arrastre por vacío}$$

C.3.5) Tiempos del reactor:

En el caso de los SBR es posible distinguir dos tiempos de residencia, según si se considera el reactor lleno (TRHF) o en mínimo (TRH0), para lo que se tiene las ecuaciones (C.12) y (C.13).

$$\text{TRH } f = \frac{Nr * Vf}{Qo} \quad (\text{C.12})$$

$$\text{TRH } 0 = \frac{Nr * Vo}{Qo} \quad (\text{C.13})$$

$$\text{TRH } f = \frac{1 * 61,76 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{70,042 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 0,88 \text{ h Sin sistema de arrastre por vacío}$$

$$\text{TRH } 0 = \frac{1 * 26,64 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{70,042 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 0,52 \text{ h Sin sistema de arrastre por vacío}$$

$$\text{TRH } f = \frac{1 * 38,27 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{49,02 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 0,78 \text{ h Con sistema de arrastre por vacío}$$

$$\text{TRH } 0 = \frac{1 * 13,76 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{49,02 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 0,28 \text{ h Con sistema de arrastre por vacío}$$

Este debe ser el tiempo mínimo requerido para que se inicie la reacción dentro del SBR, sin embargo más adelante se muestran todos los tiempos necesarios a considerar en el diseño.

C.3.6) Oxígeno requerido:

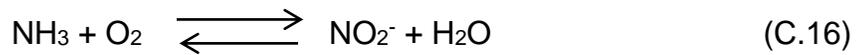
Está reflejado en la carga (K) del sistema. El requerimiento de oxígeno (R_{O_2}) está dado por la carga a tratar (K) y el conocimiento de la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar una masa dada de DBO_5 , que conforma un parámetro de conversión (Y_{O_2}) (Dautant et al. 1988), calculado por la ecuación (C.14)

$$R_{O_2} = \frac{K * Y_{O_2}}{Q} \quad (\text{C.14})$$

Dónde:

Q: caudal a la entrada (m³/h)

Y_{O₂}: Es el coeficiente de conversión, se relaciona con la cantidad de oxígeno que requiere la oxidación de material biológico. Para ello es necesario establecer la degradación teórica del material a tratar.



Para la ecuación anterior se requiere un yield (Y) de 1,42 gr O₂ por gr DBO₅. Al oxígeno requerido para la oxidación de orgánicos se debe agregar el oxígeno que se consumirá por la presencia de nitrógeno orgánico, requiriendo por lo general 1,83 gr de O₂ por gr de DBO₅ (Barillas y Córcega, 2006).

Sustituyendo en la ecuación (C.14), se tiene

$$R_{\text{O}_2} = 7136,90 \frac{\text{g O}_2}{\text{m}^3} \text{ Sin sistema de arrastre por vacío}$$

$$R_{\text{O}_2} = 5121,07 \frac{\text{g O}_2}{\text{m}^3} \text{ Con sistema de arrastre por vacío}$$

Requiriendo el agua a tratar 7136,90 g O₂ por cada m³ de agua

Este valor de oxígeno teórico requerido debe ser provisto con equipos y mecanismos que, con una tecnología determinada, permitan el cálculo de potencia requerido para el aporte de oxígeno.

C.3.7) Descarga de Lodos en Reactores (ML y QL):

ANEXOS

Es la masa de lodos que producirá diariamente el reactor, en función de la carga diaria de DBO₅ (K) y de un factor de producción (Y_{X/S}) que especifique la conversión de DBO₅ a X_A (expresado como MLSS). El flujo volumétrico diario de lodos (QL) estará dado por el flujo másico diario y la densidad (dL) según:

$$M L = K * Y_{x/s} \quad (C.18)$$

$$Q L = M L / \rho L \quad (C.19)$$

Los parámetros asociados reportados suelen estar en rangos más bien estrechos; Y_{X/S} cae en el rango desde 0,5 a 0,85 (con un valor medio de 0,74) mg de MLSS/mg DBO₅; dL depende de las propiedades del lodo particular y su rango está entre 0,5% y 2% (con un valor más probable de 1%) sobre la densidad del agua (Dautant et al. 1988)

Asumiendo Y_{X/S} como 0,74 mg de MLSS/mg DBO₅ sustituyendo en (C.18), se obtiene la masa de lodo, con lo que posteriormente se calcula el caudal del lodo

L como 2% sobre la densidad del agua

$$M L = 202,13 \text{ kg de } \frac{MLSS}{h} \text{ Sin sistema de arrastre por vacío}$$

$$M L = 145,11 \text{ kg de } \frac{MLSS}{h} \text{ Con sistema de arrastre por vacío}$$

$$Q L = \frac{168,44 \text{ L}}{h} \text{ Sin sistema de arrastre por vacío}$$

$$Q L = \frac{120,93 L}{h} \quad \text{Con sistema de arrastre por vacío}$$

C.3.8) Diseño de los tiempos de las etapas de SBR

A continuación se especifica como calcular los tiempos de un SBR según Dautant et al. (1988)

a) Tiempo de ciclo:

Cada ciclo de operación de un reactor SBR tiene una duración dada por el número diario de ciclos (ND) como se muestra en la ecuación (C.20):

$$t \text{ ciclo} = \frac{24 \left(\frac{h}{d} \right)}{NC} \quad (C.20)$$

$$t \text{ ciclo} = \frac{24 \left(\frac{h}{d} \right)}{2} = 12 h$$

Tabla C.2 Valores del efluente luego del primer ciclo de tratamiento en el SBR

Parámetros Físico-Químicos	Valor a la entrada del SBR (Sin SAV)	Valor a la entrada del SBR (Con SAV)	% Remoción según redox 2009	Valores al finalizar el tratamiento	Valores al finalizar el tratamiento	Valor límite según decreto 883

ANEXOS

	(mg/L)	(mg/L)	%	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
A y G	300	300	60%	120	120	150
DBO_(5,20)	3780	2646	75%	945	661	350
DQO	7130	4991	70%	2139	1407	900
Fósforo total	25	25	40%	15	15	10
Nitrógeno Total	83	83	50%	42	42	40
Sólidos flotantes	168	168	100%	0	0	Ausentes
Sólidos suspendidos	980	980	60%	392	392	400
Sólidos totales	1860	1860	40%	1116	1116	1600
Sulfatos	610	610	30%	427	427	400

Solo se considera la reducción de un 30% de DBO(5,20) y DQO a la entrada (en el afluente de la unidad), ya que solo se tiene información bibliográfica acerca de la reducción de estos parámetros con el sistema de arrastre por vacío oscilando entre 30% a 59%. Así mismo para el SBR se considera un % de remoción de DBO es del 70 al 85%, Nitrógeno de 45 a 55% y fosforo del 30 a 40 %, según lo establecido por Oxicon (2009)

Oxicon (2009), sugiere repetir el ciclo de tratamiento, con los tiempos establecidos si el agua no alcanza los valores esperados, alcanzándose en este segundo tratamiento, la eficiencia que se alcanza en el primer ciclo principalmente para DBO y DQO y generándose la mitad del lodo desarrollado en el primer ciclo. En base a lo anteriormente indicado, el tiempo de duración del ciclo de 12 horas y considerando que se disponen aún de 12 horas para otro ciclo de tratamiento antes de iniciar el tratamiento del día posterior sin generar acumulación de agua (más de la necesaria) en el tanque de igualación, se considera realizar este segundo tratamiento, obteniendo los siguientes valores en el efluente

ANEXOS

Tabla C.3 Valores del efluente luego del segundo ciclo de tratamiento en el SBR

Parámetros Físico-Químicos	Valores al finalizar el tratamiento sin sistema de arrastre por vacío	Valores al finalizar el tratamiento con sistema de arrastre por vacío	Valor límite según decreto 883
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
A y G	84	84	150
DBO (5,20)	284	198	350
DQO	642	422	900
Fósforo total	9	9	10
Nitrógeno Total	21	21	40
Sulfatos	298,9	298,9	400

Nota: Para mayor claridad, ver información detallada en anexos

b) Tiempo de llenado o carga.

El tiempo de carga (t_c) queda determinado como el 50 % del tiempo del ciclo. En general, la carga durará $1/N_r$ (número de reactores) de la duración de cada ciclo. El ciclo tiene una duración de 24(h/día) dividido por el número de ciclos (NC), multiplicado por un 50%. Así lo muestra la ecuación (C.21):

$$t_c = \frac{24}{N_c} * \frac{1}{N_r} \quad (C.21)$$

$$t_c = \frac{24}{2} * \frac{1}{1} * 0,5 = 6 \text{ h}$$

c) Tiempo de reacción

Es el tiempo necesario para producir el tratamiento sin admitir alimentación. Para un ciclo de t_{ciclo} (h); con una etapa de carga de duración t_c , el suministro de

oxígeno en admisión será de $t_c/2$ horas. De esta manera, el tiempo de reacción será también de $t_c/2$, como se muestra en (C.22)

$$t_r = \frac{t_c}{2} \quad (C.22)$$

$$t_r = \frac{6}{2} = 3 \text{ h}$$

d) Tiempo de sedimentación:

El tiempo de sedimentación (t_s) en que el contenido del reactor se mantiene completamente estático, debe ser tal que la parte superior desde donde se procederá a retirar el efluente tratado debe estar completamente clarificado.

Para el caso de lodos activados se considera el valor empírico de la velocidad de sedimentación de partículas que floculan a medida que sedimentan igual a 1,1 cm/min (valor de la tasa hidráulica de sedimentación de 16 m³/día*m²), por lo que Dautant et al. (1988) recomienda un tiempo de sedimentación de 12 minutos (0,2 horas) para iniciar el retiro del sobrenadante a 1 hora. Este valor no cambia con el tiempo de ciclo, dependiendo solamente de las propiedades de sedimentación del lodo activado producido. Considerando que la mayoría del material debe sedimentar en 45 minutos o 0,75 horas.

Por lo tanto: $t_s = 1 \text{ h}$

e) Tiempo de descarga de efluente tratado:

Este tiempo corresponde al necesario para evacuar el máximo nivel del reactor hasta el nivel mínimo manteniendo la parte superior del líquido clarificado a lo menos a 12 cm de la superficie. Para calcularlo se sigue la ecuación (C.23)

$$t_d = t_{\text{ciclo}} - t_c - t_r - t_s \quad (C.23)$$

$$t_d = (12 - 6 - 3 - 1)\text{h} = 2 \text{ h}$$

f) Tiempo de descarga de lodos.

Usualmente la descarga de lodos se hace simultáneamente con la parte final de la descarga del reactor. Un valor razonable es de un tercio del tiempo de descarga del efluente, como lo muestra la ecuación (C.24)

$$t_l = \frac{t_d}{3} \quad (\text{C.24})$$

$$t_l = \frac{2 \text{ h}}{3} = 0,67 \text{ h}$$

Anexo D
Análisis de agua residual,
caracterización de laboratorio autorizado
y cadena de custodia

ANEXOS



Centro Clínico

Caracas – Distrito Capital

Caracterización de Efluentes Líquidos Residuales Industriales

Este Informe Contiene:

- Soportes de medición: Ver Anexo.
- Metodología aplicada: Standard Methods For The Examination Of Water & Wastewater APHA USA 2005.
- Temperatura: Termocupla registro analógico.
- pH: pHmetro Digital con registro de temperatura, marca +RADIOMETER
- Caudal: Por batch
- Cadena de custodia: Ver anexo.
- Oficio vigente: Ver anexo.

Fecha de captación: 19-05-2016

ANEXOS

REPORTE DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

SOLICITADO POR: "Diana González" para Centro Clínico [REDACTED]

UBICACIÓN: CARACAS, DISTRITO CAPITAL.

PROCEDENCIA: EFLUENTE DE CLÍNICA

TIPO DE MUESTRA: COMPUESTA

TIPO DE CAPTACIÓN: MANUAL

FECHA DE CAPTACIÓN: 19-05-2016

CODIGO: EP-0317-44

METODOLOGÍA: Códigos referidos a Standard Methods for the Examination of Water And Wastewater. APHA. USA.2005.

APARIENCIA: Líquido turbio, de color marrón con partículas.

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	VALOR	UNIDADES
pH laboratorio	6,3	-----
Conductividad Específica	5640	umhos/cm.
Temperatura	.18	°C.
Demanda Bioquímica de Oxígeno	4985	mg/l.
Demanda Química de Oxígeno	7320	mg/l.
Grasas y Aceites vegetales y animales	285	mg/l.
Aluminio	3	
Arsénico	0,01	
Bario Total	<0,1	
Cadmio Total	<0,1	
Cianuro Total	0,05	
Cobalto Total	0,02	
Cobre Total	1,3	
Cromo Total	1,5	
Hierro Total	28	
Manganeso	2,5	
Mercurio	0,01	
Níquel	0,9	
Plata Total	7,5	
Plomo	Ausente	
Selenio	Ausente	
Vanadio	0,1	
Zinc	3,8	

Cont...

Centro Clínico Casanova. Reporte Físicoquímico-Efluente de clínica – 19-05-2016.

ANEXOS

Cont.... Reporte Fisicoquímico- Efluente de clínica - 19-05-2016.

Empresa: CENTRO CLINICO

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	VALOR	UNIDADES
Sólidos totales	1450	mg/l.
Sólidos totales fijos	530	mg/l.
Sólidos totales volátiles	920	mg/l.
Sólidos suspendidos	1200	mg/l.
Sólidos suspendidos fijos	410	mg/l.
Sólidos suspendidos volátiles	790	mg/l.
Sólidos Flotantes	Presentes	-----
Nitrógeno Total	180	mg/l.
Fósforo Total	58	mg/l.
Cloruros	265	mg/l.
Sulfatos	596	mg/l.

Lic. ORLANDO LÁREZ ALLEN
GERENTE TECNICO

Fecha de Emisión: Maracay, 15 de Junio de 2016.
VER COMENTARIOS ANEXOS.

ANEXOS

Centro Clínico [REDACTED]
Caracas – Distrito Capital

TABLA COMPARATIVA EXIGENCIAS MPPA DECRETO Nro. 883

(Fecha de Captación: 19-05-2018)

PARÁMETROS	EFLUENTE DE PRODUCCIÓN (mg/l.)	DESCARGA CLOACA ARTICULO 15 LÍMITES MÁXIMOS (mg/l.)
DBO₅	4985	350
DQO	7320	900
pH	6.3	6-9
Aceites y grasas vegetales y animales	285	150
Sólidos totales	1450	1600
Sólidos suspendidos	1200	400
Fósforo total	58	10
Cloruros	265	NR
Sulfatos	596	400
Nitrógeno total	180	40

N.R. No reglamentado.

ANEXOS

COMENTARIOS GENERALES DE LOS RESULTADOS ANALÍTICOS OBTENIDOS EN MUESTRA DE EFLUENTE LÍQUIDOS RESIDUAL INDUSTRIAL, CAPTADAS EN EL CENTRO CLINICO [REDACTED] UBICADA EN CARACAS, DISTRITO CAPITAL, EN FECHA 19-05-2016.

- **DESCRIPCIÓN DEL MUESTREO.**

La preservación y análisis se hizo atendiendo las recomendaciones del Standard Methods For The Examination Of Water & Wastewater APHA.USA. 2005.

- **DE LOS RESULTADOS.**

- **Efluente de Clínica:** La mayoría de los parámetros se ajustan a lo exigido en el Artículo 15 del decreto 883, más notodos.

Se recomienda trabajar controlando descargas o instara unidades de tratamiento

Lic. ORLANDO LÁREZ ALLEN
GERENTE TÉCNICO

Emisión: Maracay, 15 de Junio de 2016.

ANEXOS

Centro Clínico [REDACTED]
Caracas – Distrito Capital

pH y Temperatura en campo
Fecha de Captación: 19-05-2018

Efluente de Clínica

<i>HORA</i>	<i>pH</i>	<i>Temp... °C</i>
<i>9:20 am.</i>	<i>6,1</i>	<i>18</i>
<i>9:40 am</i>	<i>6,3</i>	<i>18</i>
<i>10:00 am.</i>	<i>6,3</i>	<i>18</i>

ANEXOS

Código: <u>M-04</u>	N° de Muestra: <u>4</u>
Fecha: <u>19/05/16</u>	Hora: <u>1pm, 2pm, 2:30pm, 3pm, 3:45pm, 4pm</u>
Sitio de toma: <u>Salida de tubería de clínica (Sotano)</u>	
Tipo de Muestra: <u>Composita</u>	Parámetro medido In Situ: <u>pH 6.3</u>
Responsable: <u>Diana Bernal</u>	
Análisis a Realizar: <u>DBO, DCO, Fosforo, Cloruro, Nitrogeno, Sulfato, Sulfuro</u>	

Centro Clínico

Caracas – Distrito Capital

Caracterización de Efluentes Líquidos Residuales Industriales

Este Informe Contiene:

- *Soportes de medición: Ver Anexo.*
- *Metodología aplicada: Standard Methods For The Examination Of Water & Wastewater APHA USA 2005.*
- *Temperatura: Termocupla registro analógico.*
- *pH: pHmetro Digital con registro de temperatura, marca +RADIOMETER*
- *Caudal: Por batch*
- *Cadena de custodia: Ver anexo.*
- *Oficio vigente: Ver anexo.*

Fecha de captación: 14-09-2016

ANEXOS

REPORTE DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

SOLICITADO POR: "Diana González" para Centro Clínico [REDACTED]

UBICACIÓN: CARACAS, DISTRITO CAPITAL.

PROCEDENCIA: EFLUENTE DE CLINICA

TIPO DE MUESTRA: COMPUESTA

TIPO DE CAPTACIÓN: MANUAL

FECHA DE CAPTACIÓN: 14-09-2016

CODIGO: EP-0317-44

METODOLOGÍA: Códigos referidos a Standard Methods for the Examination of Water And Wastewater. APHA. USA.2005.

APARIENCIA: Líquido turbio, de color marrón con partículas.

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	VALOR	UNIDADES
pH laboratorio	7,1	-----
Conductividad Específica	4220	umhos/cm.
Temperatura	32	°C.
Demanda Bioquímica de Oxígeno	3780	mg/l.
Demanda Química de Oxígeno	7130	mg/l.
Grasas y Aceites vegetales y animales	300	mg/l.
Cobre Total	0,3	mg/l.
Cromo Total	1,1	mg/l.
Hierro Total	11	mg/l.
Sólidos totales	1860	mg/l.
Sólidos suspendidos	980	mg/l.
Sólidos Flotantes	Presentes	-----
Nitrógeno Total	83	mg/l.
Fósforo Total	25	mg/l.
Cloruros	130	mg/l.
Sulfatos	610	mg/l.

Centro Clínico Casanova. Reporte Fisicoquímico-Efluente de clínica - 14-09-2016.

Lic. **ORLANDO LÁREZ ALLEN**
GERENTE TECNICO

Fecha de Emisión: Maracay, 15 de Noviembre de 2016.
VER COMENTARIOS ANEXOS.

ANEXOS

Centro Clínico [REDACTED]
Caracas – Distrito Capital

TABLA COMPARATIVA EXIGENCIAS MPPA DECRETO Nro. 883

(Fecha de Captación: 14-09-2016)

PARÁMETROS	EFLUENTE DE PRODUCCIÓN (mg/l.)	DESCARGA CLOACA ARTICULO 15 LÍMITES MÁXIMOS (mg/l.)
<i>DBO₅</i>	3780	350
<i>DQO</i>	7130	900
<i>pH</i>	7.1	6-9
<i>Aceites y grasas vegetales y animales</i>	300	150
<i>Sólidos totales</i>	1860	1600
<i>Sólidos suspendidos</i>	980	400
<i>Fósforo total</i>	25	10
<i>Cloruros</i>	130	NR
<i>Sulfatos</i>	610	400
<i>Nitrógeno total</i>	83	40

N.R. No reglamentado.

ANEXOS

COMENTARIOS GENERALES DE LOS RESULTADOS ANALÍTICOS OBTENIDOS EN MUESTRA DE EFLUENTE LÍQUIDOS RESIDUAL INDUSTRIAL, CAPTADAS EN EL CENTRO CLINICO [REDACTED], UBICADA EN CARACAS, DISTRITO CAPITAL, EN FECHA 19-05-2016.

- **DESCRIPCIÓN DEL MUESTREO.**

La preservación y análisis se hizo atendiendo las recomendaciones del Standard Methods For The Examination Of Water & Wastewater APHA.USA. 2005.

- **DE LOS RESULTADOS.**

- **Efluente de Clínica:** La mayoría de los parámetros se ajustan a lo exigido en el Artículo 15 del decreto 883, más no todos.

Se recomienda trabajar controlando descargas o instara unidades de tratamiento

Lic. ORLANDO LÁREZ ALLEN
GERENTE TÉCNICO

Emisión: Maracay, 15 de Noviembre de 2016.

ANEXOS

Centro Clínico [REDACTED]
Caracas – Distrito Capital

pH y Temperatura en campo
Fecha de Captación: 14-09-2018

Efluente de Clínica

<i>HORA</i>	<i>pH</i>	<i>Temp... °C</i>
<i>3:20 pm.</i>	<i>7,1</i>	<i>31</i>
<i>3:40 am</i>	<i>7</i>	<i>32</i>
<i>10:00 am.</i>	<i>7,1</i>	<i>32</i>

ANEXOS

Código: <u>M-15</u>	N° de Muestra: <u>3</u>
Fecha: <u>14/09/2016</u>	Hora: <u>7am, 8am, 9am, 10am, 11am</u>
Sitio de toma: <u>Salida de tubería de clínica (Estano)</u>	
Tipo de Muestra: <u>Composita</u>	Parámetro medido In Situ: <u>pH 7.0</u>
Responsable: <u>Pina Román</u>	
Análisis a Realizar: <u>DBO, DQO, Nitrogeno, Cloruro, Sulfato, Fosforo</u>	

Anexo E
Charlas impartidas al personal de la
clínica

ANEXOS

Nombre de la Charla	REGREGACION DE DESECADOS EN CENTROS DE SALUD
Instructor(a)	DIANA GONZALEZ
Fecha	24,25,26/03/16

Participantes

N°	Nombre y Apellido	Cedula	Cargo	Firma
01	José R. Gómez A	V-17.212.175	Coordinador Mejora	José R. Gómez A
02	Raquel Rodríguez	V-11.091813	Enfermera	Raquel Rodríguez
03	Rommel Ochoa	V-18.266471	Especialista	Rommel Ochoa
04	José Ferrer	V-17.954.605	Analista SHE	José Ferrer
05	Pedro Avile	V-13.701.650	Analista SHE	Pedro Avile
06	JOSE ASCANIO	V-18.471656	Analista	J.A.
07	Darwin Pino	V-20.055.383	Psicólogo	Darwin Pino
08	Mónica Ospina	V-25.088.492	LCSA Enfermera	Mónica Ospina
09	William Nieto J.	11.352.989	Doc. Medicina	William Nieto J.
10	Ximena Terán	33.258.739	Asistente	Ximena Terán
11	Lairy Medina	16.739.475	Medico	Lairy Medina
12	Horacio Nieto	5.676.712	Op. Lim	Horacio Nieto
13	Tania Candia	7.771.513	O. Lim	T.C.
14	Mónica Fruto	23.264.733	Enfermera	Mónica Fruto
15	Coptan Reyes	10.466.131	Medico Cabl.	Coptan Reyes
16	Romenuela Ramirez	19.628.138	Soc. y Det.	Romenuela Ramirez
17	Carmen Perez	7.571.769	Enfermera	Carmen Perez

Anexo F
**Cronograma de actividades del trabajo
de grado**

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO "PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ADECUACIÓN DE EFLUENTES Y DESECHOS GENERADOS EN LOS PROCESOS OPERATIVOS DE UNA CLÍNICA DE CIRUGÍA Y ESTÉTICA DEL DISTRITO CAPITAL"

Objetivo	Actividad	Fecha de Inicio	Fecha Fin	% Cumplimiento
Identificar las actuales condiciones de gestión de efluentes y desechos, actividades que los generan y las causas que ocasiona problemas con el manejo de los desechos sólidos y líquidos	Hacer reconocimiento del lugar donde se presenta la problemática	15/09/2015	31/01/2016	100
	Realizar entrevistas para entender el problema y metodologías de trabajo actuales			
	Realizar analisis de causa raiz a traves de la tecnica Ir-Ver-Pensar -Hacer, para reconocer el problema en sitio			
	Verificar el flujo actual de la gestión de desechos			
	Medición de kilogramos de desechos generados			
	Establecimiento de recomendaciones basicas para la gestión adecuada de desechos.			
Desarrollar análisis a nivel de laboratorios que permitan caracterizar las parámetros, físicos, químicos y biológicos del efluente de agua residual generado	Incluir en la formulación presupuestaria del año 2016 los servicios de <u>Caracterización de aguas residuales</u>	02/02/2016	01/06/2016	100
	Activar los servicios de caracterización de aguas residuales y establecer los parámetros a evaluar en cada una de las muestras			
	Ubicar reactivos químicos y laboratorio interno donde permitan realizar los <u>analisis requeridos para caracterizar aguas residuales</u>			
	Ubicar laboratorios autorizados por el Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo y Aguas, para realizar los analisis de laboratorio adicionales que no pueden ser analizados en laboratorios internos			
	Recibir ofertas y conformar técnicamente cada uno de los servicios de <u>caracterización a contratar.</u>			
	Notificar a laboratorio interno (empresa privada) la ejecución de los análisis a realizar dentro de sus instalaciones			
	Contratar el laboratorio que cumpla con los requerimientos de caracterización de las muestras a analizar, para aquellas muestras que no puedan ser ejecutadas en laboratorio interno.			
	Programar fecha de muestreo del agua a caracterizar.			
	Ejecutar muestreos de efluentes de agua residual			
	Determinación de caudal de aguas residuales generados			
	Caracterización de aguas residuales			
	Analisis de resultados obtenidos en caracterización de aguas residuales			

Establecer un sistema de adecuación que permita reducir las cargas orgánicas enviadas a efluentes a través de la correcta gestión de desechos biológicos y patológicos.	Identificación de generación de desechos por áreas y por tipo de desecho, según el decreto 2218, luego de aplicar medidas de recomendación dadas	02/06/2016	12/08/2016	100
	Identificación de equipos que permitan la gestión adecuada de desechos			
	Diseño de equipos para la gestión de los desechos			
Proponer modelos de planta de tratamiento de agua residual (PTAR) que permita adaptar el efluente a lo establecido en la legislación venezolana.	Realizar segunda caracterización del efluente de agua residual para verificar reducción de carga orgánica luego de gestionar adecuadamente los desechos generados	14/09/2016	04/12/2016	100
	Revisar y analizar resultados de la caracterización del efluente de agua residual			
	Establecer propuestas de plantas de tratamiento de aguas residuales para caudal de interés			100
	Diseñar propuestas de plantas de tratamiento de aguas residuales para caudal de interés			100
Seleccionar la alternativa de planta de tratamiento más adecuada desde el punto de vista económico, operativo y técnico, a través de un estudio de factibilidad.	Realizar análisis económico a propuestas de planta de tratamiento de aguas residuales	05/12/2016	01/03/2017	100
	Realizar análisis operativo a propuestas de planta de tratamiento de aguas residuales			100
	Realizar análisis técnico a propuestas de planta de tratamiento de aguas residuales			100
	Establecer propuesta final de planta de tratamiento de aguas residuales en base a análisis de factibilidad	01/03/2017	20/03/2017	100
Discusión de resultados.	Realizar la discusión de resultados.	20/03/2017	14/06/2017	100
Corrección del proyecto por la tutora	Validación por parte de la tutora del proyecto.	16/06/2017	14/05/2018	100
Corrección del proyecto por la tutora	Ajustes de acuerdo a correcciones de la tutora del proyecto.	16/06/2017	14/05/2018	100

Anexo G

**Procedimientos de Análisis de
parámetros en Aguas Residuales
Utilizados**

Anexo G.1
Detección de Aluminio
Método 10215

Método 10215

Método cromazurolS

TNTplus848

(0.02–0.50 mg/LAl)

Campo de aplicación: Para agua potable, agua superficial, agua de piscina, aguas residuales y análisis de proceso



Preparación del análisis

Antes de comenzar el análisis:

Nota importante: Colocar el protector de luz en el compartimiento n.º 2 de la cubeta antes de realizar el análisis.

Leer el aviso de seguridad y la fecha de caducidad en el paquete.

El pH recomendado de la muestra es 2.5–3.5.

La temperatura recomendada de la muestra y el reactivo es 20–23 °C (68–73.4 °F).

La temperatura recomendada de almacenamiento del reactivo es 15–25 °C (59–77 °F).

Si el análisis no se efectúa a la temperatura recomendada, se puede obtener un resultado incorrecto.

Un pH más elevado da lugar a precipitación o complejación del aluminio, de manera que se obtienen resultados de bajo sesgo. Si es preciso, el pH de la muestra se debe ajustar añadiendo una pequeña cantidad de ácido nítrico.

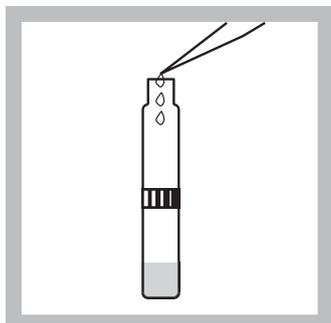
Los métodos TNTplus se activan directamente en la pantalla del menú principal al colocar la cubeta de la muestra preparada en el soporte portacubetas.

Disponer de los siguientes elementos:

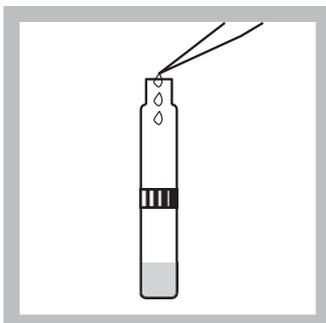
Cantidad

Conjunto de reactivos TNT848 Aluminio	1
Protector de luz	1
Pipeteador, variable, 1–5 MI	1
Puntas de pipeteador para pipeteador de 1–5 mL	1

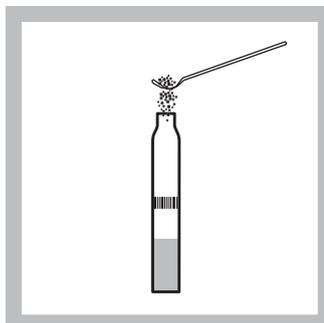
Nota: En la página 4 encontrará información para realizar el pedido de fungibles y repuestos.



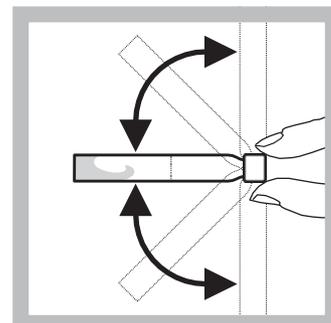
1. Pipetear 2.0 mL de solución A en la cubeta.



2. Pipetear 3.0 mL de muestra en la cubeta.



El instrumento muestra L1 una vez finalizada la calibración a cero.

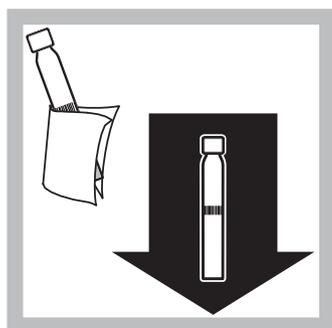


3. Añadir una cucharada a ras de Reactivo B a la cubeta.



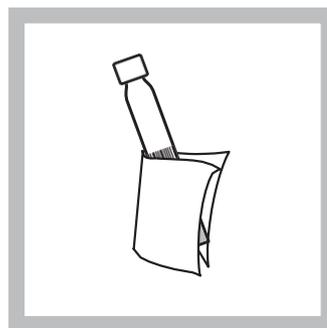
5. Esperar 25 minutos.

Colocar el protector de luz en el compartimiento n.º 2 de la cubeta.



6. Colocar la cubeta Cero del lote de cubetas de muestra en el soporte portacubetas.

El instrumento lee el código de barras, y luego selecciona el método y pone el instrumento a cero.



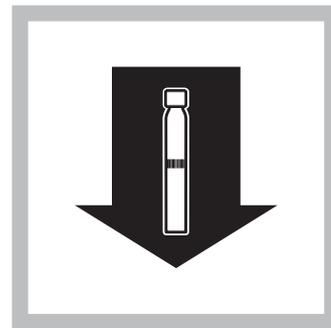
7. Limpiar bien el exterior de la cubeta de la muestra preparada.

4. Tapar e invertir la cubeta 2–3 veces hasta que ya no se vean rayas en la solución.

8. Colocar la cubeta preparada en el soporte portacubetas.

El instrumento lee el código de barras y mide la muestra.

El resultado aparecerá en mg/L Al.



Blancos de reactivo

Se puede medir un blanco de reactivo, y restar el valor de los resultados de cada análisis realizado empleando el mismo número de lote de reactivo. Sustituir la muestra por agua desionizada y realizar el procedimiento como se ha descrito.

Para restar el valor blanco de una serie de medidas, medir el blanco en el paso 6. Pulsar **OPCIONES>MÁS...>BLANCO DE REACTIVO: APAGADO**. Pulsar **ENCENDIDO**. El valor medido

del blanco debería aparecer en la casilla resaltada. Pulsar **OK** para aceptar este valor. El valor blanco del reactivo se restará entonces de todos los resultados hasta que se desactive la función o se seleccione un método diferente. También se puede registrar el blanco e

introducirlo más tarde pulsando la casilla resaltada y utilizando el teclado para introducir el valor.

Blancos de muestra

Si el valor del blanco de muestra está dentro del intervalo permitido, se utilizará este valor para corregir el resultado automáticamente. El instrumento restará el blanco de muestra del resultado sin corregir. Las muestras sin color ni turbidez no requieren blancos de muestra.

Interferencias

Se han comprobado individualmente las concentraciones dadas de los iones enumerados en la [Tabla 1](#) y no causan interferencias. No han sido determinados los efectos acumulativos y la influencia de otros iones.

Las concentraciones de metales pesados más elevadas que las dadas, así como el fluoruro, el fosfato y elementos relativamente raros como, por ejemplo, el berilio, el torio, el titanio, el circonio y el vanadio, interfieren en la determinación. El hidróxido y los hidratos de óxido de aluminio sólo se determinan parcialmente.

Los resultados de la medida se pueden verificar empleando diluciones de la muestra o adiciones de patrón.

Tabla 1 Sustancias interferentes y niveles de interferencia

Sustancia interferente	Nivel de interferencia
Mg ²⁺ , K ⁺ , Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺	500 mg/L
Ag ⁺ , Mn ²⁺	100 mg/L
Cd ²⁺ , Co ²⁺ , Ni ²⁺ , Sn ²⁺ , Pb ²⁺ , PO ₄ ³⁻	50 mg/L
Cu ²⁺ , Hg ²⁺	10 mg/L
Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , Zn ²⁺ , Si ⁴⁺	5 mg/L
Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺	0.5 mg/L
F ⁻	0.1 mg/L

Muestreo, preservación y almacenamiento

Recoger las muestras en recipientes de vidrio o de plástico lavados con ácido. Ajustar el pH a 2 o menos con ácido nítrico (alrededor de 2 mL por litro). Las muestras conservadas se pueden almacenar hasta un máximo de 6 meses a temperatura ambiente. Ajustar el pH entre

2.5 y 3.5 con hidróxido sódico 5.0 N antes del análisis. Corregir el resultado del análisis para adiciones de volumen.

Comprobación de la precisión

Método de solución patrón

1. Preparar una solución patrón de aluminio de 0.4 mg/L pipeteando 1.0 mL de una solución patrón de aluminio de 100 mg/L en un matraz aforado de 250 mL.
2. Diluir hasta llenar el volumen con agua desionizada. Preparar esta solución cada día. Utilizar 3.0 mL de este patrón en lugar de la muestra en el procedimiento.

Resumen del método

El cromazurol S forma un tinte verde con aluminio en soluciones tamponadas con acetato de acidez débil. La cantidad de color formado es directamente proporcional a la cantidad de aluminio existente en la muestra. Los resultados del análisis se miden a 620 nm.

Fungibles y repuestos

Reactivos necesarios

Descripción	Cantidad/ Test	Unidad	Ref.
Conjunto de reactivos TNT 848 de aluminio	1	24/paquete	TNT848

Materiales necesarios

Descripción	Cantidad/ Test	Unidad	Ref.
Protector de luz		cada uno	LZV646
Pipeta, volumen variable, 1–5 mL	1	cada uno	27951-00
Puntas de pipeteador, para pipeteador 27951-00	1	100/paquete	27952-00

Patrones y reactivos recomendados

Descripción	Unidad	Ref.
Solución patrón de aluminio, 100 mg/L	100 mL	14174-42
Ácido nítrico, ACS	500 mL	152-49
Solución patrón de hidróxido sódico, 5.0 N	100 mL MDB	2450-32
Solución patrón de hidróxido sódico, 5.0 N	59 mL SCDB	2450-26
Agua desionizada	4 L	272-56

Reactivos y materiales opcionales

Descripción	Unidad	Ref.
Botella, muestreo, polietileno de baja densidad, con tapa, 500 mL	12/paquete	20870-79
Matraz, volumétrico, 250 mL	cada uno	14574-46
Pipeta, volumétrica, 1.0 mL	cada uno	14515-35

Estante de cubetas de ensayo, cubetas de 13-mm	cada uno	24979-00
cubetas, blanco de muestra	—	TNT919



FOR TECHNICAL ASSISTANCE, PRICE INFORMATION AND ORDERING:

In the U.S.A. – Call toll-free 800-227-4224

Outside the U.S.A. – Contact the HACH office or distributor serving you.

On the Worldwide Web – www.hach.com; E-mail – techhelp@hach.com

HACH COMPANY

WORLD HEADQUARTERS

Telephone: (970) 669-3050

FAX: (970) 669-2932

Anexo G.2
Detección de Arsénico
Método 8013

★ Método 8013

Método Dietilditiocarbamato de platá (0–
0.200 mg/LAs)

Campo de aplicación: Para agua, aguas residuales y agua de mar; necesita digestión; aceptado por la USEPA² (United States Environmental Protection Agency – Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.) para análisis de aguas potables y de aguas residuales

¹ Adaptación de *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

¹ El procedimiento es equivalente al método 206.4 de USEPA para aguas residuales y al Standard Method 3500-As para aguas potables.



Antes de comenzar el análisis:

- Crear un programa de usuario para el arsénico. Véase el paso 1 y la Programación del usuario en la página 5.
- Preparar la solución de absorción de arsénico tal y como se especifica en el apartado Preparación del reactivo en la página 4.
- Es necesario realizar una nueva calibración para cada nuevo lote de solución de absorción de arsénico. Véase "Calibración por el usuario" en página 5. Es posible realizar algunas variaciones del método de calibración.
- En condiciones de mucha luminosidad (p.ej. luz solar directa) podría resultar necesario cerrar el compartimento de la cubeta con la Protective Cover (tapa protectora) durante las mediciones.

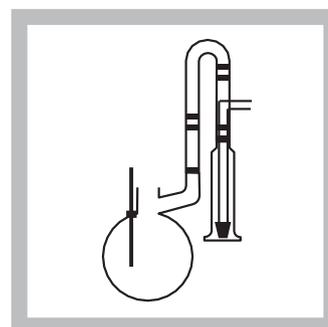
Se requieren los siguientes elementos:

Cantidad

Solución patrón de arsénico, 1000-mg/L As	Variable
Acido clorhídrico, ACS	25 mL
Solución de acetato de plomo, 10%	1 mL
Solución de yoduro potásico, 20%	3 mL
Piridina, ACS	50 mL
Cubetas de análisis, cuadradas, de vidrio, de una pulgada, 25 mL, con tapón	2
Análisis con ampollas AccuVac:	
Dietilditiocarbamato de plata	2
Solución de cloruro estañoso	1 g
Agua desionizada	1 mL
Zinc, malla 20, ACS	6 g
Materiales véase la lista en página 7	—

Nota: En la pág. 6 encontrará información para realizar el pedido de fungibles y repuestos.

En este ensayo, el absorbente del arsénico es una solución de plata en piridina. Tanto la plata (D011) como la piridina (D038) están reguladas como residuos peligrosos. Además, la bola de algodón empapada de solución de acetato de plomo (D008) es un residuo peligroso. Consultar en la ficha de seguridad de materiales (MSDS) actual las instrucciones de seguridad de manipulación y eliminación.

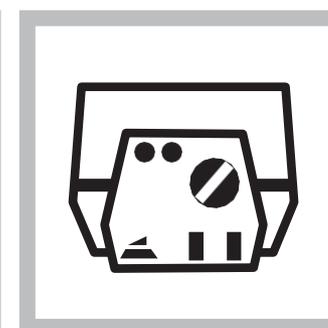
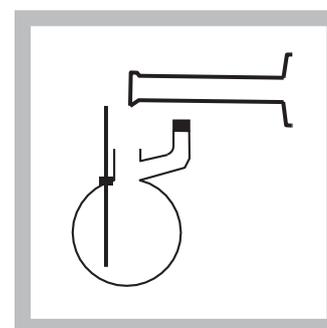
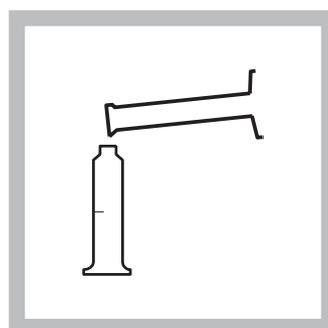
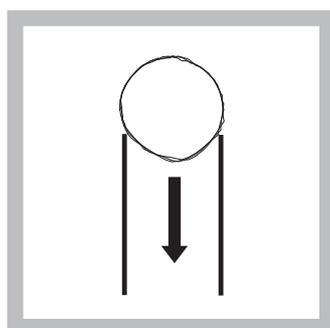


1. Realizar el procedimiento de *Programación del usuario* que se describe en la página 5. Anotar el número del programa.

2. Para efectuar el test, seleccionar **Programas de usuario**.

3. Seleccionar el test.

4. Preparar el destilador para recuperar el arsénico. Véase el *manual del destilador* para las instrucciones de montaje. Colocar bajo una campana de extracción para aspirar los vapores tóxicos.



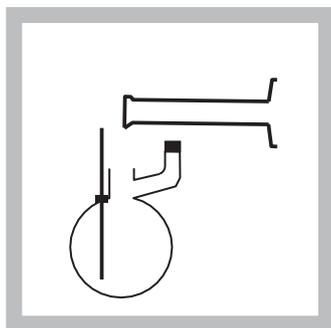
5. Humedecer un trozo de algodón con la solución de acetato de plomo al 10%. Colocar en el tubo de absorción. Verificar que el algodón está bien ajustado al cristal.

6. Medir 25-mL de solución de arsénico preparada (*Preparación del reactivo*, página 4) en un tubo mezclador de 25- mL y verter en la probeta del borboteador.

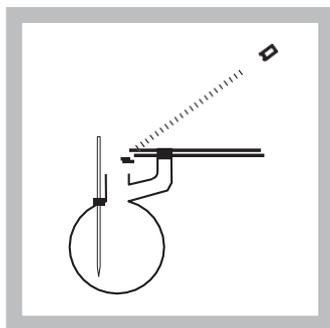
Fijar en el destilador.

7. Medir 250 mL de muestra en el matraz de destilación con una probeta graduada.

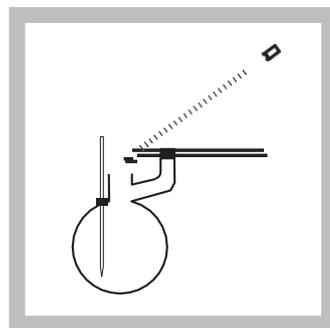
8 Encender el aparato. Ajustar la velocidad de agitación a 5. Ajustar la placa calefactora a 0.



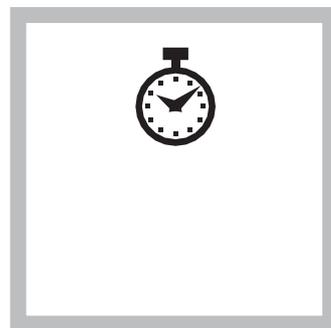
9 Medir con el tubo 25 mL de ácido clorhídrico ACS en el matraz.



10 Con una pipeta serologica añadir 1 mL de solución de cloruro estañoso en el matraz.

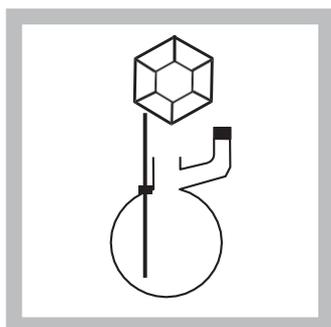


11 Con una pipeta serologica añadir 3 mL de solución de yoduro de potasio en el matraz. Tapar el matraz.

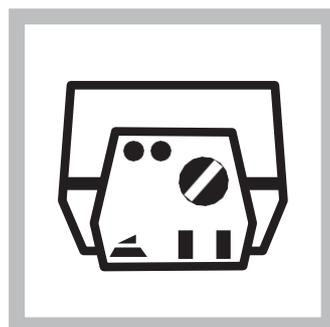


12 Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar **OK**.

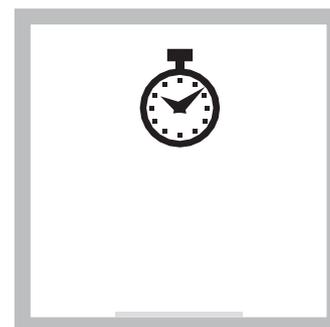
Comienza un período de reacción de 15 minutos.



13 Después de que suene el temporizador, añadir 6.0 g de zinc malla 20 al matraz. **Tapar inmediatamente.**

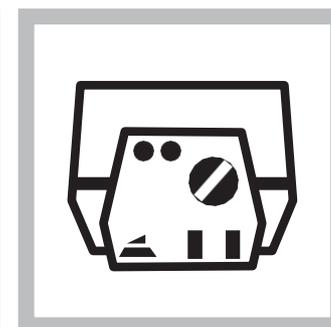


14 Ajustar la placa calefactora a 3.

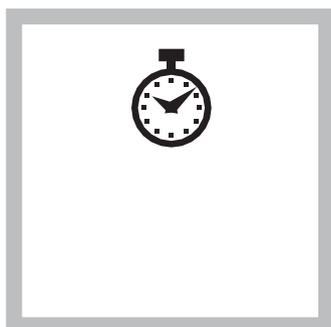


15 Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar **OK**.

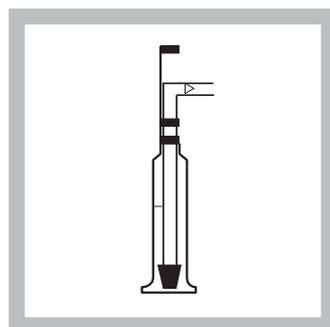
Comienza un segundo período de reacción de 15 minutos.



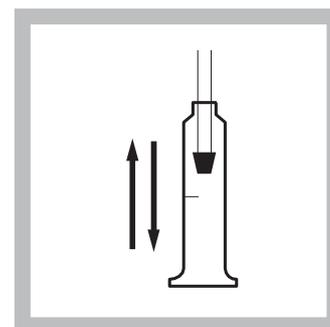
16 Después de que suene el temporizador, poner la placa calefactora a 1.



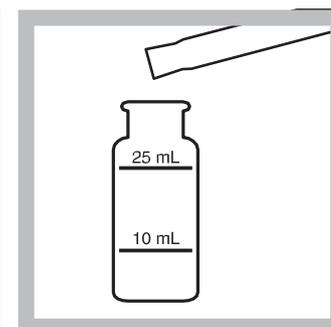
17 Seleccionar en la



pantalla el



símbolo de



temporizador y pulsar **OK**.

Comienza un tercer período de reacción de 15 minutos.

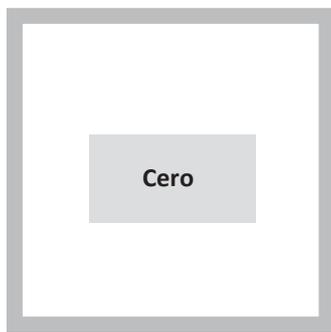
18. Después de que suene el temporizador, apagar la placa calefactora. Retirar el borboteador completo.

19. Aclarar el borboteador agitándolo verticalmente en la solución de absorción.

20. Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada, seca, de una pulgada de 25-mL hasta la marca de 25 mL con la solución nueva de absorción de arsénico. Tapar la cubeta.



21. Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca hacia la derecha.



22 Seleccionar en la pantalla: **Cero**
La pantalla mostrará el punto de intercepción calculado a partir de la curva de calibración programada por el usuario, y que será probablemente un punto no cero.



23. La muestra preparada: Verter la solución de absorción de arsénico reaccionada en una cubeta cuadrada, de una pulgada de 25-mL. Si el volumen de la solución es inferior a 25 mL, añadir piridina hasta que se alcance un volumen exacto de 25 mL. Tapar la cubeta.



24 Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca hacia la derecha.
Seleccionar en la pantalla: **Medición** para leer los resultados.

Interferencias

Tabla 1 Sustancias interferentes y niveles de interferencia

Sustancia interferente	Niveles de interferencia y tratamientos
Sales de antimonio	Las sales de antimonio pueden interferir en la aparición del color.

Muestreo, almacenamiento y preservación

Recoger las muestras en recipientes de plástico o de vidrio lavados con ácido. Ajustar el pH a 2 o menos con ácido sulfurico* (2 mL por litro aproximadamente). Las muestras preparadas pueden almacenarse hasta 6 meses a temperatura ambiente. Corregir el resultado del análisis por adiciones de volumen.

Preparación del reactivo

Preparar la solución de absorción de arsénico como se indica:

1. Pesar 1.00 g de dietilditiocarbamato de plata en una balanza analítica.
 2. Transferir los polvos a un frasco volumétrico de 200-mL. Diluir hasta completar el volumen con piridina. **Con la piridina sólo se debe de trabajar bajo una campana de aspiración de laboratorio y se han de llevar guantes protectores resistentes a productos químicos.** Antes de usar la piridina lea la ficha de datos de seguridad.
 3. Mezclar hasta disolver. Almacenar el reactivo en un frasco ámbar cerrado herméticamente. El reactivo almacenado de esta manera permanece estable durante un mes. Se pueden preparar volúmenes más grandes de reactivo si se va a utilizar en menos de un mes.
-

Calibración por el usuario

Preparación del patrón

Realizar una nueva calibración para cada lote de solución absorbente del arsénico:

1. Preparar una solución patrón de arsénico de 10.0-mg/L añadiendo con la pipeta 10.0 mL de solución patrón de arsénico de 1000 mg/L As en un frasco volumétrico de 1000-mL.
2. Diluir hasta completar el volumen con agua desionizada.
3. En 3 diferentes frascos volumétricos de 500-mL pipetear 1.0, 2.0 y 10.0 mL de la solución de reserva de 10.0 mg/L As, utilizando para ello artículos de vidrio de clase A.
4. Diluir hasta la marca de 500 mL con agua desionizada y mezclar concienzudamente. Estos patrones tienen concentraciones de 0.02, 0.04 y 0.20 mg/L As.

Programación del usuario

1. Seleccionar **Programas del usuario** en el menú principal.
2. Si no se ha realizado una calibración de arsénico con anterioridad, púlsese el **Opciones del programa** y **Nuevo**. Teclear cualquier número de programa disponible (950 –999) para asignar el análisis de arsénico. Pulsar **OK**.
3. Complimentar los campos correspondientes resaltados usando la pantalla táctil. Utilizar el teclado alfanumérico para introducir un nombre de programa (**Arsénico**). Marcar **Siguiente** para pasar a la pantalla siguiente. Configurar el resto de los parámetros como sigue:
 - Tipo de programa: **Longitud de onda única**
 - Unidades: **mg/L**
 - Resolución de la concentración: **0.001**
 - Forma química: **As**
 - Longitud de onda: **520 nm**
 - Calibración: **Introducir valores**
4. Una vez activado **Medir patrones**, seleccionar **Siguiente>Salir**. Complimentar los campos correspondientes resaltados. Utilizar la pantalla táctil para activar los parámetros y marcar **Edición** para abrir la pantalla de inserción de datos. Configurar el resto de los parámetros como sigue:
 - Temporizador 1: **15 Minutos**
 - Temporizador 2: **15 Minutos**
 - Temporizador 3: **15 Minutos**
 - Límite superior: **0.220 mg/L**
 - Límite inferior: **-0.020 mg/L**

5. Pulsar **Calibración: C = a + bA**. Pulsar **Edición**.

6. Se mostrará **Medir patrones**. Introducir los valores de concentración estándar que se utilizarán para la ejecución de la calibración: 0.00, 0.02, 0.04, y 0.20. Para introducir los valores de concentración marque + e introduzca el valor seguido de **OK** para cada valor de concentración.

7. Una vez introducidos los valores, marque cuatro veces la tecla con flecha **hacia arriba** para mover el cursor a la línea con la concentración 0.00.

8. Limpiar bien el exterior de la cubeta del blanco de 25-mL (solución de absorción de arsénico no tratada) y colocar en el soporte portacubetas. Seleccionar **Cero** en la pantalla.
9. Presione la tecla de flecha **hacia abajo** para pasar a la siguiente concentración. Limpiar bien el exterior de la cubeta de análisis y colocar en el soporte portacubetas. Seleccionar **Medición** en la pantalla. Repetir los pasos 7 a 9 para cada estándar.
10. Una vez efectuadas todas las mediciones seleccionar **Gráfico** en la pantalla. Se mostrará la curva de ajuste. El punto **Forz. 0** deberá estar **apagado**.
11. Seleccionar **Hecho** cuando desee aceptar la curva. Aparecerá la pantalla de calibración. Elegir **Memorizar** para confirmar las calibraciones.
12. En pantalla aparecerá ¿Guardar programa?. Marque **Sí**.

El programa está listo para ser utilizado.

Son posibles algunas variaciones en el procedimiento de calibración. (Para más detalles consultar el Manual del instrumento).

Resumen del principio operativo

El arsénico se reduce a arsina gaseosa mediante una mezcla de zinc, cloruro estañoso, yoduro de potasio y ácido clorhídrico en un destilador especialmente equipado. La arsina pasa a través de un aparato de absorción que contiene algodón saturado con una solución de acetato de plomo y luego a un borboteador que contiene la solución de dietilditiocarbamato de plata en la piridina. El arsénico reacciona para formar un complejo rojo que se lee colorimétricamente.

Esta técnica requiere una calibración manual. Los resultados del ensayo se miden a 520 nm.

Fungibles y repuestos

Reactivos necesarios

Descripción	Cantidad/Test	Unidad	Ref.
Solución patrón de arsénico, 1000 mg/L As	variable	100 mL	14571-42
Acido clorhídrico, ACS	25 mL	500 mL	134-49
Solución de acetato de plomo, 10%	1 mL	100 mL	14580-42

Solución de yoduro potásico, 20%	3 mL	100 mL	14568-42
Piridina, ACS	50 mL	500 mL	14469-49
Dietilditiocarbamato de plata	1 g	25 g	14476-24
Solución de cloruro estañoso	1 mL	100 mL	14569-42
Agua desionizada	variable	4 L	272-56
Zinc, malla 20, ACS	6 g	454 g	795-01

Materiales necesarios

Descripción	Cantidad/T est	Unidad	Ref.
Balanza analítica, SL 3000, 100–240 V	1	cada uno	28018-00
Tampones de algodón	1	100/paquete	2572-01
Platillos de medición, 8.9-cm cuadrado	2	500/paquete	21790-00
Frasco ámbar, 237-mL, Glas	1	6/paquete	7144-41

Materiales necesarios

Descripción	Cantidad/T est	Unidad	Ref.
Tapón polietileno para frasco ámbar	1	6/paquete	21667-06
Tubo mezclador, graduado, 25-mL	2	cada uno	508-40
Tubo mezclador, graduado, 250-mL	1	cada uno	508-46
Accesorios de destilador para el arsénico	1	Set	22654-00
Accesorios de destilador para uso general	1	Set	22653-00
Frasco volumétrico, clase A, 1000-mL, con tapón de vidrio	1	cada uno	14574-53
Frasco volumétrico, clase A, 200-mL	1	cada uno	14574-45
Frasco volumétrico, clase A, 500-mL	6	cada uno	14574-49
Pipeteador	1	cada uno	14651-00
Pipeta graduada, 5-mL	2	cada uno	532-37
Pipeta volumétrica, clase A, 1.00-mL	2	cada uno	14515-35
Pipeta volumétrica, clase A, 2.00-mL	1	cada uno	14515-36
Pipeta volumétrica, clase A, 4.00-mL	1	cada uno	14515-04
Pipeta volumétrica, clase A, 6.00-mL	1	cada uno	14515-06
Pipeta volumétrica, clase A, 8.00-mL	1	cada uno	14515-08
Pipeta volumétrica, clase A, 10.00-mL	1	cada uno	14515-38
Cubetas de análisis, cuadradas, de una pulgada, 25 mL, emparejadas, con tapón	2	2/paquete	26126-02
Seleccionar de acuerdo con voltaje disponible:			
Placa calefactora y agitador para destilador, 115 VAC, 60 Hz	1	cada uno	22744-00
Placa calefactora y agitador para destilador, 230 VAC, 50 Hz	1	cada uno	22744-02

Reactivos y materiales opcionales

Descripción	Ref.
Tubo mezclador, graduado, 25-mL	1896-40
Ácido sulfúrico, 1.00 N	1270-32
Guantes protectores, resistente a los productos químicos, número 9 ¹	24101-04

tros números disponible.

Anexo G.3
Detección de Cobre
Método 8506

★ Método 8506 y Método 8026

Método Bicinchoninato

Sobres de reactivo en polvo o ampollas AccuVac

(0.04–5.00 mg/L)

Campo de aplicación: Para agua, aguas residuales y agua de mar²; Método 8506 aceptado por la USEPA (United States Environmental Protection Agency – Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.) para análisis de aguas residuales (requiere destilación)³

¹ Adaptación de Nakano, S., *Yakugaku Zasshi*, 82 486-491 (1962) [*Chemical Abstracts*, 58 3390e (1963)]

² Requiere tratamiento previo; véase *Interferencias (sobres de reactivo en polvo)*

³ *Federal Register*, 45 (105) 36166 (29 mayo, 1980)



Preparación del análisis

6

Antes de comenzar el análisis:

La determinación del cobre total requiere digestión previa.

Antes del análisis, ajustar el pH de las muestras conservadas con ácido a 4 – 6 con solución de hidróxido de potasio 8,0 N.

Si hay cobre presente, se formará un color violeta si la muestra se mezcla con el reactivo.

El polvo no disuelto no afecta a la precisión.

Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua desionizada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra o efectuar un ajuste del blanco de reactivo.⁵

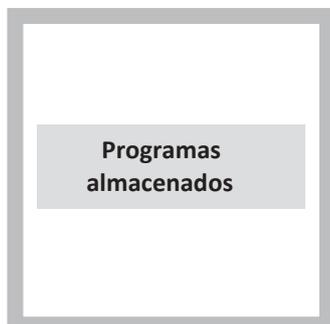
Se requieren los siguientes elementos:**Cantidad**

Análisis con sobres de reactivo en polvo:	
Sobres de reactivo cobre CuVer 1 en polvo	1
Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10-mL	2
Análisis con ampollas AccuVac:	
Ampollas AccuVac de reactivo cobre CuVer 2	1
Vaso de precipitados, 50-Ml	1
Cubeta de análisis, circular, 10-mL, con tapas roscadas	1

Nota: En la pág. 7 encontrará información para realizar el pedido de fungibles y repuestos.

Sobres de reactivo en polvo 8506

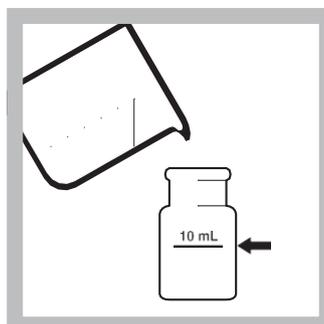
Método



1. Seleccionar en la pantalla: **Programas almacenados**



2. Seleccionar el test.

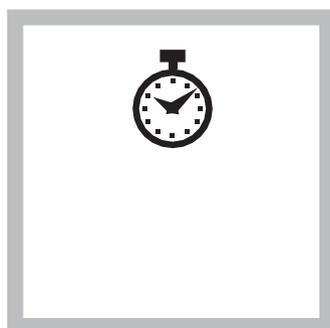


3. **La muestra preparada:** llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10-mL hasta la marca de 10-mL con muestra.



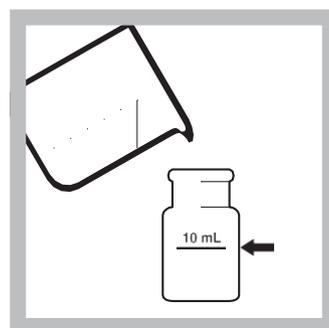
1. Añadir el contenido de un sobre de reactivo de cobre CuVer 1 en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar.

Utilizar un sobre de reactivo en polvo CuVer 2 y una cubeta de 25 ml para las muestras que contienen niveles altos de aluminio, hierro y dureza. Véase la Tabla 1.

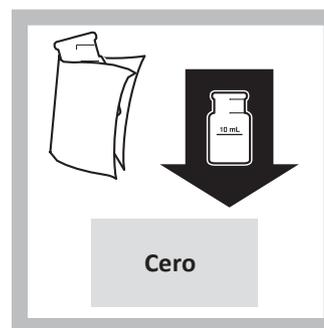


2. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar **OK**.

Comienza un período de reacción de 2 minutos.



3. **Preparación del blanco:** después de que suene el temporizador, llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10-mL hasta la marca de 10-mL con muestra.



4. Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.



Seleccionar en la pantalla: **Cero**
La pantalla indicará:
0.00 mg/L Cu

5. Dentro de los 30 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la

cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.

Seleccionar en la pantalla: **Medición**

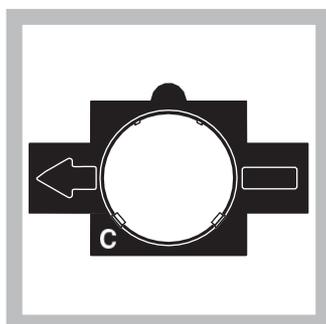
El resultado aparecerá en **mg/L Cu**

Ampollas AccuVac 8026

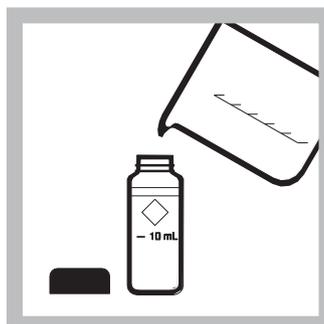
Método



1. Seleccionar el test.

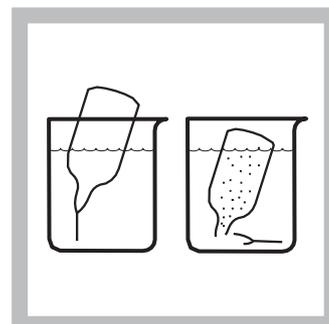


2. Insertar el adaptador C.



3. **Preparación del blanco:** llenar una cubeta circular de 10-mL hasta la marca de 10-mL con muestra.

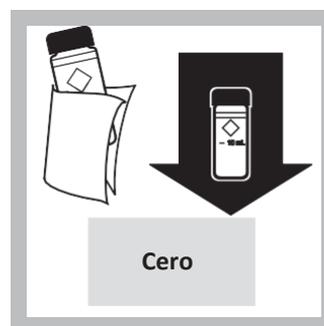
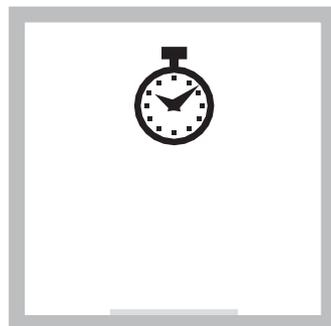
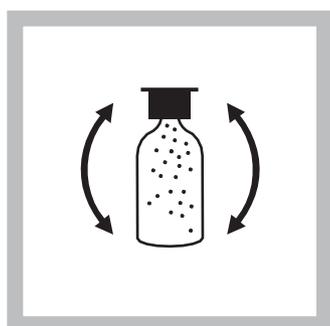
Tapar la cubeta.



4. **La muestra preparada:** recoger por lo menos 40 mL de muestra en un vaso de precipitados de 50-mL.

Llenar con muestra una ampolla AccuVac de reactivo de cobre CuVer 2.

Mantener la punta sumergida hasta que la ampolla esté totalmente llena.



5. Invertir la ampolla rápidamente varias veces para mezclar.

6. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar **OK**.

Comienza un período de reacción de 2 minutos.

7. Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas.

Seleccionar en la pantalla: **Cero**

La pantalla indicará:

0.00 mg/L Cu

8. Dentro de los 30 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la ampolla (la muestra preparada).

Colocar la ampolla en el soporte portacubetas

Seleccionar en la pantalla:

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Altmann J., Ruhl A., Zietzschmann F., y Jekel M. (2014). "Comparación directa de ozonización y adsorción en carbón activado en polvo, para remover microcontaminantes, en el tratamiento avanzado de aguas residuales". Revista WaterResearch. (en línea) 55(14) 185-193. Alemania <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135414001419>. Consulta 26 de Abril de 2014

Álvarez A. (2009). Procedimiento para el diseño de una planta de tratamiento de efluentes industriales. Universidad Simón Bolívar, Decanato de Estudios Profesionales, Coordinación de Ingeniería Química. Sartenejas. Venezuela

APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for examination of water and wastewater. 22nd ed. Washington: American Public Health Association; 2012, 1360 pp. ISBN 978-087553-013-0
<https://www.awwa.org/Portals/0/files/publications/documents/2017SMWWLookInside.pdf> Consulta 10 de Junio de 2017

Barillas N., y Córcega M. (2006). "Guía de Muestreo de aguas residuales e industriales. Universidad Gran Mariscal de Ayacucho, facultad de ingeniería, escuela de ingeniería del ambiente y de los recursos naturales, núcleo Maturín, cátedra de calidad de agua y aire". Maturín.

Caicedo O. (2010). Ahorro de energía en sistemas de bombas centrifugas. Revista de la Universidad Autónoma de Occidente. (en línea),. 5(3), 9-11. <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/bombas.pdf> Acceso 18 de Enero de 2017

Calvo G., Mora J., Quesada J, y Quesada H. (2010). "Aplicación de la tecnología de membranas en el tratamiento de algunos residuos líquidos altamente

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

peligrosos”. Revista tecnología en marcha, (en línea), 23(1), 94-106.
http://www.google.co.ve/url?sa=tyrct=jyq=yesrc=sysource=webycd=1yved=0CCoQFjAAyurl=http%3A%2F%2Fwww.tec-digital.itcr.ac.cr%2Fservicios%2Fojs%2Findex.php%2Ftec_marcha%2Farticle%2Fdownload%2F136%2F135yei=NCh3U_vQCvSlSsQSPtYGACQyusg=AFQjCNFfphWjY4-64qp8S26adXc7FCYa3A. Acceso. 1 de Mayo de 2014

Cantanhe A. (1999). “La gestión y tratamiento de los residuos generados en los centros de atención de salud” Revista repertorio científico.Brasil. (en línea) 6(67) 13-18http://www.bvsde.ops-oms.org/foro_hispano/BVS/bvsars/e/fulltext/centros/centros.pdf Consulta 15 de enero de 2017.

Cárdenas C., Perruelo T., Fernández D., Quero R., Chávez E., Saules L., y Herrera L. (2002). “Tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando lagunas aireadas”. Revista técnica de la facultad de ingeniería universidad del Zulia. Maracaibo, estado Zulia. ISSN 0254-0770. (en línea), 25(2).
<http://produccioncientificaluz.org/index.php/tecnica/article/view/5777/5766> Consulta 01 de Mayo de 2014

Catota M. y Rodríguez A. (2014) “Modelo de gestión de residuos peligrosos hospitalarios caso de estudio: centro de salud – hospital área 5 del cantón La Maná” Quito. (en línea) <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8876> Consulta 01 de Mayo de 2014

Chaparro A. (1999). “Alternativas de tratamiento para aguas de uso agrícola.” Revista agronomía colombiana, 230-235, (en línea) 2(9)
<http://www.bdigital.unal.edu.co/24068/1/21176-71859-1-PB.pdf>. Consulta 01 de Mayo de 2014

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Dautant, R., Pérez, A., Contreras, A. y Marzana, B. (1988). "Diseño y construcción de un reactor discontinuo secuencial para remoción de DBO. Tesis de pre-grado Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería Química. Venezuela (en línea) <https://es.scribd.com/document/133911713/DISENO-Y-CONSTRUCCION-DE-UN-REACTOR-SBR-Cepis>. Consulta 25 de enero de 2017

Decreto N° 883. (1995) Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Caracas. Venezuela.

Decreto N° 2635 (1998) "Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos." Caracas. Venezuela.

Decreto N° 2218 (1992). "Normas para la clasificación y manejo de desechos en establecimientos de salud." Caracas. Venezuela.

Elizalde R. (2006). "Diseño de una tolva para almacenamiento de desechos sólidos para ser quemados en hornos cementeros en el Ecuador" Tesis Pre-grado. [Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción](#). Universidad Autónoma de Querétaro. Ecuador. (en línea) <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4292/1/6812.pdf> Consulta 15 de Enero de 2017.

Espinosa J. (2011). "Tratamiento de aguas residuales de matadero con elevado contenido en sangre mediante la combinación de procesos anaerobio de película fija (BAPF) y aerobio de membrana (MBR)". Tesis doctoral. Universidad de Burgos. Área de ingeniería química, Burgos (en línea) <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=23936>/tesis/handle/10259/163.

Acceso 8 de Marzo de 2014.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Felix D., y Riheros D. (2015). Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales generadas en el cantón Durán. Tesis de pre-grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. Guayaquil, Ecuador. (en línea).

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/29880/1/D-70078.pdf>

Consulta el 25 de Enero de 2017

González R., y Salazar F. (2008) “Aspectos básicos del estudio de muestra y población para la elaboración de los proyectos de investigación”. Universidad de oriente, núcleo de Sucre, escuela de administración, curso especial de grado. Cumaná. Venezuela.

Hernández J. (1999). “Ingeniería Económica”. Editorial Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Facultad de ingeniería química y metalurgia (en línea) <http://es.scribd.com/doc/51164525/Ingenieria-Economica> Consulta 20 de Julio de 2014

Hurtado J. (2010). “Metodología de la investigación, una comprensión holística”. Ediciones Quirón. 6ª Edición Caracas - Venezuela

Jaramillo A. (2014) Bioingeniería de aguas residuales.1ra Edición. Editorial Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Colombia.

Lara A (2009). “Guía de análisis de aguas potable”. Universidad Nacional Experimental del Táchira, departamento de ingeniería ambiental, catedra de agua potable”. Táchira.

Limón J. (2013). Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso?. Guadalajara Méjico. (en línea)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

http://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc_ingreso_gualberto_limon_trabajo_de_ingreso.pdf. Consulta el 28 de Enero de 2017

Mallia (1997). "Diseño de un proceso para el manejo de residuos sólidos en plantas procesadoras de aves". Universidad de Carabobo. Facultad de ingeniería. Venezuela

Mendoza L., Rosas D., Zamar S., y Basán M. "Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples" Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (en línea) https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-protocolo_de_muestreo_de_aguas_inta.pdf Consulta 12 de Julio 2017

Mora José. (2003) Guía Metodológica para la aplicación de gestión y mejoras de procesos. Ediciones Días de Santos S.A. Madrid España, ISBN 84-79-78-583-7 <https://books.google.co.ve/books?hl=es&lr=&id=GNw5VYIOk8kC&oi=fnd&pg=PA249&dq=Gesti%C3%B3n+por+Procesos+y+Gesti%C3%B3n+CI%C3%ADnica&ots=d4oaFLX840&sig=GBHy8H1aN37LuN8LenQR49TBPJY#v=onepage&q=Gesti%C3%B3n%20por%20Procesos%20y%20Gesti%C3%B3n%20CI%C3%ADnica&f=false>. Consulta el 27 de Abril de 2017.

Miranda M. (2003) "Análisis macro-económico para la empresa. Tesis de pregrado. Universidad Católica de Santo Toribio de Mongrovejo. Cantabria España. (en línea) <http://www.eumed.net/cursecon/libreria/cl-mm-macro/cl-mm-macro.pdf>. Consulta 30 de Junio de 2014.

Monge G., (1997) "Manejo de residuos en centros de atención de salud". Hojas de divulgación técnica. ISSN 1018-5119, N° 69-70. (en línea) <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/hdt069.pdf> Consulta 10 de Junio de 2017

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Moreno J., y Buitron G. (2002). "Optimización de un bioreactor aerobio para el tratamiento de aguas residuales industriales". Revista de computación y sistemas de la universidad nacional autónoma de México. ISSN 1405-5546. (en línea), 25(2). 074-082. México, http://www.ejournal.unam.mx/cys/edi_esp/CYSE10.pdf. Consulta 26 de Abril de 2014

Morice E. (1974). "Diccionario de estadística". Primera edición. Pag 1-217. Editorial Compa. México.

Munguía M., Blanco A. y Piñón A., (2016). Análisis hidrodinámico de rejillas de canales mediante simulaciones numéricas bidimensionales. Revista Scielo. SSN:1794-9165, 12(23). 73-92(en línea) <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v12n23/v12n23a05.pdf> Consulta 16 de Enero de 2017.

Muñoz D. (2005). "Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero: para una población menor 2000 habitantes". Revista de la facultad de ciencias agropecuarias de la universidad del Cauca. (en línea) 3(1) 87-98. Cauca-Colombia <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol3/Art312.pdf> Consulta 26 de Abril de 2014.

PDVSA (1997). "Manual de diseño de procesos, sistema de control de efluentes" Edición 0. (en línea) <https://es.scribd.com/document/135549447/Norma-Pdvs-Mdp-09-Ef-03>. Consulta 22 de enero de 2017

Pierri I. (2013), Eficiencia en la remoción de nitrógeno y fósforo en los filtros percoladores de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Tesis de Maestría. (en línea) http://eris.ingenieria.usac.edu.gt/tesis_is.html. Consulta 25 de Enero de 2017

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ojeda J. (2005) estudio de factibilidad económica y financiera de una solución de administración delegada para el sector financiero venezolano. Trabajo especial de grado, para optar a especialista en la Universidad Católica Andrés Bello. Caracas Venezuela. En

Linea <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAQ4807.pdf> .

Consulta 01 Junio 2017

Orellana J. 2005. "Características de los líquidos residuales". Guía teórico práctica de laboratorio. Edición 1. Editorial UTN - FRRO. Argentina. (en línea) 71-79. http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_08_Caracteristicas_de_Liquidos_Residuales.pdf. Consulta 17 de Mayo de 2014.

Oxicon (2009). FLE wastewater treatment plant design. Manual de diseño de Planta de tratamiento. Redox. Canada

Quintero L., y Cardona S. (2011). "Evaluaron del tratamiento biológico para remoción de color índigo de agua residual industrial textil." Revista gestión y ambiente. Colombia ISSN 0124.177X. (en línea). 14(2), 105-113. http://www.bdigital.unal.edu.co/4686/1/Gest._y_Amb._Vol.14%2C_no.2.pdf Consulta 3 de Mayo de 2014.

Ramalhoss R. (1996). Tratamiento de Aguas Residuales. Editorial Reverté, S.A. Barcelona, España. (en línea) <https://books.google.co.ve/books?id=30etGjzPXyWC&printsec=frontcover&dq=isbn:8429179755&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj3zveb9NnSAhWJ4CYKHaHqCLYQ6AEIGjAA#v=onepage&q&f=false>. Consulta 24 de Enero de 2017.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Reinoso R. (2008). "Mecanismos de eliminación de patógenos en sistemas de tratamiento de aguas residuales". Tesis doctoral. Universidad de León. Área de ecología y departamento de biodiversidad y gestión ambiental. León (en línea) <http://www.journals.unam.mx/index.php/cys/article/view/2588/2149>. Acceso 10 de Abril de 2014.

Rennola L., Yépez C., Bullón J., y Salazar F. (2007) "Tratamiento de las aguas residuales de una destilería mediante el uso de coagulantes y membrana." Revista técnica de ingeniería de la universidad del Zulia. ISSN 0254-0770. (en línea) 5(Especial), 1-14. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702007000400003 Consulta 3 de Marzo de 2014.

Riera M. y Graterol N., (2014) "Diseño de una unidad de flotación con aire disuelto para la remoción de contaminantes de las aguas residuales generadas en una empresa manufacturera". Revista digital de investigación y postgrado de la Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre", Vicerrectorado Barquisimeto. Venezuela. ISSN: 2244-7393 5(2), 777-796. En línea. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5282241>. Consulta 22/01/2017

Rosales, A. (2011) "Estudio de factibilidad económica de la producción de composteras domiciliarias". Tesis doctoral. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de ciencias exactas físicas y naturales, escuela de ingeniería industrial (en línea) http://www.inti.gob.ar/compostajedomociliario/pdf/acuerdos_trabajo/DTR2.pdf. Acceso 10 de Enero de 2015.

Ruiz R. y Peña J. (2006) "Diseño de una tolva para almacenamiento de desechos sólidos para ser quemados en hornos cementeros en el Ecuador" Tesis Pre-

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

grado. [Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.](http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/1357) Universidad Autónoma de Querétaro. Ecuador. (en línea) <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/1357> Consulta 15 de Enero de 2017

Sánchez F. 2007. "Tratamientos combinados físicos - químicos y de oxidación para depuración de aguas residuales de la industria corchera." Tesis doctoral. Universidad de Extremadura, facultad de ciencias. Departamento de ingeniería química y química física. Badajoz. En línea http://dehesa.unex.es:8080/xmlui/bitstream/handle/10662/464/TDUEX_9788477238171.pdf?sequence=1. Consulta 15 de Mayo 2014.

Sfriso (2008). Caracterización Mecánica de Materiales Constituidos por partículas. Tesis de pre-grado. Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. Argentina. (en línea) <http://materias.fi.uba.ar/6408/Sfriso%20-%20Caracterizacion%20mecanica%20de%20materiales%20constituidos%20por%20particulas.pdf> Consulta 19 de Enero de 2017

Henríquez, o., Flores S., Maradiaga E., Alger J., y Paguada e. (2011) "Priorización de la investigación en la Facultad de Ciencias Médicas, UNAH, y la experiencia en dos unidades de la red de servicios de salud de Honduras: Medicina Física y Rehabilitación e Instituto Nacional Cardiopulmonar". Unidad de Investigación Científica, Facultad de Ciencias Médicas, UNAH. Dirección de Docencia e Investigación, Instituto Nacional Cardiopulmonar; Unidad de Rehabilitación, Instituto Hondureño de Seguridad Social; Unidad de Investigación Científica, Facultad de Ciencias Médicas, UNAH. Honduras. (en línea) http://www.bvs.hn/Honduras/PIS/PriorizacionInvestigacion_MatrizCriterios_Julio2011.pdf Consulta 12/08/2017

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006) "Manual de trabajos de grado de especialización y maestría y tesis doctorales". Fondo editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas Venezuela.

Varela A., Andre S., Nuñez O., Y Manaia C. (2014). "Miradas en torno a la relación entre residuos antimicrobianos y poblaciones bacterianas en un sistema de tratamiento de aguas residuales de hospital urbano". Revista WaterResearch. 54(14) 185-193. Portugal.

VMECA (2013) (en línea) VMECA Productos nuevos e innovados. Catalogo de productos <http://pdf.directindustry.es/pdf/vmeca/vmeca-productos-nuevos-e-innovadores/15363-157654.html#search-es-bomba-vacio-80-v> Consulta 17 de Enero de 2017

Villegas D. (2014). "Definición y validación de estándares de las maquinas mezcladoras" Manual operacional. Nestlé Venezuela, Santa Cruz Venezuela.

Villarreal (2015) "diseño para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales en el estadio de la Universidad Técnica del Norte, Cantón Ibarra provincia Imbabura". Tesis de pre-grado. Universidad técnica del norte facultad de ingeniería en ciencias agropecuarias y ambientales. (En línea) <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4326/2/03%20nr%20191%20art%20c3%8dculo%20cient%20c3%8dfico.pdf>. Consulta 20 de enero de 2017

Zambrano T. (2010). "Protocolo para toma de muestras de aguas residuales". Editorial: corporación para el desarrollo sostenible del sur de la amazonia. En línea. http://www.corpoamazonia.gov.co/files/Protocolo_para_Toma_de_Muestras_de_Aguas_Residuales.pdf. Consulta 15 de Mayo 2014

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Zarate V. (1995). Estudio de sedimentación de lodos de tratamiento de aguas residuales municipales del estado Nueva León. Tesis para optar al grado de maestro. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Civil, División de estudios de potsgrado, Monterey. México.