

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD INGENIERIA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE**  
**AGUAS RESIDUALES DE LA MINA REGINA**  
**PUNO – PERU**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO**  
**PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**JORGE LUIS VILELA ORDINOLA**

**CALLAO, DICIEMBRE 2019**

## HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

|   |                   |
|---|-------------------|
| <b>Mg. Arturo Percey Gamarra Chinchay</b>     | <b>Presidente</b> |
| <b>Dr. Pablo Mamani Calla</b>                 | <b>Secretario</b> |
| <b>Ing. Esteban Antonio Gutiérrez Hervias</b> | <b>Vocal</b>      |
| <b>Ing. Victoriano Sánchez Valverde</b>       | <b>Asesor</b>     |

## **DEDICATORIA**

**A mi señor Padre celestial**, por su inmeso amor al concederme la oportunidad de este gran avance, con miras a contribuir en la edificación de una mejor sociedad en términos de una mejor calidad de vida así como de contribuir en un mejor medio ambiente sin contaminación.

**A mi querida Madre; Celia Ricardina Ordinola Boyer**, por sus buenos consejos y valores que cultivo en mí desde muy niño, quien con su dedicación y esfuerzo hizo que sea una persona perseverante para lograr mis objetivos que me proponga, él es mi ejemplo a seguir, mi guía.

**A mi querida esposa; Rommy Madeleine Becerra Corrales**, por su comprensión, paciencia y apoyo incondicional, hizo posible lo que estoy a punto de lograr, acompañándome siempre en los buenos y sobre todo en los malos momentos, con su dedicado amor.

**A mi hija; Ainara Suyai Vilela** por ser mi motor y motivo de mi vida, quien es mi fortaleza para seguir superándome cada día en mi vida. Para quien deseo un mundo mejor, con un medio ambiente sin contaminación.

**VILELA ORDINOLA JORGE LUIS**

## **AGRADECIMIENTO**

A dios por ser mi padre y guía espiritual, A mi Madre, esposa e hija por su estímulo Poderoso para seguir adelante.

Al profesor y amigo asesor Ing. Victoriano Sanchez Valverde, por la dedicación e interés vertida para seguir adelante, y hacer posible la culminación del presente proyecto.

Agradecer igualmente a los antecesores de esta investigación, que con gran empeño desempeñaron una preocupación por el tema de esta materia, que como la finalidad busco continuar la investigación y así poder aportar los conocimientos que serán puestos a disposición de nuestra sociedad y así lograr una conciencia de prevención y preservar el medio ambiente.



## INDICE

|   |      |
|---|------|
| ACREDITACIONES.....   | i    |
| DEDICATORIA.....  | ii   |
| AGRADECIMIENTO.....   | iii  |
| INDICE.....   | iv   |
| TABLAS DE CONTENIDO... ..   | vi   |
| TABLA DE GRAFICAS.....  | viii |
| TABLA DE IMÁGENES Y OTROS.....  | ix   |
| RESUMEN... ..   | 1    |
| ABSTRACT.....   | 2    |
| INTRODUCCION... ..  | 3    |
| I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                                      | 5    |
| 1.1. Descripcion de la realidad problemática.....                       | 5    |
| 1.2. Formulacion del problema (general y especificos)... ..             | 6    |
| 1.2.1. Problema General.....  | 6    |
| 1.2.1. Problema Especifico.....   | 6    |
| 1.3. Objetivos (general y especificos).....                             | 7    |
| 1.3.1. Objetivo General... ..   | 7    |
| 1.3.2. Objetivo Especifico.....   | 7    |
| 1.4. Limitantes de la investigacion (teorico, temporal, espacial)... .. | 7    |
| 1.4.1. Limitante Teorico.....   | 7    |
| 1.4.2. Limitante Temporal... ..   | 7    |
| 1.4.3. Limitante Especial.....  | 7    |
| II. MARCO TEORICO.....  | 9    |
| 2.1 Antecedentes... ..  | 9    |
| 2.1.1. Antecedentes Internacionales.....                                | 9    |
| 2.1.2. Antecedentes Nacionales.....                                     | 11   |
| 2.2. Bases teoricas... ..   | 12   |
| 2.2.1. Marco Legal... ..  | 12   |
| 2.2.1.1. Limitantes Maximos Permisibles (LMP).....                      | 14   |

|  |    |
|--|----|
| 2.2.1.2. Límites Máximos Permisibles para el Reuso del agua residual<br>Tratada .....    | 16 |
| 2.2.1.3. Guía de la OMS para el reuso de aguas residuales.....                           | 17 |
| 2.2.1.4. Ley General de Residuo Sólidos y su Reglamento.....                             | 18 |
| 2.2.2. Planta de tratamiento de Aguas Residuales.....                                    | 19 |
| 2.2.2.1. Función de las plantas de tratamiento de aguas residuales.....                  | 19 |
| 2.2.2.2. ¿De dónde provienen las Aguas Residuales? .....                                 | 19 |
| 2.2.2.3. ¿Cómo Funciona una planta de tratamiento de aguas residuales?...20              |    |
| 2.2.3. Procesos.....   | 21 |
| 2.2.3.1. Tratamiento de Aguas Residuales.....  | 21 |
| 2.2.3.2. Pasos para tratamientos de aguas Residuales... ..                               | 22 |
| 2.2.3.2.1. Tratamiento Primario (Asentamiento de Sólidos).....                           | 20 |
| 2.2.3.2.2. Tratamiento Secundario .....  | 21 |
| 2.2.3.2.3. Tratamiento Terciario.....  | 21 |
| 2.2.3.2.4. Tratamiento Químico.....  | 22 |
| 2.2.3.2.5. Tratamiento Biológico... ..   | 22 |
| 2.2.3.2.6. Tratamiento Físico-Químico.....   | 23 |
| 2.2.3.2.7. Ventajas... ..  | 23 |
| 2.2.4. Tipos de Tratamiento de Agua.....   | 25 |
| 2.2.5. Procesos.....   | 38 |
| 2.2.6. Tipos de Plantas de tratamiento de Aguas... ..                                    | 46 |
| 2.3. Conceptual... ..  | 47 |
| 2.3.1. Selección del sistema de tratamiento de aguas residuales... ..                    | 47 |
| 2.3.2. Criterios para selección del sistema de tratamiento de aguas<br>residuales... ..  | 47 |
| 2.3.3. Memoria descriptiva de la planta de tratamiento de agua de la mina<br>Regia... .. | 50 |
| 2.3.3.2. Etapas del Proceso .....  | 51 |
| 2.3.3.3. Elemento de la planta de tratamiento de agua .....                              | 52 |
| 2.3.3.4. Controles Utilizados en la PTAR.....  | 61 |

|  |    |
|--|----|
| 2.3.4. Memoria de Calculo.....   | 61 |
| 2.3.4.1. Diseño y calculo de los tanques de almacenamiento.....                                    | 61 |
| 2.3.4.1.1. Tipos de Tanques de almacenamiento.....   | 61 |
| 2.3.4.1.2. Codigos Aplicables.....   | 62 |
| 2.3.4.1.3. Selección de Materiales para el diseño y fabricacion de tanques de bajas presiones..... | 63 |
| 2.3.4.1.4. Propiedades clave del acero estructural.....  | 63 |
| 2.3.4.1.5. Propiedades del Acero Estructural.....  | 64 |
| 2.3.4.1.5.1. Propiedades Mecanicas de los Aceros.....  | 64 |
| 2.3.4.1.5.2. Propiedades Quimicas ASTM A-36.....   | 66 |
| 2.3.4.1.6. Consideraciones recomendadas en la eleccion del tipo de Acero                           | 67 |
| 2.3.4.1.7. Materiales a emplear en los tanques metalicos de la planta de tratamiento de Agua.....  | 68 |
| 2.3.4.1.7.1. Estandar A.S.T.M.....   | 69 |
| 2.3.4.1.8. Materiales para soldadura.....  | 71 |
| 2.3.5. Memoria Descriptiva del diseño estructural.....   | 73 |
| 2.3.5.1. Estructuracion.....   | 73 |
| 2.3.5.2. Cimentacion.....  | 73 |
| 2.3.5.3. Cargas y Sobrecargas.....   | 73 |
| 2.3.5.3.1. Permanentes.....  | 73 |
| 2.3.5.3.2. Vivas de Ocupacion.....   | 74 |
| 2.3.5.4. Propiedades de los Materiales.....  | 74 |
| 2.3.5.4.1. Acero para la placa de fondo - Muros.....   | 74 |
| 2.3.5.4.2. Acero de refuerzo para atiesador superior.....  | 74 |
| 2.3.5.4.3. Modulo de elasticidad.....  | 74 |
| 2.3.5.4.4. Parametros de diseño sismo resistente.....  | 74 |
| 2.3.5.4.5. Analisis Sismico.....   | 75 |
| 2.3.5.5. Diseño Estructural.....   | 75 |
| 2.3.5.6. Normas.....   | 75 |

|   |     |
|---|-----|
| 2.3.5.7. Material y Propiedades Mecanicas .....                             | 76  |
| 2.3.5.8. Especificaciones Tecnicas de los Equipos.....                      | 76  |
| 2.3.6. Descripcion del Equipamento .....                                    | 77  |
| 2.3.6.1. Base de Datos.....   | 77  |
| 2.3.6.2. Diseño de elementos de la planta de tratamiento de agua.....       | 78  |
| 2.3.6.2.1. Trampa de grasa y de espuma .....                                | 78  |
| 2.3.6.2.2. Camara de Rejas.....   | 87  |
| 2.3.6.2.3. Camara de Ecuilizacion .....                                     | 88  |
| 2.3.6.2.4. Camara de Aeracion .....   | 95  |
| 2.3.6.2.5. Camara de Sedimentacion .....                                    | 107 |
| 2.3.6.2.6. Sistema de Filtracion .....                                      | 121 |
| 2.3.6.2.7. Camara de contacto.....  | 131 |
| 2.3.6.2.8. Diseño de un proceso de lodos activados.....                     | 136 |
| 2.3.7. Diseño de Equipos.....   | 131 |
| 2.3.7.1. Diseño de Bombas.....  | 131 |
| 2.3.8. Descripcion del Equipamento .....                                    | 155 |
| 2.3.9. Proteccion Superficial.....  | 156 |
| 2.3.9.1. Reglamentos y Normas.....  | 156 |
| 2.3.9.2. Estandares de Referencia.....                                      | 156 |
| 2.3.9.3. Steel Structures Painting Council.....                             | 157 |
| 2.3.9.4. International Standards Organization (ISO).....                    | 157 |
| 2.3.9.5. Blasting.....  | 158 |
| 2.3.9.5.1. Preparacion de Superficie.....                                   | 159 |
| 2.3.9.6. Aplicación de Pintura.....   | 161 |
| 2.3.9.7. Procedimiento de Reparacion .....                                  | 163 |
| 2.3.9.7.1. Daños Exponiendo el Metal Base u Oxido.....                      | 164 |
| 2.3.9.7.2. Daños a la capa de pintura sin exposicion del metal base u oxido | 164 |
| 2.3.9.7.3. Pernos de Acero.....   | 164 |
| 2.3.9.7.4. Condiciones Ambientales.....                                     | 164 |

|   |     |
|---|-----|
| 2.3.10. Transporte, Manipuleo y almacenamiento en taller...   | 146 |
| 2.3.11. Sistema de Pintura...   | 147 |
| 2.4. Definicion de terminos basicos...  | 168 |
| III HIPOTESIS Y VARIABLES.....  | 171 |
| 3.1. Hipotesis (genral y especificas)...  | 171 |
| 3.2. Definicion conceptual de variables.....  | 172 |
| 3.2.1. Operacionalizacion de variable.....  | 172 |
| IV. DISEÑO METODOLOGICO .....   | 173 |
| 4.1. Tipo y diseño de investigacion .....   | 173 |
| 4.2. Metodo de investigacion .....  | 173 |
| 4.3. Poblacion y Muestra.....   | 173 |
| 4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado .....  | 174 |
| 4.5. Tecnicas e instrumentos para la recoleccion de la informacion .....                              | 174 |
| 4.6. Analisis y procesamiento de datos.....   | 174 |
| V. RESULTADOS .....   | 176 |
| 5.1. Resultados Descriptivos.....   | 176 |
| 5.2. Resultados Inferenciales.....  | 182 |
| 5.3. Otro tipo de resultados estadisticos de acuerdo a la naturaleza del problema y la Hipotesis..... |     |
| VI. DISCUSION DE RESULTADOS.....  | 189 |
| 6.1. Contrastacion y demostracion de la hipotesis con los resultados.....                             | 189 |
| 6.2. Contrastacion de los resultados con toros similares. ....  | 192 |
| VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....   | 194 |
| 7.1. Conclusiones.....  | 194 |
| 7.2. Recomendaciones .....  | 195 |
| VIII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....   | 197 |
| IX ANEXOS.....  | 201 |
| - Anexo I: Matriz de consistencia .....   | 202 |
| - Anexo II: Instrumentos Validados .....  | 203 |
| - Anexo III: Base de datos .....  | 211 |

|   |     |
|---|-----|
| - Anexo IV: Calculo de efectos Mediante Diseño Factorial..... | 214 |
| - Anexo V: Manual de Operaciones... ..                        | 220 |
| - Anexo VI Planos... ..                                       | 262 |

## TABLA DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| Tabla N°1: LMP de efluentes para su vertimiento a un cuerpo de agua.....             | 11 |
| Tabla N°2: Parametros de efluentes para su vertimiento a un cuerpo de agua.....      | 11 |
| Tabla N°3: Guia de la OMS para el reuso de aguas residuales... ..                    | 14 |
| Tabla N°4: Concetracion de la carga contaminante .....                               | 44 |
| Tabla N°5: Elementos a considerar para selección de PTAR... ..                       | 45 |
| Tabla N°6: Propiedades Quimicas... ..  | 62 |
| Tabla N°7: Propiedades Mecanicas ASTM A-36 .....                                     | 72 |
| Tabla N°8: Propiedades de los Mienbros estructurales... ..                           | 72 |
| Tabla N°9: Parametros de Afluentes y Efluentes... ..                                 | 73 |
| Tabla N°10: Propiedades del acero ASTM A-36.....                                     | 77 |
| Tabla N°11: Valores de factor $\alpha_n$ .....                                       | 78 |
| Tabla N°12: Espesor de Pared .....   | 78 |
| Tabla N°13: Numero de atiesadores horizontales... ..                                 | 80 |
| Tabla N°14: Separacion de atiesadores horizontales... ..                             | 81 |
| Tabla N°15: Distancia de Atisadores... ..  | 81 |
| Tabla N°16: Selección de elementos de atiesador... ..                                | 83 |
| Tabla N°17: Valores de factor $\alpha_n$ en la camara de ecualizacion .....          | 86 |
| Tabla N°18: Espesor de pared de la camara de ecualizacion .....                      | 86 |
| Tabla N°19: Numero de atiesadores horizontales de la camara de ecualizacion .....    | 88 |
| Tabla N°20: Distancia de atiesadores de la camara de ecualizacion.....               | 89 |
| Tabla N°21: Distancia de atiesadores Horizontales de la camara de ecualizacion ..... | 90 |
| Tabla N° 22: Selección de elemento atiesador .....                                   | 91 |
| Tabla N23: Valores del factor $\alpha_n$ .....                                       | 92 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla N 24: Espesor de Pared.....  | 99  |
| Tabla N°25: Numero de atiesadores horizontales....   | 101 |
| Tabla N°26: Separacion de atiesadores horizontales....   | 101 |
| Tabla N°27: Distancia de atiesador Horizontal.....   | 102 |
| Tabla N°28: Selección de elemento atiesador....  | 103 |
| Tabla N°29: Capacidad volumetrica de tapas conformadas curvas....  | 107 |
| Tabla N°30: Dimensiones para cuellos de boquillas....  | 123 |
| Tabla N°31: Dimensiones para cuellos de Boquillas, tubos, placas y soldaduras.....                                     | 124 |
| Tabla N°32: Dimensiones para bridas de boquillas.....  | 126 |
| Tabla N33: Estructuras con exposicion a rayos UV-Ambiente.....   | 143 |
| Tabla N°34: Recubrimiento interior de tanques....  | 144 |
| Tabla N°35: Concentracion de parametros de lodos....   | 149 |
| Tabla N°36: Parametros de diseño y operación de procesos de lodos activados.....                                       | 150 |
| Tabla N°37: Operacionalizacion de Variables.....   | 167 |
| Tabla N°38: Valores de la Muestra.....   | 168 |
| Tabla N°39: Valores del dominio Experimental....   | 176 |
| Tabla N°40: Variacion de pH.....   | 176 |
| Tabla N°41: Signos algebraicos para calcular los efectos del diseño.....   | 177 |
| Tabla N°42: Resumen de los estimacion de los efectos....   | 178 |
| Tabla N°43: Analisis de varianza para el pH....  | 179 |
| Tabla N°44: Efectos y coeficientes estimados para pH....   | 181 |
| Tabla N°45: Efectos principales para pH.....   | 182 |
| Tabla N°46: Resultados del analisis de la muestra de agua acida.....   | 183 |
| Tabla N°47: Resultados del agua acida luego de ser sometido a un tratamiento anaerobico bajo un caudal de 1 ml/min.... | 183 |
| Tabla N°48: D.S.N° 010-2010-MINAM para la descarga de efluentes Liquidos de actividades Minero-Metalurgicas.....       | 184 |
| Tabla N° 49: Indicadores minimos del nivel del servicio.....   | 187 |
| Tabla N°50: Parametros en la PTAR propuesta.....   | 187 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla N°51 Matriz de Consistencia.....                                   | 196 |
| Tabla N° A-1: Analisis del pH.....                                       | 205 |
| Tabla A-2: Analisis del Eh.....  | 205 |
| Tabla A-3: Analisis del Fe.....  | 206 |
| Tabla A-4: Analisis del CaCO <sub>3</sub> .....                          | 206 |
| Tabla A-5: Evaluacion del Cu.....  | 207 |
| Tabla A-6: Evaluacion del Ca.....  | 207 |
| Tabla A-7: Evolucion de los solidos totales en suspension (STS).....     | 208 |
| Tabla N°52: Cuadro de signos del diseño Factorial.....                   | 209 |
| Tabla N°53: Signos algebraicos para calcular los efectos del diseño..... | 214 |
| Tabla N°54: Cuadro de analisis de los parametros.....                    | 215 |
| Tabla N°55: Cuadro del Mantenimiento de la PTAR.....                     | 241 |
| Tabla N°56: Cuadro de Stock de Presupuesto.....                          | 244 |

#### TABLA DE GRAFICAS

|   |     |
|---|-----|
| Grafico N°1: Porcion inicial de la curva esfuerzo - deformacion para aceros de bajo contenido de carbono..... | 60  |
| Grafico N°2: Porcion inicial de la curva esfuerzo - deformacion para aceros de alto contenido de carbono..... | 61  |
| Grafico N°3: Curvas de esfuerzo - deformacion de algunas de acero.....  | 61  |
| Grafico N°4: Esfuerzo - Deformacion.....  | 62  |
| Grafico N°5: Grafica de Moddy.....  | 129 |
| Grafico N°6: Evolucion del pH.....  | 170 |
| Grafico N°7: Evolucion de pH.....   | 171 |
| Grafico N°8: Evolucion del Eh.....  | 171 |
| Grafico N°9: Evolucion del Eh.....  | 172 |
| Grafico N°10: Evolucion del Eh.....   | 172 |
| Grafico N°11: Evolucion de la Alcalinidad.....  | 173 |
| Grafico N°12: Evolucion de la Alcalinidad.....  | 174 |
| Grafico N°13: Evolucion de la concentracion de Cu.....  | 174 |



|   |     |
|---|-----|
| Grafico N°14: Evolucion de la concentracion del Ca.....     | 175 |
| Grafica N°15: Evolucion de la concentracion de los STS..... | 175 |

#### TABLA DE IMÁGENES

|   |     |
|---|-----|
| Figura N°1: Exigencia de LMP de vertimiento de efluente de PTAR.....                      | 9   |
| Figura N°2: Sistema de tratamientos de aguas residuales... ..                             | 19  |
| Figura N°3: Pasos para tratamientos de aguas residuales... ..                             | 20  |
| Figura N°4: Sistema de tratamiento de agua textil... ..                                   | 22  |
| Figura N°5: Sistema de tratamiento de agua de las refinarias y<br>petroquimicas.....      | 23  |
| Figura N°6: Sistema de tratamiento de agua en la industria papelera.,.....                | 24  |
| Figura N°7: Sistema de tratamiento de aguas residuales en la fabricas.....                | 25  |
| Figura N°8: Sistema de tratamiento de aguas residuales de lodos de<br>perforacion .....   | 27  |
| Figura N°9: Sistema de tratamiento de aguas residuales de Destilerias.....                | 28  |
| Figura N°10: Sistema de tratamiento de aguas Municipales... ..                            | 29  |
| Figura N° 11: Sistema de tratamiento de agua de las refinarias y<br>petroquimicas.....    | 30  |
| Figura N°12: Sistema de tratamiento de aguas producidas.....                              | 31  |
| Figura N°13: Sistema de tratamiento de aguas residuales de condominios y<br>hogares... .. | 32  |
| Figura N°14: Sistema de sedimentacion .....   | 35  |
| Figura N°15: Proceso de coagulacion .....   | 36  |
| Figura N°16: Proceso de Espesamiento .....  | 38  |
| Figura N°17: Proceso de Filtracion .....  | 39  |
| Figura N°18: Proceso de Neutralizacion.....   | 40  |
| Figura N°19: Proceso de Aireacion .....   | 41  |
| Figura N°20: Proceso de Precipitacion.....  | 42  |
| Figura N°21: Distancia de Atisadores.....   | 81  |
| Figura N°22: Disposicion de cargas en la pared del tanque .....                           | 82  |
| Figura N° 23: Distancia de atiesadores.....   | 101 |
| Figura N° 24: Disposicion de cargas en la pared del tanque .....                          | 102 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura N°25: Tanque de Decantacion .....  | 105 |
| Figura N°26: Medidas de cono Inferior.....  | 106 |
| Figura N°27: Medidas del Manhole.....   | 109 |
| Figura N°28: Shell Manhole.....   | 110 |
| Figura N°29: Descripcion de Brida de manhole .....  | 111 |
| Figura N°30: Representacion geometrica de los contrastes que corresponden a los efectos principales y las interacciones del diseño..... | 209 |
| Figura N°31: Vistas Isometricas de la planta.....   | 254 |
| Figura N°32: Planos.....  | 256 |

## **RESUMEN**

El resumen de la investigación tiene como objetivo principal, diseñar una planta de tratamiento de aguas residual (PTAR), para usar dicha agua tratada en riego de campos de cultivo, así como para el bebedero de los animales en el distrito de Quilcapunco y con el fin de reducir sus descargas contaminantes a la red de ríos que desembocan en el lago TITICACA. Además de proporcionar al estudiante y/o Profesional integrado en el tema, el conocimiento, pasos y/o metodología para el diseño, por lo cual la información suficiente, para poder llevar a cabo el proyecto.

Se podrá encontrar y entender convenientemente en esta tesis, cuales son los estudios básicos necesarios a realizar, para comenzar a diseñar una planta de tratamiento de agua residual-PTAR.

Se establece también los parámetros básicos de diseño, además conocer las diferentes alternativas para el tratamiento de agua residual que se pueden plantear o proponer inicialmente, que luego serán discutidas, evaluadas y finalmente seleccionar la más adecuada.

## **ABSTRACT**

Water is the most valuable natural resource on earth, without it there would be no life. About 71% of the earth's crust is covered by water. Despite being so abundant, only a small percentage is usable for human consumption.

The mining industry is present in Peru since the beginning of its history and the promotion of its execution continues to generate a positive impact on our economy to date.

The research summary is to design a wastewater treatment plant (WWTP), to use said treated water for irrigation of agricultural fields as well as for the drinking fountain for animals in the district of Quilcapunco. in order to reduce its pollutant discharges to the network of rivers that flow into Lake TITICACA. In addition to providing the student and / or professional involved in the subject, the knowledge, steps and / or methodology for the design, for which sufficient information, to carry out the project.

You can find and understand conveniently in this thesis, which are the basic studies needed to perform, to start designing a wastewater treatment plant-WWTP.

It also establishes the basic parameters of design, in addition to knowing the different alternatives for the treatment of residual water that can be proposed or proposed initially, which will then be discussed, evaluated and finally select the most appropriate.

## INTRODUCCION

El agua es un recurso esencial para la vida en este planeta. Los seres humanos dependemos de ella para nuestra salud y para la producción de alimentos, bienes y servicios. Actualmente, se genera una problemática con respecto al uso de la dotación del río Nilo en los países cercanos, con lo que Miguel Angel Garcia llama "Guerra por el Agua en Africa" (Garcia, 2012). Las ciudades más cercanas a los ríos o lagunas serán siempre mejor vistas que zonas áridas o desérticas, por su beneficio en la agricultura, ganadería entre otros.

Debido al alto crecimiento de la población, ligado directamente al crecimiento de las áreas urbanas y rurales, la disposición del agua residual domestica e industrial se ha convertido en los últimos años en un problema serio, que ha repercutido directamente en el medio ambiente, ocasionando problemas graves de contaminación, especialmente en países como el nuestro en vías de desarrollo.

El agua residual es normalmente vertida a cuerpos de agua, sin recibir un adecuado tratamiento. En la actualidad dichos cuerpos de agua, principalmente ríos han reducido notablemente su capacidad de dilución debido a muchos factores, relacionados principalmente con la carencia del recurso hídrico "agua". A fines del siglo XIX, surgió la necesidad de un tratamiento sistemático del agua residual debido a la concentración de la población en las áreas urbanas lo cual causa problemas en la salud pública, debido a la contaminación del agua abastecimiento, produciendo enfermedades, malos olores y otros inconvenientes.

La siguiente investigación está basada a la 6ta edición de la norma APA y alcanza lo necesario para los intrépidos que quisieran incursionar y conocer el área de tratamiento de aguas residuales y medio ambiente, en el contenido a continuación se vierte todo lo concerniente al tratamiento de aguas residuales y detalla los distintos niveles de tratamientos así como los proyectos distintos del Perú, respecto a este, se realizó un exhaustivo del diagnóstico de las principales plantas de la región Puno y así se pudo plantear un sistema de planta de tratamiento modelo de lodos activados convencional. La investigación surge en la búsqueda de la respuesta de que si el tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales de la red pluvial del lago Titicaca. Que cumple con los estándares medioambientales establecidos del MINAM.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

La región Puno tiene un gran potencial para la explotación y extracción de minerales, convirtiéndose esta región en una de las mayores productoras del sector de minería para exportación.

La sociedad minera ubicada en el departamento de Puno, dicho departamento se encuentra en el altiplano entre los 3,812 msnm y 5,500 msnm y entre la ceja de selva y la selva alta entre los 4,200 y 500 msnm. Cabe mencionar que está ubicada a orillas de lago Titicaca. Tiene una extensión de 7200 km<sup>2</sup>, se caracteriza por su clima frío, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. La media anual de temperatura máxima y mínima es de 14.4°C y de 2.7°C respectivamente.

La región concreta gran parte de su PBI en el sector primario, llámense actividades extractivas como la minería, ganadería y agricultura, esta última tiene subsistencia en las áreas con menos accesibilidad y con menos índices de desarrollo humanos, es el primer productor de estaño, fibra de alpaca, papas, carne de ovino, lana quinua, representando en la mayoría del caso más del 40% de la producción total del país.

Debido a la actividad minera donde el agua que se utiliza en esta actividad para su explotación y en el proceso de producción, donde se utiliza el agua que se capta de los ríos y/o lagunas vertiéndose después esta agua irresponsablemente a los cauces de los ríos o quebradas generando la contaminación de las mismas ya que estas vienen con sólidos en suspensión y algunos metales disueltos con variación de PH y oxidación. Repercutiendo directamente en la economía ya

que al presentar contaminación generan pérdidas económicas a las comunidades aledañas que se ubican en las riberas de los ríos y lagos o lagunillas, estas aguas la usan para regar cultivos, que por la contaminación imposibilita su crecimiento de muchas especies vegetales , porque la presencia de sustancias químicas en el suelo altera los procesos vitales de las plantas, el efecto que causa estas aguas contaminadas en los animales no pueden aparearse, lo que altera el equilibrio de sus números naturales, pueden tener el efecto domino en toda la fauna ya que puede causarles la muerte ya sea porque están contaminados sus pastizales así como por el agua que beben.

El presente proyecto plantea los siguiente:

- Captar el agua de las bocaminas y conducirlo hasta la entrada de la planta de tratamiento.
- Construir una planta de tratamiento automatizada con operaciones unitarias para tratar el agua (producto) y los lodos generados (sub-productos).
- Conducir el agua tratada hasta la estructura de vertimiento aguas abajo.

## **1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 PROBLEMA GENERAL**

¿Es posible diseñar una planta de tratamiento de agua residual para disminuir los elementos contaminantes en el agua de la mina Regina para que se reúse en el consumo de bebedero de animales y regadío de cultivos?

### **1.2.2 PROBLEMA ESPECIFICO**

¿De qué manera se diseñará el sistema de tratamiento para reducir los elementos contaminantes del agua?



¿Cómo seleccionar el equipo de bombeo para trasvasar el agua de minas hasta la planta de tratamiento de agua?

¿de qué manera se seleccionarán los equipos para obtener una mejor eficiencia de la planta de tratamiento?

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1.OBJETIVOS GENERAL**

Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales de la mina Regina para usarlas en el consumo de bebedero de animales y regadío de cultivo, provenientes de la mina Regina.

#### **1.3.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Diseñar el sistema de tratamiento para reducir los elementos contaminantes del agua de la mina Regina
- Seleccionar el equipo de Bombeo para trasvasar el agua de mina hasta la planta de tratamiento
- Seleccionar un sistema de filtración de los lodos para procesar la cantidad de lodos que se generan en los procesos y poder aprovecharlos para tratarlos y utilizarlos como fertilizante.

### **1.4. LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1 LIMITANTE TEORICO**

¿en qué medida se optimizará el agua de la mina cuando pase por la planta de tratamiento?

#### **1.4.2 LIMITANTE TEMPORAL**

El periodo de estudio que abarca el proyecto de investigación es de dos meses

### **1.4.3 LIMITANTE ESPECIAL**

La mina Regina se encuentra ubicada en el paraje choquene, que políticamente pertenece al distrito de Quilcapunco, provincia de san Antonio de putina, departamento de Puno, a una altura entre los 4600 y 5000 m.s.n.m.

El terreno donde se proyecta construir la PTAM (planta de tratamiento de agua de mina) está ubicado en la zona donde se encuentra la laguna choquene y el relave minero.

Ubicación Geográfica: Las coordenadas WGS 84 de la PTARI son:

Norte: 8 372 400

Este: 426 700

Ubicación Política

Departamento: Puno

Provincia: San Antonio de Putina

Distrito: Quilcapunco

Lugar: Choquene

## **II. MARCO TEORICO**

### **2.1 ANTECEDENTES**

#### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONAL**

**a). Melo Parra, Anderson-Herrera Delgado, Juan Sebastián (Bogotá, Noviembre del 2016) “Diseño y construcción de una planta piloto para el tratamiento de agua potable”**

Trabajo de grado para optar el título de ingeniero civil en la universidad católica de Colombia, el presente trabajo se desarrollara el proceso para realizar el diseño hidráulico y la construcción de una planta de tratamiento de agua potable, para implementarla en cualquier parte de las zonas de Colombia.

**b). Sánchez Gamba, Sandra Milena (Bogotá, 2011) “Propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua Potable del Municipio de Bituima, Cundinamarca”**

Trabajo de grado para optar el título de ingeniero Ambiental, en la universidad de la Salle - Bogotá D.C., El siguiente trabajo tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de los habitantes del municipio de Bituima, Cundinamarca a través del mejoramiento de su planta de tratamiento de agua potable (PTAP), por medio de los diagnósticos encontrados previo se identificaron las unidades de la planta de tratamiento de agua la cual presenta problemas durante el tratamiento del agua, encontrando como puntos a enfocar el mejoramiento a la unidad de floculación, filtros y la ausencia de un tanque de contacto con cloro.

**c). Torres Cáceres, Ernesto W. (México, 1994) “Proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales Domesticas para Uso del agua en la Agricultura”**

Trabajo de grado para optar el título de maestro en ciencias en producción Agrícola, en la universidad Autónoma de Nuevo León – México, El siguiente trabajo tiene como Propósito diseñar una planta de tratamiento para las aguas residuales domesticas provenientes de la localidad de Marín, N.L. bajo condiciones ambientales de la zona en función de carga orgánica y solidos totales para uso como agua de riego agrícola. Este trabajo se desarrolló a nivel de campo y laboratorio en donde se utilizó equipo de topografía, material y equipo de laboratorio.

**d). Moran Villela, Diego Josué Robín Macloni (Guatemala, 2014) “Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz”**

Trabajo de grado para optar el título de ingeniero Ambiental, en la universidad Rafael Landívar, el objetivo de esta investigación es diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de san juan de chamelco, alta Verapaz. Se realizó un análisis fisicoquímico y microbiológico del agua residual, el muestreo fue hecho en el desfogue de la red de alcantarillado, el análisis de las muestras recolectadas se dividió en dos fases, una de ellas in-situ y la otra en laboratorio, para determinar la carga contaminante del agua residual, y poder diseñar con base en los resultados de los parámetros, cuál era el mejor alternativa de sistema de tratamiento del agua residual. Esta propuesta brinda una medida de mitigación a la problemática de la contaminación de los cuerpos de aguas receptores, específicamente los ríos Chiche y Chío los cuales son utilizados para actividades cotidianas del municipio.

## **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONAL**

### **a). Destefano Molero, Javier Adolfo (2012) “Diseño preliminar de una planta de tratamiento de agua para el consumo humano en los distritos de Andahuaylas, san Jerónimo y talavera de la Reyna, Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac”**

El presente trabajo es para obtener el título de ingeniero Civil de la PUCP, el cual consta de una propuesta para el tratamiento de agua del río Chumbao que recorre los distritos de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera de la Reyna, región de Apurímac, con el fin de dotarlos de un servicio eficiente de agua potable debido a que el servicio actual es insuficiente con tal propósito la tecnología que plantea reemplazara el abastecimiento de agua de manantiales por agua superficial tratada, utilizándose las redes existentes para la distribución domiciliar. El primer capítulo está referido a las características generales de las localidades: ubicación geográfica, geomorfología, clima, suelos, actividad económica, vías de acceso, servicios públicos, recursos hídricos y el perfil social. Las bases teóricas de los procesos a los que someterá el agua durante el tratamiento (mezcla, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección).

### **b). Arce Jáuregui, Luis Francisco (Abril-2013) “Urbanizaciones Sostenibles: Descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales”**

El presente trabajo es para obtener el título de ingeniero civil; la tesis fue elaborada en respuesta al estado actual del tratamiento del agua residual en el Perú. Esta investigación tiene como objetivo plantear una alternativa de solución para el saneamiento nacional, teniendo como base experiencias exitosas en

otras partes del mundo. Este trabajo es una contribución técnica, que reconoce una propuestas de ingeniería exitosa que incluye en el diseño y operación los aspectos social, económico y ambiental.

**c). Espinoza Paz, Ramón Enrique (Abril-2010) “Planta de Tratamiento de aguas residuales en San Juan de Miraflores”**

Tesis para optar el grado de Master en Gestión y Auditorías Ambientales, selecciona para este estudio un tema que se relaciona con la descontaminación del curso de agua y océanos y la realización del agua residual tratada en la zona sur de la ciudad de lima, Perú.

**d).López Hernández, Rodrigo Arturo-Herrera Panduro, Kathleen Lourdes “Planta de Tratamiento de aguas residuales para uso de riego de parques y jardines en el distrito de la esperanza, provincia de Trujillo. La Libertad”**

Tesis para optar el título de ingeniero Civil; la presente tesis tiene como objetivo principal, diseñar una planta de tratamiento de agua residuales (PTAR), para usar dicha agua tratada en riego de parques y jardines en el distrito de la esperanza y con el fin de reducir sus descargas contaminantes al mar.

## **2.2. BASES TEORICAS**

### **2.2.1. MARCO LEGAL**

#### 1. Valores de calidad de las aguas residuales en el Marco Legal Peruano

El marco legal peruano define los siguientes parámetros y valores relevantes para la construcción y operación de PTAR:

- Valores máximos admisibles (VMA) establecidos en el decreto supremo N°021-2009-VIVIENDA y su reglamento aprobado por el decreto supremo N° 003-2011-VIVIENDA.

- Límites máximos permisibles (LMP) para vertimientos a cuerpos de agua establecidos en el decreto supremo N° 003-2010-MINAM.

- Límites máximos permisibles para el uso de agua tratada

En la figura N°1 se puede apreciar que los VMA regulan las descargas industriales al alcantarillado público, en tanto que los LMP para vertimientos en un cuerpo de agua regulan la calidad del efluente de las PTAR y los ECA-Agua regulan la calidad del agua en el cuerpo de agua luego de la zona de mezcla con el efluente de las PTAR.

Para el caso de vertimiento del efluente a un cuerpo de agua cabe precisar que el cumplimiento de los LMP en el efluente de una PTAR no reemplaza la necesidad del cumplimiento del ECA-Agua después de la zona de mezcla y viceversa.

Para el caso del uso, se deben aplicar los LMP correspondientes a la actividad en la que se hará uso. En la actualidad, a falta de LMP específicos, se utilizan los valores recomendados en las aguas de la organización mundial de la salud.

**Figura N°1: exigencia de LMP de vertimientos del efluente de PTAR (LMP-V), LMP para uso del efluente (LMP-R), ECA-AGUA y VMA.**



Fuente: SUNASS (2016)

## **2.2.1.1 LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES (LMP) – DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM:**

De acuerdo con el decreto supremo N° 003-MINAM el LMP es “la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente”. Los LMP definen la calidad del efluente de las PTAR cuando se vierte a un cuerpo natural de agua. Sin embargo, cuando la PTAR incluye emisario submarino, la norma OS 090 del reglamento nacional de Edificaciones señala que estos valores no son aplicables. Los LMP son obligatorios para todas las PTAR sin distinción de tamaño, ni de nivel de tratamiento. En la tabla 1 se muestran los LMP vigentes. La EPS debe reportar al ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (MVCS) el cumplimiento de los LMP y efectuar el monitoreo frecuente del efluente y afluente de la PTAR según el protocolo de monitoreo señalado en la resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA. Este protocolo define:

- ✓ Los puntos de la toma de muestras.
- ✓ Los parámetros que se deben monitorear en el afluente y efluente de la PTAR.
- ✓ La frecuencia del monitoreo (véase la tabla 2)
- ✓ El procedimiento de la toma de muestras y el análisis de las muestras.

Cabe mencionar que esta exigencia normativa no limita a la EPS a efectuar la medición de parámetros adicionales o ampliar la frecuencia de algunos parámetros dentro de sus programas de operación y control de los procesos de tratamiento de las PTAR. Según el decreto supremo N° 003-2010-MINAM, la fiscalización del cumplimiento de los LMP está a cargo de la autoridad



competente; es decir, el MVCS si embargo el ente rector aún no cuenta con un reglamento de supervisión, fiscalización y sanción del cumplimiento de los LMP.

**Tabla N°1: LMP de efluentes para su vertimiento a un cuerpo de agua**

| PARAMETRO                                      | VALOR             | UNIDAD            |
|--|-------------------|-------------------|
| ACEITES Y GRASAS                               | mg/L              | 20                |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES                     | NMP/100 mL        | 10.000            |
| DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO EN 6 DIAS (DBO5) | mg/L              | 100 <sup>1)</sup> |
| DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DBO)               | mg/L              | 200 <sup>1)</sup> |
| PH   |                   | 6.5-8.5           |
| SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION                  | ml/L <sub>2</sub> | 150               |
| TEMPERATURA                                    | °C                | <35               |

1) Para los efluentes de PTAR con etapa de tratamiento final por lagunas, el LMP se refiere a la muestra filtrada  
 2) La unidad probablemente incorrecta. Será preferible la unidad mg/L

**Tabla N°2: Parámetros y frecuencias del monitoreo de nuestras de afluentes y efluentes de las PTAR**

| PARAMETROS                               |          | Frecuencia del monitoreo según el caudal de operación promedio |                 |               |         |
|--|----------|--|-----------------|---------------|---------|
| Afluente                                 | Efluente | <10 l/s  | >10 a 100 l/s   | <100 a 300l/s | >300l/s |
| Aceites y grasa                          |          |  |                 |               |         |
| Coliformes Termo tolerantes              |          |  |                 |               |         |
| DBO5                                     |          |  |                 |               |         |
| DQO                                      |          | Anual  | Semestral       | Trimestral    | Mensual |
| PH                                       |          |  |                 |               |         |
| Solidos totales en suspensión            |          |  |                 |               |         |
| Temperatura                              |          |  |                 |               |         |
| Caudal (Lectura Horaria o más frecuente) |          | 1 por Semestre   | 1 por trimestre | 1 por mes     | Diaria  |

Fuente SUNASS (2016)

El decreto supremo N° 003-2010-MINAM establece el LMP de 200 mg/l para la DQO y de 100 mg/l para la DBO5, lo cual significaría que la relación entre la DQO y la DBO5 es 2 a 1 sin embargo, en la práctica se encuentra normalmente entre 3 y 4, cuando se trata de efluentes de tratamiento biológicos. Por lo tanto, no deben diseñarse PTAR nuevas para el LMP de DBO5 de 100 mg/L, si no para una concentración de DBO5 menor de 50 mg/L, a fin de cumplir el LMP de DQO de 200 mg/L. si en la operación de una PTAR se verifica el cumplimiento del LMP de la DQO, es muy probable que también cumpla el LMP de la DBO5.

### **2.2.1.2 LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA EL USO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA:**

Actualmente no existen límites máximos permisibles para el agua residual tratada que será reutilizada para el riego, ni para otros tipos de uso.

Los ECA-Agua de la categoría 3 definen estándares de la calidad para un cuerpo natural de agua superficial que será utilizada para riego, lo cual no implica que estos valores también puedan ser considerados como LMP para efluentes de PTAR. En el artículo 150 del reglamento de la ley de recurso Hídricos se señala que, para la evaluación de las solicitudes de autorización de uso de efluentes tratados, se deben tomar en cuenta los valores que establezca el sector correspondiente a la actividad a al cual se destinara el uso del agua o que en su defecto se utilicen las guías de la organización mundial de la salud (OMS).

En el mencionado reglamento se señala también que la autoridad Nacional del Agua es responsable de autorizar el uso de las aguas residuales tratadas y que la autoridad administrativa del agua correspondientes es la encargada del control y vigilancia del uso de las aguas residuales tratadas. En el caso del uso para

riego de áreas verdes, se requiere la opinión técnica favorable de la dirección General de salud Ambiental (DIGESA), que dentro de sus funciones vigila los aspectos de salud pública en parques y áreas verdes de uso público.

Se advierte la necesidad de que el país cuente con una guía de buenas prácticas de riego y manejo adecuado de suelos con aguas residuales tratadas por parte de los agricultores. En relación con este tema, las guías de la OMS de 1989 y 2006 dan recomendaciones sobre las medidas de protección y desarrollo de una política nacional para el manejo de los beneficios y riesgos de uso de aguas residuales tratadas.

### **2.2.1.3 GUIA DE LA OMS PARA EL USO DE AGUAS RESIDUALES**

Para la evaluación de solicitudes de autorización del uso de efluentes tratados, la autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los valores de las guías de la OMS de 1989 o la versión del 2006 (dependiendo de lo indicado en la solicitud de autorización).

La versión de la guía del año 1989 define 3 categorías de acuerdo con el tipo de uso. (Véase la tabla 3).

**Tabla N°3: Guía de la OMS para el uso de aguas residuales**

| CATEGORÍA | CONDICIONES DEL REÚSO  | GRUPO EXPUESTO                       | HELMINTOS INTESTINALES <sup>b)</sup> (HUEVOS/L <sup>c)</sup> | COLIFORMES (PROMEDIO POR 100 mL <sup>c)</sup> | TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  |
|-----------|--|--------------------------------------|--|---|--|
| A         | RIEGO DE CULTIVOS QUE SE CONSUMEN CRUDOS, CAMPOS DEPORTIVOS Y PARQUES PÚBLICOS <sup>d)</sup> | TRABAJADORES, CONSUMIDORES, USUARIOS | ≤ 1  | ≤ 1000 <sup>d)</sup>                          | LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN EN SERIE DISEÑADAS PARA LOGRAR LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA INDICADA O TRATAMIENTO SIMILAR    |
| B         | RIEGO DE CEREALES, CULTIVOS INDUSTRIALES, FORRAJES Y ÁRBOLES <sup>e)</sup>                   | TRABAJADORES                         | ≤ 1  | NO HAY UN ESTÁNDAR DE CALIDAD RECOMENDADO     | RETENCIÓN EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN ENTRE 8 Y 10 DÍAS O REMOCIÓN EQUIVALENTE DE HELMINTOS Y COLIFORMES FECALES    |
| C         | RIEGO DE CULTIVOS DE LA CATEGORÍA B, SI NO HAY EXPOSICIÓN DE TRABAJADORES Y DEL PÚBLICO      | NINGUNO                              | SIN APLICACIÓN   | SIN APLICACIÓN                                | TRATAMIENTO PRELIMINAR SEGÚN EL REQUERIMIENTO DE LA TECNOLOGÍA DE RIEGO, PERO NO MENOR QUE LA SEDIMENTACIÓN PRIMARIA |

a) En casos particulares, factores epidemiológicos, socioculturales, medioambientales y los lineamientos modificados, respectivamente.

b) Especies de áscaris, Trichuris y anquilostoma.

c) Durante el tiempo de riego.

d) Para césped público donde puede existir contacto directo para el público se recomiendan valores más estrictos (≤ 200 coliformes fecales/100 ml).

e) En el caso de frutales, el riego debería ser paralizado dos semanas antes de la cosecha y las frutas no deberían ser recogidas del suelo. No se debería usar riego por aspersión.

Fuente: SUNASS

## 2.2.1.4 LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y SU REGLAMENTO:

Los residuos sólidos (RRSS) ingresan a las PTAR junto con el agua residual cruda. Los RRSS más gruesos son separados durante el ingreso a la PTAR por medio de cribas y tamices. Otros RRSS los constituyen las grasas y las arenas que son separadas del agua residual mediante los procesos de desengrase y desarenado. Existen otros RRSS que son generados durante los procesos de tratamiento de las aguas residuales, como los lodos.

El reglamento de la ley de los residuos dispone que todos los lodos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales sean considerados como residuos peligrosos y deben ser depositados en rellenos de seguridad. Con relación a los RRSS separados en el tratamiento preliminar (residuos gruesos, arena y grasa),

por contener sustancias infecciosas, deben ser dispuestos también en rellenos de seguridad. No se ha considerado el potencial nutritivo del lodo de sistema de tratamiento de aguas residuales. Tampoco se han establecido criterios que permitan demostrar que el lodo de las PTAR no es peligroso si se les somete a determinados tratamientos. Tampoco existen criterios para el uso de los lodos tratados.

## **2.2.2. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR realiza la limpieza del agua usada y las aguas residuales para que pueda ser devuelto de forma segura al medio ambiente.

### **2.2.2.1. FUNCION DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES:**

- Eliminar los sólidos, desde trapos y plásticos hasta arena y partículas más pequeñas que se encuentran en las aguas residuales.
- Reducir la materia orgánica y los contaminantes – bacterias útiles y otros microorganismos naturales que consumen materia orgánica en las aguas residuales y que luego se separan del agua.
- Restaurar el oxígeno – el proceso de tratamiento asegura que el agua puesta de nuevo en nuestros ríos o lagos tiene suficiente oxígeno para soportar la vida.

### **2.2.2.2. ¿DE DÓNDE PROVIENEN LAS AGUAS RESIDUALES?**

- **Hogares** – residuos domésticos y de los baños, lavabos, bañeras, lavavajillas, trituradoras de basura, lavadoras y desagües.

- **Industria, Escuelas y Negocios** – Residuos químicos y otros de fábricas, operaciones de servicio de alimentos, actividades escolares, hospitales, centros comerciales, etc.

### **2.2.2.3. ¿CÓMO FUNCIONA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES?**

El tratamiento de aguas residuales se realiza básicamente en tres etapas:

- ✓ **Tratamiento preliminar y primario**, que elimina 40-60% de los sólidos.
- ✓ **Tratamiento secundario**, que elimina aproximadamente el 90% de los contaminantes y completa el proceso para la parte líquida de las aguas residuales separadas.
- ✓ **Tratamiento y eliminación de lodos (biosólidos).**

### **2.2.3. PROCESOS**

#### **2.2.3.1. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales pueden ser generadas por:

- Residencias.
- Instituciones.
- Locales comerciales e industriales.

#### **2.2.3.2. PASOS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES:**

##### **2.2.3.2.1. TRATAMIENTO PRIMARIO (ASENTAMIENTO DE SÓLIDOS):**

Consiste en la eliminación de sólidos gruesos, resultando en una reducción de la carga contaminante en sus aguas residuales. Dependiendo de la calidad

requerida de sus efluentes finales usted puede necesitar ya sea un filtro, un sistema de flotación o un sistema de floculación y flotación. Si usted descarga su agua a un sistema de alcantarillado un tratamiento primario puede ser suficiente para lograr los requerimientos del efluente final.

- Remoción de sólidos.
- Remoción de arena.
- Tanque de sedimentación primaria en la planta de tratamiento rural.
- Sedimentación.

#### **2.2.3.2.2. TRATAMIENTO SECUNDARIO:**

Conocida también como tratamiento biológico requerida para aquellos que descargan residuos al medio ambiente, como ríos u otro cuerpo de agua natural. Este tipo de Tratamiento hace uso de Bacterias para remover materia Biodegradable Disuelta en su Agua Residual. En general estos sistemas se dividen en dos grupos. (tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta presente en el agua residual, transformándola en sólidos suspendidos que se eliminan fácilmente).

- Fangos activos.
- Camas filtrantes (camas de oxidación).
- Sedimentación secundaria.

#### **2.2.3.2.3. TRATAMIENTO TERCIARIO:**

Consisten en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos: fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. De los tres tipos de

tratamiento de aguas residuales este es más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias. Muchas veces el tratamiento terciario se emplea para mejorar los efluentes del tratamiento biológico secundario. Se ha empleado la filtración rápida en arena para poder eliminar mejor los sólidos y nutrientes en suspensión y reducir la demanda bioquímica de oxígeno. (pasos adicionales como lagunas, micro filtración o desinfección).

- Filtración.
- Lagunaje.
- Tierras húmedas construidas.
- Remoción de nutrientes.
- Desinfección.

#### **2.2.3.2.4. TRATAMIENTO QUÍMICO:**

- Este paso es usualmente combinado con procedimientos para remover sólidos como la filtración.
- Eliminación del hierro del agua potable.
- Eliminación del oxígeno del agua de las centrales térmicas.
- Eliminación de los fosfatos de las aguas residuales domésticas.
- Eliminación de nitratos de las aguas residuales domésticas y procedentes de la industria.

#### **2.2.3.2.5. TRATAMIENTO BIOLÓGICO:**

- Lechos oxidantes o sistemas aeróbicos.
- Post – precipitación.

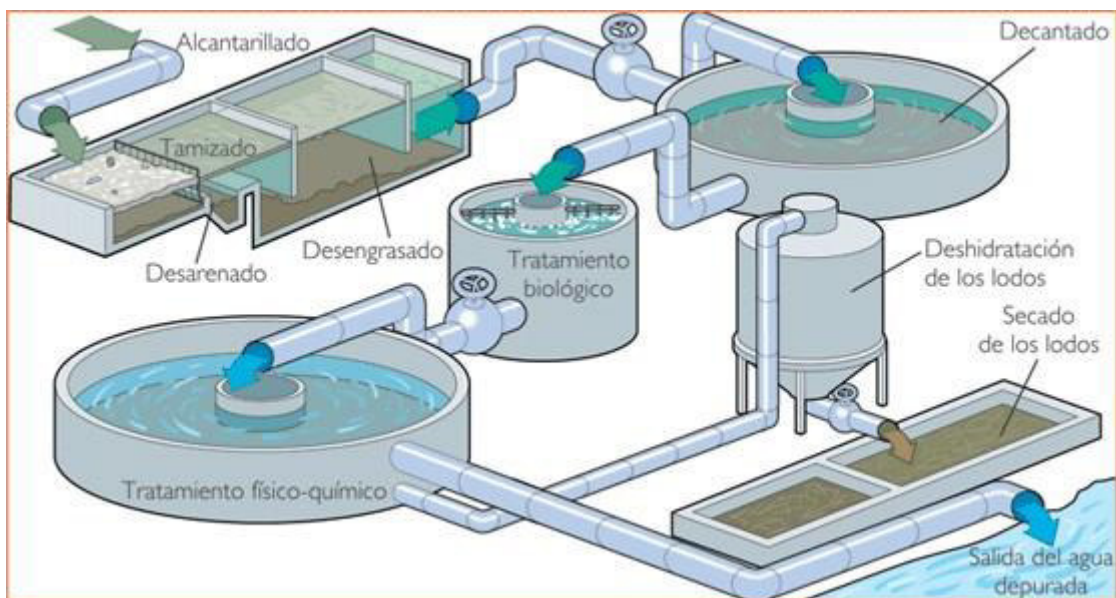


- Liberación al medio de efluentes, con o sin desinfección según las normas de cada jurisdicción.

### 2.2.3.2.6. TRATAMIENTO FÍSICO QUÍMICO:

- Remoción de sólidos.
- Remoción de arena.
- Precipitación con o sin ayuda de coagulantes o floculantes.
- Separación y filtración de sólidos, el agregado de cloruro férrico ayuda a precipitar en gran parte a la remoción de fósforo y ayuda a precipitar biosólidos.

**Fig.Nº2: sistema de tratamiento de aguas residuales**



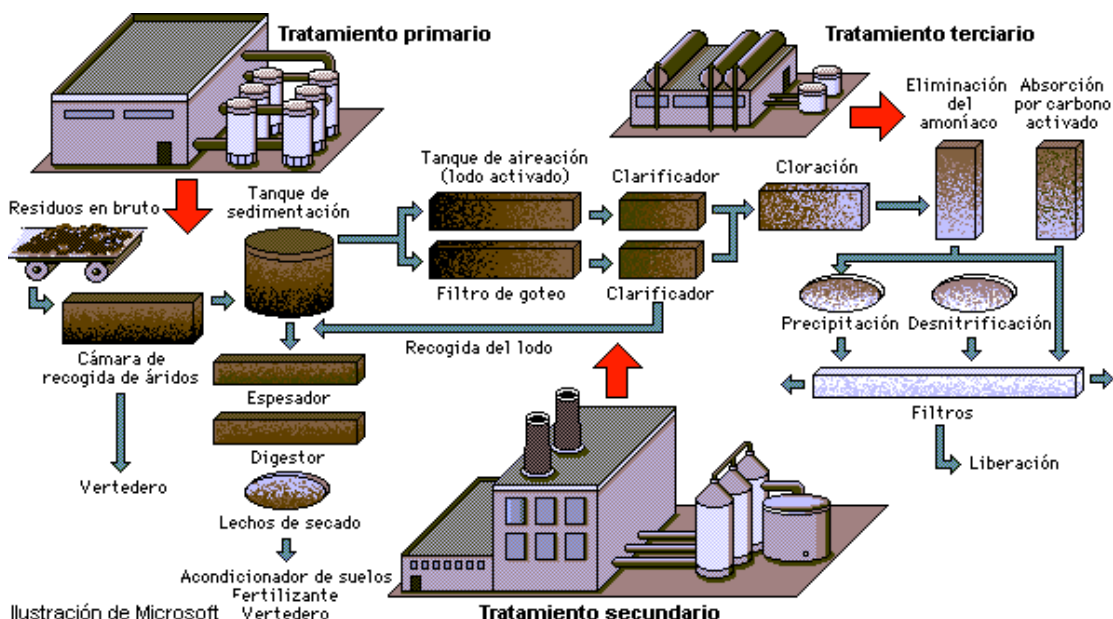
Fuente: SPENA GROUP

### 2.2.3.2.7. VENTAJAS

- Estas plantas incluyen, de forma general, una cámara de aireación prolongada, un decantador laminar con recirculación de fangos y un espacio para el control de las operaciones. Se caracterizan por su baja producción de fangos.

- Cuando el tratamiento de agua cumple con los estándares de calidad del país, puede incluso descargarse en fuentes naturales de agua, como océanos, lagos, ríos o permitir su evaporación.
- El tratamiento de aguas residuales permite que el agua producida en éste tipo de industria se puede reutilizar en agricultura.
- Cuando el tratamiento del agua es óptimo puede reutilizarse en ganadería.
- Mediante el tratamiento de aguas residuales puede reinyectarse en el subsuelo para su almacenamiento y posterior uso.
- Facilidad de transporte.
- Facilidad de montaje.
- No se requiere de obra civil de envergadura.
- Depuración sencilla y tecnológicamente avanzada.
- No genera exceso de fango biológico.
- No produce olores molestos.
- Sin contaminación acústica.
- No es necesario añadir aditivos ni floculantes.
- Bajo coste de explotación y mantenimiento.
- Funcionamiento automático mediante PLC.

**Fig. N°3: Pasos del tratamiento de aguas residuales**



Fuente: SPENA GROUP

## 2.2.4. TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUA

### • Tratamiento de aguas residuales en la industria textil

El uso intensivo del agua para la limpieza de la materia prima y muchos pasos de lavados durante toda la producción. Producido aguas residuales tiene que ser limpiado de grasa, color y otros. El proceso de limpieza es en función de la clase de agua residual y la cantidad de agua utilizada. El agua residual de la industria textil tiene una gran variación en su composición. Además de colorantes, el agua residual textil contiene tensioactivos, ácidos, álcalis, aceites minerales y metales pesados. Estos pueden estar presentes en forma disuelta, medio-disuelto o no disuelto. Si el agua residual está presente en un medio ácido o alcalino, que debe ser neutralizado. Esto puede ocurrir a través de un cambio en el valor de pH.

**Fig. N°4: Sistema de Tratamiento de Agua Textil**



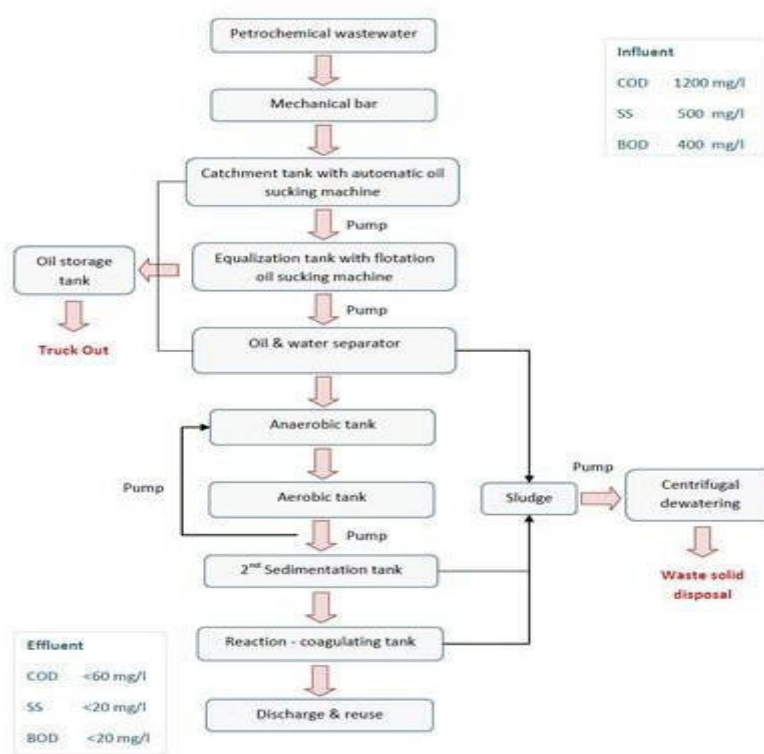
Fuente: SPENA GROUP

- **Tratamiento de aguas residuales en la industria petroquímica**

Los productos petroquímicos son un grupo de productos químicos derivados del petróleo y del gas natural. La industria petroquímica trabaja con sustancias como el hidrógeno, el monóxido de carbono, los gases de síntesis etileno y sus derivados, tolueno, entre otros.

En la industria petroquímica las aguas residuales pueden contener grandes cantidades de aceites, por lo que el tratamiento de ellas se hace indispensable. El tratamiento de aguas residuales en la industria petroquímica y de refinería consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que cambian las características contaminantes de las aguas residuales, convirtiéndolas en un producto más inocuo, que en algunas circunstancias se puede reutilizar o descargar al medio ambiente sin que sea perjudicial.

**Fig. N°5: Sistema de Tratamiento en Agua para las refinerías y Petroquímicas**

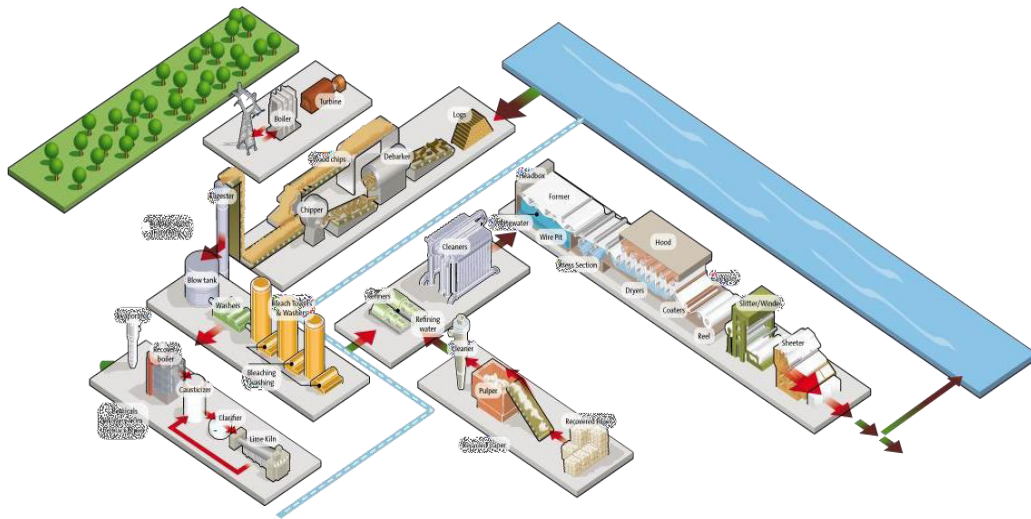


Fuente: SPENA GROUP

- **Tratamiento de aguas residuales en la industrias papeleras**

El papel, material tan utilizado en nuestro día a día, consiste en un entramado de fibras vegetales con un elevado contenido de celulosa que han sido tratadas mediante diferentes procesos basados en el uso del agua, dispuestas sobre un tamiz y finalmente secadas. Estas fibras pueden provenir de diferentes plantas y árboles, pero la fuente mayormente empleada es la de madera de coníferas, por la elevada longitud y resistencia de sus fibras. Un tercio de toda la madera procesada en el mundo tiene como finalidad la producción de papel y de pulpa. La fabricación de papel consume una gran cantidad de recursos, especialmente agua y energía, aunque también precisa en gran cantidad de materia prima y de productos químicos.

Fig. N°6 Sistema de Tratamiento de Agua en la industria papelera



Fuente: SPENA GROUP

### • Tratamiento de Aguas Residuales en las Fábricas

El tratamiento de aguas residuales está estrechamente relacionado con las normas y expectativas establecidas para la calidad del efluente. Los procesos de tratamiento de aguas residuales están diseñados para lograr mejoras en la calidad de las aguas residuales. Los diversos procesos de tratamiento pueden reducir:

1. **Sólidos suspendidos** (partículas físicas que pueden obstruir ríos o canales cuando se asientan bajo la gravedad).
2. **Compuestos orgánicos biodegradables** (por ejemplo, DBO) que pueden servir el «alimento» para microorganismos en el cuerpo receptor. Los microorganismos combinan esta materia con el oxígeno del agua para producir la energía que necesitan para prosperar y multiplicarse; Desafortunadamente, este oxígeno también es necesario para los peces y otros organismos en el río.



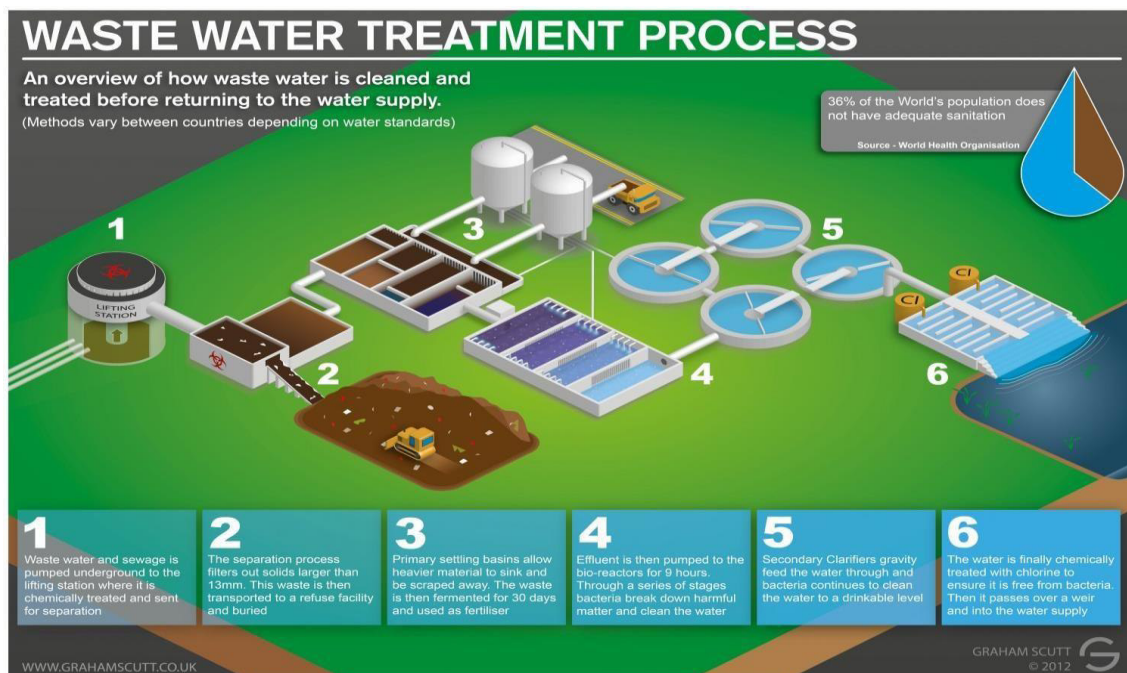
La contaminación orgánica pesada puede llevar a «zonas muertas» donde no se pueden encontrar peces; Las liberaciones repentinas de cargas orgánicas pesadas pueden llevar a dramáticos «fishkills».

### 3. Bacterias patógenas y otros organismos causantes de enfermedades.

Estos son los más relevantes cuando el agua receptora se utiliza para beber, o donde la gente de otro modo estaría en estrecho contacto con ella.

4. Nutrientes, incluyendo nitratos y fosfatos. Estos nutrientes pueden conducir a altas concentraciones de algas no deseadas, que pueden convertirse en cargas pesadas de carga orgánica biodegradable. Los procesos de tratamiento también pueden neutralizar o eliminar los desechos industriales y los productos químicos tóxicos. Este tipo de tratamiento debería tener lugar idealmente en la propia planta industrial, antes de la descarga de sus efluentes en alcantarillas municipales o cursos de agua.

Fig. N°7: sistema de tratamiento de aguas residuales en las Fabricas



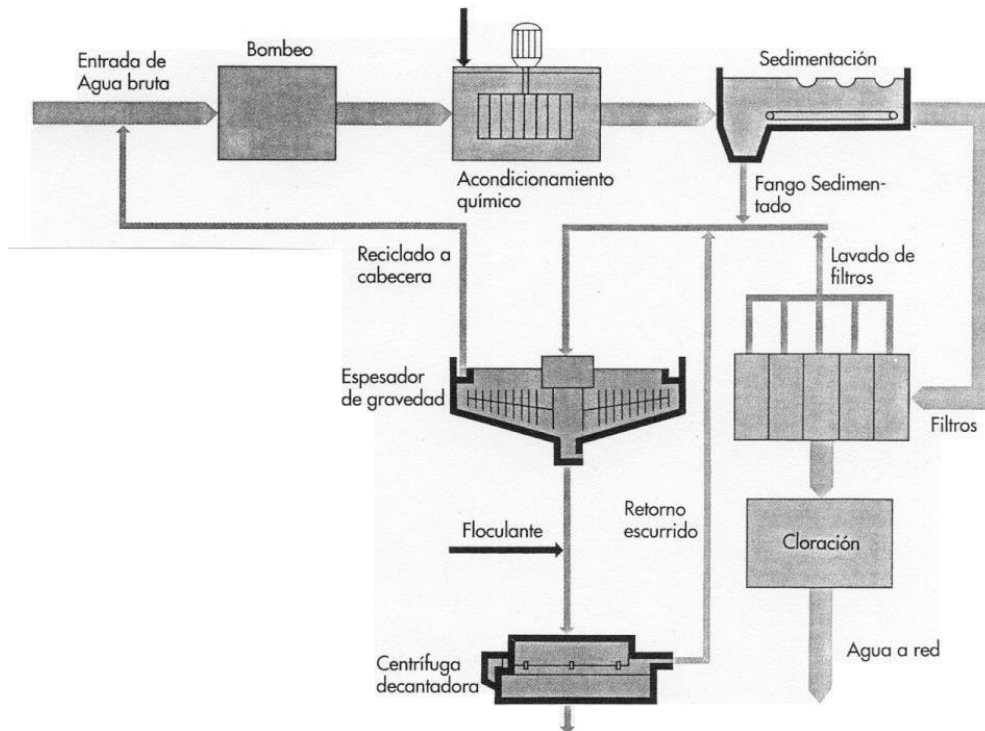
Fuente: SPENA GROUP

- **Tratamiento de aguas residuales-lodo de Perforación**

El lodo de perforación es también denominado fluido de perforación, y cumple una función primordial en el proceso de perforación de un pozo, existen varios tipos de lodos y varias clasificaciones; es clasificado como lodo niebla, lodo espuma, lodo aireado, lodo bentónico, lodo fosfático, lodo cálcico, lodo de polímeros, lodo salado, lodo CLS, lodo CLS emulsionado, lodo de emulsión inversa; de éstos, los más usados son los lodos a base de agua, el lodo de bajo contenido de sólidos, el lodo inhibido y el lodo base aceite. La importancia del lodo de perforación radica en las funciones que cumple en el proceso de perforación del pozo. Favorece el enfriamiento y lubricación de la barrena. Brinda a la barrena más presión hidrostática Brinda estabilidad en las paredes del agujero Ayuda en el control del gradiente de presión de formación Tiene la capacidad de mantener en suspensión los cortes y residuos sólidos. Éste lodo de perforación durante el proceso de perforación sufre ciertas contaminaciones ya sea propias del proceso o contaminantes añadidos intencionalmente, cambiando así las características físicas, químicas o biológicas de éste fluido. El tratamiento del lodo de perforación consiste en usar diversos procesos ya sean físicos, químicos o biológicos con el fin de darle las características que se necesitan para poder ser utilizado en cada una de las etapas de la perforación del pozo, luego puede reacondicionarse para su reutilización.



**Fig. N°8: Sistema de tratamiento para aguas residuales con Lodo de Perforación**



Fuente: SPENA GROUP

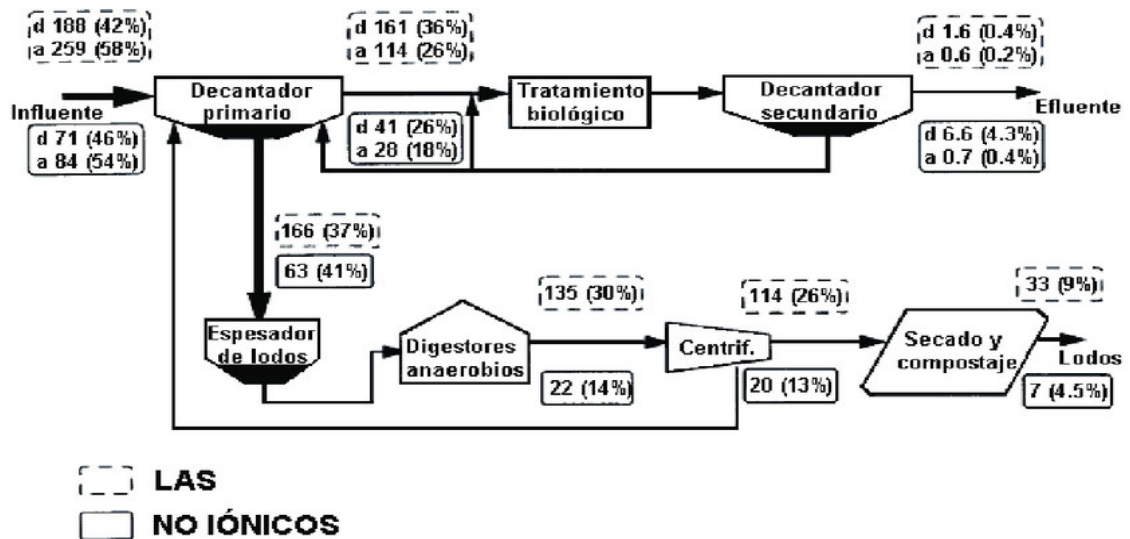
- **Tratamiento de Aguas Residuales en cervecería, destilerías y bodegas**

La industria de bebidas alcohólicas, tiene gran productividad a nivel mundial, cervecerías, destilerías y bodegas están en todo su apogeo, y no se quedan atrás las tecnologías que usan en todos sus procesos, incluyendo el tratamiento de aguas residuales. En el caso de ésta industrial, el objetivo es disminuir el impacto ambiental de sus operaciones.

Las aguas residuales de las cervecerías, destilerías y bodegas contienen gran cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas, dependiendo de la materia prima que utilice determinada industria, puede utilizar levadura, melaza, anís, ajeno, caña de azúcar, maíz, yuca, miel, frutas como la manzana, uva, entre otros. El tratamiento de aguas residuales de la industria de bebidas alcohólicas

consiste en una serie de procesos que transformen sus características físicas, químicas y biológicas, con el objetivo de hacer de las aguas residuales un agua tratada inocua que se pueda reutilizar.

**Fig. N°9: Sistema de tratamiento para aguas residuales en Destilerías**



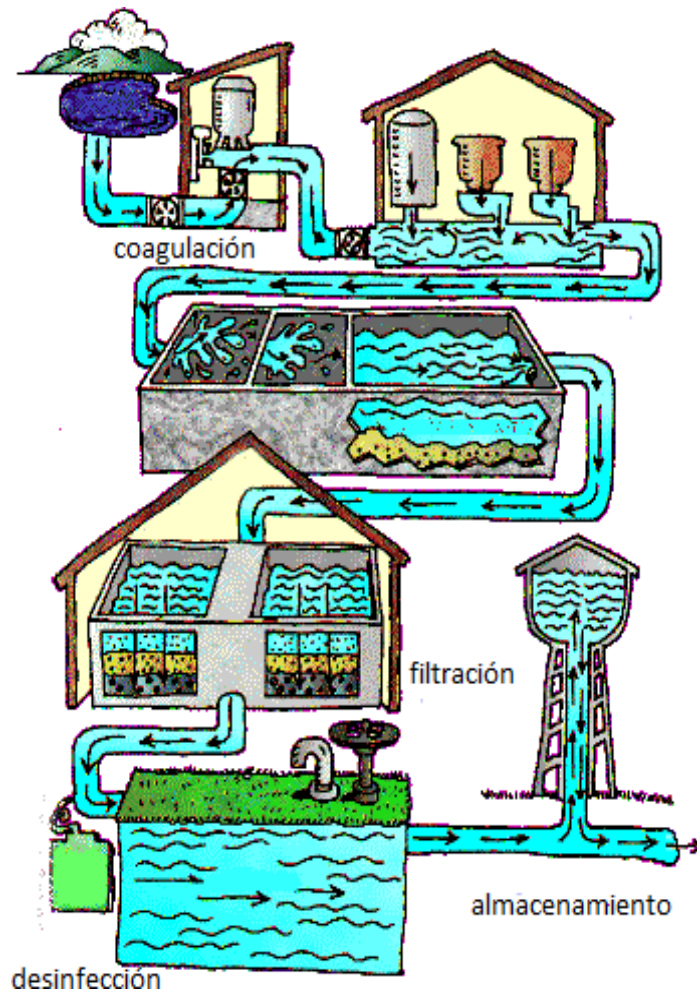
Fuente: SPENA GROUP

• **Tratamiento de Aguas Residuales en el Agua Municipal**

Es el proceso de distribución del agua potable pública de los tanques de almacenamiento de agua y depósitos de los contadores de agua y componentes individuales, la tecnología de filtración por membrana se ha convertido en una tecnología de elección para el agua potable. Grandes y pequeñas comunidades en todo el mundo. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales se diseñan para que tengan la capacidad de procesar caudales y cargas específicas. Si los productores industriales no hacen un tratamiento previo adecuado de las aguas residuales que generan antes de su eliminación, el sistema biológico de la planta municipal puede desequilibrarse. Se establecen

contingencias para manejar estas situaciones, pero un aumento del caudal o nuevos desechos industriales pueden sobrecargar la infraestructura municipal

**Fig.N°10: sistema de Tratamiento de aguas Municipales**



Fuente: SPENA GROUP

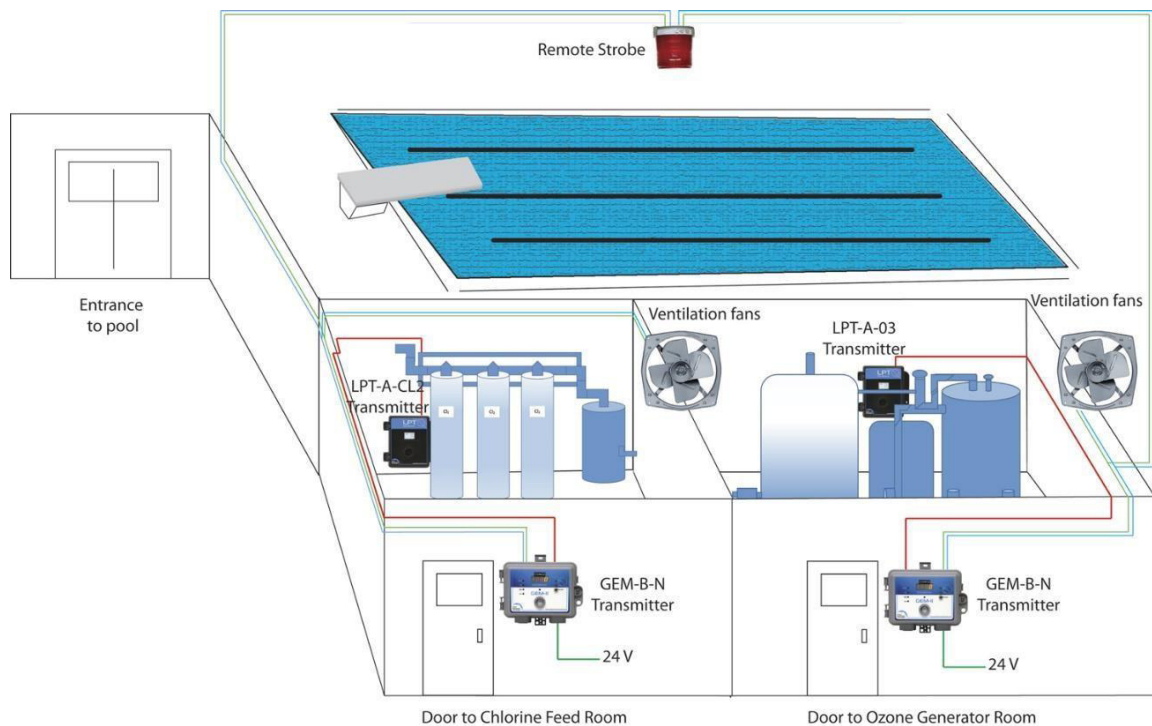
- **Tratamiento de aguas residuales de Piscinas y Parques Vacacionales**

Se ha establecido durante mucho tiempo el estándar para la calidad del **AGUA DE LA PISCINA Y PARQUES VACACIONES** en todo el mundo, en donde los europeos están tan acostumbrados al ambiente de piscinas sin cloro.

Las piscinas fueron cambiando posteriormente gracias a un tratamiento de aguas para la eliminación de cloro y evitar los ojos rojos. En procedimiento, el

cuerpo humano absorbe aproximadamente medio litro de agua de la piscina cada hora. Las mejores piscinas tienen su calidad del agua en el cumplimiento de las normas para beber agua de ozono. Hay más de 300,000 piscinas en Europa tratadas con ozono y el número de piscinas en América del Norte sigue en ascenso ya que los beneficios se hacen evidentes.

**Fig. N°11: Sistema de Tratamiento en Agua de las refinerías y Petroquímicas**



**Fuente: SPENA GROUP**

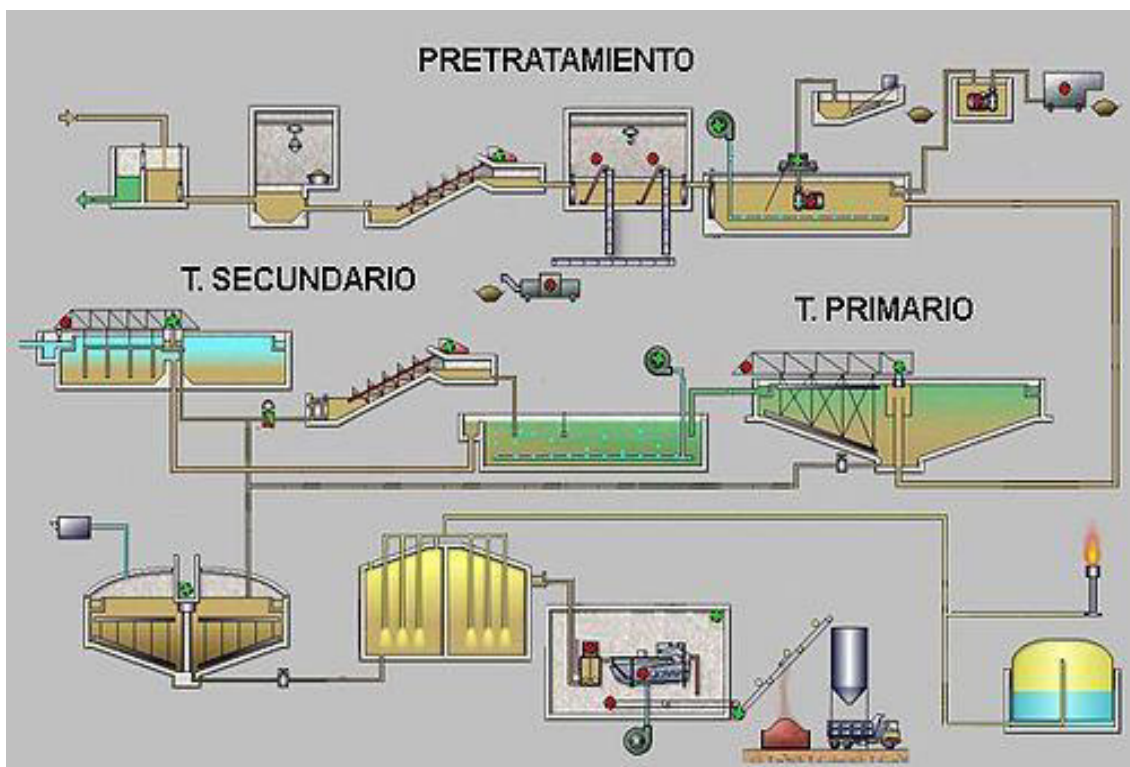
- **Tratamiento de Aguas Residuales – Agua Producida**

El agua producida es el término utilizado para definir el agua que se produce junto al petróleo y gas. Esto incluye al agua de origen natural, depósitos de hidrocarburos (agua del petróleo y agua condensada del gas), y el agua inyectada en el suelo. Generalmente el agua producida se contamina con aceite,

materiales radiactivos naturales (NORM), sales, arena, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, hidrocarburos, productos químicos de producción, metales, microorganismos, ceras y otros.

El tratamiento para el agua producida consiste en aplicar procesos de tratamiento físico, biológico y químico, solos o combinados para remover los contaminantes del agua producida, de tal manera que el producto sea inocuo y reutilizable.

**Fig. N°12: Sistema de Tratamiento en aguas Producidas**



Fuente: SPENA GROUP

- **Tratamiento de Aguas Residuales para condominios y hogares**

Consta de un proceso que absorberá los residuos sólidos y contaminantes que se encuentran en las aguas residuales domésticas que se generan en los condominios y hogares. Con los avances de hoy en día, los procesos de tratamiento de aguas residuales domésticas son más ecológicos y modernos.

**Fig.N°13: Sistema de tratamiento para aguas residuales en condominios y hogares**



- **Tratamiento de aguas residuales en la Minería**

La actividad minera metálica y no metálica, en el Perú es muy importante, siendo de los principales productores a nivel mundial de algunos metales como plata, cobre, zinc, estaño, oro, plomo, molibdeno, selenio, cadmio, hierro. Así mismo en la minería no metálica se produce piedra, caliza, arcilla, puzolana, sílice, sal común, yeso, mica, hormigón, mármol, carbón antracita y bituminoso, roca fosfórica, arena, talco, boratos, feldespato, caolín, diatomita, cal, entre otros. Ésta gran productividad produce también aguas residuales, que en Perú por norma las llamaremos efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas, éste efluente tiene una composición que varía de acuerdo a la empresa minera de la que procede y a las actividades de dicha empresa, por lo que es distinto en cada empresa.



El decreto supremo N° 010-2010-2010.MINAM Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos para las actividades minero. Metalúrgicas, artículo 3°, inciso 3.2, lo define así: efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas: es cualquier flujo regular o estacional de sustancia líquida descarga a los cuerpos receptores, que proviene de:

1. Cualquier labor, excavación o movimiento de tierras efectuado en el terreno cuyo propósito es el desarrollo de actividades mineras o actividades conexas, incluyendo exploración, explotación, beneficio, transporte o cierre de minas, así como campamentos sistemas de abastecimiento de aguas o energías talleres, almacenes, vías de acceso de uso industrial (excepto de uso público) y otros.
2. Cualquier planta de procesamiento de minerales, incluyendo procesos de trituración, molienda, flotación, separación gravimétrica, separación magnética, amalgamación, reducción, tostación, sintonización, fundición, refinación, lixiviación, extracción por solventes, electrodeposición y otros.
3. Cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales asociadas con actividades mineras o conexas, incluyendo plantas de tratamiento de efluentes mineros, efluentes industriales y efluentes domésticos.
4. Cualquier depósito de residuo mineros, incluyendo depósitos de relaves, desmontes, escorias y otros.
5. Cualquier infraestructura auxiliar relacionada con el desarrollo de actividades mineras
6. Y cualquier combinación de los antes mencionados

El tratamiento de las aguas residuales, consiste en poner en marcha procesos físicos, químicos o biológicos para poder eliminar los contaminantes físicos,

biológicos o químicos de las aguas residuales, con el fin de producir efluentes no dañinos, que se puedan reutilizar; también se produce un residuo BIOS olido o fango que luego también se reutiliza. Al tratamiento de las aguas residuales también se le conoce como depuración de aguas residuales. No existe un único procedimiento, para la depuración de las aguas residuales de la actividad minera, por la amplia diversificación en la composición de las aguas residuales de ésta actividad.

En la actualidad hay una serie de métodos, procesos, tecnologías, para el tratamiento de aguas residuales, los cuales con el pasar del tiempo van actualizándose, modernizándose y haciéndose cada vez más eficientes y eficaces. Las tecnologías para el tratamiento de aguas residuales en minería, pueden ser tecnologías de tratamiento activo y tecnologías de tratamiento pasivo; también se clasifican en tratamientos previo, secundario y terciario, otros las clasifican como tecnologías biológicas, químicas y físicas.

Una empresa minera de acuerdo a las características de su efluente líquido puede necesitar no solo un proceso de depuración sino varios o combinaciones de las tecnologías de las que ahora se dispone para retirar los contaminantes del agua que produce su actividad. Les presentamos cada uno de los procesos que pueden utilizar.

### **2.2.5.PROCESOS**

Para el caso del tratamiento de las aguas residuales de la industria minero se cuenta con los siguientes procesos

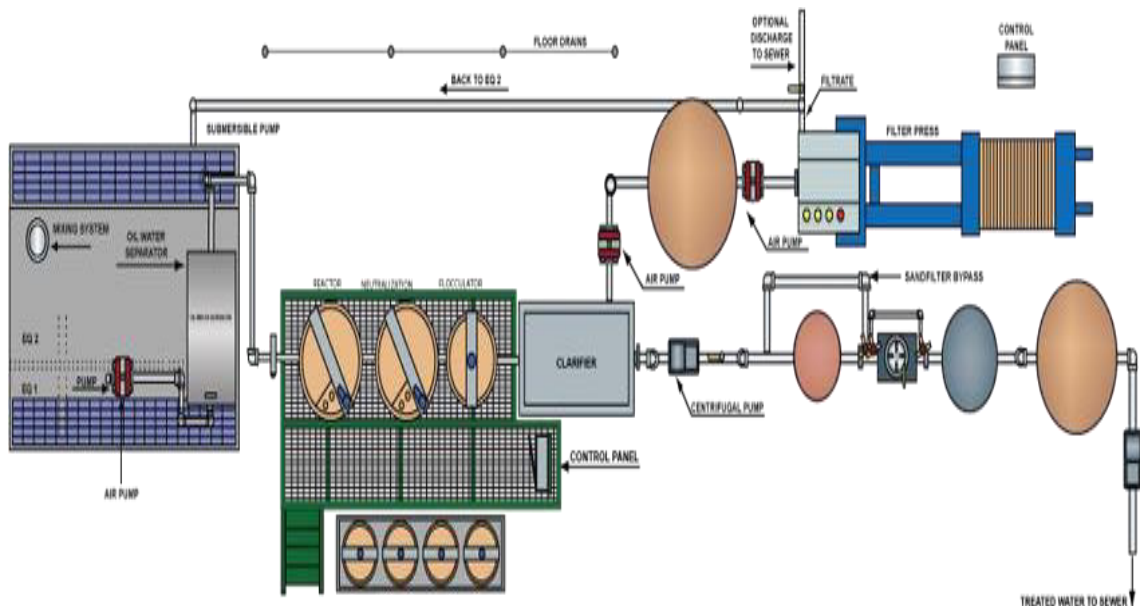


## 1. SEDIMENTACION.

También llamada decantación o clarificación, es el proceso que utiliza la gravedad para eliminar partículas sólidas suspendidas en un líquido, dicha partícula tiene un peso mayor que el del agua que los contiene. Este proceso se realiza en los sedimentadores o clarificadores, de los cuales existen varios tipos como:

- Los sedimentares simples
- Las unidades de contacto sólido y
- Los sedimentadores de placas inclinadas (este proceso puede producir tipos diferentes de sedimentación: floculante, discreta, zonal (llamada también retardada) y por compresión.

**Fig.Nº14: Sistema de Sedimentación**



Fuente: SPENA GROUP

## **2. COAGULACIÓN – FLOCULACION**

Estos procesos extraen partículas denominadas coloides, son muy pequeñas por lo que no asientan con la gravedad; tiene cargas eléctricas del mismo signo, por lo que están separadas eléctricamente.

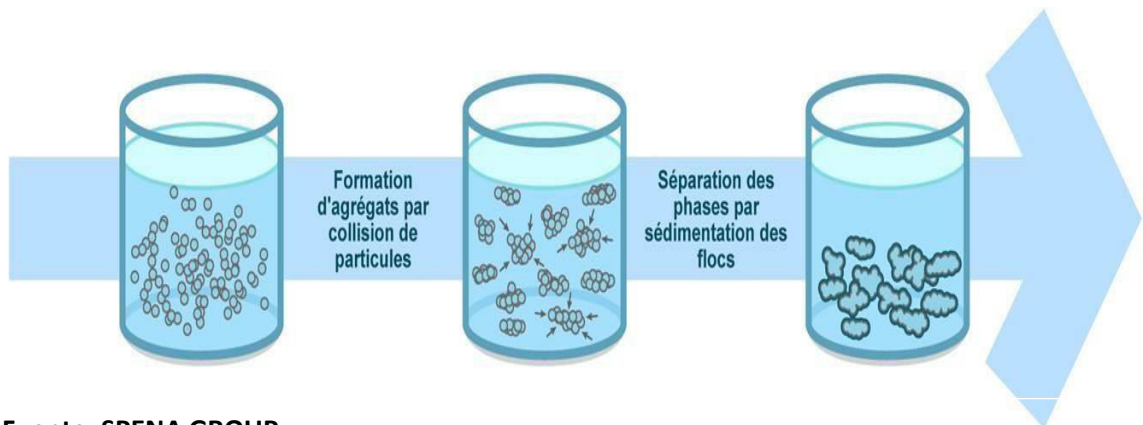
La coagulación es el proceso que utiliza coagulantes químicos y energía de mezclado para desestabilizar o neutralizar las cargas de los coloides que los mantienen separados.

Desestabilizando los coloides y promoviendo el choque de las partículas, este proceso logra que se formen pequeños floculo por aglomeración de las partículas. Los coagulantes que más se usan son los que se basan en aluminio y las basadas en hierro; también se usan cal hidrata y carbonato de magnesio.

La floculación es el proceso a través del cual, los gradientes de velocidad del líquido inducen a las partículas a juntarse y formar progresivamente aglomerados de mayor tamaño llamadas floculos. Se puede crear gradientes de velocidad por cámaras deflectadas, lechos de medios granulares, aire difuso, cámaras de flujo en espiral. Cuchillas alterna y cuchillas alternas y cuchillas giratorias.

En este proceso se utilizan productos químicos llamados floculantes los cuales forman aglomerados que son lo suficientemente grandes y pesados, para ser separados por asentamiento en sedimentadores. Los floculantes más usados son el sulfato de aluminio y el cloruro férrico que actúa también como coagulante. De acuerdo a las necesidades también se puede hacer uso de poli-electrolitos.

**Fig.N°15: Proceso de Coagulación**



Fuente: SPENA GROUP

### 3. ESPESAMIENTO

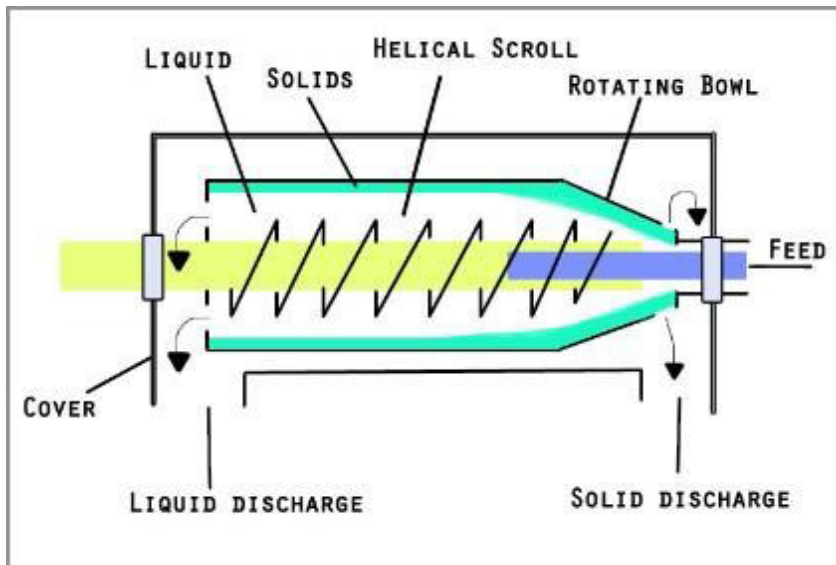
Es el proceso a través del cual se logra separar el agua remanente del lodo incrementando así el contenido de sólidos en un lodo. Generalmente es una fase en el tratamiento de aguas residuales que es posterior a la sedimentación. El espesamiento se puede realizar de las siguientes maneras:

**Espesamiento por gravedad:** en este proceso, el peso de los sólidos es mayor que la de los líquidos, por lo que la gravedad los logra separar, concentrando los sólidos en la parte inferior, se puede usar floculantes para obtener un lodo más espeso. Los equipos que realizan este procedimiento se llaman tanques con rastrillos mecánicos.

**Espesamiento por flotación:** en este tipo de espesamiento, se llevan las partículas suspendidas hacia arriba haciendo uso de burbujas de aire, es efectivo en lodos de difícil sedimentación, concentra los sólidos en la parte superior. Se usan productos químicos como cloruro férrico, cal y poli electrolitos. Un espesador por flotación es mucho más pequeño que espesador por gravedad.

**Espesamiento por centrifugación:** este proceso sedimenta partículas sólidas por la fuerza centrífuga que se aplique. Concentra los sólidos en la zona periférica.

**Fig.N°16: Proceso de Espesamiento**



Fuente: SPENA GROUP

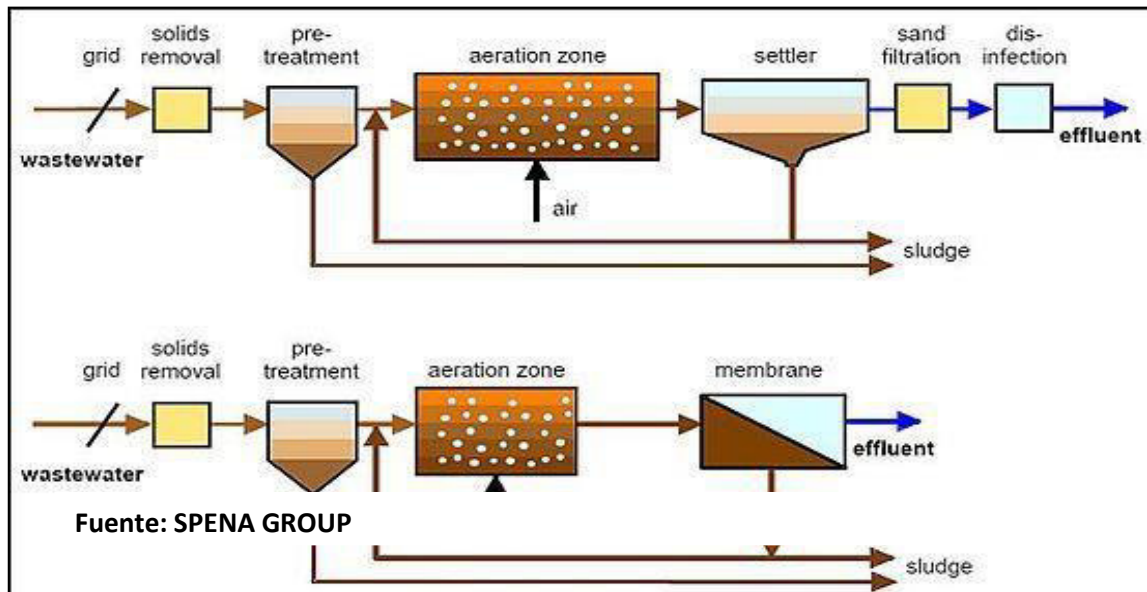
#### **4. FILTRACIÓN**

Es el proceso que separa partículas suspendidas y coloides del líquido que las contiene, utilizando un medio poroso.

La filtración se puede realizar:

- En medio granular: generalmente se utiliza arena o antracita y en ocasiones se usan lechos de dos capas, una capa de arena y otra de antracita.
- A través de membranas: se puede realizar:
  - Filtración por vacío: se efectúa por tambores cilíndricos perforados los cuales giran en una tina. Se aplica el vacío en el interior de los cilindros y se realiza la extracción del líquido por medio filtrantes, los sólidos quedan en el filtro (membrana) y luego son recolectados.
  - Filtro prensa: este tipo de filtros trabajan a presiones entre 100 a 250 lb/pulg<sup>2</sup> usan placas verticales suspendidas por marcos.

**Fig.Nº17: Proceso de Filtración**



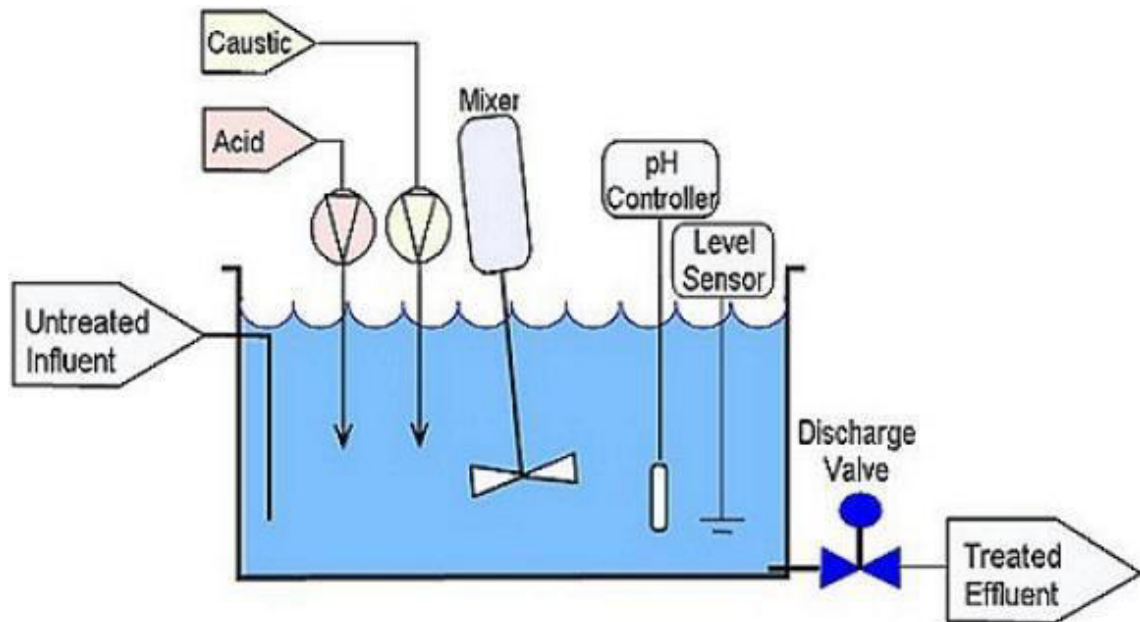
Fuente: SPENA GROUP

## 5. NEUTRALIZACIÓN

Éste proceso consiste en añadir un agente alcalinizante o un ácido a las aguas residuales.

Los ácidos más usados son: ácido sulfúrico y dióxido de carbono. Los agentes alcalinos más usados son: cal viva, cal hidratada (hidróxido de calcio), piedra caliza, caliza en polvo, hidróxido de sodio (soda cáustica), hidróxido de amonio, etc. Éste procedimiento ajusta el pH óptimo para que la actividad biológica siga el proceso, también ajusta el pH del efluente último de la depuradora, además éste proceso precipita metales pesados.

**Fig.N°18: Proceso de Neutralización**



Fuente: SPENA GROUP

## 6. AIREACIÓN

Es un proceso que pone en contacto íntimo del aire con el líquido. La aireación de las **aguas residuales** es necesaria para proporcionar oxígeno al efluente que se quiere tratar para proporcionarle a los microorganismos el oxígeno necesario para que realicen sus procesos de transformación y degradación de la materia orgánica contaminante. Además la aireación ayuda a eliminar CO<sub>2</sub>, remueve el ácido sulfhídrico, el hierro, el manganeso, sustancias volátiles, transfiere el oxígeno disuelto, elimina el gas metano, gas cloro y amonio, ayuda en reacciones de neutralización y precipitación. La transferencia de aire se realiza por difusores o agitadores mecánicos.

**Fig.Nº19: Proceso de Aireación**



**Fuente: SPENA GROUP**

## **7. PRECIPITACIÓN QUÍMICAS**

Éste proceso convierte los elementos o compuestos químicos solubles, que están contaminando el agua, en insolubles, por lo que se convierten en sólidos suspendidos. Luego pueden ser removidos por otros procesos como sedimentación, coagulación, floculación o usando clarificadores, espesadores, etc. Cuando el agua está contaminada con metales, la precipitación química forma hidróxidos o sulfuros que son poco solubles.

- **PRECIPITACIÓN COMO HIDRÓXIDOS:**

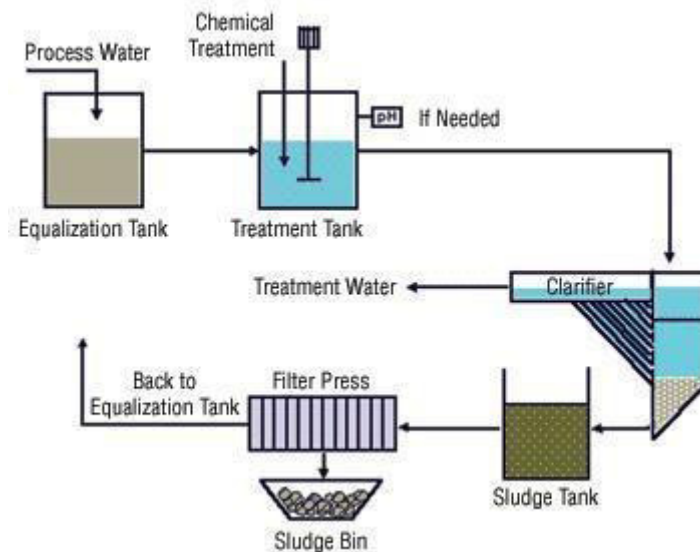
Ésta precipitación usa agentes alcalinos como: hidróxido de calcio (lechada de cal), hidróxido de sodio (soda cáustica), hidróxido de potasio y los demás hidróxidos de metales alcalinos o alcalino-térreos.



- **PRECIPITACIÓN COMO SULFUROS:**

Esta precipitación usa agentes como: ácido sulfhídrico, sulfuro de bario y sulfuro de sodio. Son especialmente eficientes en la remoción de mercurio y cromo hexavalente.

**Fig.Nº20: Proceso de Precipitación**



Fuente: SPENA GROUP

## 2.2.6. TIPOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS

Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) tanto Industrial como Municipal es un requisito obligatorio por la legislación peruana, las cada vez más exigentes regulaciones que se deben cumplir han abierto paso a la aplicación de nuevas tecnologías de tratamiento de agua, muchas incluso permiten una recuperación de las mismas y se dan un valor importante al residuo que se genera.

El tratamiento de aguas provenientes de la industria de alimentos y bebidas así como también en la recuperación de residuos como aceites, grasas y nutrientes que son luego convertidos en valor y utilizados en el procesamiento para las industrias.



El tratamiento de aguas residuales antes de su descarga o reutilización en el proceso de producción, proporcionando el beneficio añadido de reducir los costes de eliminación de aguas residuales y el cumplimiento ambiental.

- a) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la industria de Alimentos y Bebidas
- b) Planta de Tratamiento de Aguas para la industria Minera, Petróleo y Gas
- c) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.
- d) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para toda industria

## **2.3. CONCEPTUAL**

### **2.3.1. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Es importante resaltar que la implementación de la propuesta de solución planteada, permitirá reciclar las aguas residuales, para uso de riego y limpieza respectivamente, así como obtener abono, para el sector agrícola.

### **2.3.2. CRITERIOS PARA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Según la norma de saneamiento OS. 090 para las plantas de tratamiento de aguas residuales, como parte de las normas técnicas del reglamento nacional de edificaciones, que fuera aprobado por el entonces ministerio de transportes, comunicaciones, vivienda y construcción; el cual se revisó con el decreto supremo N° 22-2009-VIVIENDA y en el cual se modifica la norma Técnica OS 090 “Plantas de tratamiento de aguas Residuales del reglamento nacional de Edificaciones”.

Disposiciones generales de la norma OS. 090 del RNE 2006 (Moscoso Cavallini, 2011).

✓ la planta se efectuara a nivel de factibilidad o definitivo.

**Tabla N°4: Concentración de la carga contaminante**

| Carga contaminante | Débil | Media | Fuerte | Muy fuerte |
|--------------------|-------|-------|--------|------------|
| DBO5 (mg/l)        | <200  | 350   | 500    | >750       |
| DBQ (mg/l)         | <400  | 700   | 1000   | >1500      |

Fuente: Metcalf & Eddy (1995)

En caso la PTAR exceda su capacidad de tratamiento, por carga o concentración, el sistema entra dificultades operacionales, probablemente pierde su capacidad de remoción, y producirá un efluente inferior en la calidad al requerido.

Los criterios de selección más importante son los siguientes:

- ✓ Es requisito previo al diseño de la planta, efectuar un estudio del cuerpo receptor, ya que el grado de tratamiento estará de acuerdo con las normas de calidad de este cuerpo receptor.
- ✓ En el caso de aprovechamiento del efluente, el grado de tratamiento estará en función de las normas de calidad establecidas para cada tipo de aprovechamiento.
- ✓ La carga contaminante, según sea la carga puede considerarse como de concentración débil, media, fuerte y muy fuerte.
- ✓ Según el tamaño o importancia del sistema de tratamiento, el diseño de
- ✓ La población es de gran importancia para el diseño del caudal, según los últimos datos de INEI, proyectada a la población al año 2021, del distrito de

Quilcapunco su población será de 6187 habitantes. De los cuales sus sistemas de tratamientos existentes a base de lagunas de estabilización, ha tenido una serie de inconvenientes, por el desarrollo de dicha población.

✓ La calidad de efluente, en la actualidad el efluente vertido a los ríos por las PTARS.

✓ El diseño de realizar para un horizonte entre 20 y 30 años, que incluya las condiciones actuales y las fracturas cada cinco años

✓ Según el tamaño o importancia del sistema de tratamiento, el diseño de la planta se efectuara a nivel de factibilidad o definitivo.

✓ En la caracterización del agua residual cruda se medirá como mínimo sólidos totales en suspensión y sedimentables, nitrógeno amoniacal y orgánico, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (BDO) en 5 días y a 20°, Coliformes totales y fecales, y parásitos nematodos intestinales.

✓ En caso de existir descargas industriales al sistema de alcantarillado, estos serán caracterizados en forma separada de los desagües domésticos.

✓ Se analizaran diferentes alternativas en relación con el tipo de tecnología y los requerimientos de terreno, equipos, energía, personal especializado para la operación, confiabilidad en las operaciones de mantenimiento y situaciones de emergencia.

✓ Coste y disponibilidad de terrenos

✓ Calidad del efluente de salida requerido, que está determinado por la legislación, las caracterizas del cuerpo de agua receptor del vertido final o por los usos posteriores de este vertido (reutilización de las aguas)

**Tabla N°5: elementos a considerar para selección de PTAR**

| ELEMENTOS CONSIDERAR PARA SELECCIÓN DE PROCESO DE TRATAMIENTO   |  |  |
|---|--|--|
| <p><b>Necesidad del cliente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerimiento de la calidad del agua residual tratada por parte de la agencia reguladora</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experiencias previas.</li> <li>• Selección y análisis de la operaciones y procesos unitarios</li> <li>• Compatibilidad con las factibilidades existentes</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Costo</b></li> <li>- Capital</li> <li>- Operación y mantenimiento.</li> <li>- Evaluación económica.</li> </ul>   |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Calidad de las aguas residuales</b></li> <li>- Sólidos suspendidos y disueltos</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Generación de residuos.</b></li> <li>- Efluentes:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Aprovechamiento</li> <li>Disposición oceánica.</li> <li>Disposición en lagos y lagunas</li> <li>Disposición en curso de agua</li> </ul> </li> <li>- Lodos.</li> <li>- Otros.</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consideraciones ambientales:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Impacto de la instalación:                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Perdida de terreno.</li> <li>Calidad del aguasubterráneas.</li> <li>Flora y fauna.</li> <li>Suelo.</li> <li>Panorámico.</li> </ul> </li> <li>- Impacto operacional:                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Emisión de gases.</li> <li>Ruidos.</li> <li>Averías.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Materia orgánica e inorgánica.</li> <li>- Nutrientes.</li> <li>- Aceites y grasas</li> <li>- Microorganismos patógenos</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Requerimiento de personal</li> <li>- Requerimiento de energía</li> </ul>  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Otras consideraciones</b></li> <li>- Tecnología adecuada</li> <li>- Disponibilidad de equipos y repuestos</li> </ul>   |  |

### 2.3.3. MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA MINA REGINA.

#### 2.3.3.1. PROCESO DEL TRATAMIENTO

La planta está diseñada para tratar un caudal promedio de 60 Lps, los equipos han sido seleccionados para trabajar a una altitud de 4800 msnm; a través del cual es posible resolver de una manera sencilla y eficaz, el problema de tratamiento de aguas residuales en pequeñas y medianas comunidades.

El proceso de lodos activados por aeración prolongada consiste en poner contacto durante un tiempo suficientemente largo, grandes cantidades de lodos activados con pequeñas cantidades de contaminación, de manera que se logre una depuración lo más completa posible del agua a tratar y se favorezca la oxidación de las materias vivas generadas a partir de la DBO, hasta conseguir un fango residual que no presente ningún olor. En este proceso las bacterias degradan las aguas residuales por el uso de oxígeno, en forma similar como el fuego utiliza oxígeno para quemar la basura.

### **2.3.3.2. ETAPAS DEL PROCESO**

#### **1. PROCESO DE ECUALIZACIÓN**

Se considera un caudal de diseño de 60 Lps. para un tanque donde llegan todas las líneas de aguas acidas e inician el proceso de ecualización, ya que estas corrientes de aguas acidas llegaran a diferentes parámetros de PH, metales disueltos, metales totales, etc.

#### **2. PROCESO DE NEUTRALIZACIÓN**

La neutralización se realizara en dos tanques con las mismas dimensiones (subdivididos en 04 tanques de 500 m<sup>3</sup>) pero con velocidades de agitación diferentes. En el primer tanque de neutralización tendrá la mezcla de NaOH, la recirculación de lodos y el agua acida, el objetivo de este primer tanque es producir una reacción rápida de las corrientes que ingresan.

El segundo tanque de neutralización tendrá la función de completar la reacción y monitorear el PH óptimo del proceso.

### **3. PROCESO DE OXIDACIÓN**

La oxidación de los metales disueltos en el tanque es muy importante garantizar la precipitación de los mismos como complejos. De acuerdo a los laboratorios los metales con mayor presencia son: Aluminio, Arsénico, Cromo, Cobre, Hierro, Manganeso, Plomo y Zinc.

Si consideramos los valores de pH de precipitación por grupos se tiene que encontrar un PH optimo donde todos los metales presentes puedan precipitar, para lograr esto, es necesario que los metales disueltos se encuentren en su forma oxidada y puedan reaccionar con los reactivos que se dosificaran.

### **4. PRE-SEDIMENTADOR**

El tanque Pre-sedimentador aliviara el trabajo de los decantadores circulares, los lodos formados en la neutralización y oxidación por la reacción con el hidróxido de sodio tienen que sedimentar en este tanque. El tanque tendrá forma rectangular con la base cónica donde se acumularan los lodos para ser enviados al tanque de lodos.

### **5. TANQUE DE ALMACENAMIENTO AGUA OXIDADA**

En este se almacenaba el agua oxidada y servirá como una cámara de bombeo.

#### **2.6 Sistema de Coagulación, Flocculación y Decantación**

En estos reactores se dosificara el agente coagulante que a la vez trabajara como un concreto de PH, es decir, el agua luego de la oxidación tendrá un pH de 9.2, cuando se le adicione el coagulante el pH bajara a 8 para su vertimiento final. La coagulación se realizar en el equipo CIRCULATOR en la zona central del reactor, es la zona donde se produce la mezcla rápida.

La floculación es la segunda etapa que corresponde a una mezcla lenta, esta operación se da en la parte del CICULATOR y tiene por objeto permitir el contacto entre los floculas, la turbiedad y el color, la mezcla debe ser lo suficiente para crear diferencias de velocidad del agua dentro de la unidad pero no muy grande, ya que los floculas corren el riesgo de romperse.

## **6. SISTEMA DE FILTRACIÓN**

El agua decantada es almacenada en él un tanque de cementos de volumen de 10.00 m<sup>3</sup> que servirá como una cámara de bombeo empleándose dos bombas centrifugas que trabajan de manera alterna enviando el agua hacia los filtros. Los filtros están constituidos por cuerpos cilíndricos fabricados en acero estructural cerrado mediante dos fondos bombeados.

### **2.3.3.3. ELEMENTOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA**

Básicamente, las plantas de tratamiento por aireación extendida pueden subdividirse en los siguientes elementos:

- Trampa de Grasa
- Trampa de Espuma
- Cámara de Ecuilización
- Cámara Anoxica
- Cámara de Aeración
- Cámara de sedimentación
- Cámara de Desinfección
- Sistema de Filtración
- Lechos de Secado

## **1. TRAMPA DE GRASA**

Para eliminar aceites y grasas provenientes principalmente del comedor, se ha considerado una trampa de grasa fabricada en acero.

La trampa de grasa contara con accesorios internos con conexión bridada, fabricados en hacer; dos compuertas o tapas ubicadas en la parte superior para la realización de la limpieza interna. El ingreso y salida del efluente se realiza por una tubería de 4", la cual cuenta con un sistema de limpieza que evita la obstrucción por los sólidos el cual se debe limpiar diariamente; así mismo cuenta con una tee que actuara como desviador de flujo ubicado en la parte interna al ingreso del efluente para romper la turbulencia.

La trampa de grasa ubicada en la tubería que conduce el efluente proveniente del comedor, antes de su mezcla con otros efluentes, para evitar que otro tipo de carga orgánica sea retenida en esta etapa. La extracción de grasa y flotantes se realiza en forma manual, desde la bandeja de colección de grasas.

## **2. TRAMPA DE ESPUMA**

Para el agua proveniente de la zona de lavandería, para el tratamiento de las aguas grises, el objetivo de esta trampa es retener los sólidos, grasas, trapos, hilos, botones, etc.; que suelen estar presentes en este tipo de agua, con la finalidad de evitar que estos afecten el tratamiento posterior. Al igual que la trampa de grasa, esta etapa, también cuenta con un sistema desviador de flujo, de retención de sólidos, pantallas deflectoras y una bandeja para colectar tosas aquellas sustancias que poseen un peso específico menor que el agua (grasas). La limpieza del sistema de retención de solidos se debe realizar en forma diaria para evitar obstrucciones.



Por lo cual proponemos una trampa de espuma construida en acero al carbono, el agua tratada pasara por gravedad al sistema de tratamiento terciario.

### **3. CÁMARA DE ECUALIZACION**

Se considera un caudal de diseño de 60 Lps. para un tanque donde llegan todas las líneas de aguas acidas e inician el proceso de ecualización, ya que estas corrientes de aguas acidas llegaran a diferentes parámetros de PH, metales disueltos, metales totales, etc.

En el ingreso a la cámara de ecualización, se encuentra una reja metálica tipo canastilla, con una separación de 20 a 30 mm, para retención de residuos sólidos gruesos, no tratables, como, por ejemplo: papel, bolsas, tela, restos de vegetales y frutos, etc.; los cuales deben ser retirados manualmente, debido a que también podrían generar de obstrucción en las bombas sumergibles.

Esta cámara está equipada con dos bombas sumergibles de funcionamiento alternado, que, comandadas por interruptores de nivel, su rotación será por tiempo.

El objetivo de la cámara de ecualización es homogenizar y amortiguar los sobre flujos que ingresara al tratamiento, es decir absorber los flujos o cargas "pico". Para la cual cuenta con un sistema de preparación, para evitar la sedimentación.

### **4. CÁMARA ANOXICA**

Luego que el efluente ha sido homogenizado, ingresar a esta cámara Anoxica, la cual tiene como objetivo brindar las condiciones adecuadas para que se realice la segunda etapa para la eliminación del nitrógeno, la desnitrificación.

Las condiciones requeridas son:

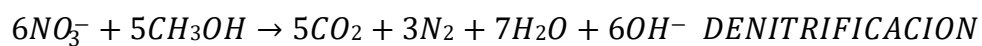
Suficiente concentración de nitratos

## 5. CONDICIONES ANOXICAS

Presencia de materia orgánica, como fuente de energía necesaria para la reacción de reducción, mostrada líneas abajo

Ausencia de sustancias toxicas.

Los nitratos generados, en la cámara de ecualización y aleación, se pueden convertir a nitrógenos gas (que se escapa a la atmosfera) mediante el proceso de desnitrificación en que la biomasa utiliza los nitratos como fuente de oxígeno, lo que se realiza en zonas ausentes de oxígeno disuelto (anoxicas), este es un proceso de reducción bilógica.



La reacción mostrada es la reacción simplificada, ya que el proceso de reducción se realiza en 4 pasos, con la formación de gases intermedios (NO y N<sub>2</sub>O), previo a la formación de nitrógeno gas. Las bacterias involucradas en el proceso de la desnitrificación son las siguientes: Pseudomonas, Bacillus, Spirillum, Hyphomicrobium, Agrobacterium, Acinetobacter, Propionobacterium, Rhizobium, Corynebacterium, Thiobacillus, y Alcaligenes.

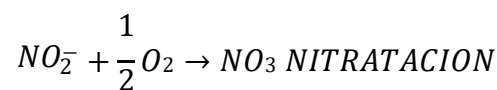
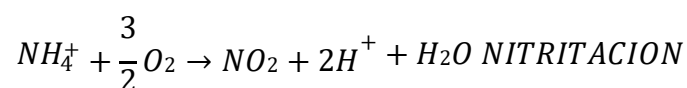
## 6. CAMARA DE AERACION

Esta cámara recibe el agua residual tratada en la cámara Anoxica, aquí se desarrolla la colonia de bacterias, las cuales se alimentan de la materia orgánica, degradándola y transformándola en productos no contaminantes (líquidos y gases inodoros). En esta cámara se agrega aire por un periodo prolongado de tiempo, a través de dos sopladores ubicados en la parte superior de la planta, el aire es conducido al tanque de aireación por tubos de acero galvanizado que terminan en difusores de burbuja fina, ubicados en el fondo de la cámara. Los

difusores del sistema dispersan y dividen el aire en pequeñas burbujas, de tal forma que mayor cantidad de aire entre en contacto con el líquido y optimice el proceso de digestión aeróbica.

La materia pre-tratada y finamente divididas es mezclada con el lodo activado y aireado. En esta etapa también se realiza de nitrificación, donde el ion amonio es oxidado a nitritos y luego a nitratos, esta sería la primera fase del proceso de eliminación de nitrógeno, la segunda fase, llamada desnitrificación, se da en condiciones anoxicas, para lo cual es necesario realizar una recirculación interna hacia la cámara Anoxica, para lo cual es necesario realizar una recirculación interna hacia la cámara Anoxica, que cuenta con estas condiciones; con el objetivo de lograr la reducción biológica de nitrato a nitrógeno gas inodoro.

La nitratación es la oxidación biológica del nitrógeno amoniacal, y así vez se realiza en dos etapas, una donde el ion amonio es oxidado a nitritos y luego estos son oxidados a nitratos. Las reacciones de transformación las realizan principalmente las bacterias autótrofas aeróbicas, llamadas nitrificantes (Nitrosomas y Nitrobacter). De acuerdo a la siguiente reacción.



## **7. CÁMARA DE SEDIMENTACION**

El tanque Pre-sedimentado aliviara el trabajo de los decantadores circulares, los lodos formados en la neutralización y oxidación por la reacción con el hidróxido de sodio tienen que sedimentar en este tanque. El tanque tendrá forma

rectangular con la base cónica donde se acumularan los lodos para ser enviados al tanque de lodos.

El lodo activado pasa a la cámara de sedimentación, por una ventana de transferencia también llamada caja sifoide y llega a una zona de entrada donde se retienen las grasas, separada mediante un baffle.

En esta cámara el líquido se debe mover a una velocidad muy baja, con la intención que los sólidos remanentes pueden sedimentar en el fondo del tanque y regresar a la cámara de aireación por el sistema de retornos de lodos.

Cualquier partícula parcialmente tratada que haya quedado en suspensión en el líquido, sedimentara, deslizándose por las paredes inclinadas de la cámara. El efluente clarificado se colecta a través de un vertedero, para luego conducirlo en forma gravitacional a la cámara de contacto, para su desinfección.

## **8. RECOLECCIÓN DE LODOS-AIR LIFT**

Los lodos sedimentados en el fondo de esta cámara deben ser recirculados a la cámara de aeración, para mantener una concentración de bacterias; la bomba de recirculación de lodos es accionada por aire proveniente del soplador, generando un vacío, para arrastrar los lodos depositados en el fondo del cono de sedimentación. Cuando se tenga un exceso de lodos, se deberá evacuar los lodos en exceso hacia lechos de secado o disposición final por empresas especializadas, mediante camiones cisternas.

## **9. DESNATADOR O SKIMMER**

Los sólidos o partículas flotantes de la cámara de sedimentación serán recirculadas a la cámara de aeración para tratamiento adicional, a través del skimmer. El cual funciona bajo el mismo principio que el airlift, es decir es

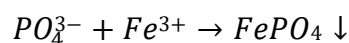
accionado con aire y debe usarse siempre que encuentre grasas y partículas en la superficie.

## **10. SISTEMA DE REMOCION DE FOSFORO**

El efluente proveniente de la trampa de espuma se mezcla con el efluente domestico previamente tratado en un tanque de 2.5m<sup>3</sup>, el cual contara con un agitador, previamente se realizara la dosificación de cloruro férrico, con el objetivo de favorecer la remoción de fosforo a través de su precipitación en forma de sal.

El fosforo al igual que el nitrógeno es un nutriente, una parte de estos nutrientes son utilizados en el proceso de digestión biológica, sin embargo, es necesaria la remoción de fosforo para prevenir o reducir la eutrofización; el fosforo se encuentra en las aguas residuales como orto fosfatos y poli fosfatos, su remoción se puede realizar mediante precipitación química o por una extra-asimilación del fosforo en los fangos activos bajo condiciones anaeróbicas.

Comúnmente se realiza por precipitación química empleando uno de tres compuestos disponibles (cal, sales de fierro y sales de aluminio), lo cual se realiza como un tratamiento terciario, el compuesto mayormente utilizado es el cloruro férrico; esta edición se realizara con la finalidad que se produzca un compuesto insoluble (fosfato metálicos)



Los factores que influyen en la remoción de fosforo son:

pH, como generalmente el pH optimo es diferente al requerido para el tratamiento biológico se recomienda suministrar una dosis de sal trivalente por encima de la relación molar teórica.

Sedimentabilidad, las sales de fosforo insolubles sedimentan con dificultad, por lo que se recomienda realizar una filtración posterior

La dosificación, es importante realizar una correcta dosificación en función al contenido de sulfato del agua a tratar.

Punto de inyección, debe inyectarse en donde se consiga la mejor mezcla posible.

## **11. SISTEMA DE FILTRACION**

El agua decantada es almacenada en él un tanque de cementos de volumen de 10.00 m<sup>3</sup> que servirá como una cámara de bombeo empleándose dos bombas centrifugas que trabajan de manera alterna enviando el agua hacia los filtros. Los filtros están constituidos por cuerpos cilíndricos fabricados en acero estructural cerrado mediante dos fondos bombeados

Una vez realizada la filtración de fosfatos con la ayuda de sales metálicas, es necesario realizar una filtración, con el propósito de mejorar la calidad de agua y eliminar los floculos biológicos residuales, sólidos en suspensión y fosfatos precipitados, que aun pudieran estar presente, para lo cual se contara con dos filtros clarificadores y un filtro de carbón activado. El agua pre-tratada es enviada a un tanque de tránsito, de donde es impulsada, con la ayuda de dos bombas centrifugas, para luego hacerla pasar a través de los filtros clarificadores y carbón. Los filtros se retro lavaran automáticamente con agua filtrada, que se almacenara en los tanques de 10m<sup>3</sup>.

## **12. SISTEMA DE DESINFECCION**

También conocida como de contacto, cuyo objetivo es reducir los organismos patógenos (bacterias y virus remanentes) en el efluente. Consiste en la

dosificación de hipoclorito de sodio o calcio en solución, por acción de una bomba dosificadora al efluente tratado, previo al ingreso a los tanques de almacenamiento.

### **13. LECHOS DE SECADO**

Para la deshidratación de los lodos generados se cuenta con 2 lechos de secado, de 3mx3m.

#### **2.3.3.4. CONTROLES UTILIZADOS EN LA PTAR**

Para mejorar la eficiencia del tratamiento, se tiene que realizar los siguientes controles:

- Control en línea de PH en la neutralización
- Control en línea de OD (oxígeno disuelto), ORP y PH en la Oxidación
- Recirculación de lodos de pre-sedimentado al tanque de neutralización
- Control en línea de manto de lodos en el Pre-sedimentado.
- Control de en línea de manto en los decantadores
- Control de purga de lodos (pre-sedimentador y decantador)

La autorización de la dosificación de NaOH, purga de lodos y dosificación de oxígeno (aire) es importante para que el sistema cumpla con el objetivo.

#### **2.3.4. MEMORIA DE CALCULO**

##### **2.3.4.1. DISEÑO Y CALCULO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO**

###### **2.3.4.1.1. TIPOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO**

Tipos de tanques de Almacenamientos se usan como depósitos para contener una reserva suficiente de algún producto para su uso posterior y/o comercialización. Los tanques de almacenamiento, se clasificara en:

1.- Cilíndricos Horizontales

2.- Cilíndricos Verticales

Los tanques cilíndricos horizontales, generalmente son de volúmenes relativamente bajos, debido a que presentan problemas por falla de corte y flexión. Por lo general, se usan para almacenar volúmenes pequeños. los tanques cilíndricos verticales de fondo plano nos permiten almacenar grandes cantidades volumétricas con un costo bajo. Con la limitante que solo se pueden usar a presión atmosférica o presiones internas relativamente pequeñas.

Estos tipos de tanques se clasifican en:

- De techo fijo
- De techo Flotante
- Sin techo

En este trabajo solo trataremos los tanques de techo fijo.

#### **2.3.4.1.2. CODIGOS APLICABLES**

En muchos países del mundo incluyendo el nuestro, el diseño y cálculo de tanques de almacenamiento. Se basa en la publicación que realiza el “Instituto Americano del Petróleo”, al que esta institución designa como ESTÁNDAR A.P.I. 650, para tanques de almacenamiento a presión de atmosféricas y ESTÁNDAR A.P.I. 620, para tanques de almacenamiento sometidos a presiones internas cercanas a 1 kg/cm<sup>2</sup> (14 lb/pulg<sup>2</sup>). El estándar A.P.I. 650 solo cubre aquellos tanques en los cuales se almacenan fluidos líquidos y están contruidos de acero



con el fondo uniformemente soportado por una cama de arena, grava, concreto, asfalto, etc., diseñado para soportar una presión de operación atmosférica o presiones internas que no excedan el peso del techo por unidad de área y una temperatura de operación no mayor a 93°C (200°F), y que no se usen para servicios de refrigeración. Este estándar cubre el diseño y cálculo de los elementos constitutivos del tanque. En la lista de los materiales de fabricación, se sugieren secuencias en la erección del tanque, recomendación de procedimientos de secuencias en la erección del tanque, recomendación de procedimiento de soldaduras, pruebas e inspecciones, así como lineamientos para su operación.

#### **2.3.4.1.3. SELECCIÓN DE MATERIALES PARA EL DISEÑO Y FABRICACION DE TANQUES DE BAJAS PRESIONES.**

La producción, fabricación, construcción y prácticas de diseño para estructuras de acero han tenido cambios importantes en los últimos diez años, debido a la evolución en la producción de los aceros. Hay muchos tipos de acero disponibles en el mercado, para su uso en la construcción, que cumplen con una amplia variedad de necesidades y demandas del cliente, además, existen eventos como sismos y vientos, que presentan nuevos retos de comportamiento y eficiencia del material. Para nuestro proyecto escogeremos el acero estructural A-36 porque además de cumplir con las especificaciones técnicas es muy comercial en el mercado y económicamente rentable.

#### 2.3.4.1.4. PROPIEDADES CLAVE DEL ACERO ESTRUCTURAL.

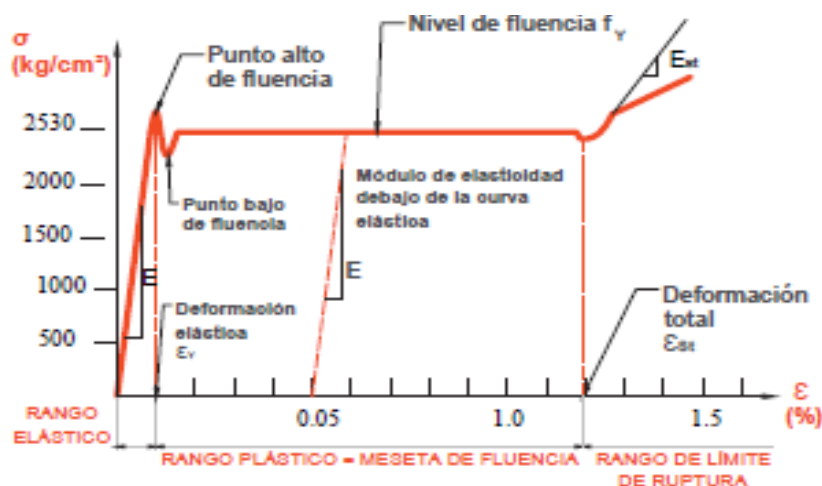
El acero se caracteriza por sus propiedades metalúrgicas, químicas y mecánicas. Hay una gran variedad de aceros, pero solo aquellos que pueden clasificarse como aceros estructurales se consideran en este trabajo.

#### 2.3.4.1.5. PROPIEDADES DEL ACERO ESTRUCTURAL

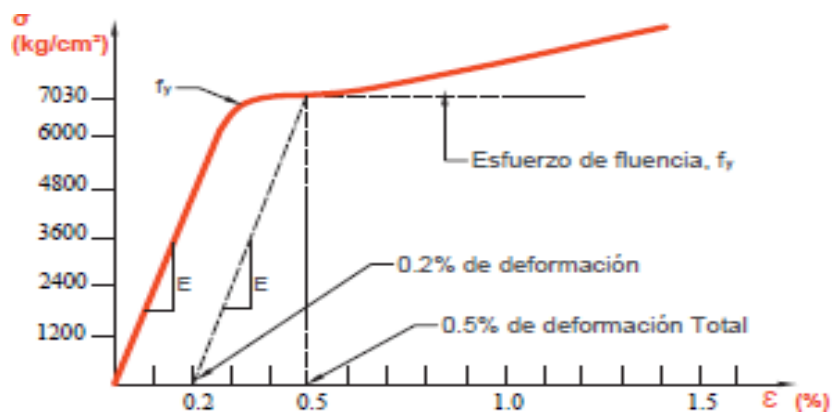
##### 2.3.4.1.5.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS ACEROS

- **Propiedad de tensión:** las propiedades más importantes de la prueba de tensión son el esfuerzo de fluencia  $F_y$ , la resistencia a la tracción última  $F_u$ , las tensiones en la ruptura y la deformación unitaria y la deformación total, ( $\epsilon_u$  y  $\epsilon_{st}$ ), la reducción del área y la relación  $F_y/F_u$ . la reducción del área es una medida efectiva, tanto para la deformación total como para la ruptura, y se considera real, porque refleja la deformabilidad volumétrica.

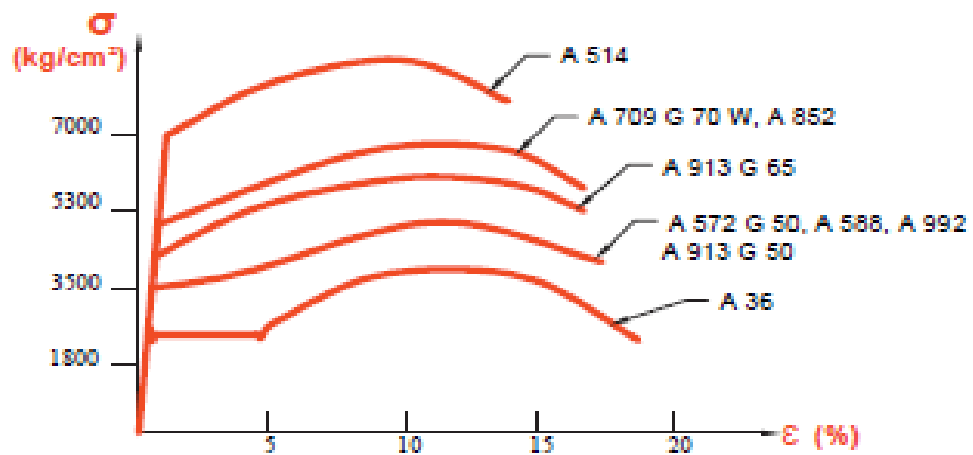
**Grafico N°1: Porción inicial de la curva esfuerzo-deformación para aceros de bajo contenido de carbono**



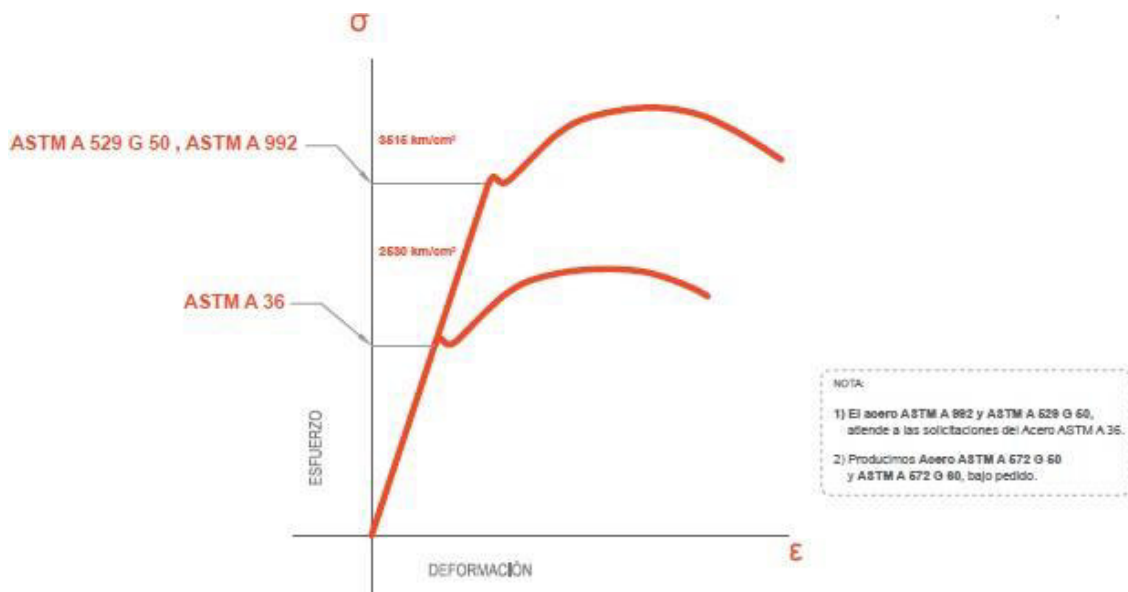
**Grafico N°2: Porción inicial de la curva esfuerzo-deformación para aceros de alto contenido de carbono**



**Grafico N°3: Curvas de esfuerzo-deformación de algunas de acero**



## Grafico N°4 Esfuerzo - Deformación



- **Propiedad de Dureza:** entre más dúctil es el acero, mayor es su tenacidad. Las piezas gruesas de acero tienden a ser más frágiles que las delgadas; algunas de las razones de esto son que los núcleos de perfiles gruesos están sometidos a un mejor laminado, poseen mayor contenido de carbono y tienen mayores esfuerzos de tensión por el enfriamiento (esfuerzos residuales).
- **Propiedades Metalúrgicas:** La metalurgia del acero estructural se define, por el hierro y el contenido de carbono, pero también los diversos elementos de aleación que se utilizan para lograr determinada resistencia, ductilidad y otras características.

### 2.3.4.1.5.2. PROPIEDADES QUÍMICAS ASTM A 36

#### Tabla N°6: Propiedades Químicas

|      |      |      |      |      |      |     |     |    |     |     |
|------|------|------|------|------|------|-----|-----|----|-----|-----|
| C    | Mn   | P    | S    | Si   | Cu   | Ni  | Cr  | Mo | V   | Nb  |
| 0.26 | ---- | 0.04 | 0.05 | 0.40 | 0.20 | --- | --- | -- | --- | --- |

### **2.3.4.1.6. CONSIDERACIONES RECOMENDADAS EN LA ELECCION DEL TIPO DE ACERO**

Resumiendo las evaluaciones anteriores del material de acero, junto con los puntos clave del diseño estructural y fabricación, las consideraciones siguientes deben hacerse cuando se selecciona el material de acero de una estructura. Es muy importante también señalar que, aunque hay muchas pruebas de material que se pueden ejecutar, muchas de ellas no son ni útiles ni prácticas para una serie de tipos de estructura. Así, una estructura que está expuesta al medio ambiente natural y en condiciones de fatiga de ciclo alto, necesita disponer de un acero con propiedades de dureza de acuerdo con las condiciones de servicio previsto, no sería realista ni económico especificar un material con los criterios de una estructura con carga estática:

- Tipo de estructura, condiciones de servicio, condiciones de carga, entorno de la aplicación de las cargas.
- Resistencia del material, ductilidad, tenacidad, soldabilidad y metalurgia.
- Química del material.
- Tipos de miembros estructurales, tamaños longitudes y carga
- Conexiones soldada o atornilladas.
- Conexiones: viga a columna, viga a viga, empalmes.
- Criterios de fabricación, incluyendo técnicas de unión, corte, soldadura en el campo vs soldadura en taller.

- Requisitos de construcción, que incluyen la soldadura de campo.
- Cuantificaciones y la experiencia de diseño, de fabricación y de personal en el campo y en la construcción.
- Las necesidades de equipo de taller y de campo
- Las necesidades de inspección y sus métodos, calificaciones y procedimientos de garantía de calidad por parte del inspector.
- Consideraciones especiales:
  - i. Realizar conexiones complicadas
  - ii. Conexiones soldadas y/o conexiones atornilladas
  - iii. Cordones de soldadura grandes
  - iv. Estados triaxiales de esfuerzo por carga y descarga
  - v. Contracción de soldadura
  - vi. Direccionalidad de las propiedades del material
  - vii. Aparición y consecuencias de la aparición de grietas.
    - ✓ Durante la fabricación
    - ✓ Montaje y construcción
    - ✓ De servicio
  - viii. Cargas cíclicas y/o dinámicas
  - ix. Detalles por fatiga, iniciación y propagación de grietas.
  - x. Condiciones de fractura frágil.
  - xi. La corrosión y concentración de esfuerzo por corrosión

### **2.3.4.1.7. MATERIALES A EMPLEAR EN LOS TANQUES METALICO DE LA PLANTA DE TRAMIENTO DE AGUA**

Para el mejor diseño, calculo y manufactura de tanques de almacenamiento es importante seleccionar el material adecuado dentro de la variedad de aceros que existen en el mercado, por lo que a continuación listamos los materiales más usados con su aplicación y la tabla 1.2 muestra la agrupación de los mismos

#### **2.3.4.1.7.1. ESTANDAR A.S.T.M. (American Society for testing and materials).**

Aquellas planchas que se adecuen a las siguientes especificaciones ASTM son aceptables mientras las planchas se encuentren dentro de las limitaciones expuestas:

- **A-36. ACERO ESTRUCTURAL**

Solo para espesores iguales o menores de 38 mm. (1 ½" pulg.). este material es aceptable y usado en los perfiles, ya sean comerciales o ensamblados de los elementos estructurales del tanque.

- **A-131. ACERO ESTRUCTURAL**

GRADO A para espesor menor o igual a 12.7 mm (1/2 pulg.)

GRADO B para espesor menor o igual a 25.4 mm (1 pulg.)

GRADO C para espesores iguales o menores a 38 mm (1-1/2 pulg)

GRADO EH 36 para espesores iguales o menores a 44.5 mm (1-3/4 pulg.)

- **A-283. PLACAS DE ACERO AL CARBÓN CON MEDIO Y BAJO ESFUERZO A LA TENSIÓN.**

**GRADO C** Para espesores iguales o menores a 25 mm (1 pulg.). este material es el más socorrido, porque se puede emplear tanto para perfiles estructurales como para la pared, techo, fondo y accesorios del tanque.

- **A-285 PLACA DE ACERO AL CARBÓN CON MEDIO Y BAJO ESFUERZO A LA TENSIÓN.**

GRADO C Para espesores iguales o menores de 25.4mm. (1 pulg.). Es el material recomendable para la construcción del tanque (cuerpo, fondo, techo y accesorios principales), el cual no es recomendable para elementos estructurales debido a que tiene un costo relativamente alto comparado con los anteriores.

- **A-516 PLACA DE ACERO AL CARBÓN PARA TEMPERATURAS DE SERVICIO MODERADO**

GRADO 55, 60, 65 y 70. Para espesores iguales o menores a 38 mm. (1-1/2 pulg.). este material es de alta calidad y, consecuentemente, de un costo elevado, por lo que se recomienda su uso en casos en que se requiera de un esfuerzo a la tensión alta, que justifique el costo.

- **A-537**

GRADOS A y B Para tubería en general

- **A-106**

GRADOS A y B Tubos de acero al carbón sin costura para servicio de alta temperatura.

En el mercado nacional, es fácil adquisición de cualquiera de estos dos materiales, por lo que puede usarse indistintamente, ya que ambos cumplen



satisfactoriamente con los requerimientos exigidos por el estándar y la diferencia no es significativa en sus propiedades y costos.

- **A-105**

Forja de Acero al Carbón para Accesorios de Acoplamiento de Tuberías

- **A-181**

Forja de Acero al Carbón Para usos en generan

- **A-193**

GRADO B7 Material para tornillos sometidos a alta temperatura y de alta resistencia, menores a 64 mm. (2-1/2”), de diámetro.

- **A-194**

GRADO 2H Material para tuercas a alta Temperatura y de alta resistencia.

- **A-307**

GRADO B Material de tornillos y tuercas para usos generales.

#### **2.3.4.1.8. MATERIALES PARA SOLDADURA**

Para el soldado de materiales con un esfuerzo mínimo a la tensión menor de 526 kg/cm<sup>2</sup> (80000 lb/pulg<sup>2</sup>), los electrodos de arco manual deben estar hechos de materiales cuya clasificación se AWS: E-60XX y E70XX

Para soldado de materiales con un esfuerzo mínimo a la tensión de 5625-5976 kg/cm<sup>2</sup> (80000-85000 lb/pulg<sup>2</sup>), el material del electrodo de arco manual debe ser E80XX-CX.

También podrán ser usados otros materiales que sean recomendados por otros estándares, códigos o normas como: A.S.T.M., A.P.I.

El estándar A.P.I. 650, se auxilia del código A.S.M.E. sección IX para dar los alineamientos que han de seguir en la unión y/o soldado de materiales.

El código A.S.M.E. sección IX, establece que toda junta soldada deberá realizarse mediante un procedimiento de soldadura de acuerdo a la clasificación de la junta y que además, el operador deberá contar con un certificado que lo acredite como soldador calificado, el cual le permite realizar cierto tipo de soldaduras de acuerdo con la clasificación de esta, una vez realizada la soldadura o soldaduras, estas se someterán a pruebas y ensayos como: ultrasonido, radiografiado, líquidos penetrantes, dureza, etc., donde la calidad de la soldadura es responsabilidad del fabricante

Al efectuar el diseño se deberán preparar procedimientos específicos de soldadura para cada caso.

Los procedimientos de soldadura serán presentados para su aprobación y estudio antes de aplicar cualquier cordón de soldadura para cada caso en particular. Este procedimiento debe indicar la preparación de los elementos a soldar, así como la temperatura a la que se deberá precalentar tanto el material de aporte (electrodo, si lo hubiera), como los materiales a unir.

Todas las soldaduras serán aplicadas mediante el proceso de arco eléctrico sumergido, argón con gas inerte o electrodos recubiertos. Estos procesos pueden ser manuales o automáticos. En cualquiera de los dos casos, deberán tener penetración completa, eliminando la escoria dejada al aplicar un cordón de soldadura antes de aplicar sobre este el siguiente cordón.

Las soldaduras típicas entre elementos, se muestran en las figuras 1.1 y 1,2 la cara ancha de las juntas en "V" y en "U" podrían estar en el exterior o en el interior del cuerpo del tanque dependiendo de la facilidad que se tenga para realizar el soldado de la misma. El tanque deberá ser diseñado de tal forma que realizar el

soldado de la misma. El tanque deberá ser diseñado de tal forma que todos los cordones de soldadura sean verticales, horizontales y paralelos, para el cuerpo y fondo, en el caso del techo, podrán ser radicales y/o circunferenciales.

Tipos de Juntas en los tanques de tratamiento de Agua

- **Las junta Horizontales:** deberán ser penetración y fusión completa, lo cual se podrá lograr con soldadura, de tal forma que se obtenga la misma calidad del metal depositado en el interior y el exterior de las partes soldadas para cumplir con los requerimientos del procedimiento de soldaduras.
- **Las juntas verticales:** no deberán ser colineales, pero deben ser paralelas entre sí en una distancia mínima de 5 veces el espesor de la placa (5t)

Juntas Horizontales

### **2.3.5. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL DISEÑO ESTRUCTURAL**

Debido a su importancia como estructuras de tratamiento de agua, se diseñaran para resistir adecuadamente las cargas a las que se encontrará sometida, como son principalmente: las presiones hidráulicas y efecto sísmico, por ello requiere que su configuración estructural sea sismo resistente. La estructura se diseñara para resistir las presiones hidráulicas y sobrecargas que les impongan como consecuencia de su uso previsto y no causaran esfuerzos que excedan los admisibles a nivel de cargas de trabajo

En el presente informe se desarrollaran los aspectos que involucran al diseño estructural de las Estructuras hidráulicas que forman parte del proyecto de saneamiento.

#### **2.3.5.1. ESTRUCTURACION**

Para fines de análisis y diseño se ha dividido en partes las siguientes estructuras:

### 2.3.5.2. CIMENTACION

El estrato donde se cimentara las estructuras deberá ser compacto de tal forma que se eviten asentamientos diferenciales para la cimentación de las estructuras.

### 2.3.5.3. CARGAS Y SOBRECARGAS

Las cargas Verticales consideradas para el diseño son las siguientes:

#### 2.3.5.3.1. PERMANENTES.

- Las carga Verticales consideradas es la siguiente:

Peso propio de los elementos de acero 7850 Kg/m<sup>3</sup>.

- Las Cargas horizontales consideradas son las siguientes:

Empuje del agua 1100\*H Kg/m.

#### 2.3.5.3.2. VIVAS DE OCUPACION.

- Sobrecarga en techo del tanque 0 Kg/m<sup>2</sup>.
- Sobrecarga en losa de fondo 1100\*H Kg/m<sup>2</sup>.

### 2.3.5.4. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.

Para el análisis se utilizaran las propiedades de los materiales que se describen a continuación.

#### 2.3.5.4.1. ACERO PARA PLACA DE FONDO, MUROS

- Resistencia característica ASTM A36  $f'y = 2530 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico  $p.e = 7850 \text{ Kg/m}^3$

#### 2.3.5.4.2. ACERO DE REFUERZO PARA ATIESADOR SUPERIOR

- Resistencia característica  $f'y = 2530 \text{ kg/cm}^2$
- Especificación ASTM A36

#### 2.3.5.4.3. MODULO DE ELASTICIDAD

- Para concreto de peso normal  $E_c = 15000 \sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2$
- Para el acero  $E_s = 2.0E+06 \text{ kg/cm}^2$

#### **2.3.5.4.4. PARAMETROS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE.**

- Factor de zona:  $Z=0.30$
- Factor de uso: Categoría C  $U=1.50$
- Factor de Suelo: Suelos Intermedios  $S=1.20$
- Coeficiente de reducción: Estructura de Acero  $Rd=9.5$
- Periodo predominante del suelo:  $Tp=0.58$  sg

#### **2.3.5.4.5. ANALISIS SISMICO**

El análisis sísmico de las estructuras se realiza de acuerdo a lo estipulado en las normas de sismo resistente RNE E030 y E-090.

El comportamiento dinámico de las estructuras se determina mediante la generación de modelos matemáticos que consideran la contribución de los elementos estructurales tales como placas de acero. Las fuerzas de los sismos son de los tipos inerciales y proporcionales a su peso.

Para el análisis de las estructuras de almacenamiento de agua se ha aplicado las normas API y AISC, que basados en el diseño de tanques de acero soldados, determinan los esfuerzos resultantes de los elementos que compone la estructura debido a las aplicaciones de cargas a las que serán sometidas en función de su altura y diámetro.

#### **2.3.5.5. DISEÑO ESTRUCTURAL**

Los elementos que componen las estructuras de acero para almacenamiento de agua se diseñó, cálculo y fabricación de acuerdo a la NORMA API 650, la cual es para tanques a presiones atmosféricas o bajas presiones y de diferentes tamaños. Este estándar cubre requerimientos de materiales, diseño, fabricación,

montaje y pruebas de tanques soldados verticales cilíndricos, no enterrados con extremos superior abierto o cerrado en varios tamaños y capacidades para presiones internas aproximadas a la atmosférica, pero se permiten presiones internas más alta cuando se cumple requerimientos adicionales.

### 2.3.5.6. NORMAS

- La Norma API 650 Diseño, calculo, fabricación y montaje y pruebas de tanques soldados
- La Norma ASTM A-36 (Propiedades Mecánicas de los Materiales)
- La Norma ASME Sección VIII Diseño de Recipientes a Presión.
- La Norma AISC
- Norma AWS (especificación de electrodos de acero al carbono para soldadura de arco )

### 2.3.5.7. MATERIAL Y PROPIEDADES MECANICAS (ASTM A-36)

**Tabla N° 7: Propiedades Mecánicas ASTM A-36**

| Material     | Esfuerzo Mínimo de Compresión (PSI) | Esfuerzo Mínimo de Tensino (PSI) | Producto esfuerzo de diseño (PSI) | Esfuerzo de Prueba Hidrostática |
|--------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Plancha A-36 | 36000                               | 58000                            | 23200                             | 24900                           |

**Tabla N°8: Propiedades de los miembros estructurales**

| Material     | Esfuerzo mínimo de compresión (PSI) | Esfuerzo Mínimo de Tensión (PSI) | Producto esfuerzo de Diseño (PSI) | Esfuerzo de Prueba Hidrostática (PSI) |
|--------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Plancha A-36 | 36000                               | 58000                            | 23200                             | 24900                                 |

### 2.3.5.8. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS

El sistema de tratamiento es un sistema de lodos activados aeración extendida, diseñado para tratar agua residual minera:

- Tipo de Afluente: Aguas Residual de Mina
- Calidad de Afluentes y Efluentes

**Tabla N°9: Parámetros de Afluentes y Efluentes**

| P parámetros                            | Afluentes         | Efluentes          |
|---|-------------------|--------------------|
| DBO (mg/L)                              | 200-300           | <15.0              |
| DQO (mg/L)                              | 350-450           | <40.0              |
| OD (mg/L)                               | -                 | 3                  |
| SST                                     | 300               | 250.00             |
| Ph                                      | 6.5-8.5           | 6.5-8.5            |
| Aceites y Grasas (mg/L)                 | <100              | <1                 |
| Coliformes Totales (NMP/100mL)          | 5x10 <sup>7</sup> | <3x10 <sup>3</sup> |
| Coliformes Termo tolerantes (NMP/100mL) | 3x10 <sup>8</sup> | <1x10 <sup>3</sup> |

### 2.3.6. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPAMIENTO

El volumen útil total es de 75.09 m<sup>3</sup>. Para dimensionar los elementos vamos a tomar en cuenta las siguientes consideraciones.:

- para la fabricación de los elementos se requiere tener la menor cantidad de cortes de material para reducir costos; por lo que se tomara en cuenta las dimensiones nominales de las planchas de acero que se encuentran en el mercado.
- El sistema de tratamiento considerado es un sistema de lodos activados aeración extendida.

### 2.3.6.1. BASE DE DATOS

|                                |                           |
|--------------------------------|---------------------------|
| Tipo de Afluente               | : Agua residual domestica |
| Caudal Medio (Q1)              | : 45 LPS                  |
| Caudal Medio (Q2)              | : 20 LPS                  |
| Capacidad Total de Tratamiento | : 65 LPS                  |

### DBO5

|                     |            |
|---------------------|------------|
| Concentración media | : 333 mg/L |
| Carga diaria        | : 15 kg/d  |

### SST

|                     |            |
|---------------------|------------|
| Concentración media | : 450 mg/L |
| Carga diaria        | : 45 kg/d  |

### 2.3.6.2. DISEÑO DE ELEMENTOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

#### 2.3.6.2.1. TRAMPA DE GRASA Y DE ESPUMA

Considerando las recomendaciones del reglamento nacional de edificaciones. La determinación del caudal de diseño se ejecutara partir de las unidades de gasto (UH).

Debe asumirse este número de unidades de gasto por cada grifo instalado en el lavadero (R.N.E.), para el diseño contamos con un solo grifo.

Unidades Hunter de aparatos sanitarios que descargan a la trampa de grasa.

|                    |       |
|--------------------|-------|
| Aparato Sanitario  | UH(*) |
| Lavadero de cocina | 6     |



## **DETERMINACION DE CAUDALES**

Según el R.N.E. para 6 UH el caudal promedio sería 0.24 l/s

Por lo tanto:

$$Q=0.24 \text{ lt/seg.}$$

## **CAUDAL MAXIMO DIARIO**

El caudal máximo diario se da cuando los lavatorios se están usando, por lo que se tomó:

$$Q_{\max} = 1.3 \times Q_p = 0.312 \text{ lt/seg.}$$

$$Q_{\max} = 0.312 \text{ lt/seg. (agua potable)}$$

Donde. 1.3 (coeficiente de consumo diario de agua potable)

## **CAUDAL MINIMO DIARIO**

El caudal mínimo se asumirá cuando este en uso el 15% del caudal máximo. Por tanto:

$$Q_{\min} = 0.0468 \text{ lt/seg.}$$

## **CALCULO DEL VOLUMEN DE LIQUIDO**

$$Q = 0.312 \text{ lt/seg.}$$

$$t = 360 \text{ min.} = 21600 \text{ seg (tiempo de llenado)}$$

$$V = Q \times t = 0.312 \text{ lt/seg} \times 21600 \text{ seg.}$$

$$V = 6739.2 \text{ lt.} = 6.74 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el volumen de líquido es:

$$V = 6.74 \text{ m}^3$$

## **PERIODO DE MANTENIMIENTO**

El periodo de mantenimiento para extraer la grasa de la trampa será semanal, para un buen funcionamiento de dicha estructura. La trampa de gras funcionará 6 días, al séptimo día se realizará la limpieza.

### **CALCULO DEL VOLUMEN DE GRASA.**

Según el D.SN° 0021-2009-vivienda, anexos N°1 y N°2 respecto a los **VALORES MAXIMOS PERMISIBLES**, es el contenido de grasa en estos tipos de lugares campamentos (comedores) es igual a 100 mg/l como máximo. Consideraremos 8 horas de trabajo diario.

Por lo tanto, el volumen de grasa será:

$$\text{Masa Grasa (grs.)} = 100 \text{ mg/l} \times 0.312 \text{ lt/seg} \times 8 \text{ h} \times 60 \text{ min} \times 60 \text{ s}$$

$$\text{Masa Grasa (grs.)} = 5.39 \text{ kg.}$$

$$\text{Densidad de la Grasa (grs.)} = 0.80 \text{ kg/lt.}$$

$$V_g \text{ (lt)} = 5.39 / 0.80 = 6.74 \text{ lt.}$$

### **CALCULO DE VOLUMEN DE SOLIDOS**

Concentración de solidos sedimentables = 8.5 ml/lt/h, según (V.M.A.-D.S. 02-2009), entonces:

$$\text{Volumen de solidos} = 8.5 \text{ ml/lt} \times 0.312 \text{ lt/s} \times 6 \text{ d} \times 60 \text{ min} \times 60 \text{ s}$$

$$\text{Volumen de solidos} = 549.92 \text{ lt.}$$

$$V_s \text{ (lt)} = 0.55 \text{ m}^3$$

### **VOLUMEN TRAMPA DE GRASA**

$$\text{Volumen de la Trampa de Grasa} = V_{\text{liquido}} + V_{\text{grasa}} + V_{\text{solidos}}$$

$$\text{Volumen de la Trampa} = 6.74 + 0.008075 + 0.55$$

$$\text{Volumen de la Trampa} = 7.29 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de la Trampa} \approx 7.5 \text{ m}^3 \text{ (asumido)}$$

## DIMENSIONES DE LA TRAMPA DE GRASAS

Es recomendable considerar el largo igual al ancho

Largo = 0.5 m

Ancho = 5 m

Alto = 2.652 m

Altura cámara de Aire = 0.34 m

Altura Total = 2.992 m

Pendiente del Fondo = 5%

Tubería de entrada = 2"

Tubería de salida = 3"

## CALCULO DE ESPESOR DE PARED

Para el diseño y construcción de cada elemento del tanque, se utilizará acero ASTM A36 debido a que es el más utilizado y fácil de adquirir el mercado nacional. En la tabla (10) se aprecia las propiedades que tiene este acero.

**Tabla N°10: propiedades del acero ASTM A36**

| <b>PROPIEDADES DE ACERO ASTM A36</b> |  |                                   |                                   |
|--------------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Esfuerzo de Cedencia<br>$S_y$ (MPa)  | Esfuerzo máximo de tensión<br>$S_{ut}$ (MPa) | Esfuerzo de diseño<br>$S_d$ (MPa) | Esfuerzo de Prueba<br>$S_t$ (MPa) |
| 250                                  | 400  | 160                               | 171                               |

Para el cálculo del espesor de placa con el que se fabricara el tanque se utilizara la ecuación (1), (Megysey, 1992).

$$t = 2,45L\sqrt{a_n \frac{P}{S}} \dots \dots (1)$$

Donde:

t = espesor de placa requerida (pulg)

L = longitud del tanque (pulg)

$\alpha_n$  = factor que depende de la relación de altura y longitud

$P_n$  = presión del líquido (lb/pulg<sup>2</sup>)

S = valor del esfuerzo de la placa = 23026 (lb/pulg<sup>2</sup>)

La ecuación (2), (Megysey, 1992), se utiliza para calcular la presión del líquido

$$P_n = 0.036G \frac{h_{n-1}+h}{2} \dots \dots (2)$$

Donde:

G = densidad específica del fluido

$h_n$  = longitud medida desde borde superior hasta atiesador (pulg)

los valores de  $\alpha_n$  se calcula basándose en la relación H/L tomados de la figura del apéndice A.1.; en la tabla (\*) se aprecia los valores obtenidos para  $\alpha_n$  y en la tabla (11) se obtienen los valores  $h_{n-1}$  y  $h_n$ .

**Tabla (11): valores de factor  $\alpha_n$**

| Ítem | Altura (pulg) | H/L  | $\alpha$ |
|------|---------------|------|----------|
| 1    | 17,8          | 0,05 | -        |
| 2    | 47,6          | 0,13 | -        |
| 3    | 69,6          | 0,18 | -        |
| 4    | 87,9          | 0,23 | 0,0012   |

Al no tener valores para las 3 primeras partes como se observa en la tabla (12); por lo que se utilizara el valor de  $\alpha_n = 0,012$  para los demás cálculos.

**Tabla (12): Espesor de Pared**

| Ítem | presión | Espesor (pulg) |
|------|---------|----------------|
|------|---------|----------------|

|          |        |       |
|----------|--------|-------|
| 1        | 0,6408 | 0,016 |
| 2        | 1,7136 | 0,044 |
| 3        | 2,5056 | 0,071 |
| 4        | 3,1644 | 0,096 |
| Promedio |        | 0,057 |

En la tabla (12) mostrada anteriormente se aprecia los resultados necesarios para hallar el espesor de pared del tanque.

$$P_n = 2.85 \text{ lb./pulg}^2$$

$$H = 118.1 \text{ pulg.}$$

$$\alpha_n = 0.0012$$

$$S = 23026$$

$$L = 2.953 \text{ pulg.}$$

De acuerdo con lo obtenido se va a tener un espesor de 0,19 pulgadas, además hay que adicionar un espesor de 1/16 de pulgada dándonos un espesor de 0,1333 pulgadas.

$$t = 0,133(\text{pulg}) = 3,38\text{mm} \cong 5\text{mm}$$

Se utilizara planchas de 5 mm para la fabricación del tanque; el espesor también será de 4 mm para la base del tanque.

### **PERFIL TRANSVERAL**

Para tener el espesor del perfil soportante se utilizara la ecuación; la separación entre vigas se obtiene de la siguiente relación.

$$l = \frac{\text{longitud del tanque (m)}}{\text{numero de perfiles} - 1} \dots (3)$$

Donde:

$$\text{Longitud del tanque} = 0.75 \text{ m}$$

Numero de perfiles = 3

$$l = \frac{0.75}{3 - 1} = 0.375\text{m} = 14.76 \text{ pulg}$$

Calculando el espesor de los atizadores

$$t = \frac{l}{1,254\sqrt{\frac{S}{0,036GH}}} \dots \dots (4)$$

Donde:

t = espesor de la placa (pulg)

l = Distancia de esfuerzos de la placa (pulg)= 29.53 pulg.

S = Valor de esfuerzo de la placa, (lb/pulg<sup>2</sup>) = 23026

H = Altura del Tanque, (pulg)= 118.1 pulg.

G = peso específico del fluido= 2.44 lb/pulg<sup>3</sup>

### **REEMPLAZANDO EN LA ECUACIÓN:**

$$t = 0.249 \text{ pulg} = 6.32\text{mm}$$

el perfil seleccionado será de 2"x2"x1/4"

### **NUMERO DE ATISADORES**

Para conocer el número de atizadores que se colocaran en el tanque se utilizara como referencia la tabla (13), donde se aprecia que el número de atizadores dependiendo de la altura del tanque. El tanque tendrá una altura 3m (118.1 pulg); por lo que se tendría que utilizar dos atizadores horizontales; pero debido a las dimensiones del tanque se ha decidido utilizar tres atizadores para rigidizar el tanque. Esto sin contar el atiesador del borde superior.

**Tabla (13) número de atiesadores horizontales**

| ALTURA H (pulg) |        |         |      |
|-----------------|--------|---------|------|
| 60-84           | 84-120 | 120-156 | >156 |
| 1               | 2      | 3       | 4    |

## SEPARACION ENTRE ELEMENTOS ATIESADORES

La separación de cada atiesador se aprecia en la tabla (14); la figura (2.16) que se aprecian en la página siguiente, permite conocer como esta distribuida cada separación en un tanque.

**Tabla (14) Separación de atiesadores horizontales**

| Separación entre elementos atiesadores |       |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ítem                                   | H1    | H2    | H3    | H4    | H5    |
| 1                                      | 0.60H | 0.40H | -     | -     | -     |
| 2                                      | 0.45H | 0.30H | 0.25H | -     | -     |
| 3                                      | 0.37H | 0.25H | 0.21H | 0.17H | -     |
| 4                                      | 0.31H | 0.21H | 0.18H | 0.16H | 0.14H |

Fuente: (Megysey, 1992)

**Fig.Nº:21 Distancia de Atizadores.**



Las distancias a las que se colocaran cada atiesador horizontal, se aprecian en la tabla (15) que se muestra.

**Tabla N°15: Distancia de Atizadores**

| -             | H1   | H2  | H3   | H4   |
|---------------|------|-----|------|------|
| Altura (mm)   | 903  | 610 | 512  | 415  |
| Altura (Pulg) | 35,5 | 24  | 20,2 | 16,3 |

### **CARGA QUE SOPORTA CADA ATIESADOR**

Como elementos atiesadores se utilizarán ángulos; la ecuación (2.7), (Megysey, 1992), permite conocer la carga que soporta cada uno de estos elementos.

$$w = \frac{0.036Gh^2}{2} \dots \dots (5)$$

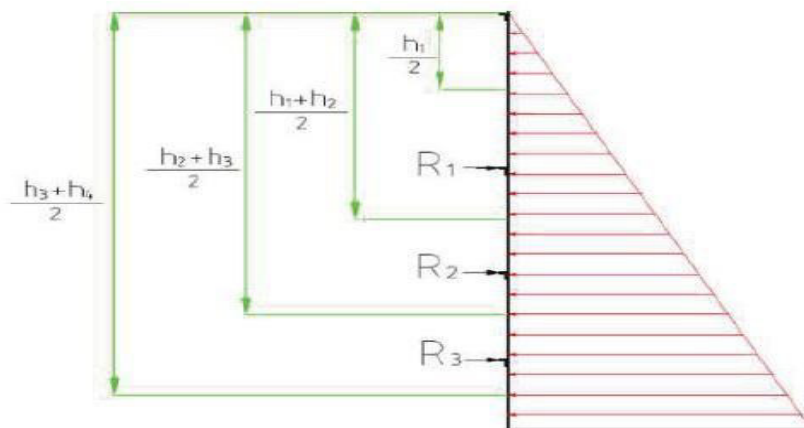
Donde

w = carga por unidad de longitud (lb/pulg)

G = densidad específica del líquido

h = altura desde el borde superior del tanque (pulg)

**en la Figura (22) se aprecia la disposición de la carga en la pared del tanque y las fuerzas que se tendrán en esta.**



**Figura (22): Disposición de cargas en la pared del tanque**

Conociendo la carga por unidad de longitud de cada atiesador, se calculará la reacción y el momento de inercia mínimo para cada uno de ellos utilizando la ecuación (6) y (7) (Megysey, 1992)

$$R = .7 \dots (6)$$



$$I = 1.25 \frac{RH^3}{E} \dots (7)$$

Donde:

R = Reacción en cada atiesador (lb/pulg)

I = Momento de inercia (pulg)

H = Distancia de separación de atiesador (pulg)

E = Modulo de elasticidad (lb/pulg<sup>2</sup>)

En la tabla (16) se muestra la inercia para cada uno de los atiesadores, se elegirá el de mayor momento. El mayor momento de inercia es de 1,69 pulg<sup>4</sup>, por lo que el perfil seleccionado es un perfil Angulo de 2"x2"x1/4". Las especificaciones de este perfil se encuentran en el apéndice B.2.

**Tabla (16): Selección de elemento atiesador**

| Atiesador | Altura (pulg) | Carga (lb/pulg) | Reacción (lb/pulg) | Momento de Inercia (pulg) |
|-----------|---------------|-----------------|--------------------|---------------------------|
| 1         | 36            | 22.7            | 15.9               | 0.03                      |
| 2         | 60            | 63.9            | 44.7               | 0.39                      |
| 3         | 80            | 114.3           | 80.0               | 1.69                      |

### 2.3.6.2.2. CAMARA DE REJAS

- Tipo: de rejjas de barras
- Limpieza: Manual

#### **CARACTERISTICAS:**

- ✓ Tamaño de las barras
- Anchura: 10 cm
- Profundidad: 2.5 cm
- ✓ Separación: 2.5 cm

- Inclinación respecto a la vertical: 30°
- ✓ Velocidad de aproximación: 0.45 m/s
- ✓ Perdida de carga admisible: 15 cm

## **CALCULO DE LA PERDIDA DE CARGA CUANDO LA REJILLA ESTÁ LIMPIA**

$$h = B (W/b) hv \cdot \sin\theta \dots (8)$$

Donde:

$h$  = Perdida de carga en metros (m)

$B$  = Factor de la forma de la barra

$W$  = Anchura máxima transversal de las barras en la dirección de la corriente en metros (m)

$b$  = separación mínima entre barras en metros (m)

$hv$  = Altura cinética de flujo que se aproxima a la reja, en metros (m)

$\theta$  = Angulo de la reja con respecto a la horizontal.

### **OBTENCION DE DATOS**

$B = 2.42$  (de las tablas correspondientes)

$W = 1.0 \text{ cm.} = 0.01 \text{ m}$

$b = 2.5 \text{ cm.} = 0.025 \text{ m}$

$\theta = 60^\circ$

### **DETERMINANDO EL VALOR DE (HV)**

Para un caudal de  $Q = 60 \text{ LPS}$  y una velocidad  $1,9 \text{ m/s}$  se tiene

$$hv = \frac{v^2}{2g} = \frac{1,9^2}{2 \times 9.981} = 0.18 \dots (9)$$

en consecuencia:

$$h_o = 2,42 (0.01/0.025)*0.18*1$$

$$h_o = 0.17424 \text{ m}$$

Perdida de carga considerando el 50% del área obstruida;  $h_o$

se tiene que:

$$h_v = 0.18/f... (10)$$

Donde  $f$  = factor de carga

$$f = 0.5$$

Luego

$$h_v = 0.18/0.5$$

$$h_v = 0.36 \text{ m}$$

en consecuencia, la perdida de carga será

$$h_o = 2.42x(0.01/0.025)x0.36x1$$

$$h_o = 0.34848$$

### **2.3.6.2.3. CAMARA DE ECUALIZACION:**

Se ha dimensionado considerando un tiempo de retención de 4 horas a caudal máximo

Tiempo de retención : 4h

Caudal máximo horario : 23.25 m<sup>3</sup>/h

$$v = 3.25 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 4 = 13 \text{ m}^3 \dots\dots (11)$$

Por lo tanto, la cámara de Ecuación es un estanque rectangular de:

Largo : 0.75 m

Ancho : 5.0 m

Altura Útil : 3.0 m

Para el cálculo del espesor de placa con el que se fabricara el tanque se utilizara la ecuación (12), (Megysey, 1992).

$$t = 2,45L\sqrt{\alpha_n \frac{P_n}{S}} \dots (12)$$

Donde

t = espesor de placa requerida (pulg)

L = longitud del tanque (pulg)

$\alpha_n$  = factor que depende de la relación de altura y longitud

$P_n$  = presión del líquido (lb/pulg<sup>2</sup>)

S = valor del esfuerzo de la placa = 23026 (lb/pulg<sup>2</sup>)

La ecuación (2.2), (Megysey, 1992), se utiliza para calcular la presión del liquido

$$P_n = 0.036G \frac{h_{n-1} + h_n}{2} \dots (13)$$

Donde:

G = densidad especifica del fluido = 2.44 lb/pulg.<sup>3</sup>

$h_n$  = longitud medida desde borde superior hasta atiesador (pulg)

los valores de  $\alpha_n$  se calcula basándose en la relación H/L tomados de la figura del apéndice A.1.; en la tabla (17) se aprecia los valores obtenidos.

**Tabla (17): valores de factor  $\alpha_n$  en la cámara de ecualización**

| Ítem | Altura (pulg) | H/L  | $\alpha$ |
|------|---------------|------|----------|
| 1    | 17,8          | 0,05 | -        |
| 2    | 47,6          | 0,13 | -        |
| 3    | 69,6          | 0,18 | -        |
| 4    | 87,9          | 0,23 | 0,0012   |

Al no tener valores para las 3 primeras partes como se observa en la tabla (18); por lo que se utilizara el valor de  $\alpha_n = 0,012$  para los demás cálculos.

**Tabla (18): Espesor de Pared de la cámara de ecualización**

| Ítem     | Presión | Espesor (pulg) |
|----------|---------|----------------|
| 1        | 0,6408  | 0,016          |
| 2        | 1,7136  | 0,044          |
| 3        | 2,5056  | 0,071          |
| 4        | 3,1644  | 0,096          |
| Promedio |         | 0,057          |

En la tabla (18) mostrada anteriormente se aprecia los resultados necesarios para hallar el espesor de pared del tanque.

$$P_n = 2.85 \text{ lb./pulg}^2$$

$$H = 118.1 \text{ pulg.}$$

$$\alpha_n = 0.0012$$

$$S = 23026$$

$$L = 2.953 \text{ pulg.}$$

De acuerdo con lo obtenido se va a tener un espesor de 0,19 pulgadas, además hay que adicionar un espesor de 1/16 de pulgada dándonos un espesor de 0,1333 pulgadas.

$$t = 0,133(\text{pulg}) = 3,38\text{mm} \cong 5\text{mm} \dots (14)$$

Se utilizara planchas de 5 mm para la fabricación del tanque; el espesor también será de 4 mm para la base del tanque.

### **PERFIL TRANSVERAL**

Para tener el espesor del perfil soportante se utilizara la ecuación; la separación entre vigas se obtiene de la siguiente relación.

$$l = \frac{\text{longitud del tanque (m)}}{\text{numero de perfiles} - 1} \dots (15)$$

Donde:

Longitud del tanque = 0.75 m

Numero de perfiles = 3

$$l = \frac{0.75}{3 - 1} = 0.375\text{m} = 14.76 \text{ pulg}$$

Calculando el espesor de los atizadores

$$t = \frac{l}{1,254 \sqrt{\frac{S}{0,036GH}}} \dots (16)$$

Donde:

t = espesor de la placa (pulg)

l = Distancia de esfuerzos de la placa (pulg)= 29.53 pulg.

S = Valor de esfuerzo de la placa, (lb/pulg<sup>2</sup>) = 23026

H = Altura del Tanque, (pulg)= 118.1 pulg.

G = peso específico del fluido= 2.44 lb/pulg<sup>3</sup>

### **REEMPLAZANDO EN LA ECUACIÓN:**

$$t = 0.249 \text{ pulg} = 6.32\text{mm}$$

el perfil seleccionado será de 2"x2"x1/4"

### **NUMERO DE ATISADORES**

Para conocer el número de atizadores que se colocaran en el tanque se utilizara como referencia la tabla (19), donde se aprecia que el número de atizadores dependiendo de la altura del tanque. El tanque tendrá una altura 3m (118.1 pulg); por lo que se tendría que utilizar dos atizadores horizontales; pero debido a las

dimensiones del tanque se ha decidido utilizar tres atizadores para rigidizar el tanque. Esto sin contar el atiesador del borde superior.

**Tabla (19) número de atiesadores horizontales de la cámara de ecualización**

| ALTURA H (pulg) |        |         |      |
|-----------------|--------|---------|------|
| 60-84           | 84-120 | 120-156 | >156 |
| 1               | 2      | 3       | 4    |

### SEPARACION ENTRE ELEMENTOS ATIESADORES

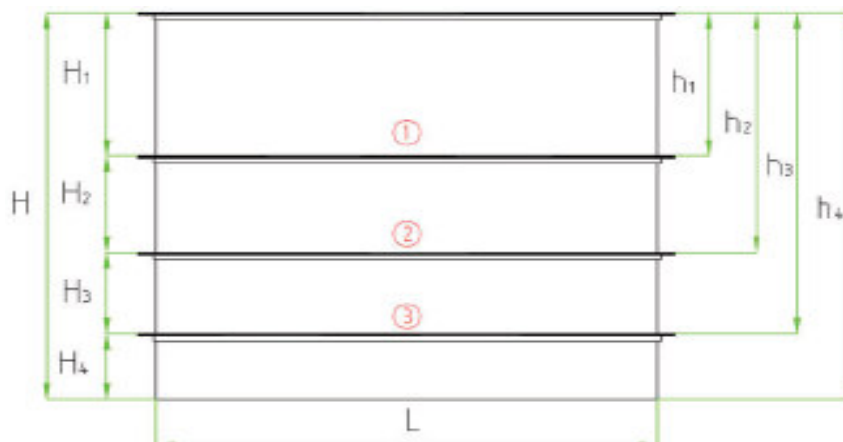
La separación de cada atiesador se aprecia en la tabla (20); la figura (22) que se aprecian en la página siguiente, permite conocer como está distribuida cada separación en un tanque.

**Tabla (20) Separación de atiesadores horizontales**

| Separación entre elementos atiesadores |       |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ítem                                   | H1    | H2    | H3    | H4    | H5    |
| 1                                      | 0.60H | 0.40H | -     | -     | -     |
| 2                                      | 0.45H | 0.30H | 0.25H | -     | -     |
| 3                                      | 0.37H | 0.25H | 0.21H | 0.17H | -     |
| 4                                      | 0.31H | 0.21H | 0.18H | 0.16H | 0.14H |

Fuente: (Megysey, 1992)

**Figura N°23: Distancia de Atizadores**



Las distancias a las que se colocaran cada atiesador horizontal, se aprecian en la tabla (21) que se muestra.

**Tabla N°21: Distancia de Atizadores horizontales**

| -             | H1   | H2  | H3   | H4   |
|---------------|------|-----|------|------|
| Altura (mm)   | 903  | 610 | 512  | 415  |
| Altura (Pulg) | 35,5 | 24  | 20,2 | 16,3 |

**CARGA QUE SOPORTA CADA ATIESADOR**

Como elementos atiesadores se utilizarán ángulos; la ecuación (2.7), (Megysey, 1992), permite conocer la carga que soporta cada uno de estos elementos.

$$w = \frac{0.036Gh^2}{2} \dots (17)$$

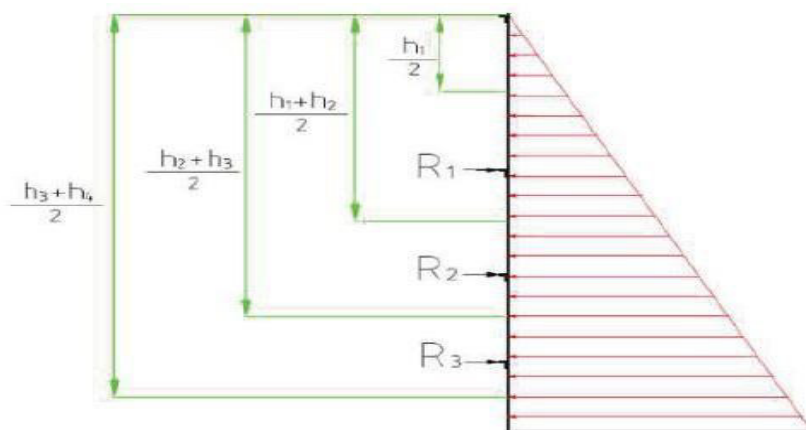
Donde

w = carga por unidad de longitud (lb/pulg)

G = densidad especifica del liquido

h = altura desde el borde superior del tanque (pulg)

en la Figura (22) se aprecia la disposición de la carga en la pared del tanque y las fuerzas que se tendrán en esta.



**Figura (22): Disposición de cargas en la pared del tanque**



Conociendo la carga por unidad de longitud de cada atiesador, se calculará la reacción y el momento de inercia mínimo para cada uno de ellos utilizando la ecuación (6) y (7) (Megysey, 1992)

$$R = .7w \dots (6)$$

$$I = 1.25 \frac{RH^3}{E} \dots (7)$$

Donde:

R = Reacción en cada atiesador (lb/pulg)

I = Momento de inercia (pulg)

H = Distancia de separación de atiesador (pulg)

E = Modulo de elasticidad (lb/pulg<sup>2</sup>)

En la tabla (22) se muestra la inercia para cada uno de los atiesadores, se elegirá el de mayor momento. El mayor momento de inercia es de 1,69 pulg<sup>4</sup>, por lo que el perfil seleccionado es un perfil Angulo de 2"x2"x1/4". Las especificaciones de este perfil se encuentran en el apéndice B.2.

**Tabla N°22: Selección de elemento atiesador**

| Atiesador | Altura (pulg) | Carga (lb/pulg) | Reacción (lb/pulg) | Momento de Inercia |
|-----------|---------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| 1         | 36            | 22.7            | 15.9               | 0.03               |
| 2         | 60            | 63.9            | 44.7               | 0.39               |
| 3         | 80            | 114.3           | 80.0               | 1.69               |

#### 2.3.6.2.4. CAMARA DE AERACION

- Clase de tratamiento biológico: Aeróbico
- Tipo de tratamiento aeróbico: lodos activados
- Características operativas:

- Modelo de flujo: convencional – mezcla completa
- Proceso: Aireación prolongada
- Sistema de aireación: Difusores – micro burbuja

Es un proceso de lodos activados por aireación extendida, el volumen requerido de la cámara de aireación se calcula de la siguiente manera

$$V = \frac{\theta_x \cdot Q_1 \cdot Y \cdot (S_0 - S)}{X(1 + K_d \cdot \theta_c)} \dots \dots (18)$$

Donde:

- Q1 : Caudal de agua residual domestica a tratar (m3/d)
- Qr : Caudal de retorno
- Qw : Caudal de purga
- Px : Producción de lodos
- O<sub>2</sub> : Oxigeno necesario
- X : Concentración de microorganismos en el reactor (kg/m<sup>3</sup> SSVLM)
- Xr : Solidos suspendidos volátiles en el líquido mezcla: SSVLM
- $\theta_x$  : Tiempo de retención celular o edad de lodos (d)
- $\frac{1}{\theta_x} = Y * E * \frac{A}{M} - K_d \dots \dots (19)$
- E : Eficiencia del Reactor
- A/M : Alimento/Microrganismos (kg.DBO5/kg.SSLVM.dia)
- Ko : Tasa especifica de crecimiento
- Km : Constante de saturación del sustrato
- Kd : Constante de mortalidad en reacciones cinéticas de primer orden, en función de la temperatura (d-1)
- S0 : DBO5 del afluente (kg/m<sup>3</sup>)
- S : DBO5 del afluente (kg/m<sup>3</sup>)

- Y : Coeficiente de máximo de crecimiento microbiológico en el reactor, conocido como conversión de sustrato a biomasa
- R : Relación de recirculación
- Px : Producción de lodos
- O<sub>2</sub> : Oxígeno necesario
- U : Relación alimento/Microorganismo
- SSVLM : Sólidos suspendidos volátiles en el líquido mezcla

### CONSIDERANDO LOS SIGUIENTES VALORES

| Parámetros                           | Valores                   |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Q1 (m <sup>3</sup> /d)               | 45.0                      |
| K <sub>o</sub>                       | 12.0 d <sup>-1</sup>      |
| K <sub>m</sub>                       | 70 mg DBO <sub>5</sub> /L |
| X(kg/m <sup>3</sup><br>SSVLM)        | 3.0                       |
| X <sub>r</sub>                       | 6500 mg/L                 |
| E(%)                                 | 97.0                      |
| A/M                                  | 0.12                      |
| K <sub>d</sub> (12°C)                | 0.042                     |
| SSVLM:                               | 300-6000 mg/L             |
| θ <sub>X</sub> (d):                  | 30                        |
| S <sub>0</sub> (kg/m <sup>3</sup> ): | 0.333                     |
| S(kg/m <sup>3</sup> ):               | 0.015                     |
| Y <sub>L</sub> :                     | 0.70                      |

|                         |          |
|-------------------------|----------|
| So:                     | 333 mg/L |
| R:                      | 0.75-1.5 |
| $\frac{DBO_5}{DBO_L}$ : | 0.7      |
| $\frac{SSVLM}{SSLM}$ :  | 0.9      |

### REEMPLAZANDO EN LA ECUACIÓN ANTERIOR SE OBTIENE

$$V = 46.41 \text{ m}^3$$

En este caso se ha considerado una cámara de aeración de 75 m<sup>3</sup>, con un tiempo de retención de 24 horas, normalmente en sistemas de lodos activados se recomienda tiempos de retención hidráulica mayor de 18 horas a 36 horas.

El volumen de lodos residual, que se debe evacuar de la cámara de sedimentación hacia los lechos de secado, se calcula de la siguiente manera:

$$Q_w = \frac{V * X}{\theta_x * X_w} \dots (20)$$

Donde

Q<sub>w</sub> : Caudal de lodos residual (m<sup>3</sup>/d)

X<sub>r</sub> : Contenido de sólidos en suspensión en el lodo (6 kg/m<sup>3</sup> SSVLM)

### REEMPLAZANDO VALORES SE OBTIENE

$$Q_w = 0.85 \text{ m}^3/\text{d}$$

Es decir se tendrá una producción de lodos semanal de aproximadamente 5.9 m<sup>3</sup>. Este valor es referencial, ya que dependerá de la operación de la planta y la calidad de sólidos inertes el agua residual a tratar.

**CALCULO DE LA DBO<sub>5</sub> SOLUBLE EN EL EFLUENTE: S**

$$S = \frac{k_m(1 + k_d \cdot \theta_c)}{\theta_c(k_o + k_d) - 1} \dots (21)$$

$$S = \frac{70(1 + 0.042 \times 30)}{30(12.0 - 0.042) - 1} = 0.44 \text{ mg/L}$$

$$S = 0.44 \text{ mg/L}$$

**CALCULO DEL VOLUMEN DEL REACTOR: V**

$$V = \frac{\theta_x \cdot Q \cdot Y \cdot (S_0 - S)}{X(1 + K_d \cdot \theta_c)} \dots (22)$$

$$V = \frac{\theta_c \cdot Q \cdot Y(S_0 - S)}{X(1 + k_d \times \theta_c)}$$

$$V = \frac{30 \times 45 \times 0.7(333 - 0.015)}{3000(1 + 0.042 \times 30)} = 46.41 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen útil} = 46.41 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Total} = 75 \text{ m}^3$$

Dimensiones (Tanque Rectangular)

$$\text{Largo} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 3 \text{ m}$$

**CALCULO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA HIDRÁULICO:  $\theta$**

$$\theta = \frac{V}{Q} \dots (23)$$

$$\theta = \frac{46.41}{45} = 1.031 \text{ dias}$$

$$\theta = 24.74 \text{ horas}$$

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE RECIRCULACIÓN: R**

$$R = \frac{1 - \frac{\theta}{\theta_c}}{\frac{X_r}{X} - 1} = \frac{1 - \frac{24.74}{30 \times 24}}{\frac{6500}{3000} - 1} = 0.83 \dots \dots (24)$$

Luego

$$R = \frac{Q_r}{Q} \rightarrow Q_r = R \times Q \dots \dots (25)$$

$$Q_r = 0.83 \times 45 = 37.35 \text{ m}^3/\text{d} = 1.56 \text{ m}^3/\text{hora}$$

**CALCULO DE LA PRODUCCION DE FANGO**

$$P_x = Y_{\text{obs}} \cdot Q \cdot (S_0 - S) \cdot 10^{-3}$$

$$Y_{\text{obs}} = \frac{0.67}{1 + 0.042 \times 30} = 0.296$$

Luego

$$P_x = 0.296 \times 12(333 - 0.44) \cdot 10^{-3} = 1.18 \text{ kg de SSV/dia}$$

**LA MASA TOTAL COMO SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES ES:**

$$P_x = 1.18 / 0.90$$

$$P_x = 1.31 \text{ kg. de SST/dia}$$

$$P_x = 0.055 \text{ kg de SST/hora}$$

**CALCULO DE LA PURGA DE FANGO QW**

Purga a partir del reactor

$$Q_w = V / \theta_c \dots \dots \dots (27)$$

$$Q_w = 46.41 / 30 = 1.547$$

$$Q_w = 0.0164 \text{ m}^3/\text{hora}$$

### **PURGA A PARTIR DE LA LÍNEA DE RECIRCULACIÓN**

$$Q_w = X.V/Xr.\theta_c \dots \dots (28)$$

$$Q_w = (3000 \times 46.41) / (6500 \times 0.9 \times 30) = 0.79 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Q_w = 0.033 \text{ m}^3/\text{hora}$$

### **CALCULO DE LA NECESIDAD DE OXIGENO: O<sub>2</sub>**

$$f = \frac{DBO_5}{DBO_L} = 0.7 \dots \dots (29)$$

$$\text{Kg. O}_2/\text{dia} = \frac{Q (S_0 - S) 10^{-3}}{f} - 1.42(P_X) \dots \dots (30)$$

$$\text{Kg. O}_2/\text{dia} = \frac{46.41 (333 - 0.15) 10^{-3}}{0.7} - 1.42(1.31) = 20.21$$

$$O_2 = 20.21 \text{ KG}/\text{dia}$$

### **CALCULO DEL VOLUMEN DE AIRE**

Necesidad de oxígeno: 20.21 kg/dia

Peso específico del aire: 0.0012 kg/dm<sup>3</sup>

Composición del aire: 23.2% de O<sub>2</sub> en peso

Luego

$$\text{Volumen de aire} = \frac{20.21}{0.0012 \times 0.232 \times 1000} = 72.59 \text{ m}^3/\text{dia}$$

eficiencia de transferencia de oxígeno: 10%

Luego:

$$\text{necesidad de aire} = 72.59 / 0.10 = 725.9 \text{ m}^3/\text{dia}$$

necesidad de aire = 30.25 m<sup>3</sup>/hora

necesidad de aire = 15.47 PCM

Para el cálculo del espesor de placa con el que se fabricara el tanque se utilizara la ecuación (2.2), (Megysey, 1992).

$$t = 2,45L\sqrt{\alpha_n \frac{P_n}{S}}$$

Donde:

t = espesor de placa requerida (pulg)

L = longitud del tanque (pulg)

$\alpha_n$  = factor que depende de la relación de altura y longitud

$P_n$  = presión del líquido (lb/pulg<sup>2</sup>)

S = valor del esfuerzo de la placa = 23026 (lb/pulg<sup>2</sup>)

La ecuación (2.2), (Megysey, 1992), se utiliza para calcular la presión del liquido

$$P_n = 0.036G \frac{h_{n-1} + h_n}{2}$$

Donde:

G = densidad especifica del fluido = 2.44 lb/pulg.<sup>3</sup>

$h_n$  = longitud medida desde borde superior hasta atiesador (pulg)

los valores de  $\alpha_n$  se calcula basándose en la relación H/L tomados de la figura del apéndice A.1.; en la tabla (23) se aprecia los valores obtenidos.

**Tabla (23): valores de factor  $\alpha_n$**

| Ítem | Altura (pulg) | H/L  | $\alpha$ |
|------|---------------|------|----------|
| 1    | 17,8          | 0,05 | -        |
| 2    | 47,6          | 0,13 | -        |
| 3    | 69,6          | 0,18 | -        |



|   |      |      |        |
|---|------|------|--------|
| 4 | 87,9 | 0,23 | 0,0012 |
|---|------|------|--------|

Al no tener valores para las 3 primeras partes como se observa en la tabla (24); por lo que se utilizara el valor de  $\alpha_n = 0,012$  para los demás cálculos.

**Tabla (24): Espesor de Pared**

| Ítem     | Presión | Espesor (pulg) |
|----------|---------|----------------|
| 1        | 0,6408  | 0,016          |
| 2        | 1,7136  | 0,044          |
| 3        | 2,5056  | 0,071          |
| 4        | 3,1644  | 0,096          |
| Promedio |         | 0,057          |

En la tabla (24) mostrada anteriormente se aprecia los resultados necesarios para hallar el espesor de pared del tanque.

$$P_n = 2.85 \text{ lb./pulg}^2$$

$$H = 118.1 \text{ pulg.}$$

$$\alpha_n = 0.0012$$

$$S = 23026$$

$$L = 2.953 \text{ pulg.}$$

De acuerdo con lo obtenido se va a tener un espesor de 0,19 pulgadas, además hay que adicionar un espesor de 1/16 de pulgada dándonos un espesor de 0,1333 pulgadas.

$$t = 0,133(\text{pulg}) = 3,38\text{mm} \cong 5\text{mm}$$

Se utilizara planchas de 5 mm para la fabricación del tanque; el espesor también será de 4 mm para la base del tanque.

## PERFIL TRANSVERAL

Para tener el espesor del perfil soportante se utilizara la ecuación; la separación entre vigas se obtiene de la siguiente relación.

$$l = \frac{\text{longitud del tanque (m)}}{\text{numero de perfiles} - 1}$$

Donde:

Longitud del tanque = 0.75 m

Numero de perfiles = 3

$$l = \frac{0.75}{3 - 1} = 0.375\text{m} = 14.76 \text{ pulg}$$

## CALCULANDO EL ESPESOR DE LOS ATISADORES

$$t = \frac{l}{1,254\sqrt{\frac{S}{0,036GH}}}$$

Donde:

t = espesor de la placa (pulg)

l = Distancia de esfuerzos de la placa (pulg)= 29.53 pulg.

S = Valor de esfuerzo de la placa, (lb/pulg<sup>2</sup>) = 23026

H = Altura del Tanque, (pulg)= 118.1 pulg.

G = peso específico del fluido= 2.44 lb/pulg<sup>3</sup>

## REEMPLAZANDO EN LA ECUACIÓN:

$$t = 0.249 \text{ pulg} = 6.32\text{mm}$$

el perfil seleccionado será de 2"x2"x1/4"

## NUMERO DE ATISADORES

Para conocer el número de atizadores que se colocaran en el tanque se utilizara como referencia la tabla (25), donde se aprecia que el número de atizadores dependiendo de la altura del tanque. El tanque tendrá una altura 3m (118.1 pulg); por lo que se tendría que utilizar dos atizadores horizontales; pero debido a las dimensiones del tanque se ha decidido utilizar tres atizadores para rigidizar el tanque. Esto sin contar el atiesador del borde superior.

Tabla (25) número de atiesadores horizontales

| ALTURA H (pulg) |        |         |      |
|-----------------|--------|---------|------|
| 60-84           | 84-120 | 120-156 | >156 |
| 1               | 2      | 3       | 4    |

## SEPARACION ENTRE ELEMENTOS ATIESADORES

La separación de cada atiesador se aprecia en la tabla (26); que se aprecian, permite conocer como esta distribuida cada separación en un tanque.

Tabla N°26: Separación de atiesadores horizontales

| Separación entre elementos atiesadores |       |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ítem                                   | H1    | H2    | H3    | H4    | H5    |
| 1                                      | 0.60H | 0.40H | -     | -     | -     |
| 2                                      | 0.45H | 0.30H | 0.25H | -     | -     |
| 3                                      | 0.37H | 0.25H | 0.21H | 0.17H | -     |
| 4                                      | 0.31H | 0.21H | 0.18H | 0.16H | 0.14H |

Fuente: (Megysey, 1992)

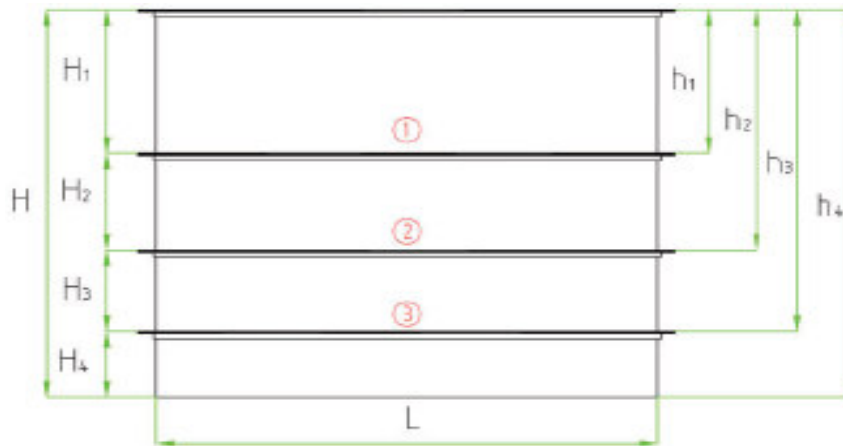


Figura N° 23: Las distancias a las que se colocaran cada Atiesador horizontal, se aprecian en la tabla N° (27) que se muestra.

**Tabla N° 27: Distancia de Atizador Horizontal**

| -             | H1   | H2  | H3   | H4   |
|---------------|------|-----|------|------|
| Altura (mm)   | 903  | 610 | 512  | 415  |
| Altura (Pulg) | 35,5 | 24  | 20,2 | 16,3 |

### **CARGA QUE SOPORTA CADA ATIESADOR**

Como elementos atiesadores se utilizarán ángulos; la ecuación (2.7), (Megysey, 1992), permite conocer la carga que soporta cada uno de estos elementos.

$$w = \frac{0.036Gh^2}{2}$$

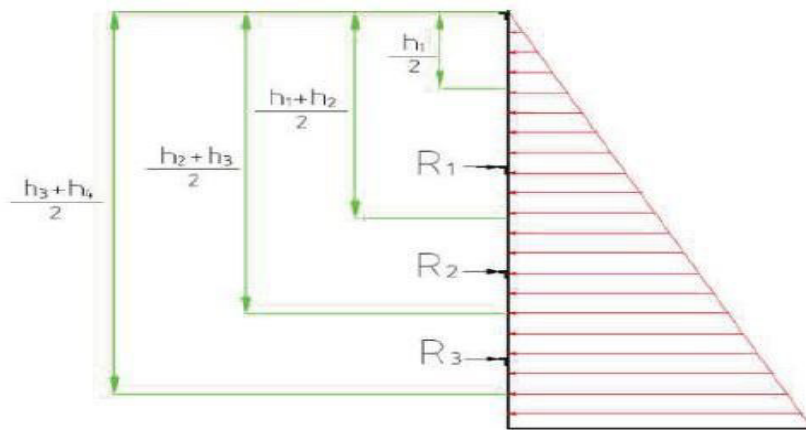
Donde

w = carga por unidad de longitud (lb/pulg)

G = densidad especifica del liquido

h = altura desde el borde superior del tanque (pulg)

en la Figura se aprecia la disposición de la carga en la pared del tanque y las fuerzas que se tendrán en esta.



### Disposición de cargas en la pared del tanque

Conociendo la carga por unidad de longitud de cada atiesador, se calculará la reacción y el momento de inercia mínimo para cada uno de ellos utilizando las ecuaciones. (Megysey, 1992)

$$R = .7w$$

$$I = 1.25 \frac{RH^3}{E}$$

Donde:

R = Reacción en cada atiesador (lb/pulg)

I = Momento de inercia (pulg)

H = Distancia de separación de atiesador (pulg)

E = Modulo de elasticidad (lb/pulg<sup>2</sup>)

En la tabla (28) se muestra la inercia para cada uno de los atiesadores, se elegirá el de mayor momento. El mayor momento de inercia es de 1,69 pulg<sup>4</sup>, por lo que el perfil seleccionado es un perfil Angulo de 2"x2"x1/4". Las especificaciones de este perfil se encuentran en el apéndice B.2.

### Tabla N°28: Selección de elemento atiesador

| Atiesador | Altura | Carga | Reacción | Momento de Inercia |
|-----------|--------|-------|----------|--------------------|
|-----------|--------|-------|----------|--------------------|

|   | (pulg) | (lb/pulg) | (lb/pulg) | (pulg) |
|---|--------|-----------|-----------|--------|
| 1 | 36     | 22.7      | 15.9      | 0.03   |
| 2 | 60     | 63.9      | 44.7      | 0.39   |
| 3 | 80     | 114.3     | 80.0      | 1.69   |

### 2.3.6.2.5. CAMARA DE SEDIMENTACION

El diseño del tanque de almacenamiento depende de las siguientes consideraciones:

- El método que se usara para desalojar el producto almacenado
- El grado de sedimentación de sólidos en suspensión, la corrosión del fondo y el tamaño del tanque
- Las tapas Torisfericas del tanque de almacenamiento cilíndrico verticales son generalmente fabricados de placas de acero con espesor mayor al usado en el cuerpo.
- Para asegurar una buena sedimentación y la obtención de un efluente clarificado, se deben cumplir con lo siguiente:
  - ✓ Carga superficial <18m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup>.d
  - ✓ Carga de solidos<5kg/m<sup>2</sup>.h

Por lo tanto procederemos a calcular estos parámetros

$$C_{\text{superficie}} = \frac{Q_1}{A}$$

Donde:

A: Área de sedimentación disponible, 2.4m x 2.4m = 5.76m<sup>2</sup>

Reemplazando valores, se obtiene:

$$C_{\text{superficie}} = 10.42 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$$

Este valor es menor que 18 m<sup>3</sup>/d, por lo tanto se encuentra dentro del órgano óptimo.

Ahora calcularemos la carga de solidos:

$$C_{\text{solidos}} = \frac{X * Q1(\text{m}^3/\text{h})}{A * 0.8(\text{SSVLM}/\text{SST})}$$

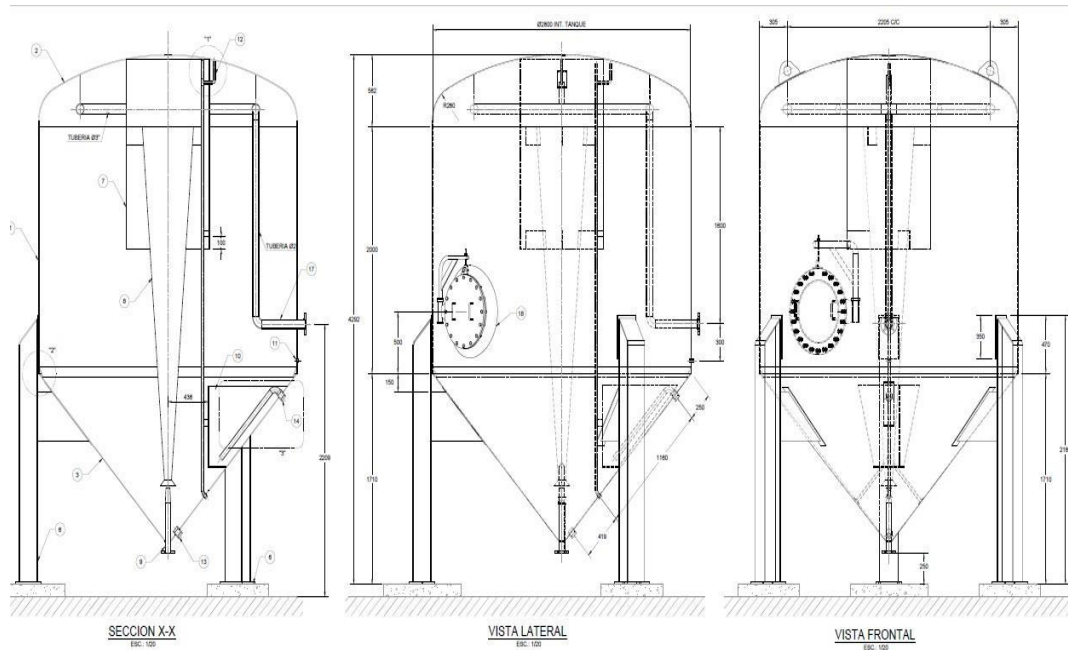
Reemplazando valores, se obtiene:

$$C_{\text{solidos}} = 1.63 \text{ kg/m}^2.\text{h},$$

Este valor es menos que 5kg/m<sup>2</sup>.h, por lo tanto se encuentra dentro del rango óptimo.

## CALCULO DE DIMENSIONES

**Fig. N°105: Tanque de Decantación**



### Parámetros de Diseño

Caudal de Diseño = 216 m<sup>3</sup>/h

Q = 216 m<sup>3</sup>/hora

Para nuestro proyecto y el área designada se contara con tres plataformas de con 4 tanques decantadores para cada plataforma por lo tanto el volumen total será distribuido entre los 12 tanques.

Calculo del nuevo caudal del diseño

$$Q_{\text{diseño}} = \frac{Q_{\text{total}}}{5} = \frac{216}{5} = 45.85 \text{ m}^3/\text{hora}$$

carga de superficie  $C_s = 10.42 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hora}$

Tiempo de retención  $t = 3.6 \text{ horas}$

### **CALCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL DEL SEDIMENTADOR**

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot V_s \\ A &= Q/V_s \\ A &= 45.85/10.42 \\ A &= 4.4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

### **CALCULO DEL DIAMETRO DEL SEDIMENTADOR: D**

$$\begin{aligned} A &= \pi \cdot r^2 \\ r^2 &= A/\pi \\ R &= 4.4/\pi \\ R &= 1.4 \text{ m} \\ \text{diámetro} &= 2.8 \text{ m} \end{aligned}$$

### **CALCULANDO LA ALTRUA TOTAL DE LOS TANQUES**

Luego:  $H = V_s \cdot t$

$$H = 10.42 / 3.6$$

$$H = 2.89 \text{ m} \approx 3 \text{ m}$$

Altura total = 3 m

### **CALCULO DE VOLUMENES**

$$V_{\text{total}} = V_{\text{cilindro}} + V_{\text{cono}} + V_{\text{tapa torisferica}}$$

$$V_{\text{cilindro}} = A_{\text{base}} \times h_{\text{cilindrica}}$$

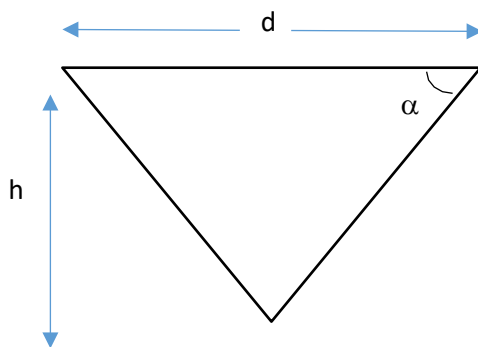


$$V_{\text{cono}} = A_{\text{Base cono}} \times h_{\text{cono}} = \frac{1}{3} \pi r^2 h_{\text{cono}}$$

$$V_{\text{tapa torisferica}} = 0.785 d^2 \left( \frac{d}{6} + h \right) \text{ (de la Tabl(****))}$$

## CALCULAMOS "H" DEL CONO

Figura N°26: Medidas de cono Inferior



## CONDICIONES DE DISEÑO

Cono inferior

$$\alpha = 53^\circ$$

Por lo tanto

$$h_{\text{cono}} = r \operatorname{tag}.53^\circ = 1.89 \text{ m}$$

Tapa Torisferico

$$h = 10 \text{ cm.}$$

Calculando volúmenes

$$V_{\text{cono}} = A_{\text{Base cono}} \times h_{\text{cono}} = \frac{1}{3} \pi r^2 h_{\text{cono}} = \frac{1}{3} \pi \times 1.4^2 \times 1.89 = 3.89 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{tapa torisferica}} = 0.785 d^2 \left( \frac{d}{6} + h \right) = 0.785 \times 2.4^2 \left( \frac{2.4}{6} + 0.1 \right) = 2.26 \text{ m}^2$$

$$18.47 \text{ m}^3 = V_{\text{cilindro}} + 1.047 \text{ m}^3 + 1.36 \text{ m}^3$$

$$12.32 \text{ m}^3 = V_{\text{cilindro}}$$

## CALCULANDO LAS DIMENSIONES DE CILINDRO

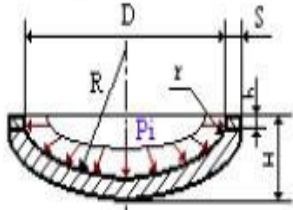
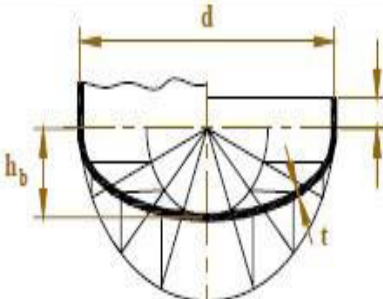
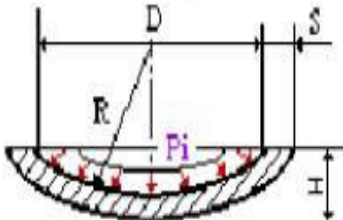
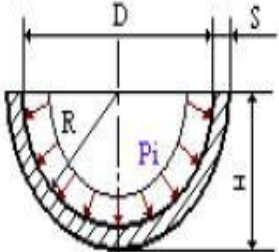
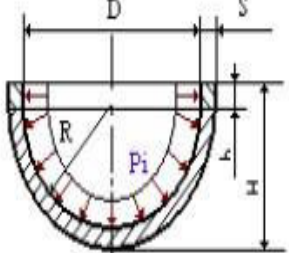
$$V_{\text{cilindro}} = \pi \cdot r^2 \cdot h_{\text{cilindro}}$$

Por lo tanto

$$12.32 \text{ m}^3 = \pi \cdot 1.4^2 \cdot h_{\text{cilindro}}$$

$$h_{\text{cilindro}} = 2\text{m}.$$

**Tabla N°29 Capacidad volumétrica de tapas conformadas curvas.**

| Tipo                             | Representación  | Volumen o capacidad   |
|----------------------------------|---|---|
| Toriesférica rebordeada standar. |    | $V = 0.1 * D^3 + 0,7854h(D^2)$  |
| Elíptica rebordeada standar      |    | $V = 0,7854 * d^2 \left( \frac{d}{6} + h \right)$   |
| Casquete esférico                |   | $V = \pi * H^2 \left( r - \frac{H}{3} \right) = \pi * H \left( \frac{D^2}{8} - \frac{H^2}{6} \right)$ $c = 2\sqrt{h(2R - H)}$ |
| Semiesférica sin reborde         |  | $V = 0,2618.D^3 = \frac{2.\pi}{3} R^3$  |
| Semiesférica con reborde         |  | $V = 0,7854.D^2 \left( \frac{D}{3} + h \right) = \pi R^2 \left( \frac{2.R}{3} + h \right)$                                    |

## CALCULO DE MANHOLE

Según la norma API 650 las aberturas en el cuerpo deben cumplir con lo establecido para refuerzos de conexiones establecidos Las conexiones deben ser de los tamaños y dimensiones mostradas en las siguientes tablas, donde se especifican los tamaños intermedios se tomarán los detalles mostrados para las siguientes conexiones.

Fig. N27°: Medidas del Manhole

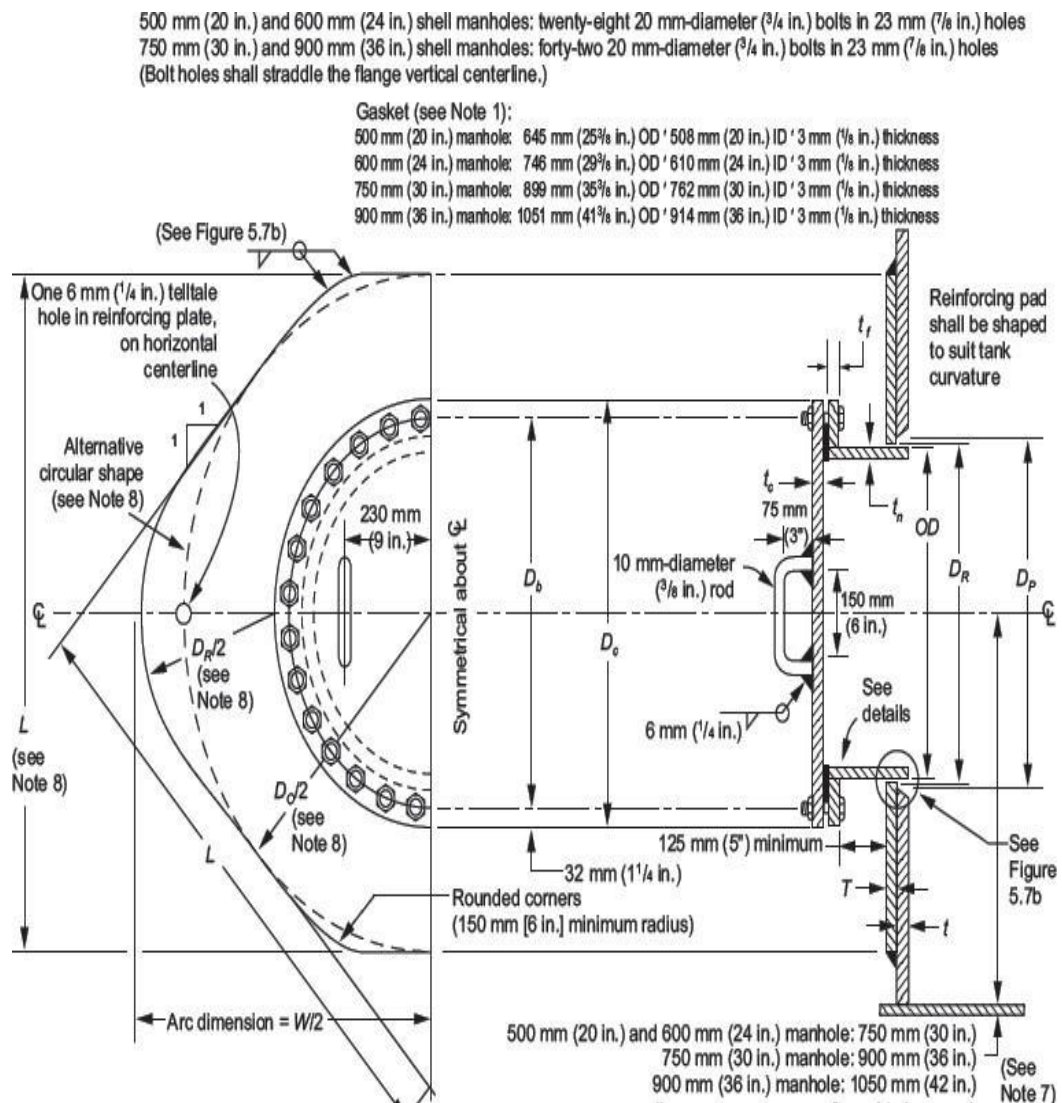


Fig. N:28 Shell Manhole



Según lo especificado por la norma API 650 el Manhole o entrada de hombre tendrá las siguientes medidas (fig. (+++)):

Diámetro Interior: 470 mm

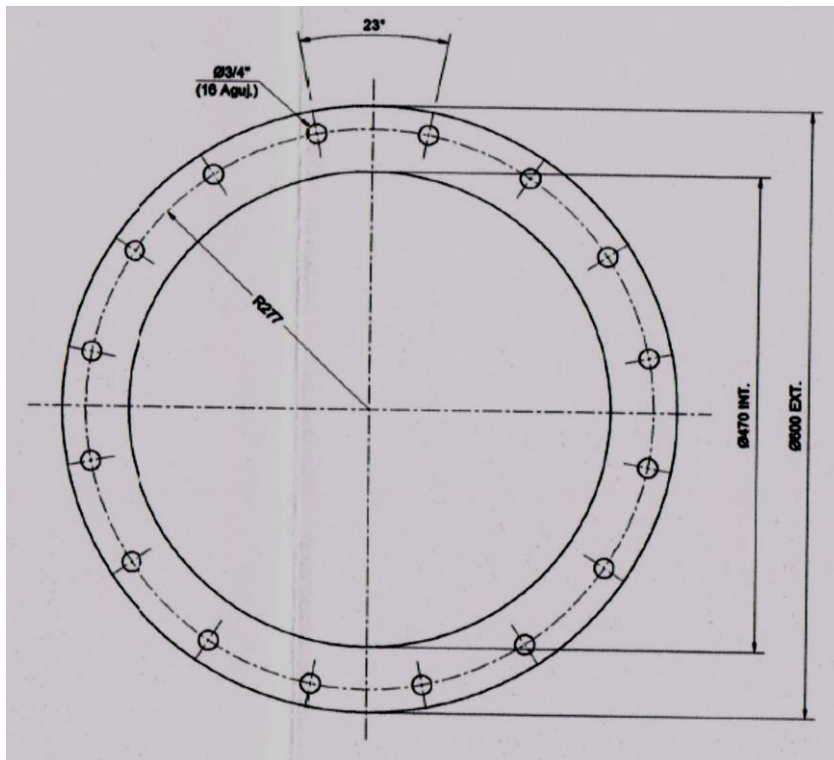
Diámetro Exterior: 600 mm

Numero de Agujeros: 16

Medida de Agujero: 3/4"

Angulo de Paso entre agujeros: 23°

Figura N°29: Descripción de Brida de Manhole



### DISEÑO DE ESPESOR DE PLANCHAS (NORMA API 650 – 2010)

Calculo del Espesor del Cuerpo

$$t_{\text{pared}} = \frac{P_{\text{dis}} \left( \frac{D_{\text{int}}}{2} \right)}{S.E - 0.6.P_{\text{dis}}} + C1 + C2$$

Donde

$P_{\text{dis}}$ : Presion de diseño del tanque en bares = 1.73 bar

$D_{\text{inte}}$ : Diametro interior del tanque = 2.8 m

S = Limite elastico del material del Tanque = 4050 Bar

E = es el radiografiado = 0.25

$C_1$ : espesor de corrosion del tanque =  $\frac{1}{16}$  puld  $\cong$  1.5875 mm

$C_2$ : tolerancia de la fabricacion en mm. 10% de la formula anterio

$$t_{\text{pared}} = \frac{1.73 \text{ bar} \times \left( \frac{2.8 \text{ m}}{2} \right)}{4050 \times 0.25 - 0.6 \times 1.73} + 0.0015875 + 0.0002993 = 0.00422151 \text{ m}$$

$$t_{\text{pared}} = 4.22 \text{ mm}$$

Espesor de la pared cilíndrica será de 3/16"=4.7625 mm que es comercial en el mercado.

Calculo de espesor del cono

$$t_{\text{cono}} = \frac{\gamma \cdot d^2 \cdot \tan a}{4 \cdot \sigma_t \cdot E_s \cdot \cos a}$$

Donde:

$\gamma$  = peso especifico del producto almacenado,  $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$

d = nivel maximo de producto almacenado, cm

r = radio del cilindro, cono y cabeza elipsoidal, cm

$\sigma_t$  = tension maxima admisible del material,  $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

$E_s$  = eficiencia de soldadura

P = presion externa,  $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

$D_e =$  Diametro externo, cm

$a =$  semiangulo de la abertura del cono, °

Donde

$$\gamma = 0.06754, \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$d = 189, \text{cm}$$

$$r = 140, \text{cm}$$

$$\sigma_t = 3200, \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$E_s = 0.25$$

$$P = 2.81, \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$D_e = 280, \text{cm}$$

$$a = 53^\circ$$

$$t_{\text{cono}} = \frac{0.06754 \times 189^2 \cdot \tan 53^\circ}{4 \times 3200 \times 0.25 \times \cos 53^\circ} = 0.35399 \text{cm} \cong 3.54 \text{mm}$$

Espesor de la pared cónica será de 3/16" = 4.7625 mm ya que se considerará un factor de seguridad del 20% del espesor teórico

$$t = 3.54 \times 1.2 = 4.248 \text{ mm.}$$

Calculo del espesor de pared la tapa Torisferico

$$t_{\text{tapa torisferica}} = \frac{P \cdot D_e}{2 \cdot \sigma_t \cdot E_s + 1.8P}$$

$$t_{\text{tapa torisferica}} = \frac{2.81 \cdot 280}{2 \cdot 3200 \cdot 0.25 + 1.8 \cdot 2.81} = 0.49 \text{cm} \cong 4,9 \text{ cm}$$



Espesor de la pared de la tapa Torisferico será de 1/4" =6.35 mm ya que se considerará un factor de seguridad de 20% más del espesor teórico.

$$t = 4.9 \times 1.2 = 5.88 \text{ mm}$$

## **CALCULO DE COLUMNA DE CARGA AXIAL**

### **PROCEDIMIENTO API 650**

Según especificación AISC-2010, las siguientes formulas usadas en lugar de la AISC (L/r). excede a 120 y el esfuerzo último de la columna (Fy) es menor o igual a 250 MPa (36000 Lb/in<sup>2</sup>). El tipo de apoyo que se utilizará para las columnas de los decantadores será de Bi-empotrada.

Calculando la Carga Critica ( $P_{crit}$ )

$$P_{critica} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{L_e^2}; \text{ Donde } L_e = 0.5L$$

Considerando una Longitud: L=2.18m por lo tanto  $L_e = 1.09$

Datos:

$$I_x = 1.99 \times 10^{-5} m^4$$

$$I_y = 1.42 \times 10^{-6} m^4$$

$$L_e = 1.09 \text{ m}$$

$$A = 4.45 \text{ plg}^2 \cong 0.0287 m^2$$

$$r_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = 0.0223 \text{ m}$$

$$E = 200 \text{ MPa}$$

$$G = 36 \text{ MPa}$$

$$P_{critica} = \frac{\pi^2 \times 200 \times 10^6 \times 1.42 \times 10^{-6}}{1.09} = 2.572 \text{ KN}$$

Calculando  $\sigma_{critico}$

$$\sigma_{critico} = \frac{P_{critico}}{A} = \frac{342}{0.0287} = 0.089 MPa$$

Calculando el Esfuerzo Admisible

$$\left[1 - \frac{\left(\frac{1}{C_c}\right)^2}{2}\right] F_y$$

$$F_a = \frac{F_y}{\left[3 + \frac{r}{8C_c} - \frac{r}{8C_c^3}\right]}$$

En donde el valor del esfuerzo admisible

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}$$

Donde por seguridad y teniendo en cuenta esfuerzos residuales que quedan en el acero en el proceso de fabricación se establece que:

$$\sigma_{critico} = \frac{F_y}{2}; \text{ por lo tanto } F_y = 0.179 MPa$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 \times 200 \times 10^6}{23.84 \times 10^6}} = 12.86$$

Calculando del Radio de Giro

Calculando la esbeltez

$$\lambda = \frac{L_e}{r_{min}} = \frac{1.09}{0.0223} = 48.99$$

Cuando  $\lambda > c_c$ , el esfuerzo admisible se obtiene de la siguiente formula:

$$F_a = \left[ \frac{12\pi^2 E}{L^2} \right]$$

$$1.6 - \frac{L}{200r}$$

Se observa

$$\lambda > c_c$$

### **POR LO TANTO**

$$Fa = \left[ \frac{12 \times \pi^2 \times 200}{1.6 - \frac{1.09}{200 \times 0.0223}} \right]$$

$$Fa = 17.378 \text{ KN}$$

### **FACTOR DE SEGURIDAD**

$$Fs = \frac{5}{3} + 3 \frac{\lambda}{8\lambda c} - \frac{\lambda^3}{8\lambda^3} = 1.78$$

Cumple porque el factor de seguridad debe estar comprendido entre <1.67, 1.92>

### **POR LO TANTO EL ESFUERZO PERMISIBLE**

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_y \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{\lambda}{c} \right)^2 \right]}{F.S}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{0.179 \times 10^6 \times \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{48.49}{12.86} \right)^2 \right]}{1.78}$$

### **ESFUERZO PERMISIBLE**

$$\sigma_{per} = \frac{\sigma_y \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{\lambda}{c} \right)^2 \right]}{F.S} = 12.7 \text{ MPa}$$

### **ESFUERZO REAL**

$$\sigma = P/A$$

donde la presión es igual al producto del número de soportes,

$$P = 147.57 \times 3 \times 0.88 = 389.58 \text{ N}$$

$$\sigma = 13.574 \text{ KN}$$

Conclusión: como el esfuerzo real es menor que el esfuerzo permisible la viga si cumple.

### 2.3.6.2.6. SISTEMA DE FILTRACION

El área de filtración requerida para el caudal total a tratar 28.5 m<sup>3</sup>/h, el sistema trabajara 18 horas diarias cual se calcula en base a la velocidad de filtración expresada en m/s, este parámetro depende de la calidad del agua a tratar, en este caso se trabajaran en un rango de 12.6 m/s a 20.22 m/s.

Por lo tanto:

El caudal total es:

$$Q=28.5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$\text{Se requiere un área: } A= (28.5 \text{ m}^3 /\text{h}) / (12.6 \text{ m/h}) = 2.26 \text{ m}^2$$

En este caso se han considerado 2 filtro en paralelo, por lo tanto, el área requerida por cada filtro será:

$$A1=A/2=2.26 \text{ m}^2/2=1.13 \text{ m}^2$$

De donde se obtiene el diámetro del tanque de filtración:

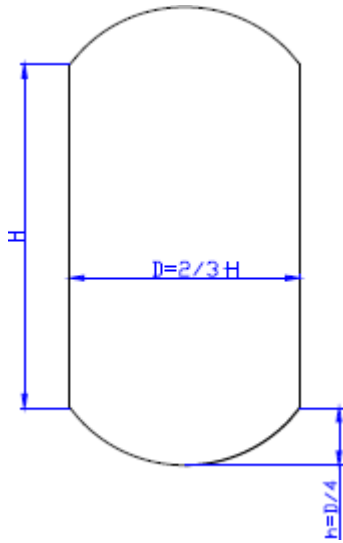
$$A1=\pi/4.D^2=1.13 \text{ m}^2$$

$$D= 1.2\text{m}.$$

Por lo tanto, usaremos un tanque de techo Torisferico y fondo Torisfericas, el cual tiene una cantidad de 0.14 m<sup>3</sup> de material filtrante, en este caso turbidez, con su respectivo medio soporte (grava de 5mm).

La velocidad optima requerida durante el proceso de retro lavado es de 12.6 m/h, por lo tanto, si tenemos un diámetro de 1.2m, se tiene un área de 1.13 m<sup>2</sup>, obtenemos un caudal de 1.356 m<sup>3</sup>/h.

Calculando: "H" y "h"



De la figura se observa:

$$D = \frac{2}{3} H \rightarrow H = 1.8 \text{ m}$$

$$h = \frac{D}{4} \rightarrow h = 0.3 \text{ m}$$

### **CALULO DEL ESPESOR DE (T) DE CADA UNA DE LAS PARTES DEL RECIPIENTE**

Espesor de las paredes del Cilindro

$$t_{\text{pared}} = \frac{P_{\text{dis}} \left( \frac{D_{\text{int}}}{2} \right)}{S \cdot E - 0.6 \cdot P_{\text{dis}}} + C1 + C2$$

Donde

$P_{\text{dis}}$ : Presion de diseño del tanque en bares = 4.14 bar

$D_{\text{inte}}$ : Diametro interior del tanque = 1.2 m

$S$  = Limite elastico del material del Tanque = 4050 Bar

$E$  = es el radiografiado = 0.25

$$C_1: \text{espesor de corrosion del tanque} = \frac{1}{16} \text{ puld} \cong 1.5875 \text{ mm}$$

$C_2$ : tolerancia de la fabricacion en mm. 10% de la formula anterior

$$t_{\text{pared}} = \frac{4.14 \text{ bar} \times \left( \frac{1.2 \text{ m}}{2} \right)}{4050 \times 0.25 - 0.6 \times 4.14} + 0.0015875 + 0.0002993 = 0.0042928 \text{ m}$$

$$t_{\text{pared}} = 4.29 \text{ mm}$$

Espesor de pared de las Tapas Torisfericas

$$t_{\text{tapa torisferica}} = \frac{P \cdot D_e}{2 \cdot \sigma_t \cdot E_s + 1.8P}$$

$$t_{\text{tapa torisferica}} = \frac{2.81 \cdot 280}{2 \cdot 3200 \cdot 0.25 + 1.8 \cdot 2.81} = 0.49 \text{ cm} \cong 4.9 \text{ mm}$$

Espesor de la pared de la tapa Torisferico será de 1/4" = 6.35 mm ya que se considerará un factor de seguridad de 20% más del espesor teórico.

$$t = 4.9 \times 1.2 = 5.88 \text{ mm}$$

### **CALCULO DE COLUMNA DE CARGA AXIAL**

Calculando la Carga Critica ( $P_{\text{crit}}$ )

$$P_{\text{critica}} = \frac{\pi^2 EI_{\text{min}}}{L_e^2}; \text{ Donde } L_e = 0.5L$$

Considerando una Longitud:  $L=2.18\text{m}$  y es Bi-empotrado por lo tanto  $L_e = 1.09$

Datos:

$$I_x = 4.7 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_y = 1.6 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$L_e = 0.545 \text{ m}$$

$$A = 3.83 \text{ plg}^2 \cong 0.0287 \text{ m}^2$$

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} = 7.47 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$E = 200 \text{ MPa}$$

$$G = 36 \text{ MPa}$$

$$P_{\text{critica}} = \frac{\pi^2 \times 200 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-6}}{0.545} = 5.794 \text{ KN}$$

Calculando  $\sigma_{\text{critico}}$

$$\sigma_{\text{critico}} = \frac{P_{\text{critico}}}{A} = \frac{5.794}{0.0287} = 0.202 \text{ MPa}$$

Calculando el Esfuerzo Admisible

$$\left[1 - \frac{\left(\frac{l}{r}\right)^2}{2Cc^2}\right] F_y$$

$$F_a = \frac{F_y}{\left[3 + \frac{r}{8Cc} - \frac{r}{8Cc^3}\right]}$$

En donde el valor del esfuerzo admisible

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}$$

Donde por seguridad y teniendo en cuenta esfuerzos residuales que quedan en el acero en el proceso de fabricación se establece que:

$$\sigma_{\text{critico}} = \frac{F_y}{2}; \text{ por lo tanto } F_y = 0.404 \text{ MPa}$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 \times 200 \times 10^6}{0.404 \times 10^6}} = 98.85$$

**CALCULANDO DEL RADIO DE GIRO**

**CALCULANDO LA ESBELTEZ**

$$\lambda = \frac{L_e}{r_{\min}} = \frac{0.545}{7.47 \times 10^{-3}} = 72.96$$

Cuando  $\lambda > c_c$ , el esfuerzo admisible se obtiene de la siguiente formula:

$$F_a = \left[ \frac{12\pi^2 E}{1.6 - \frac{L}{200r}} \right]$$

Se observa  $\lambda < c_c$  por lo tanto:

$$F_a = \left[ \frac{1 - \frac{(72.96)^2}{8 \times 98.85^2}}{\frac{5}{3} + \frac{3(72.96)}{8 \times 98.85} - \frac{(72.96)^3}{8 \times 98.85^3}} \right] \times 0.404 \times 10^6 = 154.82 \text{ KN}$$

### FACTOR DE SEGURIDAD

$$F_s = \frac{5}{3} + 3 \frac{\lambda}{8C_c} - \frac{\lambda^3}{8C_c^3} = 0.48$$

Como el factor de seguridad no está dentro del rango establecido ( $<1.67, 1.92>$ ); por lo tanto, se pondrá un factor de seguridad de 1.7

### CALCULO DEL ESFUERZO PERMISIBLE

$$\sigma_{\text{per}} = \frac{\sigma_y \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{\lambda}{C_c} \right)^2 \right]}{F.S} = 0.1499 \text{ MPa}$$

### ESFUERZO REAL

$$\sigma = P/A$$

donde la presión es igual al producto del número de soportes,

$$P = 147.57 \times 4 \times 0.88 = 519.45 \text{ N}$$

$$\sigma = 18.099 \text{ KN}$$

Conclusión: como el esfuerzo real es menor que el esfuerzo permisible la viga si cumple

### BOQUILLAS EN LAS PAREDE DEL TANQUE

Las boquillas bridadas y/o roscadas, podrán ser de acuerdo a las figuras y tabla (30) y (31) o tipo SLIP ON, WELDING NECK, LAP JOINT Y TIPO PAD de un rango de 10.5 Kg/cm<sup>2</sup>, cuando el usuario así lo solicite.



Todas las boquillas de 76mm (3 pulg.) de diámetro y mayores deberán contar con una placa de refuerzo de acuerdo a lo especificado en la tabla (a), con el fin de absorber la concentración de esfuerzos debido a la hecha al tanque y/o esfuerzos producidos por las carga que presenta la línea de la boquilla en cuestión, la cual contara con un barreno de 6.3mm (1/4 pulg.) de diámetro nominal y con dos barrenos para boquillas menores de 356 mm (14 pulg) de diámetro nominal y con dos barrenos para boquillas mayores, con la finalidad de que por ellos salga la acumulación de gases al realizar la soldadura y para que, posteriormente, se realice una prueba de hermeticidad. Las dimensiones y detalles especificados en las figuras y tablas son para boquillas instaladas con sus ejes perpendiculares a las placas del tanque. Cuando las boquillas son instaladas con un Angulo diferente de 90° respecto a las placas del tanque en el plano horizontal, estarán provistas de una placa de refuerzos que tenga un ancho de acuerdo a lo especificado en las tablas (a) (Wo Do), que se incrementa de acuerdo al corte de las placas del tanque (dimensión Dp) por pasar de circular a elíptica cuando se realiza una instalación angular. En el caso de que sean boquillas de 76mm (3 pulg) de diámetro, (o menores), que tengan un servicio exclusivo de instrumentación o que no presenten carga debida a la línea, podrán colocarse en un Angulo no mayor de 15° con respecto al plano vertical y no llevaran una placa de refuerzo

**TABLA (30) DIMENSIONES PARA CUELLOS DE BOQUILLAS**

| Tamaño de Boquilla | Diámetro Exterior del tubo | Espesor Nominal de la boquilla pared del tubo n | Diámetro interior de la placa de refuerzo DR | Longitud Lado o Diámetro de la placa de refuerzo L=Do | Ancho de la placa de refuerzo W | Proyección exterior Mínimo J | Elevación mínima al centro de la boquilla |             |
|--------------------|----------------------------|---|--|---|---------------------------------|------------------------------|---|-------------|
|                    |                            |   |  |   |                                 |                              | Tipo Regular HN                           | Tipo Baja C |
| 1219               | 1219                       | E   | 1222   | 2457  | 2972                            | 406                          | 1321                                      | 1229        |
| 1168               | 1168                       | E   | 1171   | 2356  | 2845                            | 406                          | 1270                                      | 1178        |
| 1117               | 1117                       | E   | 1121   | 2254  | 2724                            | 381                          | 1219                                      | 1127        |
| 1067               | 1067                       | E   | 1070   | 2153  | 2604                            | 381                          | 1168                                      | 1076        |
| 1016               | 1016                       | E   | 1019   | 2051  | 2483                            | 381                          | 1118                                      | 1025        |
| 965                | 965                        | E   | 968  | 1949  | 2356                            | 356                          | 1067                                      | 974         |
| 914                | 914                        | E   | 917  | 1848  | 2235                            | 356                          | 1016                                      | 924         |
| 864                | 864                        | E   | 867  | 1746  | 2114                            | 330                          | 965                                       | 873         |
| 813                | 813                        | E   | 816  | 1645  | 1994                            | 330                          | 914                                       | 822         |
| 762                | 762                        | E   | 765  | 1543  | 1867                            | 305                          | 864                                       | 771         |
| 711                | 711                        | E   | 714  | 1441  | 1746                            | 305                          | 813                                       | 720         |
| 660                | 660                        | E   | 663  | 1340  | 1625                            | 305                          | 762                                       | 670         |
| 610                | 610                        | 12.7  | 613  | 1257  | 1524                            | 305                          | 711                                       | 629         |
| 559                | 559                        | 12.7  | 562  | 1156  | 1403                            | 279                          | 600                                       | 578         |
| 508                | 508                        | 12.7  | 511  | 1054  | 1283                            | 279                          | 610                                       | 527         |
| 457                | 457                        | 12.7  | 460  | 952   | 1162                            | 254                          | 559                                       | 476         |
| 406                | 406                        | 12.7  | 409  | 851   | 1035                            | 254                          | 508                                       | 425         |
| 356                | 356                        | 12.7  | 359  | 749   | 914                             | 254                          | 457                                       | 375         |
| 305                | 324                        | 12.7  | 327  | 685   | 838                             | 229                          | 432                                       | 343         |
| 254                | 273                        | 12.7  | 276  | 584   | 717                             | 203                          | 381                                       | 292         |
| 203                | 219                        | 12.7  | 222  | 483   | 590                             | 203                          | 330                                       | 241         |
| 152                | 168                        | 11  | 171  | 400   | 495                             | 178                          | 279                                       | 200         |
| 102                | 114                        | 8.5   | 117  | 305   | 387                             | 178                          | 229                                       | 152         |
| 76                 | 89                         | 7.6   | 92   | 267   | 343                             | 178                          | 203                                       | 133         |
| 51                 | 60                         | 5.5   | 63   | (---)   | (---)                           | 152                          | 178                                       | 89          |
| 38                 | 48                         | 5.1   | 51   | (---)   | (---)                           | 152                          | 152                                       | 76          |
| 76                 | 102                        | Copla   | 105  | 286   |                                 | (---)                        | 229                                       | 143         |
| 51                 | 73                         | Copla   | 76   | (---)   | (---)                           | (---)                        | 178                                       | 76          |
| 38                 | 56                         | Copla   | 59   | (---)   | (---)                           | (---)                        | 152                                       | 76          |
| 25                 | 40                         | Copla   | 43   | (---)   | (---)                           | (---)                        | 127                                       | 76          |
| 19                 | 33                         | Copla   | 36   | (---)   | (---)                           | (---)                        | 102                                       | 76          |

## NOTAS

- a) Para tubos extra reforzados en tamaños menores y hasta 305 mm (12 pulg.), consulte el estándar API 5L para tamaños mayores que 305 mm (12 pulg), a 610 mm (24 pulg), consulte la última edición del ASTM A53 o A106 para otros espesores de pared.
- b) El ancho de la placa del cuerpo deberá ser lo suficientemente grande para contener la placa de refuerzo
- c) Las boquillas deberán estar localizadas a la mínima distancia, pero debe cumplir con los límites requeridos, a menos que otra cosa se especifique por el usuario
- d) Las dimensiones HN dadas en esa tabla, son solo para diseños correspondientes a tanques ensamblados en taller
- e) Ver tabla (b) columna 2
- f) Las boquillas roscadas mayores a 76 mm (3 pulg) de diámetro requieren placa de refuerzo
- g) Las boquillas bridadas o roscadas de 51 mm (2 pulg) de diámetro menor no requieren placa de refuerzo (De); será el diámetro de la boquilla en el cuerpo y la soldadura (A), será como se especifica en la tabla (b). columna 6. Las placas de refuerzo pueden ser usadas, aun cuando no sean necesarias.

Tabla (31) Dimensiones para cuellos de Boquillas, Tubos, Placas y Soldaduras

| Espesores del cuerpo y placa refuerzos t y T | Espesor Mínimo de pared de tubos de boquillas bridadas n | Diámetro máximo Dp igual al diámetro exterior de tubo mas | Ancho del filete de soldadura b | Ancho del Filete de Soldadura (A) |                                  |
|--|--|---|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
|  |  |   |                                 | Boquillas Mayores de 2 pulg. L-Do | Boquillas de 2 pulg. o menores W |
| 4.76   | 12.7   | 15.87   | 4.76                            | 6.35                              | 6.35                             |
| 6.35   | 12.7   | 15.87   | 6.35                            | 6.35                              | 6.35                             |
| 7.93   | 12.7   | 15.87   | 7.93                            | 6.35                              | 6.35                             |
| 9.52   | 12.7   | 15.87   | 9.52                            | 6.35                              | 6.35                             |
| 11.11  | 12.7   | 15.87   | 11.11                           | 6.35                              | 6.35                             |
| 12.7   | 12.7   | 15.87   | 12.7                            | 6.35                              | 7.93                             |
| 14.28  | 12.7   | 19.05   | 14.28                           | 6.35                              | 7.93                             |
| 15.87  | 12.7   | 19.05   | 15.87                           | 7.93                              | 7.93                             |
| 17.46  | 12.7   | 19.05   | 17.46                           | 7.93                              | 7.93                             |
| 19.05  | 12.7   | 19.05   | 19.05                           | 7.93                              | 7.93                             |
| 20.63  | 12.7   | 19.05   | 20.63                           | 9.52                              | 7.93                             |
| 22.22  | 12.7   | 19.05   | 22.22                           | 9.52                              | 7.93                             |
| 23.81  | 12.7   | 19.05   | 23.81                           | 9.52                              | 7.93                             |
| 25.4   | 12.7   | 19.05   | 25.4                            | 11.11                             | 7.93                             |
| 26.98  | 14.28  | 19.05   | 26.98                           | 11.11                             | 7.93                             |
| 28.57  | 14.28  | 19.05   | 28.57                           | 11.11                             | 7.93                             |
| 30.16  | 15.87  | 19.05   | 30.16                           | 12.7                              | 7.93                             |
| 31.75  | 15.87  | 19.05   | 31.75                           | 12.7                              | 7.93                             |
| 33.33  | 17.46  | 19.05   | 33.33                           | 12.7                              | 7.93                             |
| 34.92  | 17.46  | 19.05   | 34.92                           | 14.28                             | 7.93                             |
| 36.51  | 19.05  | 19.05   | 36.51                           | 14.28                             | 7.93                             |
| 38.1   | 19.05  | 19.05   | 38.1                            | 14.28                             | 7.93                             |
| 39.68  | 20.63  | 19.05   | 38.1                            | 14.28                             | 7.93                             |
| 41.27  | 20.63  | 19.05   | 38.1                            | 15.87                             | 7.93                             |
| 1.68   | 22.22  | 19.05   | 38.1                            | 15.87                             | 7.93                             |
| 44.45  | 22.22  | 19.05   | 38.1                            | 15.87                             | 7.93                             |

**TABLA N°32: DIMENSIONES PARA BRIDAS DE BOQUILLAS**

| Tamaño de boquilla | Espesor mínimo de brida Q | Diámetro Exterior de la Brida A | Diámetro de la cara Realzada D | Diámetro de círculo de barrenos C | Numero de agujeros | Diámetro del agujeros | Diámetro de los tornillos | Diámetro del agujero |
|--------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|
| 1219               | 69.85                     | 1511                            | 1359                           | 1422                              | 44                 | 41.27                 | 38.1                      | 6.35                 |
| 1168               | 68.26                     | 1460                            | 1295                           | 1365                              | 40                 | 41.27                 | 38.1                      | 6.35                 |
| 1117               | 66.67                     | 1403                            | 1245                           | 1314                              | 40                 | 41.27                 | 38.1                      | 6.35                 |
| 1067               | 66.67                     | 1346                            | 1194                           | 1257                              | 36                 | 41.27                 | 38.1                      | 6.35                 |
| 1016               | 63.5                      | 1289                            | 279                            | 1200                              | 36                 | 41.27                 | 38.1                      | 6.35                 |
| 966                | 60.32                     | 1238                            | 1073                           | 1149                              | 32                 | 41.27                 | 38.1                      | 6.35                 |
| 914                | 60.32                     | 1168                            | 1022                           | 1085                              | 32                 | 41.27                 | 38.1                      | 6.35                 |
| 864                | 60.32                     | 1111                            | 959                            | 1029                              | 32                 | 41.27                 | 38.1                      | 6.35                 |
| 813                | 58.73                     | 1060                            | 908                            | 978                               | 28                 | 41.27                 | 38.1                      | 6.35                 |
| 762                | 57.15                     | 984                             | 857                            | 914                               | 28                 | 34.92                 | 31.75                     | 6.35                 |
| 711                | 54.05                     | 927                             | 794                            | 864                               | 28                 | 34.92                 | 31.75                     | 6.35                 |
| 660                | 52.38                     | 870                             | 743                            | 806                               | 24                 | 34.92                 | 31.75                     | 6.35                 |
| 610                | 50.8                      | 813                             | 692                            | 749                               | 20                 | 34.92                 | 31.75                     | 4.82                 |
| 559                | 47.62                     | 749                             | 641                            | 692                               | 20                 | 34.82                 | 31.75                     | 4.82                 |
| 508                | 46.03                     | 698                             | 584                            | 635                               | 20                 | 31.75                 | 28.57                     | 4.82                 |
| 457                | 42.86                     | 635                             | 533                            | 577                               | 16                 | 31.75                 | 28.57                     | 4.82                 |
| 406                | 39.68                     | 597                             | 470                            | 540                               | 16                 | 28.57                 | 25.4                      | 4.82                 |
| 356                | 47.62                     | 533                             | 413                            | 476                               | 12                 | 28.57                 | 25.4                      | 4.82                 |
| 305                | 34.92                     | 483                             | 381                            | 432                               | 12                 | 25.4                  | 22.22                     | 3.3                  |
| 254                | 31.75                     | 406                             | 324                            | 362                               | 12                 | 25.4                  | 22.22                     | 3.3                  |
| 203                | 30.16                     | 343                             | 270                            | 298                               | 8                  | 22.22                 | 19.05                     | 2.54                 |
| 152                | 28.57                     | 279                             | 216                            | 241                               | 8                  | 22.22                 | 19.05                     | 2.54                 |
| 102                | 25.4                      | 229                             | 157                            | 190                               | 8                  | 19.05                 | 15.87                     | 1.52                 |
| 76                 | 23.81                     | 190                             | 127                            | 152                               | 4                  | 19.05                 | 15.87                     | 1.52                 |

### **2.3.6.2.7. CÁMARA DE CONTACTO**

La desinfección del agua residual tratada y del agua de lavandería, se realizara mediante la dosificación de una solución de hipoclorito. Para obtener el nivel de cloro libre requerido, se dosificara aproximadamente 5 mg/L de materia activa, la dosificación se realizara al ingreso de los tanques de almacenamiento.

El tiempo de contacto (t) recomendado para desinfectar el agua y obtener menor de 1000 NMP/100 mL de Coliformes fecales en el efluente, es de 30 minutos, por lo tanto, el volumen requerido para desinfección es:

$$V=\text{Total (m}^3\text{/h)} *t(\text{h})=2.71*0.5=1.36 \text{ m}^3$$

Se tiene 03 tanques de agua tratada de 10 m<sup>3</sup>, cada uno donde se tiene el tiempo de contacto suficiente para realizar el proceso de desinfección.

### **2.3.6.2.8. DISEÑO DE UN PROCESO DE LODOS ACTIVADOS**

#### **Datos necesarios**

Para los cálculos es necesario determinar los siguientes datos:

Caudales: promedio diario, máximo diario, actuales y de diseño.

- ii. Características: DBO promedio diario, solidos suspendidos totales y volátiles, promedio, NTK promedio diario, P total promedio diario, pH, valores instantáneos, Alcalinidad y acidez si pH>5,5 o 9,0, grasas y aceites.

Parámetros de Diseño

Otros de los datos necesarios para empezar con los cálculos se tomó de la tabla

- DBO del efluente (S) = 20 mg/L-norma ambiental peruana
- Solidos suspendidos totales (SST) = 20 mg/L-Norma ambiental peruana
- DBO de afluente (So) = 200 mg/L

- Caudal (Q) = 60 lps
- Coeficiente de producción crecimiento (Y) = 0,65 mg SSV/mgDBO
- Coeficiente de declinación endógena (kd) = 0.05 d<sup>-1</sup> Tabla bibliográfica
- Edad de lodos ( $\theta_c$ ) = 10 d
- Concentración de SSVLM(X) = 2500 mg/L
- Proporción volátil de ST = 80%
- Concentración de ST de lodos sedimentados (STLS) = 15 000 mg/L

**Tabla N° 35: Concentración de parámetros de lodos**

| <b>Proceso</b>                   | <b>Periodo de aireación <math>\theta</math>, horas</b> | <b>Carga volumétrica gDBO m<sup>3</sup>.d</b> | <b>A/M gDBO gSSVLM d</b> | <b>X mg/L SSLM</b>      | <b>Edad de lodos <math>\theta_c</math>, d</b> | <b>Tasa de circulación R,%</b> | <b>Eficiencia a DBO %</b> | <b>Observación</b>                      |
|----------------------------------|--|---|--------------------------|-------------------------|---|--------------------------------|---------------------------|---|
| <b>Convencional</b>              | 4-8  | 300-600                                       |                          | 1500-3000               | 5-15  | 25-75                          | 85-95                     | Sensible a cargas súbitas. Flujo pistón |
| <b>Aireación gradual</b>         | 4-8  | 300-600                                       |                          | 1500-3000               | 5-15  | 25-50                          | 85-95                     | Uso general                             |
| <b>Mezcla completa</b>           | 3-5  | 800-2400                                      |                          | 2500-4000               | 5-15  | 25-100                         | 85-95                     | Resistente a cargas choque              |
| <b>Aireación escalonada</b>      | 3-5  | 600-1000                                      |                          | 2000-3500               | 5-15  | 25-75                          | 85-95                     | Uso general flujo en pistón             |
| <b>Aireación corta</b>           | 1,5-3  | 1200-2400                                     |                          | 200-1000                | 0,2-0,5                                       | 5-25                           | 60-75                     | Efluente de baja calidad                |
| <b>Estabilización y contacto</b> | 0,5-1,0<br>3-6   | 1000-1200                                     |                          | 1000-3000<br>4000-10000 | 5-15  | 50-150                         | 80-90                     | Operación flexible usado ampliar PT     |
| <b>Aireación prolongada</b>      | 18-36  | 100-400                                       |                          | 3000-6000               | 20-30   | 50-150                         | 75-95                     | Usado en PT pequeñas flujo en pistón    |
| <b>Krauss</b>                    | 4-8  | 600-1600                                      |                          | 2000-3000               | 5-15  | 50-100                         | 85-95                     | Usado en residuos fuertes, bajo en N    |
| <b>Tasa alta</b>                 | 2-4  | 1600-160000                                   | 0,4-                     | 4000-10000              | 5-10  | 100-500                        | 75-90                     | Uso general. Mezcla                     |
| <b>Oxígeno puro</b>              | 1-3  | 1600-3300                                     | 0,25-1,5                 | 2000-5000               | 3-10  | 25-50                          | 85-95                     | Usado para reducir volumen para T       |
| <b>Zanjón de oxidación</b>       | 8-36   | 80-480  | 0,05-0,3                 | 3000-6000               | 10-30   | 75-150                         | 75-95                     | Usado en ciudades pequeñas              |
| <b>Reactor secuencial</b>        | 2-4  | 100-400                                       | 0,04-0,10                | 2000-5000               | 10-30   |                                |                           | El control del proceso es complicado    |



**Tabla N°36: Parámetros de diseño y operación de procesos de lodos activados**

| Proceso                   | Carga volumétrica<br>gDBO m <sup>3</sup> .d | A/M<br>gDBO<br>GSSVLM d | Edad de lodos<br>$\theta_c$ ,<br>d | Oxígeno requerido<br>kgO <sub>2</sub> /kgD<br>BO | Aireación                          | Lodos desechos<br>kg/KgDBO<br>removida | Referencia |
|---------------------------|---|-------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|--|------------|
| Convencional              | 500-600                                     | 0,25-0,35               | -                                  | 1.1-1,3  | 0,05-0,8 m <sup>3</sup> precipita  | 0,5-0,8                                | 20         |
| Convencional              | 560   | 0,25-0,6                | 4-14                               | -  | -                                  | -                                      | 105        |
| Convencional              | 560   | 0,20-0,50               | 4-14                               | 2,0-2,5  | 45-90 m <sup>3</sup> /kgDBO        | -                                      | 7          |
| Aireación prolongada      | 150-300                                     | 0,05-0,10               | -                                  | -  | 0,02-0,25 m <sup>3</sup> precipita | 0,4-0,6                                | 20         |
| Aireación prolongada      | 320   | 0,06-0,25               | >14                                | 0,6-0,8  | -                                  | -                                      | 105        |
| Aireación prolongada      | 320   | 0,05-0,20               | >14                                | -  | 90-125m <sup>3</sup> /kgDBO        | -                                      | 7          |
| Tasa alta                 | 1300-2000                                   | 0,5-0,6                 | -                                  | -  | 0,02-0,03m <sup>3</sup> precipita  | 0,8-1,0                                | 20         |
| Tasa alta                 | 1600-6400                                   | 0,5-3,5                 | 0,8-4                              | -  | 25-45m <sup>3</sup> /kgDBO         | -                                      | 7          |
| Aireación gradual         | 560   | 0,25-0,6                | 4-14                               | -  | 45-90m <sup>3</sup> /kgDBO         | -                                      | 105        |
| Aireación gradual         | 560   | 0,2-0,5                 | 4-14                               | -  | -                                  | -                                      | 7          |
| Aireación escalonada      | 800   | 0,25-0,6                | 4-14                               | -  | 45-90m <sup>3</sup> /kgDBO         | -                                      | 105        |
| Aireación escalonada      | 800   | 0,20-0,5                | 4-14                               | -  | -                                  | -                                      | 7          |
| Estabilización y contacto | 1100  | 0,25-0,6                | 4-14                               | -  | -                                  | -                                      | 105        |
| Estabilización y contacto | 1120  | 0,20-0,50               | 4-14                               | -  | 45-90m <sup>3</sup> /kgDBO         | -                                      | 7          |

## CALCULO PARA EL DISEÑO DEL DESARENADOR

### Condiciones de la tubería de entrada

#### Caudal de Diseño en m<sup>3</sup>/s:

$$Q = QI/1000$$

$$Q = 60/1000$$

$$Q = 0.06 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro de la tubería de entrada en metros

$$D = (8 \cdot 2.54)/100 = 0.2032$$

Calculo de diseño del desarenador:

Velocidad de sedimentación de la partícula:

$$V_s = (g(e^s - e) \cdot d^2) / (18\mu) \quad V_s = (981 \cdot (2.65 - 1.00) \cdot (0.05/10)^2) / (18 \cdot 0.01059)$$

$$V_s = 0.21 \text{ cm/s.}$$

Tiempo de la partícula en llegar al fondo:

$$t = H \cdot 100 / V_s$$

$$t = 1.50(100) / 0.21$$

$$t = 706.59 \text{ seg.}$$

Periodo de retención Hidráulico

$$\theta = NHZN \cdot t \text{ (debe estar entre (0.5 y 4 hrs))}$$

$$\theta = 3.00 \cdot 706.59 / 3600$$

$$\theta = 0.59 \text{ horas}$$

Volumen del tanque

$$V = \theta \cdot 3600 Q_{md} / 1000$$

$$V = 0.59 \cdot 3600 \cdot 60 / 1000$$

$$V = 127.44 \text{ m}^3$$

Área Superficial del tanque

$$A_s = V/H$$

$$A_s = 127.44 / 1.50$$

$$A_s = 84.96 \text{ m}$$

Ancho del tanque

$$B = (A_s/4)^{(1/2)}$$

$$B = (84.96/4)^{(1/2)}$$

$$B = 4.61 \text{ m}$$

Largo del tanque:

$$L = R * B$$

$$L = 4 * 10.40$$

$$L = 41.59 \text{ m}$$

Carga Hidráulica Superficial: (debe estar entre 15 y 80)

$$q = ((Q_{md}/1000) (A_s) * 3600 * 24)$$

$$q = ((60/1000) (84.96) * 3600 * 24)$$

$$q = 61 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$$

Velocidad de sedimentación de las partículas crítica

$$V_o = q / (3600 * 24)$$

$$V_o = (61 / (3600 * 24)) * 100$$

$$V_o = 0.07076 \text{ cm/s}$$

Diámetro de la partícula crítica:

$$d_o = ((V_o * 18 * \mu) / (g * (e_s - e)))^{(1/2)} * 10$$

$$d_o = ((0.07076 * 18 * 0.01059) / (981 * (2.65 - 1.00)))^{(1/2)} * 10$$

$$d_o = 0.03 \text{ mm}$$

Relación que debe cumplirse:

$$NHZN = (Vs/Vo)$$

$$NHZN = 0.21/0.07076$$

$$NHZN = 3.00 \text{ unidad}$$

Relación que debe cumplirse:

$$NHZN = \theta * 3600/t$$

$$NHZN = 0.59 * 3600/706.59$$

$$NHZN = 3.00 \text{ unidad}$$

Velocidad Horizontal

$$Vh = ((Qmd/1000) / (H * B)) * 100$$

$$Vh = ((306/1000)/(1.50 * 10.40)) * 100$$

$$Vh = 1.96 \text{ cm/s}$$

Velocidad horizontal máxima

$$Vhmax = 20 * Vs$$

$$Vhmax = 20 * 0.21$$

$$Vhmax = 4.25 \text{ cm/s}$$

Velocidad de re suspensión Máxima:

$$Vr = (8 * k * g * (e^s - e) * d/f)^{(1/2)}$$

$$Vr = ((8 * 0.04 * 9.81 * (2.65 - 1.00) * (0.05/10)/0.03))^{(1/2)}$$

$$Vr = 9.291 \text{ cm/s}$$

Condiciones de operación de los módulos del desarenador

### **1. Caudal Medio Diario Extremo de operación en el modulo**

$$QmdE = Qmaxd/2$$

$$QmdE = 198.90/2$$

$$Q_{mdE} = 99.45 \text{ L/s}$$

## 2. Tiempo de resistencia Hidráulico Extremo por módulo $0.5 < \theta < 4$ :

$$\theta_{ext} = V / (Q_{mdE} / 1000)$$

$$\theta_{ext} = (648.65 / 99.45 / 1000) / 3600$$

$$\theta_{ext} = 1.81 \text{ Hrs.}$$

## 3. Carga hidráulica superficial extrema por modulo ( $15 < q < 80$ )

$$\theta_{ext} = V / (Q_{mdE} / 1000)$$

$$\theta_{ext} = ((99.45 / 1000) / 432.43) * 86400$$

$$\theta_{ext} = 19.87 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$$

## 4. Tiempo de resistencia hidráulico extremo por modulo ( $0.5 < \theta < 4$ ):

$$\theta_{ext} = V / (Q_{mdE} / 1000)$$

$$\theta_{ext} = (648.65 / ((397.8 + 1.1) / 1000)) / 3600$$

$$\theta_{ext} = 0.45 \text{ Hrs}$$

## 5. Carga hidráulica superficial extrema por modulo ( $15 < q < 80$ )

$$\theta_{ext} = V / (Q_{mdE} / 1000)$$

$$\theta_{ext} = (((198.90 + 1.1) / 1000) / 432.43) * 86400$$

$$\theta_{ext} = 39.96 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{d}$$

Calculo de los elementos del desarenador

A. Vertedero de salida

1. Altura del vertedero:

$$H_v = (((306 / 1000) / (1.84 * 10.40))^{(2/3)})$$

$$H_v = 0.063 \text{ m}$$

2. Velocidad en el vertedero (de ser mayor a 0.3 m/s)

$$Viv = ((Qmd/1000)/ (B * Hv))$$

$$Viv = ((306/1000)/ (10.40 * 0.063))$$

$$Viv = 0.46 \text{ m/s.}$$

### **3. Vena vertiente**

$$Xr = 0.36 (Vv)^{(2/3)} + 0.60 (Hv)^{(0.47)}$$

$$Xr = 0.36 * 0.46^{(2/3)} + 0.6 * (0.063)^{(4/7)}$$

$$Xr = 0.34 \text{ m}$$

## **B. Pantalla de salida**

### **1. Profundidad pantalla de salida**

$$Pps = H/2$$

$$Pps = 1.50/2$$

$$Pps = 0.75 \text{ m}$$

### **2. Distancia al vertedero de salida**

$$Dvs = 15 * Hv$$

$$Dvs = 15 * 0.063$$

$$DVvs = 0.95 \text{ m}$$

## **C. Pantalla de entrada**

### **1. Profundidad pantalla de entrada**

$$Ppe = H/2$$

$$Ppe = 1.50/2$$

$$Ppe = 0.75 \text{ m}$$

### **2. Distancia a la cámara de quietamiento**

$$Dca = L/4$$

$$Dca = 41.59/4$$

$$Dca = 10.40 \text{ m}$$

#### **D. Almacenamiento de lodos**

##### **1. Profundidad máxima Tanque de lodos**

$$\text{PMTL} = \text{Largo del tanque} / \text{Re}$$

$$\text{PMTL} = 41.59/10$$

$$\text{PMTL} = 4.16 \text{ m}$$

##### **Dist. Pto. De salida a la cámara de quietamiento:**

$$\text{DistCA} = L/3$$

$$\text{DistCA} = 41.59/3 = 13.86 \text{ m}$$

##### **2. Dist. Pto. De salida al vertedero de salida**

$$\text{DistVs} = 2 * L/3$$

$$\text{DistVs} = 2 * 41.59/3$$

$$\text{DistVs} = 27.73 \text{ m}$$

##### **3. Pendiente transversal del vertedero**

$$\text{PTV} = (\text{PMTLA} - \text{PMTLAP})/B$$

$$\text{PTV} = (1.0 - 0.8)/10.40 * 100$$

$$\text{PTV} = 1.92\%$$

##### **4. Pendiente longitudinal (L/3)**

$$\text{PL} = (\text{PMTLA} - \text{PMTLAP})/\text{DistCA}$$

$$\text{PL} = (1.0 - 0.8) / 13.86 * 100$$

$$\text{PL} = 1.44\%$$

##### **5. Pendiente longitudinal (2L/3)**

$$\text{PL2} = (\text{PMTLA} - \text{PMTLAP})/\text{DistVs}$$

$$\text{PL2} = (1.0 - 0.8) / 27.73 * 100$$

$$PL2 = 0.7\%$$

### **E. Cámara de quietamiento**

1. Profundidad de la cámara de quietamiento:

$$PCA = H / 3$$

$$PCA = 1.5/3$$

$$PCA = 0.50\text{m}$$

2. Ancho de la cámara de quietamiento:

$$ACA = B/3$$

$$ACA = 10.40/3$$

$$ACA = 3.47 \text{ m}$$

### **F. Rebose de la cámara de quietamiento**

#### **1. Caudal de excesos**

$$QE = Q_0 - Q$$

$$QE = 0.051 - 0.032$$

$$QE = 0.019 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### **2. Altura caudal de exceso**

$$He = ((QE) / (1.84 * Le))^{(2/3)}$$

$$He = ((0.019) / (1.84 * 1.0))^{(2/3)}$$

$$He = 0.05 \text{ m}$$

#### **3. Velocidad de excesos**

$$Ve = QE / (He * Le)$$

$$Ve = 0.019 / (0.05 * 1.0)$$

$$Ve = 0.40 \text{ m/s}$$



#### 4. Vena de vertiente

$$Xr = 0.36 (Ve)^{(2/3)} + 0.60 (He)^{(4/7)}$$

$$Xr = 0.36 * 0.40^{2/3} + 0.60 * 0.05^{4/7}$$

$$Xr = 0.30 \text{ m}$$

### CALCULO PARA EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

#### 1. Carga orgánica Afluente

$$Coa = Q * So * 0.0864$$

$$Coa = 60 * 200 * 0.0864$$

$$Coa = 1036.8 \text{ kg de DBO/día}$$

#### 2. Concentración de SSV en el lodo dispuestos

$$XR = (\%vSST * STLS)$$

$$XR = 0.8 * 15000$$

$$XR = 12000$$

#### 3. DBO soluble Efluente

$$Se = DBOe - 0.63 SSt$$

$$Se = 20 - 0.63 * 20$$

$$Se = 7.4 \text{ mg/L}$$

#### 4. Carga Orgánica Removida

$$COR = (So - Se) * Q * 0.0864$$

$$COR = (200 - 7.4) * 306 * 0.0864$$

$$COR = 5092.0358 \text{ kg de DBO/día}$$

#### 5. Biomasa en el reactor

$$XV = ((\theta c * Y * Q * (So - Se)) / (1 + kd * \theta c)) / 1000$$

$$XV = ((10 * 0.65 * (60/1000) * 86400 * (200-7.4)) / (1 + 0.05 * 10)) / 1000$$

$$XV = 2.21E + 0.4 \text{ kg SSV}$$

## 6. Volumen del Reactor

$$V = XV * 1000/X$$

$$V = 2.21E + 0.4 * (1000/2500)$$

$$V = 8826.195 \text{ m}^3$$

## 7. Producción de lodo

$$Px = ((Y * Q (So - S)) / (1 + kd * \theta_c)) / 1000$$

$$Px = ((0.65 * (306/1000 * 86400)) * (200 - 7.4) / (1 + 0.05 * 10)) / 1000$$

$$Px = 2206.55 \text{ kg SSV/dia}$$

## 8. Producción de solidos de desecho

$$\text{Lodo seco} = Px / \%vSST$$

$$\text{Lodo Seco} = 2206.55 / 0.8$$

$$\text{Lodo seco} = 2758.19 \text{ kg/dia}$$

## 9. Caudal de Lodos de desecho

$$Qw = LS * 1000 / STLS$$

$$Qw = 2758.19 * 1000 / 15000$$

$$Qw = 183.88 \text{ m}^3/\text{dia}$$

## 10. Caudal de recirculación

$$QR = Qx / (XR - X)$$

$$QR = ((306/1000 * 2500) / (12000 - 2500)) * (3600/1) * (24/1)$$

$$QR = 6957.47 \text{ m}^3/\text{dia}$$

## 11. La relación de circulación

$$R = QR / Q$$

$$R = 6957.47 / ((306/1000) * 86400)$$

$$R = 0.26\%$$

### **12. Tiempo de retención hidráulico real**

$$\theta = V/Q$$

$$\theta = (8826.195) / ((306/1000) * 86400) * 24$$

$$\theta = 8.01216 \text{ horas}$$

### **13. Cantidad de oxígeno requerido**

$$DO = 1.5 * Q * (So - Se) - 1.42 * XR * Qw / 1000$$

$$DO = (1.5 * ((306/1000) * 86400) * (200-7.4) - 1.42 * 12000 * 183.88) / 1000$$

$$DO = 4504.75 \text{ Kg O}_2/\text{dia}$$

### **14. Caudal de aire a condiciones**

$$Q_{air} = DO / (0.232 * 1.2)$$

$$Q_{air} = 4504.75 / (0.232 * 1.2)$$

$$Q_{air} = 16180.87 \text{ m}^3/\text{dia}$$

### **15. Cantidad de Aire a condiciones normales**

$$Q_{air} = Q_{aire} / (EFA/100)$$

$$Q_{air} = 16180.87 / (8.00/100)$$

$$Q_{air} = 202260.88 \text{ m}^3/\text{dia}$$

### **16. Relación de volumen de Aire Requerido por unidad de DBO aplicada al tanque de aireación**

$$RVADBO = Q_{airr} / Coa$$

$$RVADBO = 202260.88 / 5287.68$$

$$RVADBO = 38.25 \text{ m}^3/\text{kg}$$

**17. Relación del volumen de aire requerido por unidad de DBO removida:**

$$\text{COV} = \text{COa} / V$$

$$\text{COV} = (5287.68 / 8826.195) * 1000$$

$$\text{COV} = 599.09 \text{ g de DBO} / \text{m}^3 * \text{dia}$$

**18. Carga Orgánica Volumétrica del proceso**

$$\text{COV} = \text{COa} / V$$

$$\text{COV} = (5287.68 / 8826.195) * 1000$$

$$\text{COV} = 599.09 \text{ g de DBO} / \text{m}^3 * \text{dia}$$

**19. Relación Alimento / Masa biológica:**

$$A / M = 5287.68 / 2.21E + 0.4$$

$$A / M = 0.24 \text{ d}^{-1}$$

**20. Eficiencia en Remoción de DBO total es:**

$$E = (\text{So} - \text{DBOe})$$

$$E = (200-20) / 200$$

$$E = 0.90 \text{ eficiencia}$$

**21. Eficiencia en Remoción de DBO soluble es:**

$$E = (\text{COa} - \text{Se}) / \text{COa}$$

$$E = (5287.68 - 7.4) / 5287.68$$

$$E = 0.999 \text{ eficiencia}$$

**22. Dimensiones del Reactor Biológico**

1. Volumen del reactor

$$V = XV / X$$

$$V = 2.21E + 0.4 * 1000/2500$$

$$V = 8826.20 \text{ m}^3$$

2. Volumen efectivo del reactor real

$$V_{\text{real}} = L * A * H$$

$$V_{\text{real}} = 70 * 36 * 3.5$$

$$V_{\text{real}} = 8820.00 \text{ m}^3$$

### **Diseño del sistema de Aireación**

1. Potencia requerida en el tanque de aireación

$$PTTA = (De * V) / 1000$$

$$PTTA = 15 * 8820,00 / 1000$$

$$PTTA = 132.3 \text{ KW}$$

2. Potencia requerida en el tanque de aireación

$$PTTA = (De * V) / 1000$$

$$PTTA = 132.3 * 40 / 30$$

$$PTTA = 176.4 \text{ Hp}$$

3. Número de equipos de aireación en el reactor biológico

$$NEA = PTTA / PU$$

$$NEA = 176.4 / 10$$

$$NEA = 18 \text{ unidad}$$

4. Suministro diario de kg de O<sub>2</sub> por aireador

$$S_{\text{uo}} = PU * T_{\text{TTOEA}} * (30/40) * 24$$

$$S_{\text{uo}} = 10 * 1.5 * 0.8 * (30/40) * 24$$

$$S_{\text{uo}} = 216 \text{ kg de O}_2/\text{dia}$$

5. Numero de aireadores reales sugeridos

$$NARR = Coa/S_{\text{uo}}$$

$$NARR = 5287.68 / 216$$

NARR = 24.48 unidad

6. Potencia instalada corregida

PIC = NARR \* PU

PIC = 24.48 \* 10

PIC = 244.8 HP

### **2.3.7. DISEÑO DE EQUIPOS**

#### **2.3.7.1. DISEÑO DE BOMBAS**

Para el correcto funcionamiento de una bomba de impulsión es necesario calcular la potencia que debe suministrar para impulsar el fluido hasta el equipo deseado. Además también es necesario conocer el NPSH disponible que es la caída interna de presión que sufre un fluido cuando ingresa al interior de una bomba centrífuga. Este último término es muy importante en el diseño ya que, si la presión del circuito es menor que la presión de vapor del líquido, este entrara en evaporación impidiendo o dificultando la circulación del líquido y causando daños en los elementos del circuito. Este fenómeno se conoce como cavitación de la bomba. Para evitar la cavitación se tiene que tener en cuenta el NPSH mínimo para evitar la cavitación y nos lo proporciona el fabricante de la bomba.

Calculo de la potencia de la bomba

Para calcular la potencia de la bomba se realiza un balance de energía mecánica desde el punto de entrada hasta el punto de destino. El balance para líquidos incomprensibles se muestra a continuación:

$$\frac{\Delta P}{\rho} + g\Delta z + \Delta \left( \frac{v^2}{2x} \right) = W - e_v$$

Donde:

- AP: incremento de presión entre los dos puntos donde se aplica el balance
- Az: incremento de altura que hay entre los dos puntos donde se realiza el balance.
- $\Delta v$ : incremento de velocidad que experimenta el fluido entre los dos puntos del balance.
- W: trabajo por unidad de masa (J/kg)
- Ev: pérdidas de energía mecánica por fricción (J/kg)
- $\alpha$ : Constante que depende del régimen de circulación del fluido.

### **CALCULO DEL RÉGIMEN DEL FLUIDO**

Para conocer el régimen de circulación de este tramo, se aplica la ecuación (b) que se denomina número de Reynolds. El número de Reynolds es un numero adimensional utilizado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento del fluido. Si el número de Reynolds es menor 2100, el flujo será laminar, en cambio si el número de Reynolds es mayor de 3000 tendremos un flujo turbulento.

$$R_e = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Donde:

- $\rho$ : densidad del fluido (Kg/m<sup>3</sup>)
- V: velocidad del fluido (m/s)
- D: Diámetro de la tubería (m)
- $\mu$ : Viscosidad del fluido (kg/ms.)

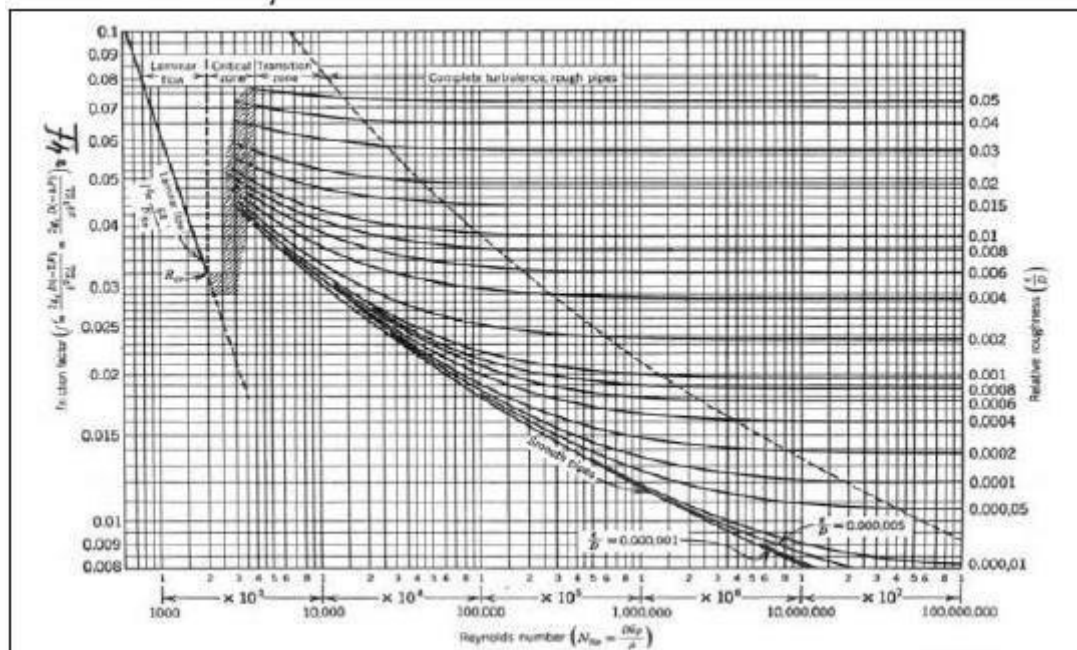
Para calcular la velocidad real del fluido, se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$V = \frac{Q}{A} \left( \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}^2} \right)$$

Una vez calculado el Reynolds, se halla el factor de Fanning (f) mediante las gráficas de Moody o por la correlación de Blasius para  $5 \cdot 10^{-3} < Re < 2 \cdot 10^5$ .

- Gráfica de Moody:



- Correlación de Blasius:

$$F = 0.046 Re^{-0.2}$$

Calculo de las pérdidas de carga

Las pérdidas de energía mecánica por la conducción son consecuencia de la fricción del fluido en la tubería. Se pueden dividir en dos:



- Pérdidas en tramos rectos: son las pérdidas producidas como consecuencia de la fricción contra la tubería. Para calcular este tipo de pérdidas se utiliza la siguiente ecuación:

$$e_{vtramos\ rectos} = 2fv^2 \frac{L}{D}$$

Donde:

- ✓ f: factor adimensional de Fanning
  - ✓ v: velocidad del fluido por la tubería (m/s)
  - ✓ L: Longitud del tramo de la tubería (m)
  - ✓ D: diámetro de la tubería (m)
- Pérdidas por turbulencia, fricción o geometría del sistema: este tipo de pérdidas se atribuyen a los accidentes que podemos encontrar durante el recorrido de la tubería. Para el cálculo de los accidentes, es necesario emplear una constante (k) que variaría en función del accidente.
  - Una vez conocido el valor de k, se aplica la ecuación XX para el cálculo de los accidentes.

$$e_{Vaccidentes} = \sum K \frac{v^2}{2}$$

Donde:

- ✓ k: constante específica del accidente
- ✓ v: velocidad del fluido que circula por la tubería (m/s).

para finalizar el cálculo de las pérdidas de carga se sumarán los dos tipos según se muestra en la ecuación:

$$e_{Vaccidentes} + e_{Vtramos\ rectos} = e_{Vtotal}$$

Calculo de la potencia real y teórica de la bomba

Una vez sabidos todos los parámetros de la ecuación (c), se procede a calcular la potencia teórica de la bomba. Este será un valor teórico, ya que para calcular la potencia real de la bomba es necesario conocer la eficacia de esta, ya que nunca será del 100%.

La ecuación utilizada para el cálculo de la potencia teórica de la bomba es la siguiente:

$$W_{\text{real}} = \frac{W_{\text{teorica}}}{\eta} \cdot Q$$

Donde:

- ✓ W: es la potencia de la bomba (W)
- ✓ Q: caudal másico del fluido (kg/s)
- ✓  $\eta$ : rendimiento de la bomba.

Calculo del NPSH disponible

$$\text{NPSH} = h_a - \frac{P_{\text{vap}}}{g\rho}$$

Donde:

- ✓  $h_a$ : es la carga de aspiración (m)
  - ✓ g: valor de la gravedad ( $\text{m/s}^2$ )
  - ✓  $\rho$ : densidad del fluido ( $\text{kg/m}^3$ )
  - ✓ v: velocidad del fluido (m/s)
- $P_{\text{vap}}$ : presión de vapor del líquido a la temperatura de trabajo para su cálculo se ha utilizado la ley de Raoult.

$$h_a = \frac{1}{g} \left( \frac{P_1}{\rho} + \frac{v^2}{2} \right) - (e_{v \text{ asp}}) + AZ$$

Donde:

- ✓ Presión en la entrada de la bomba (Pa)
- ✓  $v$ : es la velocidad del fluido en el tramo de aspiración en m/s
- ✓  $\alpha=1$ , porque se trabaja en régimen turbulento
- ✓ e.v: son las pérdidas de energía mecánica en el tramo de aspiración, y se calcula igual que en el apartado de pérdidas de carga
- ✓  $\Delta z$ : incremento de altura

### **2.3.8. DESCRIPCION DEL EQUIPAMIENTO**

- 01 Trampa de Grasa
- Cámara de Acero Estructural A36
- Recubrimiento epoxico
- Forma Rectangular
- Capacidad: 4.2 m<sup>3</sup>
- 01 Trampa de Espuma
- Cámara de acero estructural A36
- Recubrimiento Epoxico
- Forma: Rectangular
- Capacidad: 4.2 m<sup>3</sup>
- Retención de solidos
- Canastilla metálica con una separación de 20-25mm
- 01 Cámara de Ecuilización
- Cámara de Aceros estructural A36
- Recubrimiento Epoxico
- Forma: rectangular

- Incluye: sistema de Aeración
- 02 Bombas: Sumergibles para la transferencia del fluido. Con su respectivo control de nivel
- Marca: Grindex
- Modelo: solid
- Potencia: 1.1 Hp
- Alimentación: 220 V, 1F, 60 Hz
- 01 Cámara Anoxica
- Cámara de acero estructural A36
- Recubrimiento Epoxico
- Forma Rectangular
- 01 Cámara de Aeración
- Cámara de acero estructural A36
- Recubrimiento Epoxico
- Forma: rectangular
- 02 Soplador (Blower) para suministro de aire
- Motor WEG de 7.5 hp
- Válvula de alivio, filtro de admisión.
- Silenciador de salida
- Marca: Garden Denwer
- Modelo: Sutorbit 3L
- Alimentación: 380 V. 3 F. 60 Hz
- Silentpack
- Juego de difusores de aire de burbuja fina y árboles de difusores.

- 01 Cámara de sedimentación
  - Cámara de Acero Estructural A36
  - Recubrimiento Epoxico
  - Forma: Tronco piramidal
- 01 Vertedero para recolección de efluente
- 01 Airfilit para retorno de lodos y evacuación de lodos en exceso
- 01 Skimmer para retorno de natas
- Sistema de Remoción de Fosforo
  - 01 Tanque de 2.5 m<sup>3</sup> de polietileno con su respectivos agitador
  - 01 Bomba dosificadora
  - Marca: Milton Roy LMI
  - Capacidad: 7.5 LPH
  - Alimentacion: 220V, 1F, 60Hz
- 01 Tanque separación de solución de cloro de 100 L
- Sistema de Filtracion
  - 01 Tanque de transito de 2.5 m<sup>3</sup> de polietileno
  - 02 Bombas centrifugas verticales
  - Marca Bomba: Salmson
  - Modelo de bomba: Multi V-403
  - Marca de motor: WEG
  - Potencia: 2Hp
  - Alimentacion: 200 V, 3F, 60Hz
- 02 Filtros Clarificadores Automaticos con valvula performa
  - Marca: GE Pentair

- 01 Filtro de carbón acivado
- Desinfeccion
  - 1 Bomba dosificadora
  - Marca: Milton Roy LMI
  - Capacidad: 7.5 LPH
  - Alimentacion: 220 V, 1F, 60 Hz
- 1 Tanque de separación de solución de 100L
- 03 Almacenamiento de Agua Tratada
- Tanque de Polietileno
  - Capacidad: 10 m<sup>3</sup>
  - Marca: Rotoplast
  - Diametro: 2.2 m; altura:3.18 m
- 02 Tablero Electrico
  - Tablero de fuerza y control para alimentación y control de bombas y motores
  - 01 unidad para la PTAR y uno para el sistema terciario grado de protección IP55 con componentes
  - Marca: Schneider Electric
- Lechos de secado
  - Forma Rectangular
  - Material: concreto
- Medio Filtrante: arena de 0.3 a 1.3 mm
- Medio soporte: Grava de 15 a 30 mm.
  - Dimensiones: 3m x 3m

### **2.3.9. PROTECCION SUPERFICIAL EN ESTRUCTURAS**

Esta especificación describe los requerimientos mínimos para preparación de superficie, materiales de pintura, métodos de aplicación así como también el aseguramiento de calidad, control y procedimientos de inspección a seguir durante el desarrollo de los trabajos en taller y en obra.

Los sistemas en la especificación presente, son recomendados de acuerdo en base normas técnicas internacionales, y clasificados de acuerdo al tipo de ambiente y servicio. Los sistemas diseñados, están en base a la expectativa de vida. La clasificación de los tipos de ambientes, están de acuerdo a la norma ISO 12944, para lo cual la especificación técnica, clasifica:

- **Ambiente tipo C3/C4:** Plantas de tratamientos de Aguas, que se encuentran en un ambiente INDUSTRIAL, sea Sierra o Selva.
- **Ambiente tipo C5:** Planta de tratamientos de Aguas, que se encuentran en un ambiente Costero.

#### **2.3.9.1. REGLAMENTOS Y NORMAS**

En caso de contradicción o discrepancia entre los estándares aplicables a este proyecto y esta especificación, prevalecerá esta última (la especificación).

#### **2.3.9.2. ESTÁNDARES DE REFERENCIA**

##### **AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM):**

- **ASTM D3359** Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test Portable Adhesion Testers.
- **ASTM D4417** Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned Steel.
- **ASTM D714** Standard Test Methods for Evaluating degree of blistering of paints

- **ASTM D610** Standard Test Methods for Evaluating degree of rusting on painted steel surfaces.
- **ASTM D772** Standard Test Methods for evaluating degree of flaking (scaling) of exterior paints.
- **ASTM E337** Standard Test Method for Measuring Humidity with a Psychrometer (the Measurement of Wet- and Dry-Bulb Temperatures)

### **2.3.9.3. STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL (SSPC)**

**SSPC** Vol. 2 Chap.2

**SSPC Vis1** Visual Standard for Abrasive Blast Cleaned.

**SSPC-SP1** Solvent Cleaning.

**SSPC-SP2** Hand Tool Cleaning.

**SSPC-SP3** Power Tool Cleaning.

**SSPC-SP5** White Blast Cleaning.

**SSPC-SP7** Brush-off Cleaning.

**SSPC-SP11** Power tool Cleaning to Bare Metal.

**SSPC-PA2** Measurement of dry Film Thickness with Magnetic Gages.

**SSPC – GUIA 15** Método de campo para extraer y analizar sales soluble en el acero y otros sustratos no porosos.

**SSPC – GUIA 12** Guía para la correcta iluminación durante trabajos de pintado industrial

### **2.3.9.4. INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION (ISO)**

- **ISO 8501-1 Part 1:** Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings.
- **ISO 8502-3** Tests for the assessment of surface cleanliness.



- **ISO 8502-5** Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Tests for the assessment of surface cleanliness Part 5: Measurement of chloride on steel surfaces prepared for painting (ion detection tube method).
- **ISO 8502-6** Tests for the assessment of surface cleanliness: extraction of soluble contaminants for analysis-The Bresle method.
- **ISO 8502-9** Preparation of steel substrates before application of paints and related products. Tests for the assessment of surface cleanliness: Field method for conductometric determination of water-soluble salts.
- **ISO 8502-11** Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Tests for the assessment of surface cleanliness Part 11: Field method for the turbid metric determination of water-soluble sulfate

#### **2.3.9.5. BLASTING**

Antes de iniciar los trabajos de “blasting” y aplicación de pintura, la contratista deberá obtener la aprobación del propietario de acuerdo a los procedimientos de inspección basados en este procedimiento.

Todos los elementos deberán ser pintados con los sistemas de pinturas mencionados en la presente especificación.

Cada sistema de pintura especificado esta descrito en términos de requerimientos de preparación de superficie, tipo de pintura y espesor requerido.

Antes del “blasting” y aplicación de pintura, todo tratamiento de calor, soldadura, NDE y evaluación de presión deberá ser completada.

El personal encargado de los trabajos de preparación de superficie (“blasting”) y aplicación de pinturas, deberán tener una experiencia mínima comprobada no

menor a 03 años y homologados por la empresa fabricantes de los productos y/o equipos a emplear.

Culminados los trabajos de montaje incluyendo empernado, soldadura de campo, etc., los elementos deberán ser limpiados de todo óxido, suciedad, grasa y otra materia extraña, para su identificación.

Tomar todas las precauciones necesarias para evitar la contaminación de superficies con pintura fresca por efectos de polvo, salpicadura de pintura o cualquier otro contaminante.

Las siguientes superficies no serán protegidas:

- Superficies en contacto con concreto, consultar con el propietario
- Superficies y bordes a ser soldados en obra.

La imprimación no se aplicará dentro de los 10 cm desde los bordes de cualquier superficie a ser soldada en obra

#### **2.3.9.5.1. PREPARACION DE SUPERFICIE**

##### **a) Pre-Preparación de Superficie**

Los procedimientos son:

- Aceite, grasa, suciedad y otros contaminantes no visibles deberán ser eliminadas mediante lavado con agua potable y detergente industrial biodegradable, limpieza y desengrase de las superficies metálicas de acuerdo con el estándar SSPC SP1.
- Posteriormente las estructuras deben ser hidrolavadas con agua potable a presión mínima de 3500 psi.
- Antes y después del “blasting”, todos los cordones de soldadura se inspeccionaran para detectar la presencia de defectos, salpicaduras, astillas,

delaminaciones, bordes afilados y millscale. Las imperfecciones se eliminado por medios mecánicos, las porosidades y agujeros de soldadura se eliminaran (rellenaran) y el área reparada se deberá limpiar nuevamente.

- Los bordes afilados se redondeará ( $R 2 \text{ mm}$  como mínimo), según los requerimientos del estándar 12944-3.

#### **b) PREPARACIÓN DE SUPERFICIE (BLASTING)**

- Los abrasivos deberán estar secos, limpios, libre de contaminantes (visibles y no visibles) y deberán cumplir con los requerimientos de las normas SSPC AB1, AB2 o AB3, según sea el caso. La conductividad del abrasivo deberá ser menor a 1000 S/cm.
- El aire proporcionado por la compresora deberá estar libre de aceite y agua, evaluada según norma ASTM D4285. La presión deseable para las operaciones de “blasting”
- Deberá ser de 100 PSI en la boquilla de salida. La preparación de superficie requerida, será de acuerdo al SISTEMA DE RECUBRIMIENTO recomendado.
- El perfil de rugosidad requerido, después del “blasting”, deberá variar entre: 2.0 a 2.5 mils ( $50\mu\text{m}$  y  $62\mu\text{m}$ ), y evaluado mediante el estándar ASTM D4417 Método C.

Posterior al “blasting”, deberá medirse la presencia de sales contaminantes en la Superficie, en especial los cloruros, por lo cual la concentración de los mismos no debe ser mayor a 30 ppm Cl<sup>-</sup> para elementos que estarán en inmersión, y de 50 ppm Cl<sup>-</sup> para estructuras exteriores. Medidos según método de extracción

Swabbing y determinación Quantab, la determinación se realizará siguiendo las indicaciones dadas en la SSPC Guía 15.

La superficie deberá ser pintada dentro de las 04 horas después del “blasting”. Si la oxidación o degradación del nivel de limpieza alcanzado inicialmente ocurre entre el “blasting” y la aplicación del primer, se deberá de realizar el “blasting” nuevamente.

Antes de aplicar la capa de pintura respectiva, la superficie o capa de pintura deberá estar libre de polvo (Nivel de polvo permitido: Máximo nivel 2, según estándar ISO 8502-3), grasa y materia extraña.

Otros métodos de preparación de superficie no mencionados en esta especificación deberán ser comunicados y aprobados por el propietario antes de usarlas.

#### **2.3.9.6. APLICACIÓN DE PINTURA**

A continuación se presenta los procedimientos:

- Luego aplicar la primera capa general de pintura y antes de aplicar la segunda capa general de pintura, en áreas tales como esquinas externas, bordes, soldaduras, tornillos tuercas e intersticios deberá realizarse el STRIPE COAT, para lo cual se empleara brochas adecuadas y pintura de la segunda capa y no deberá exceder el espesor especificado para el producto empleado.
- Antes de iniciar la aplicación, el equipo de aplicación, mangueras, recipientes y pistolas deberán estar limpios. El solvente dejado en el equipo deberá ser completamente removido antes de realizar la aplicación.

- La pintura deberá ser colocada por medio de equipos de aplicación y boquillas recomendados por el fabricante de pintura.
- La pintura deberá ser aplicada estrictamente de acuerdo a lo estipulado en esta especificación y las recomendaciones del fabricante de pintura, teniendo especial atención en la dilución, mezcla, tiempos de secado/ curado, repintado entre capas y espesores secos.
- Las superficies de contacto entre 02 estructuras o elementos de acero que se acoplen mediante pernos o cordones de soldaduras serán pintadas con aprobación del propietario.
- La aplicación se realizara acorde con el estándar SSPC PA1, las recomendaciones del fabricante de pinturas, las hojas técnicas de los productos y lo indicado en las hojas MSDS.
- Los materiales de pintura que hayan superado su tiempo de vida en almacenamiento no deberán ser usadas.
- El fabricante de pintura deberá homologar a los aplicadores en el uso y manejo de los productos a aplicar y el recubrimiento a utilizar deberá contar con certificados de calidad de los productos emitidos.
- El EPH deberá verificarse durante el proceso de aplicación y para la aceptación del EPS de cada capa este deberá ser verificado de acuerdo a lo indicado en el estándar SSPC PA2, para lo cual se empleara un equipo magnético debidamente calibrado Tipo 2. Las mediciones se realizaran sobre superficies libres de aspersion en seco y exceso de rociado.
- Elementos embebidos en concreto pueden ser pintados con pintura epóxica con aprobación del propietario.

- Cada capa de pintura deberá ser una película uniforme, de un espesor y apariencia uniforme, libre de defectos (esprayado seco, overspray, pinholes, vacíos, chorreaduras, ampollas, arrugas, grietas, etc), acorde con las normas ASTM D714, ASTM D610, ASTM D661, ASTM D772 y ASTM D4214 (Tipo, dimensión y escala). No se aceptaran elementos cuyos espesores secos no cumplan con lo requerido en la presente especificación, así como también si presentan defectos de aplicación, por lo cual el Propietario podrá rechazar el(los) elemento(S) pintados y ordenar remover la(s) capa(s) de pintura presente, limpiada y aplicada nuevamente.
- No deberán enviarse a obra elementos cuya(s) capa(s) de pintura no este totalmente seca al tacto duro.
- A no ser que se especifique lo contrario, las estructuras pintadas en taller con todo el sistema de pintura especificado deberán contar con la aprobación del representante del propietario antes de ser enviadas a obra.
- Las marcas para erección e identificación en campo de los elementos de las estructuras solamente se pintarán con la primera capa de pintura.

#### **2.3.9.7. PROCEDIMIENTO DE REPARACION (TOUCH UP)**

El Touch Up consiste en reparar los daños mecánicos ocasionados en la(s) capa(s) de pintura durante el proceso de montaje o en cualquier etapa del manipuleo, transporte o almacenamiento y consiste en la limpieza, aplicación y reparación con pinturas mencionadas en la presente especificación. El color y brillo final obtenido luego de esta reparación deberá ser lo mas próximo o similar a las zonas adyacentes con pintura en buen estado. Sin embargo las diferencias en color y brillo serán comunicadas y son aceptables.

Asegurarse que el pintado de resane se extienda de 1" a 2" (01 a 02 pulgadas) fuera del área dañada.

#### **2.3.9.7.1. DAÑOS EXPONIENDO EL METAL BASE Ú OXIDO**

Presencia de óxido o metal desnudo, los cuales se limpiarán inicialmente con disolvente según SSPC-SP 1, luego restaurar su grado original de limpieza mediante "blasting" o según norma SSPC SP11. En todas las zonas adyacentes, retirar toda pintura suelta, agrietada, ampollada y dañada, luego lijar los bordes de pintura en buen estado de 1" a 2" de ancho (zona de empalme), para formar una superficie lisa y uniforme.

#### **2.3.9.7.2. DAÑOS A LA CAPA DE PINTURA SIN EXPOSICIÓN DEL METAL BASE U OXIDO.**

Inicialmente se limpiarán según SSPC-SP 1, seguido de una limpieza manual o con herramientas de poder según SSPC SP2 y SSPC SP 3. Para áreas mayores, la limpieza será según SSPC SP7 es aceptable. La capa de pintura presente en la superficie a repintar no deberá tener brillo o suavidad, por lo cual deberá de lijarse hasta eliminar tal suavidad o brillo, pero sin remover la capa de pintura respectiva.

#### **2.3.9.7.3. PERNOS DE ACERO**

Luego de realizado el montaje y torquedo, a todos los pernos se les lavara según norma SSPC SP 1. Luego realizar limpieza con equipos de poder al metal desnudo según norma SSPC SP11. Después, sobre toda la superficie limpia y seca, aplicar el sistema de pintura correspondiente a la zona de trabajo.

#### **2.3.9.7.4. CONDICIONES AMBIENTALES**

La preparación de superficie (“blasting”), trabajos de pintado de capa general y Tuch Up, deberán ser paralizados bajo alguna de las siguientes condiciones:

- Por debajo de 10°C de temperatura del aire, o según lo especificado por el fabricante de pintura.
- La humedad relativa deberá ser menor a 85% y la temperatura de superficie mayor en 3°C a la temperatura de rocío del aire circundante, medidos según norma ASTM E337 B.
- Presencia de fuertes vientos, llovizna o lluvia.
- Pobre iluminación, según norma SSPC Guide 12.
- Temperatura de superficie por encima de 40°C.
- Las condiciones ambientales deberán ser monitoreadas y registradas cada 30 minutos durante la aplicación y/o cuando haya indicios de cambios de clima.

#### **2.3.10. TRANSPORTE, MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO EN TALLER**

- Las estructuras pintadas no deberán ser manipuladas o movidas hasta que la capa de pintura este completamente seca o curada.
- Para un mayor cuidado de las estructuras (evitar contaminación), se deberá forrar con plástico, de ser posible los filos deberán forrarse, con cartón.
- El montacarga deberá tener los “brazos” debidamente forrados, de tal manera que al momento de levantar las estructuras, no dañen la película de pintura.
- Para el apilamiento de las estructuras deberán utilizarse tacos de madera con cobertura de jebe, para evitar el contacto entre ellas, evitando cualquier daño del recubrimiento.



- Así mismo, para el traslado de las estructuras hacia obra, se deberá tener el mismo cuidado para evitar daños en la película de pintura. En caso se usen cintas metálicas o laynas para embalar las zonas o puntos de contactos, deberán estar separadas por jebes, para evitar el daño de la película de pintura en esas zonas.
- Sera de responsabilidad de la contratista, el traslado de las estructuras hacia obra, y que estas lleguen sin ningún tipo de daño mecánico.
- Adicionalmente, en algunas ocasiones, las estructuras pintadas deberán manejarse con equipos tales como: eslingas de ancho cinturón, cinturones de tela, seleccionados para evitar daños en la(s) capa(s) de pintura aplicadas a las estructuras. No se utilizaran equipos de manipulación susceptibles de causar daños a la(s) capa(s) de pintura. Los artículos tales como cadenas, cables, ganchos, pinzas, barras de metal, no se permitirán. No se permitirá arrastrar los elementos pintados.

**NOTA: El control de calidad de la contratista, en forma conjunta con el representante del Usuario Final, liberaran las estructuras para ser llevadas a la zona de acopio.**

### **2.3.11. SISTEMA DE PINTURA**

- **SISTEMA DE RECUBRIMIENTOS EXTERIOR:**

Estructuras que se encontraran expuestos al ambiente, en contacto con los rayos UV. Los tipos de recubrimientos que se recomiendan para este tipo de servicio deberán cumplir con las siguientes características:

**Tabla N°33: Estructuras con exposición a rayos UV-Ambiente**

| SISTEMA 1: Estructuras con exposición a rayos UV-Ambiente Tipo C3/C4<br>(expectativa de vida 5 años) |  |             |
|--|--|-------------|
| N° Capa  | Tipo de Recubrimiento  | EPS (mills) |
| 1era   | Epoxico poliamida amina de altos solidos (72%)   | 8.0         |
| 2da  | Poliuretano alifáticos de altos solidos (65%), buena resistencia a la abrasión (ASTM D 4060) | 2.0         |
| <b>TOTAL</b>   |  | 10.0        |

• **SISTEMA INTERIOR DE TANQUES:**

Interiores de tanques que contendrán tres tipos de agua:

- Agua Potable
- Aguas Residuales Industriales (PH: 2 -12).
- Agua Residual Domestica (PH: 7 – 8.5)

**Tabla N°34: Recubrimiento Interior de Tanques**

| SISTEMA 2: Interior de tanques de almacenamiento de agua residual industrial<br>(Expectativa de vida de 3 a 5 años) |   |             |
|---|---|-------------|
| N° Capa   | Tipo de Recubrimiento                     | EPS (mills) |
| 1era  | Epoxico fenólico novolaca 100% de solidos | 8.0         |
| 2da   | Epoxico fenólico novolaca 100% de solidos | 8.0         |
| <b>TOTAL</b>  |   | 16.0        |

**2.3.4. DEFINICION DE TÉRMINOS BÁSICOS**

- **EPS:** Espesor de Película Seca.
- **EPH:** Espesor de Película húmeda.

- **FRANJEADO (STRIPE COAT):** Pintura aplicada únicamente a los filos, bordes o a los cordones de soldadura en las estructuras de acero antes de aplicar la capa de acabado.
- **BLASTING:** Limpieza con chorro de abrasivos a presión.
- **ADSORCIÓN:** Fenómeno fisicoquímico que consiste en la fijación de sustancias gaseosas, líquidas o moléculas libres disueltas en la superficie de un sólido
- **ABSORCIÓN:** Fijación y concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión.
- **ACIDEZ:** La capacidad de una solución acuosa para reaccionar con los iones hidroxilo hasta un pH de neutralización.
- **ACUÍFERO:** Formación geológica de material poroso capaz de almacenar una apreciable cantidad de agua.
- **ACERACIÓN:** Proceso de transferencia de oxígeno del aire por medios naturales (flujo natural, cascada, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido)
- **AERACIÓN:** proceso de transferencia de oxígeno del aire al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido).
- **ADENSADO (ESPESADO):** tratamiento para remover líquido de los lodos y reducir su volumen.
- **AFLUENTE:** Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento.

- **AGUA RESIDUAL:** Agua que no tiene un valor inmediato para algún propósito por el que se produjo, debido a su calidad y cantidad en el momento en que se dispone de ella y se conocen dos tipos: domésticos e industriales.
- **AGUA RESIDUAL DOMESTICA:** agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.
- **AGUA RESIDUAL MUNICIPAL:** son aguas residuales domésticas. Se puede incluir bajo esta definición a la mezcla de aguas residuales domesticas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial, siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.
- **AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL:** son las aguas que han sido utilizadas en procesos industriales y que han recibido sub producto contaminante como efecto de ese uso.
- **ANAERÓBICO:** el examen de una sustancia para identificar sus componentes.
- **BACTERIAS:** Grupo de organismo microscópicos unicelulares, con cromosomas bacteriano único, división binaria y que interviene en los procesos de estabilización de la materia orgánica.
- **BASE DE DISEÑO:** conjunto de datos para las condiciones finales e intermedias del diseño que sirven para el dimensionamiento de los procesos de tratamiento. Los datos generalmente incluyen: poblaciones caudales, concentraciones y aportes per cápita de las aguas residuales. Los parámetros

que usualmente determinan las base del diseño son DBO, sólidos en suspensión, coniformes fecales y nutrientes.

- **BIODEGRADACIÓN:** Transformación de la materia orgánica en compuesto menos complejos, por la acción de microorganismos.
- **CARGA DE DISEÑO:** Relación entre el caudal y concentración de un parámetro específico que se usa para dimensionar un proceso del tratamiento.

### **III. HIPOTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1 Hipótesis General e Hipótesis Específicas**

##### **3.1.1. Hipótesis General**

Diseñar una planta de tratamiento de agua residual de mina para cubrir la demanda de 60 Lps para ser destinados al riesgo de cultivos y bebederos de animales.

##### **3.1.2. Hipótesis Específicas**

**H1:** si se diseña un sistema de tratamiento de agua con equipos modernos de alta eficiencia que nos permitirán lograr reducir los elementos contaminantes del agua y mejorar la calidad del agua la que pueda ser útil para el bebedero de animales así como para el riego de cultivo y pueda verter a los ríos sin contaminación.

**H2:** Selección del equipo de bombeo de alta potencia para trasvasar el agua de mina hasta la planta de tratamiento.

**H3:** Selección de un filtro de lodos con la suficiente capacidad de procesar la cantidad de lodos que se generen en los procesos previos antes de llegar al filtro prensa. Y poder aprovecharlos en la extracción para después tratarlos y utilizarlos como fertilizante.

### 3.2. Definición Conceptual de Variable

#### 3.2.1 Variables de la Investigación

**Variable Independiente (V.I.)** es el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales de mina en la región de puno

**Variables Dependientes (V.D.)** Disminución de los elementos contaminantes de las aguas residuales de la mina Regina.

#### 3.2.2. Operacionalizacion de variables

**Tabla N°37: Operacionalizacion de Variables**

| OPERACIONALIZACION DE VARIABLES                                 |  |   |
|---|--|---|
| Variable  | Dimensión  | Indicadores   |
| Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales de mina | Control en línea de pH en la neutralización<br>Control de línea OD (oxígeno disuelto), ORP y pH en la oxidación<br>Recirculación de lodos de pre-sedimentado al tanque de neutralización<br>Control en línea de manto de lodos en el pre-sedimentador<br>Control en línea de manto de lodos en los decantadores. | Volumen de carga<br>Tipo de sedimentos<br>Caudal de agua a tratar |
| Disminuir los elementos contaminantes del agua                  | TECNICAS DE TRATAMIENTO DE AGUA  | Producto Balance de pH  |

## **IV. DISEÑO METODOLOGICO**

### **4.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación es experimental propiamente dicho y el diseño del estudio es descriptivo simple (caracterización de la materia prima, el proceso y los productos)

### **4.2. METODO DE INVESTIGACION**

Las técnicas o métodos utilizados en el presente proyecto han sido los instrumentos para acceder a la información, se utilizaron los siguientes métodos: Entrevistas con representantes de la parte técnica de empresas que se especializan en planta de tratamientos de agua así como la recopilación de información por intermedio de tesis, libros de diverso autores.

### **4.3. POBLACION Y MUESTRA.**

#### **• POBLACION**

La población está constituida por todas las aguas acidas producidas por los drenajes de aguas acidas producidas por la explotación minera y los drenajes de ácidos de rocas.

#### **• MUESTRA**

El Agua acida extraída en los afluentes que están alrededor de la mina fueron llevadas al laboratorio tienen bajo pH y elevado contenido en sulfatos y metales y para simplificar se adopta solamente con aquellos elementos que resultan problemático (Fe, Cu), las concentraciones para el agua son las siguientes:

**Tabla N° 38: Valores de la Muestra**

| PH   | Eh (mV) | Sulfatos (mg/l) | STS (mg/l) | Fe (mg/l) | Cu (mg/l) |
|------|---------|-----------------|------------|-----------|-----------|
| 2.44 | 780     | 2234            | 1015       | 174.72    | 12.25     |



#### **4.4. LUGAR DE ESTUDIO Y PERIODO DESARROLLADO**

##### **LUGAR DE ESTUDIO**

El lugar d estudio es la mina Regina que se encuentra ubicada en el paraje choquene que políticamente pertenece al distrito de quilcapunco, provincia de San Antonio de Putina, departamento de puno, a una altura entre los 4600 y 5000 m.s.n.m.

El terreno donde se proyecta construir la PTARM, está ubicada en la zona donde se encuentra la laguna choquene y el relave minero.

##### **PERIODO DESARROLLADO**

El periodo empleado para el desarrollo y levantamiento de informacion fue de dos años consecutivos (2017-2019).

#### **4.5. TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos para la presente investigación son un conjunto de mecanismos, medios y sistemas de dirigir, recolectar, conservar, reelaborar y transmitir los datos recogidos que han hecho posible la obtención y archivo de la información requerida para la investigación. Las principales fuentes de recopilación de información son de la empresa encargada de la implementación de la planta de tratamiento.

#### **4.6. ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS**

Es una técnica para analizar y estudiar sistemas complejos. Una definición más formal formulada por Shannon R.E. [53] es: “la simulación es el proceso de la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas

estrategias-dentro de los límites impuestos por un cierto o un conjunto de ello-el funcionamiento del sistema”

## V. RESULTADOS

### 5.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS

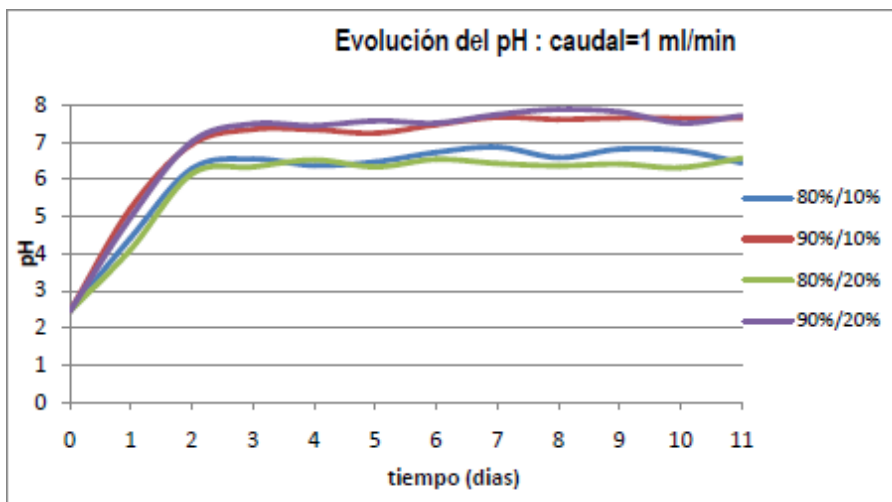
#### Variación del PH

El pH es la propiedad muy importante para la determinación de la calidad del agua, el tiempo en días está referido a la fecha de inicio del experimento, es decir, al tiempo que lleva en funcionamiento el sistema experimental.

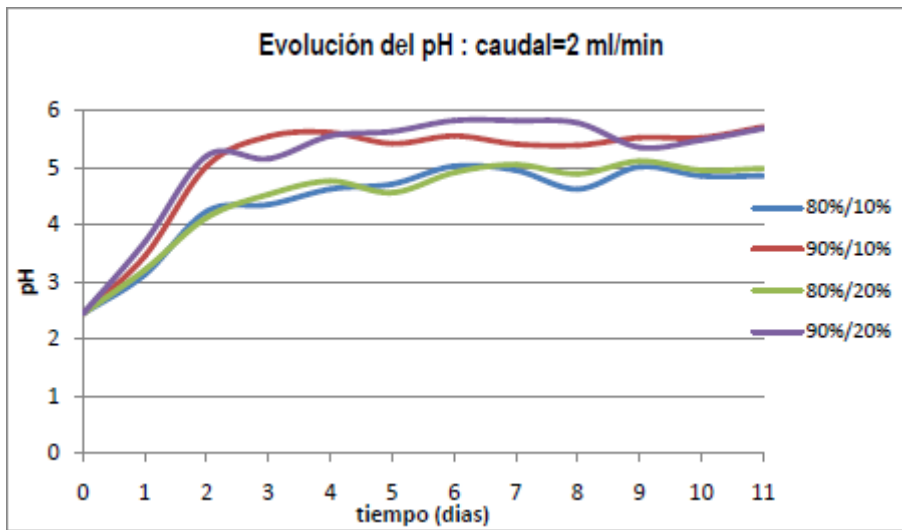
En los gráficos N° ( ) y ( ) se recogen todas las lecturas obtenidas a la salida del proceso de tratamiento y los datos se observan en la tabla (+++) cabe indicar que el promedio para cada caso, se obtuvo en base a los 8 últimos datos recogidos, considerando que los primeros días el sistema aún no se encontraba estabilizado.

Donde el pH a la entrada fue de 2,44 (agua ácida), mediante un flujo continuo en sentido descendente y en un promedio de dos días alcanza la estabilidad y se obtiene un valor promedio de pH 7.54 cuando el caudal es 1 ml/min

Gráfico N°6: Evolución del pH

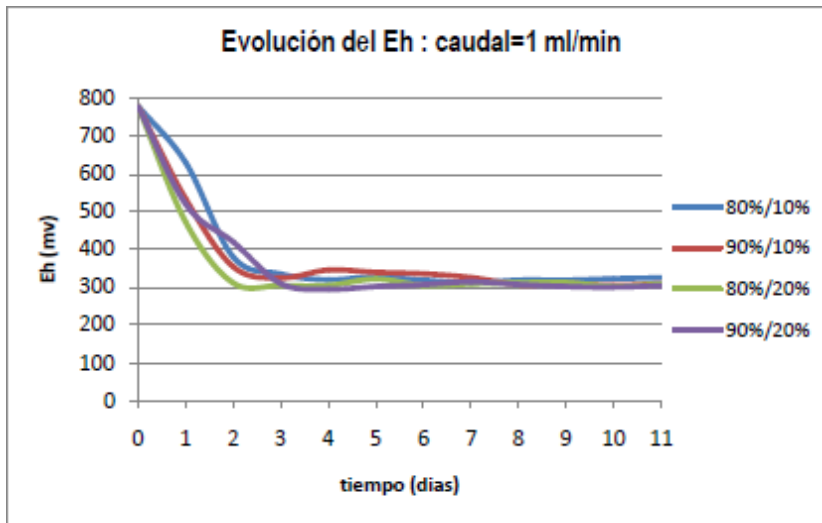


### Grafico N°7: Evolucion del pH

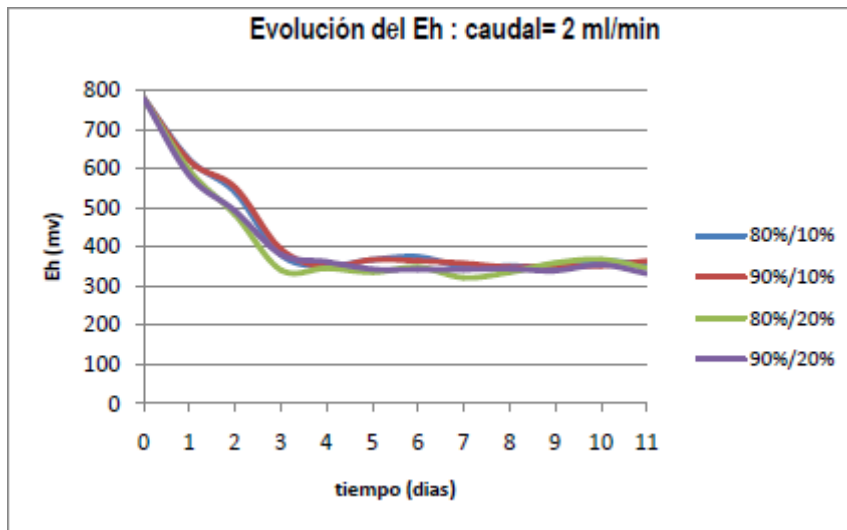


Durante el tratamiento realizado para determinar la evolución del pH también se midió la actividad de los elementos o potencial redox (Eh) en el agua tratada cuya evolución se puede ver en los graficos correspondientes los resultados obtenidos se muestran en el siguiente grafico

### Grafico N°8: Evolucion del Eh

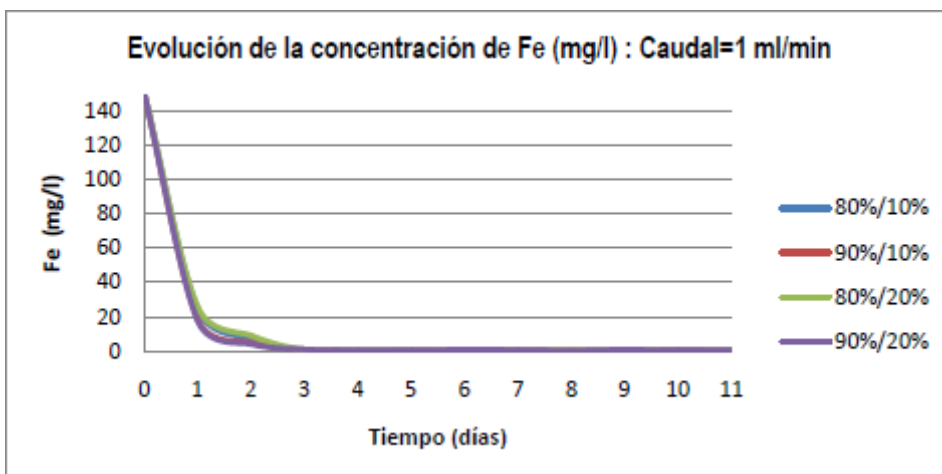


**Grafico N°10 Evolucion del Eh**



También la variación del Hierro (Fe) se muestran los resultados (Anexo 5) de los análisis realizados de la concentración del hierro durante el proceso de tratamiento del agua acida, como podemos observar para las diferentes alternativas del tratamiento luego de dos días, los valores que presenta están por debajo de la unidad generándose un precipitado de color anaranjado.

**GRAFICO N°10: Evolucion de la concentración de Fe (mg/l)**



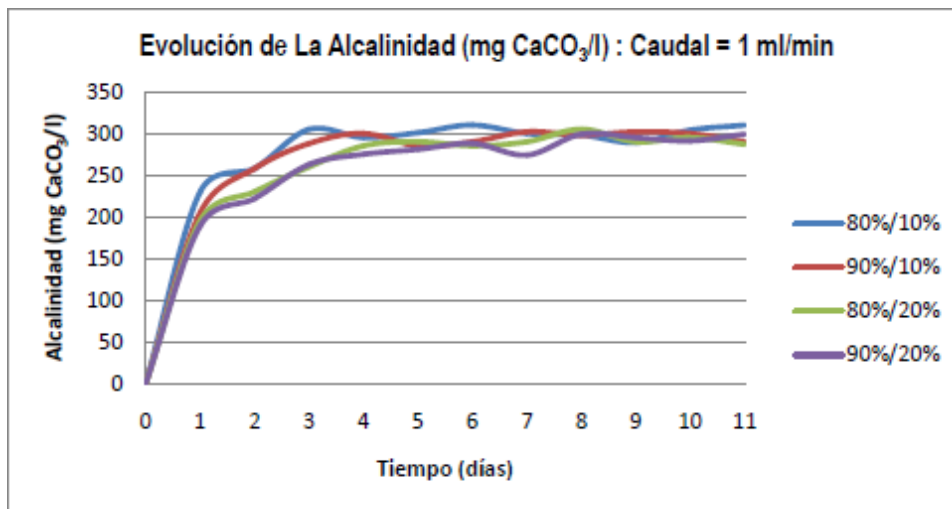
Dentro de los parámetros representativos la Alcalinidad es la capacidad para amortiguar los cambios de pH esta capacidad viene determinar por los equilibrios químicos del sistema carbonato-bicarbonato.

La alcalinidad del agua procede del bicarbonato de calcio y su evolución queda reflejada en la figura N° (10).

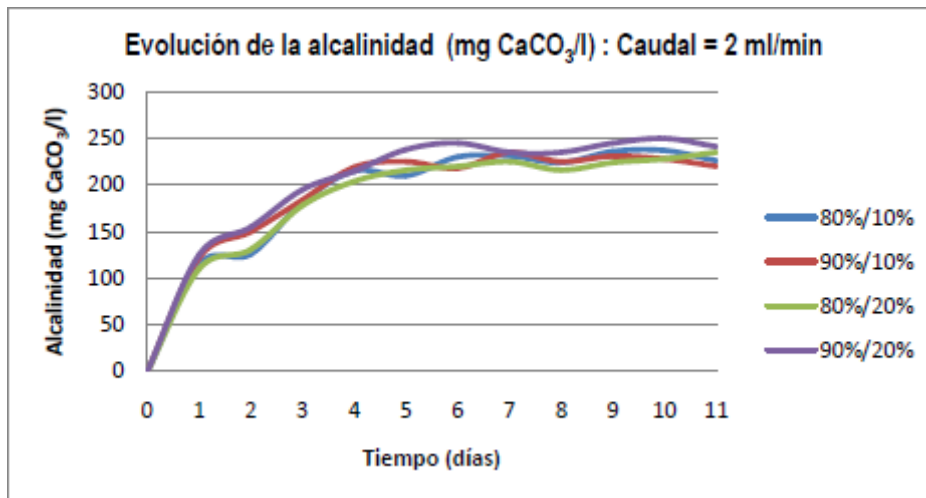
La muestra a tratar tiene alcalinidad cero ya que el valor del pH es de 2,44 y muy ácido, cuando esta agua ingresa al sistema de tratamiento observamos que alcanza valores de alcalinidad de hasta 310 mg CaCO<sub>3</sub>/l y se estabiliza en un promedio de 295 de CaCO<sub>3</sub>/l con 90% de travertino, 10% de compost para un caudal de 1ml/min.

Cuanto mayor tiempo este el agua en contacto con el material travertino mayor será la alcalinidad adoptada, esto nos muestra la influencia positiva que tiene el travertino en cuanto a la alcalinidad.

#### **GRAFICO N°11: Evolucion de la Alcalinidad (mg CaCO<sub>3</sub>/l)**

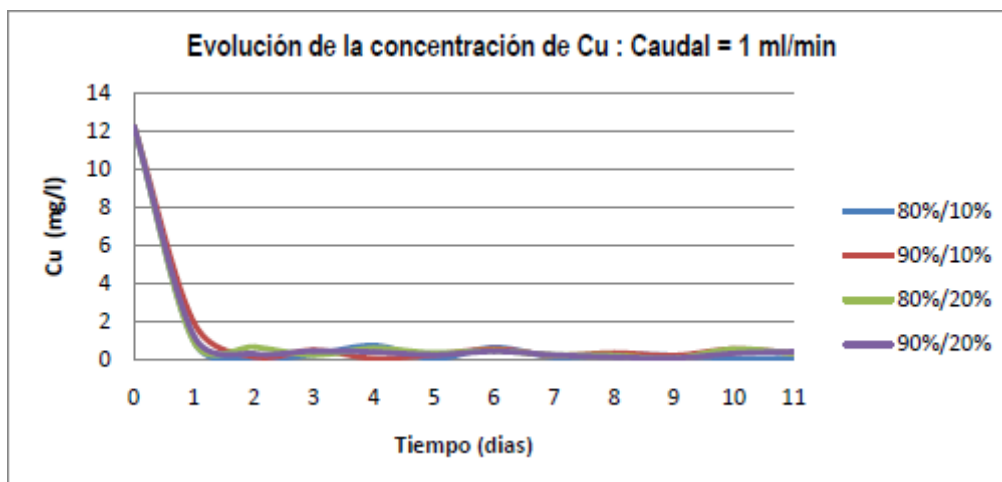


## GRAFICO N°12: Evolucion de la Alcalinidad

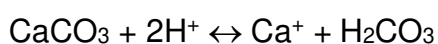


Se muestra los resultados de los análisis realizados de la concentración de Cu como podemos observar para las diferentes alternativas en un tratamiento luego de un día, los valores que presentan están por debajo de la unidad.

## Grafica N°13: Evolucion de la concentración de Cu



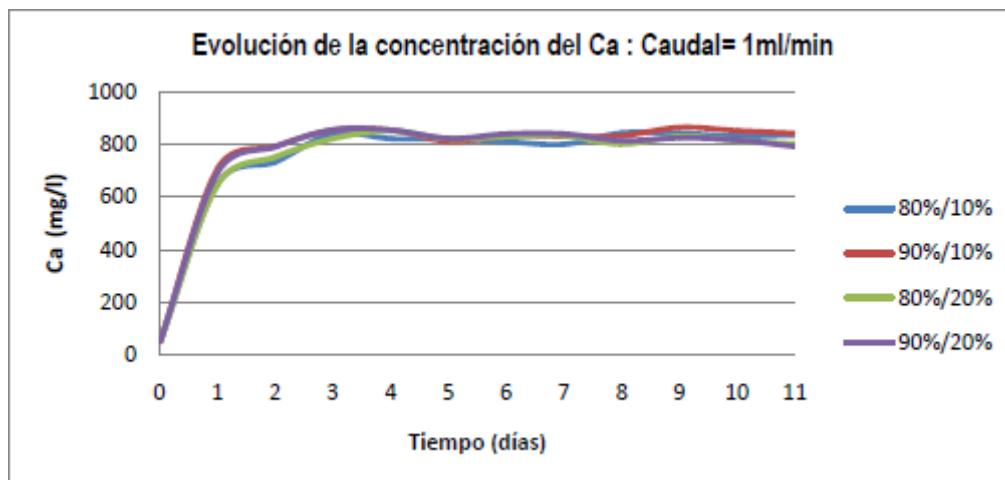
La disolución del travertino conduce a un incremento de la alcalinidad, de la concentración de calcio y del pH, la disolución de la calcita sigue la reacción:



En el gráfico N° 14 se observa que el Ca observando esta por encima de los 800 mg/l, esto demuestra una disolución efectiva del travertino aumentado el pH y la

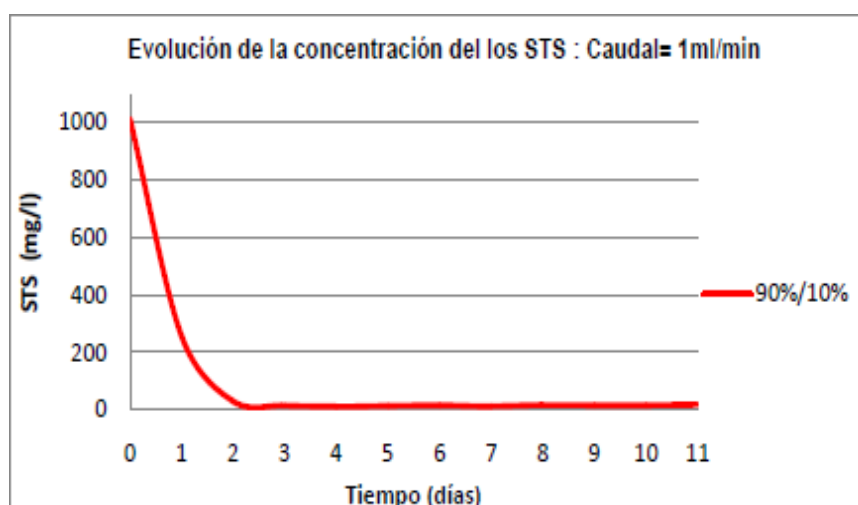
[Ca<sup>2+</sup>] del agua acida. En la grafica (14) se puede observar la evolución de la concentración del calcio en función del tiempo, se observa una tendencia clara de los valores obtenidos hacia 800 mg/l.

**GRAFICA 14: Evolucion de la concentración del Ca**



El termino solidos totales en suspensión STS hace alusión a materia suspendida en el medio acuoso, realizado las mediciones correspondientes se determino como promedio de 15 mg/l la cantidad de solidos totales en suspensión, cuando el proceso de tratamiento de agua para un caudal de 1 ml/min,

**Grafica N° 15: Evolucion de la concentración de los STS**





## 5.2. RESULTADOS INFERENCIALES

### CALCULO DE EFECTOS SOBRE EL PH DEL AGUA ACIDA

Calculo de los efectos del caudal sobre el pH del agua acida.

A= Aceites y Grasas (%)

B= Coliformes Totales (%)

C= Caudal de agua acida (ml/min)

Numero de experimentos = 8

Numero de replicas = 5

**Tabla N°39: Valores del Dominio Experimental**

| Factores | Dominio experimental |           |
|----------|----------------------|-----------|
|          | Nivel (-)            | Nivel (+) |
| A (%)    | 80                   | 90        |
| B (%)    | 10                   | 20        |
| C (%)    | 1                    | 2         |

**Tabla N°40: Tabla de Variacion de pH**

| Corridas | Factores codificados |    |    | Variación del pH del agua acida |           |           |           |           | Y <sub>1</sub> acumulado |
|----------|----------------------|----|----|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|
|          | A                    | B  | C  | Replica 1                       | Replica 2 | Replica 3 | Replica 4 | Replica 5 |                          |
| 1        | -1                   | -1 | -1 | 6,78                            | 6,85      | 6,72      | 6,72      | 6,44      | 33.51                    |
| 2        | +1                   | +1 | -1 | 7,48                            | 7,68      | 7,69      | 7,66      | 7,69      | 38.2                     |
| 3        | -1                   | +1 | -1 | 6,34                            | 6,41      | 6,30      | 6,32      | 6,58      | 31.95                    |
| 4        | +1                   | +1 | -1 | 7,65                            | 7,68      | 7,56      | 7,55      | 7,74      | 38.18                    |
| 5        | -1                   | -1 | +1 | 4,92                            | 4,60      | 4,88      | 4,82      | 4,86      | 24.08                    |
| 6        | +1                   | -1 | +1 | 5,39                            | 5,25      | 5,58      | 5,58      | 5,78      | 27.58                    |
| 7        | -1                   | +1 | +1 | 5,00                            | 4,78      | 4,92      | 4,97      | 4,92      | 24.59                    |
| 8        | +1                   | +1 | +1 | 5,78                            | 5,67      | 5,31      | 5,45      | 5,61      | 27.82                    |

245.91

**Tabla 41: Signos algebraicos para calcular los efectos del diseño 2**

| Combinación de tratamientos | Efecto factorial |    |    |    |    |    |    |     | Contraste | Estimación del efecto $Y_1$ |
|-----------------------------|------------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----------|-----------------------------|
|                             | I                | A  | B  | AB | C  | AC | BC | ABC |           |                             |
| (1)                         | 1                | -1 | -1 | +1 | -1 | +1 | +1 | -1  |           |                             |
| a                           | 1                | +1 | -1 | -1 | -1 | -1 | +1 | +1  | 17,66     | 0,883                       |
| b                           | 1                | -1 | +1 | -1 | -1 | +1 | -1 | +1  | -0,83     | -0,0415                     |
| ab                          | 1                | +1 | +1 | +1 | -1 | -1 | -1 | -1  | 1,27      | 0,0635                      |
| c                           | 1                | -1 | -1 | +1 | +1 | -1 | -1 | +1  | -37,77    | -1,8885                     |
| ac                          | 1                | +1 | -1 | -1 | +1 | +1 | -1 | -1  | -4,19     | -0,2095                     |
| bc                          | 1                | -1 | +1 | -1 | +1 | -1 | +1 | -1  | 2,33      | 0,1165                      |
| abc                         | 1                | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1  | -1,81     | -0,0905                     |

**Calculo del efecto promedio de A en base a las ecuaciones:**

$$A = \frac{1}{4n} [a - (1) + ab - b + ac - c + abc - bc]$$

$$A = \frac{1}{4(5)} [38.2 - 33.5 + 38.18 - 31.95 + 27.58 - 24.08 + 27.82 - 24.59]$$

$$A = \frac{1}{4(5)} [17.66]$$

$$A = 0.883$$

**Calculo de la suma de cuadrados del efecto A**

$$SS_A = \frac{(\text{contraste})^2}{8n}$$

$$SS_A = \frac{(17,66)^2}{8(5)}$$

$$SS_A = 7.79$$

**Tabla N°42: Resumen de la estimación de los efectos**

| Factor     | Estimación del efecto | Suma de cuadrados | Contribución porcentual |
|------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|
| A          | 0,883                 | 7.7880625         | 17.3964                 |
| B          | -0.0415               | 0.0172225         | 0.03847                 |
| C          | 0,0635                | 35.6643225        | 79.6647                 |
| AB         | -1,8885               | 0.0403225         | 0.09007                 |
| AC         | -0,2095               | 0.4389025         | 0.98039                 |
| BC         | 0,1165                | 0.1357225         | 0.30316                 |
| ABC        | -0,0905               | 0.0819025         | 0.18294                 |
| Error puro |                       | 0.602             | 1.34471                 |
| Total      |                       | 44.768            | 100,00                  |

**Suma de cuadrado total**

$$SS_T = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y^2}{8n}$$

$$SS_T = 1556,5617 - \frac{245.91^2}{8 * 5}$$

$$SS_T = 44.768$$

Calculo de la suma de cuadrados del error

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} - SS_{ABC}$$

$$SS_E = 44.768 - 7.788 - 0.0172 - 35.664 - 0.04 - 0.439 - 0.136 - 0.082$$

$$SS_E = 0.602$$

**Tabla N°43: Analisis de varianza para el pH**

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grado de libertad | Cuadrado Medio (varianza) | Fo F experimental |
|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| A                   | 7.78802           | 1                 | 7.78802                   |                   |
| B                   | 0.0172225         | 1                 | 0.0172225                 |                   |
| C                   | 35.6643225        | 1                 | 35.6643225                |                   |
| AB                  | 0.0403225         | 1                 | 0.0403225                 |                   |
| AC                  | 0.4389025         | 1                 | 0.4389025                 |                   |
| BC                  | 0.1357225         | 1                 | 0.1357225                 |                   |
| ABC                 | 0.0189025         | 1                 | 0.0189025                 |                   |
| Error               | 0.602             | 32                | 0.0188125                 |                   |
| Total               | 44.7684575        | 39                |                           |                   |

### SIGNIFICANCIA DE LOS EFECTOS O INTERACCIONES

Un defecto o interaccion es significativa si se cumple la siguiente relación:

$$F_0 > F_{af_1f_2}$$

$f_1$  = Grados de libertad de los efectos e interacciones, generalmente igual a 1

en los diseños factoriales a dos niveles

$f_2$  = Grados de libertad de la suma de cuadrados del error

$F_{af_1f_2}$  = Lo que se denomina F de tablas

$a$  = Es el nivel de confiabilidad o significancia (generalmente 0,01 o 0,05)

Haciendo uso de la tabla de distribución F de Fisher para valores de  $F_{0,01}$

El valor de F para  $\alpha = 0,001$ ,  $f_1 = 1$  y  $f_2 = 32$  es 4,152 (Anexo N° \*\*\*)

Luego podemos afirmar que para un nivel de confianza del 95% se incluyen como significativos las interacciones porcentajes de aceites y grasas y caudal de aguas acidas (BC) además de la interaccion de los 3 factores porcentajes de travertino, porcentaje de coliformes totales y caudal de agua acida (ABC).

## Modelo de regresión para predecir el comportamiento del pH del agua acida

$$\hat{y} = \hat{Q}_0 + \hat{Q}_1 x_1 + \hat{Q}_2 x_2 + \hat{Q}_3 x_3 + \hat{Q}_{12} x_1 x_2$$

Los coeficientes de regresión lineal se determinan a partir de los efectos puros:

$$\hat{Q}_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{N * r} \quad \hat{Q}_1 = \frac{E_A}{2} \quad \hat{Q}_2 = \frac{E_B}{2} \quad \hat{Q}_3 = \frac{E_C}{2} \quad \hat{Q}_{12} = \frac{E_{AB}}{2}$$

Donde

$E_A, E_B, E_C, E_{AB}$  = Efectos debido al aceite y grasas, los coliformes totales, tiempo.

$N$  = Numero de experimentos

$r$  = Numero de replicas

$x_1, x_2, x_3$  representa A, B y C respectivamente

$x_1, x_2$  es la interaccion AB

$$\hat{Q}_0 = \frac{247,50}{8 * 5} \quad \hat{Q}_1 = \frac{0,887}{2} \quad \hat{Q}_2 = \frac{0,105}{2} \quad \hat{Q}_3 = \frac{-1,883}{2} \quad \hat{Q}_{12} = \frac{0,085}{2}$$

Y en consecuencia la ecuación de regresión de comportamiento del pH puede expresarse como sigue:

$$\hat{y} = 6,19 + 0,44x_1 + 0,01x_2 - 0,94x_3 + 0,04x_1x_2$$

Tomando los valores para  $x_1$  (nivel alto),  $x_2 = -1$  (nivel bajo) y  $x_3 = -1$

$$Y = 6,19 + 0,44*(1) + 0,01*(-1) - 0,94*(-1) + 0,04*(1)*(-1)$$

$$Y = 7,52 \text{ o } \text{pH} = 7,52$$

Probando la hipótesis:

Hipotesis nula:  $H_0: Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_{12} = Q_{13} = Q_{23} = Q_{123} = 0$

Hipotesis alterna :  $H_1: \text{al menos una } \beta \neq 0$

Se rechaza  $H_0$  si el F experimental  $> 7,51$

De acuerdo a los resultados se concluirá que al menos una de las variables un efecto diferente de cero. Entonce se prueba la significancia de cada efecto factorial individual.

**CALCULOS CON EL SOFTWARE ESTADISTICO MINITAB PARA LA CONSTRUCCION DE LOS GRAFICOS**

**AJUSTE FACTORIAL: Ph vs ACEITES Y GRASA, COLIFORMES TOTALES, CAUDAL**

**Diseño factorial completo:**

|              |                  |      |
|--------------|------------------|------|
| Factores: 3  | Diseño Base      | 3; 8 |
| Corridas: 40 | Replicas         | 5    |
| Bloques: 1   | Puntos centrales | 0    |

**Tabla N°44: Efectos y coeficientes estimados para pH (unidades codificadas)**

| Termino                  | Efecto  | Coef    |
|--------------------------|---------|---------|
| Constante                |         | 6,1875  |
| Grasas y Aceites         | 0,8870  | 0,4435  |
| Coliformes               | 0,0150  | 0,0075  |
| Caudal                   | -1,8830 | -0,9415 |
| Grasas*Coliformes        | 0,0850  | 0,0425  |
| Grasas*Caudal            | -0,2470 | -0,1235 |
| Coliformes*Caudal        | 0,1110  | 0,0555  |
| Grasas*Coliformes*Caudal | -0,0990 | -0,0495 |

S=0,134995 PRESS = 0,911187

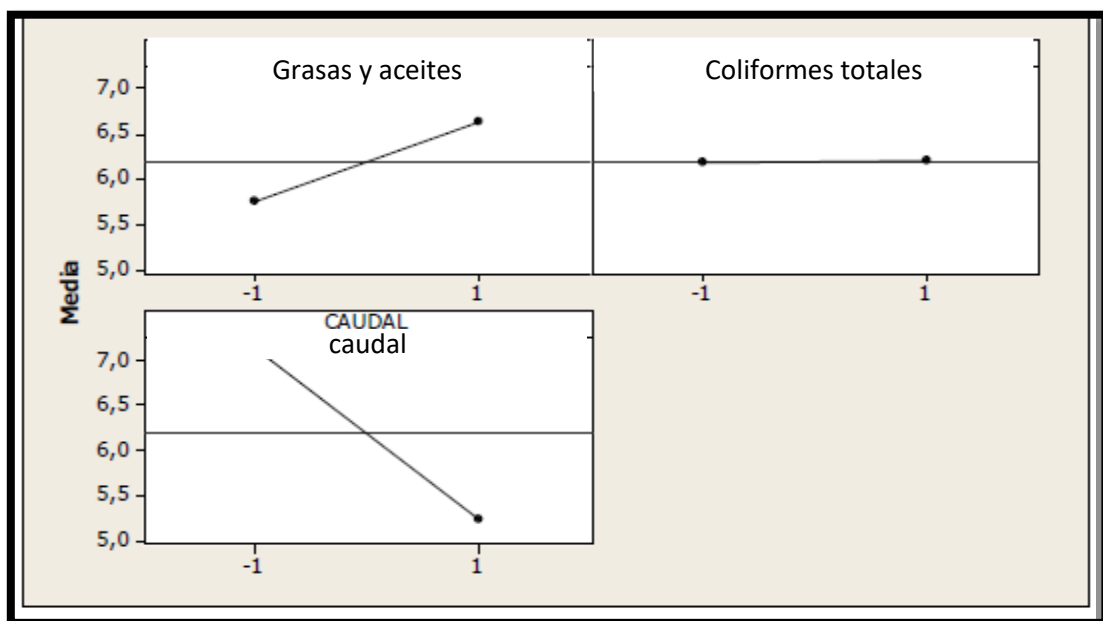
R-cuad. = 98,70% R-cuad. (pred) = 97,97% R-cuad.(ajustado)=98,41%

Analisis de varianza para pH (unidades codificadas)

|        |    |        |          |   |
|--------|----|--------|----------|---|
| Fuente | GL | SC sec | MC ajust | F |
|--------|----|--------|----------|---|

|                           |     |         |         |        |
|---------------------------|-----|---------|---------|--------|
| Efectos principales       | 3   | 43,3268 | 14,4423 | 792,50 |
| Interacciones de factores | 2 3 | 0,8055  | 0,2685  | 14,73  |
| Interaccion de factor     | 3 1 | 0,0980  | 0,0980  | 5,38   |
| Error residual            | 32  | 0,5832  | 0,0182  |        |
| Error puro                | 32  | 0,5832  | 0,0182  |        |
| Total                     | 39  | 44,8135 |         |        |

**Gráfica N°45: Efectos principales para pH**



**OTRO TIPO DE RESULTADOS ESTADÍSTICOS, DE ACUERDO A LA NATURALEZA DEL PROBLEMA Y LA HIPÓTESIS**

## VI. DISCUSION DE RESULTADOS

### 6.1. CONTRASTACION Y DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS

- **HIPÓTESIS GENERAL**

“Diseñar una planta de tratamiento de agua residual de mina para cubrir la demanda de 60 Lps para ser destinados al riesgo de cultivos y bebederos de animales.”

Para sustenta esta hipótesis se analizara los valores de inicio del agua acida frente a los valores obtenidos luego del tratamiento. Con los limites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades mineras establecidos en el D.S. N° 010-2010-MINAM.

**Tabla N° 46: Resultados del análisis de la muestra de agua acida:**

| pH   | Eh (mV) | STS (mg/L) | Fe (mg/L) | Cu (mg/L) |
|------|---------|------------|-----------|-----------|
| 2,44 | 780     | 1015       | 174,72    | 12,25     |

**Tabla N°47: Resultados del agua acida luego de ser sometido a un tratamiento anaeróbico bajo un caudal de 1 ml/min.**

| pH   | Eh (mV) | STS (mg/L) | Fe (mg/L) | Cu (mg/L) |
|------|---------|------------|-----------|-----------|
| 7,54 | 323     | 15         | 0,62      | 0,28      |



**Tabla N°47: D.S.N° 010-2010-MINAM PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LIQUIDOS DE ACTIVIDADES MINERO-METALURGICAS**

| <b>Parametro</b>              | <b>Unidad</b> | <b>Limite cualquier momento</b> | <b>de</b> | <b>Limite para el promedio anual</b> |
|-------------------------------|---------------|---------------------------------|-----------|--------------------------------------|
| pH                            |               | 6-9                             |           | 6-9                                  |
| Solidos totales en suspensión | mg/L          | 50                              |           | 25                                   |
| Aceites y Grasas              | mg/L          | 20                              |           | 16                                   |
| Cianuro total                 | mg/L          | 1                               |           | 0,8                                  |
| Arsenico Total                | mg/L          | 0,1                             |           | 0,08                                 |
| Cadmio total                  | mg/L          | 0,05                            |           | 0,04                                 |
| Cromo hexavalente             | mg/L          | 0,1                             |           | 0,08                                 |
| Cobre total                   | mg/L          | 0,5                             |           | 0,4                                  |
| Hierro (Disuelto)             | mg/L          | 2                               |           | 1,6                                  |
| Plomo total                   | mg/L          | 0,2                             |           | 0,0016                               |
| Mercurio total                | mg/L          | 0,002                           |           | 1,2                                  |
| Zinc Total                    | mg/L          | 1,5                             |           | 1,2                                  |

Se concluirá que mediante el tratamiento propuesto se logra valores que están dentro de los rangos establecidos en el D.S. N° 010-2010\_MINAM, con lo que se prueba la hipótesis general.

• **HIPOTESIS ESPECIFICA 1**

“si se diseña un sistema de tratamiento de agua con equipos modernos de alta eficiencia que nos permitirán lograr reducir los elementos contaminantes del agua y mejorar la calidad del agua la que pueda ser útil para el bebedero de animales así como para el riego de cultivo y pueda verter a los ríos sin contaminación.”

Mediante la planta de tratamiento de agua propuesto que es un tratamiento anaeróbico de las aguas acidas para un caudal de 60 LPS. Lo cual se ha logrado reducir los valores de pH, Eh, las concentraciones de hierro, concentración de cobre y la concentración de CaCO<sub>3</sub> obteniendose los siguientes valores:

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| pH                                 | 7,54       |
| Eh                                 | 323 mV     |
| Concentracion de Hierro            | 0,63 mg/l  |
| Concentración de cobre             | 0,28 mg/l  |
| Concentración de CaCO <sub>3</sub> | 295,9 mg/l |

- **HIPOTESIS ESPECIFICA 2**

“Selección del equipo de bombeo de alta potencia para trasvasar el agua de mina hasta la planta de tratamiento.”

Los equipos que se han seleccionado para el sistema de tratamiento que es un sistema de lodos activados. Además de considerar la calidad de los afluentes y efluentes así como el del tipo de agua que se necesita producir para que cumplan con lo indicado en D.S. N° 010-2010-MINAM, con lo que se prueba la hipótesis general.

- **HIPOTESIS ESPECIFICA 3**

“Selección de un filtro de lodos con la suficiente capacidad de procesar la cantidad de lodos que se generen en los procesos previos antes de llegar al filtro prensa. Y poder aprovecharlos en la extracción para después tratarlos y utilizarlos como fertilizante.”

Considerando las eficiencia de cada proceso de tratamiento, así como las ventajas y desventajas, consideramos que el sistema de lodos activados es una buena alternativa para lograr los objetivos del presente estudio. “El proceso de lodos activados es muy flexible y se puede adaptar casi a la totalidad de los problemas biológicos de aguas residuales”

Además que según el diagnostico realizado la mina cuenta con el área necesaria para ser tratadas estas aguas residuales, siendo así necesario cambiar esta

tecnología con una que cumpla satisfactoriamente las necesidades de esta población que se encuentra en gran desarrollo poblacional.

El esquema que presentamos es ideal para obtener el agua clarificada para uso, además de bajar el grado de contaminación que tienen las actuales PTAR de estas poblaciones.

## **6.2. CONTRASTACION DE LOS RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES.**

### **PARAMETROS DE COMPARACION**

Esta se sustenta en base a dos características principales:

- Funcionamiento: Reflejada en la eficiencia remocional

### **DESARROLLO DE LA INVESTIGACION**

A continuación se describen las plantas de tratamiento de aguas residuales nombrada para el diagnostico situacional de la investigación. Existen en el departamento de Puno existen 4 PTAR además de instalaciones asociadas según contrato de concesión, serán transferidas al concesionario previo cumplimiento de niveles de servicio

- ✓ **PTAR AZANGARO (48.38 LPS)**
- ✓ **PTAR HUANCANE (14.40 LPS)**
- ✓ **PTAR LAMPA (5.98 LPS)**
- ✓ **PTAR YUNGUYO (28.00 LPS)**

## NIVELES DE SERVICIO

**Tabla N° 49: Indicadores mínimos del nivel del servicio (calidad del efluente tratado). Parametro en las instalaciones existentes**

| <b>PARAMETROS</b>                    | <b>UND</b> | <b>AZANGARO</b> | <b>YUNGUYO</b> | <b>HUANCANE</b> | <b>LAMP<br/>A</b> |
|--------------------------------------|------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------------|
| Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5) | mg/l       | 100             | 100            | 100             | 100               |
| Demanda química de oxígeno (DQO)     | mg/l       | 200             | 200            | 200             | 200               |
| Sólidos suspendidos totales (SST)    | mg/l       | 150             | 150            | 150             | 150               |
| Coliformes Termotolerantes           | NMP/100 ml | 10000           | 10000          | 10000           | 10000             |
| Aceites y Grasas                     | mg/l       | 20              | 20             | 20              | 20                |
| Potencial de hidrogeno (PH)          | mg/l       | 6.5-8,5         | 6.5-8.5        | 6.5-8.5         | 6.5-8.5           |
| Temperatura (T°)                     | °C         | <35             | <35            | <35             | <35               |

**Tabla N° 50: Parámetro en la PTAR Propuesta**

| <b>Parametros</b>                    | <b>UND</b> | <b>PTAR REGINA</b> |
|--------------------------------------|------------|--------------------|
| Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5) | mg/l       | 25                 |
| Demanda química de oxígeno (DQO)     | mg/l       | 125                |
| Sólidos suspendidos totales (SST)    | mg/l       | 35                 |
| Nitrogeno Total                      | mg/l       | 10                 |
| Fosforo Total                        | mg/l       | 1                  |
| Coliformes Termotolerantes           | NMP/100 ml | 10000              |
| Aceites y Grasas                     | mg/l       | 5                  |
| Potencial de hidrogeno (PH)          | mg/l       | 6.5 – 8.5          |
| Temperatura (T°)                     | °C         | <35                |

## **VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1. Conclusiones**

- El tratamiento de aguas residuales en mayoría no cumplen los estándares medioambientales esto se debe porque no existe una política operación y mantenimiento por las entidades a su cargo ya que se pudo diagnosticar plantas inoperativas, donde las entidades a su cargo ya que se pudo diagnosticar planta inoperativas, donde las aguas residuales son vertidas en la laguna Choquene y que luego esas aguas se vierten a los ríos Quilcapuncu, Putina, Huatasani. Respecto a las plantas de tratamiento en funcionamiento no cumple con los estándares establecidos por la MINAM, y respecto a lodos activados convencional cumple con los parámetros físicos químicos y no con el bacteriológico, ya que adicionando un sistema desinfección (cloración) solucionaría este problema y así cumpliría en su totalidad con la eficiencia remocional establecidos en los LMP establecidos en el decreto supremo 003-2010-MINAM, el modelo propuesto es valido ya que cumple con los estándares de eficiencia.
- Se plantea una medida de mitigación ante los hallazgos encontrados en la carga contaminantes. Proponiendo una PTAR de nivel secundario para reducir la carga, considerando que esta influye negativamente a nivel ambiental, social y económico.
- Con base se identifica que el sistema propuesto para el tratamiento de aguas residuales alcanzara un 88.62% de eficiencia global de remoción de la carga contaminante. Porcentaje basado en el nivel de remoción de DBO.

- El análisis permitió verificar que la reutilización del afluente tratado es útil para sistemas de riego forestales, cultivos B-C y jardinería, los lodos como fertilizantes o material de relleno.
- El tratamiento de agua propuesto, logró reducir la concentración del hierro de 170 mg/l a un valor en promedio de 0,62 mg/l, valor que se encuentran dentro de los rangos establecidos en el D.S. N° 010-2010-MINAM para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas
- El tratamiento registró 295,9 mg CaCO<sub>3</sub>/l, lo cual es un parámetro de calidad de la alcalinidad, que va servir para amortiguar los cambios de pH que se produzcan en el futuro recorrido del agua.

## **7.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda una poza de decantación de los sólidos en suspensión antes de que el agua ácida sea sometida al proceso de tratamiento (pre-tratamiento). Se sugiere una poza post-tratamiento para evaluar el comportamiento del agua tratada.
- Se sugiere un estudio para el tratamiento de agua ácida mediante un sistema de adquisición de datos (PLC) para obtener la información a tiempo real.
- En ensayos posteriores convendría aumentar las dimensiones de la columna para poder trabajar con caudales mayores y poder corroborar los resultados obtenidos en este trabajo de investigación
- Se recomienda utilizar un sistema de tratamiento pasivo de aguas ácidas para las comunidades que cuenten con recursos económicos limitados, ya que este sistema de tratamiento implica un bajo costo para su construcción y mantenimiento.

- Realizar pruebas de infiltración y un análisis del nivel freático en la zona de ubicación para la construcción de la planta con la finalidad de determinar la velocidad en que el agua penetrara al suelo. Esto como medida preventiva en caso que exista alguna problemática técnica que genere de las aguas residuales y esto conlleve a la contaminación de un acuífero subterráneo.
- Realizar una caracterización física, química e hidráulica del suelo con la finalidad de obtener información de la composición del mismo, especialmente en la zona donde se llevara a cabo el proyecto, con el objetivo de reducir el riesgo de contaminación del suelo o del manto y así evitar el riesgo en la etapa de construcción de la planta.
- Complementar el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual, así como de las mediciones de caudal en época de estiaje para generar una información del ciclo de descarga en un año, con la finalidad de mejorar o acoplar el sistema propuesto si así fuese el caso.
- Generar información climatológica de la unidad minera ya que este no cuenta con datos de años anteriores, ni información actualizada y generar una base de datos para el momento de tomar decisiones acerca de las medidas de mitigación y como las variaciones climáticas actuales pueden llegar a modificar las alternativas propuestas y poder prever planes acerca de los fenómenos climáticos frecuentes.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

**ARCE JAUREGUI, L. F.** *Urbanización Sostenible: Descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales (Lima)*. Tesis para optar el título de ingeniero civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2013.

**ESPINOZA PAZ, R. E.** *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en San Juan de Miraflores, (Lima)*. Tesis Magistral para optar el grado de Master en Gestión y Auditoria Ambientales, Universidad de Piura, 2010

**LOPEZ HERNANDEZ, R.** *Planta de tratamiento de aguas residuales para uso en riego de parques y jardines en el distrito de la esperanza, provincia de Trujillo la Libertad, (La Libertad)*. Tesis para optar el Título de ingeniero civil, Universidad Privada Antenor Orrego, 2015.

**Destefano Molero, J. A.** *Diseño preliminar de una planta de tratamiento de agua para el consumo humano en los distritos de Andahuaylas, san Jerónimo y talavera de la Reyna, Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac (Apurímac)*, Tesis para optar el título de ingeniero civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012.

**MORAN VILLELA, D.J.R.** *Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de San Juan Chemelco, Alta Verapaz (Guatemala)*. Tesis para optar el título de ingeniero ambiental, Universidad Rafael Landívar, 2014.

**MELO PARRA, A.** *Diseño y construcción de una planta piloto para el tratamiento de agua potable (Colombia)*, Trabajo de grado para optar el título de ingeniero Civil, Universidad Católica de Colombia, 2016.



**SANCHES GAMBA, S. M.** *Propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Bituima, Cundinamarca (Colombia)*, Trabajo para optar el título de ingeniero Ambiental y Sanitaria, Universidad de La Salle de Colombia, 2011

**TORRES CACERES E.W.** *Proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas para uso del agua en la agricultura (México)*, Tesis para optar el grado de maestro en ciencias en producción agrícola, Universidad Autónoma de Nuevo León, 1994.

**ALVARADO ESPEJO, P.** *Estudios y diseños del sistema de agua potable del barrio san Vicente, parroquia Nambacota, cantón Gonzamana (Ecuador)*, Trabajo para optar el título profesional de ingeniero civil, universidad técnica de Loja, 2013.

**Von Sperling, M.** *Comparison Among the Most Frequently Used Systems for Wastewater Treatment in Developing Countries. Water Science and Technology, vol. 33, No. 3, pp. 59-72.* 1996

**Revista Construcción e Industria.** *Los parques de Carabayllo – Edición 269 (página de 20 a 21)*, 2011

**Moscoso, J.; Alfaro, T.** *Panorama de experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales en Lima Metropolitana y Callao (1° Edición).* Perú: IPES Promoción del Desarrollo Sostenible. 2008

**Ministerio del Ambiente.** *Disposición para implementación de los ECA para agua. Decreto Supremo 023-2009-MINAM*, 2009

**Clarke Lee B.** *coal mining and wáter quality; IEA coal Reserch, IEACR/80 July 1995.*

**Ordoñez, A., Loredo, J. y Pendas, F. (1999), A.** *successive alkalinity producing system (RAPS) as operational unit in a hybrid passive treatment system for acid mine drainage IMWA congress, Mine, Water & Enviroment, sevilla.*

**Ordoñez, A.A. (1999),** Tesis Doctoral: *Sistema de tratamiento Pasivo para aguas Acidas de Mina, Oviedo, España.*

**LOPEZ GUTIERREZ, Helmer.** *Tratamiento Anaerobico de aguas acidas de mina con travertino y compost a escala de Laboratorio,* Trabajo para optar el grado académico de Maestro en Seguridad y Medio Ambiente en Minería, universidad Nacional del centro de Peru, Huancayo - Peru 2011.

**RAMOS VARGAS, Cristian Armando.** *Modelo de tratamiento de aguas residuales lodos activados convencional en el valle del mataro,* Trabajo para optar el titulo Profesional de Ingeniero Civil, universidad Nacional del centro de Peru, Huancayo - Peru 2014.

**Cedron Medina, Olga Zulema; Cribilleros Benites, Ana Cecilia.** *Diagnostico del sistema de aguas residuales en Salaverry y Propuesta de solucion,* Trabajo para optar el titulo Profesional de Ingeniero Civil, universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo - Peru 2017.

**REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES NORMA OS. 090,** *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales,*

**MENDOZA, S.R., (2000),** *Sistema de Lagunas de Estabilización, Santa Fe de Bogotá, Colombia, Editorial Mc Graw Hill.*

**SUNASS, (2016),** *Diagnostico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Ámbito de Operación de las entidades prestadoras de Servicios de Saneamiento, Lima, Perú.*

**Metcalf & Eddy (1995),** *Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización, Volumen I-II, 3ra. Edición en español, Mac Graw-Hill. Madrid, España.*

**Romero, J.A.,** *Tratamiento de Aguas Residuales, Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000.*

## **IX. ANEXOS**

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

| PROBLEMA   | OBJETIVOS  | HIPOTESIS  | METODOLOGIA   | POBLACION  |
|--|--|--|---|--|
| <p>Problema General<br/>¿Es posible diseñar una planta de tratamiento de agua residual para aprovecharlo en el consumo de bebedero de animales y regadío de cultivos?</p> <p>Problema específico<br/>¿De qué manera se diseña el sistema de tratamiento para reducir los elementos de los contaminantes del agua?</p> <p>¿Cómo seleccionar el equipo de bombeo para trasvasar el agua de mina hasta la planta de tratamiento de agua?</p> <p>¿De qué manera se selecciona los filtros de prensa de lodo para obtener el componente del fertilizante?</p> | <p>¿Objetivo General?<br/>Diseñar una planta de tratamiento de agua residual de mina para su uso en clase 3?</p> <p>Objetivo Especifico<br/>Diseñar el sistema de tratamiento para reducir los elementos contaminantes del agua</p> <p>Seleccionar el equipo de bombeo para trasvasar el agua de mina hasta la planta de tratamiento</p> <p>Seleccionar el filtro de prensa para obtener el componente de fertilizante</p> | <p>Hipótesis General<br/>Es posible diseñar una planta de tratamiento de agua destinados para el riego de cultivos y bebedero de animales</p> <p>Hipótesis específicas<br/>H1: Utilizamos equipos modernos de alta eficiencia que nos permitirán lograr limpiar impurezas</p> <p>H2: Usamos con fines de mejorar la calidad del agua la que pueda ser útil para el bebedero de animales así como para el riego de áreas de cultivo</p> | <p>Tipo de Investigación<br/>El tipo de investigación es experimental propiamente dicho y el diseño del estudio es descriptivo simple (caracterización de la materia prima, el proceso y los productos)</p> <p>Método<br/>El método que se utiliza es descriptivo</p> <p>Diseño de Investigación<br/>Para el diseño que se propone en el presente estudio, se ha considerado una alternativa en el tratamiento de las aguas residuales en lo que consta el tratamiento de aguas contaminadas.</p> | <p><b>Población y Muestra</b><br/>La población está constituida por todas las aguas acidas producidas por los aguas residual doméstica, S.H. y cocina.</p> <p><b>Calidad de Afluente</b><br/>DBO(mg/L):200-300<br/>DQO(mg/L):350-450<br/>SST: 300<br/>Ph: 6.5-8.5<br/>A. y G.(mg/L):&lt;100<br/>C.T. (NMP/100mL):5x10<sup>7</sup><br/>C.T.(NMP/100mL):3x10<sup>8</sup></p> <p><b>Calidad de Efluente</b><br/>DBO(mg/L)&lt;15.0<br/>DQO(mg/L)&lt;40.0<br/>OD(mg/L): 3.0<br/>SST: 250<br/>Ph: 6.5-8.5<br/>A. y G.(mg/L):&lt;1<br/>C.T. (NMP/100mL):3x10<sup>3</sup><br/>C.T.(NMP/100mL):1x10<sup>3</sup></p> |

## **ANEXOS 2: INSTRUMENTOS VALIDADOS**

Para la investigación se utilizó los siguientes instrumentos y herramientas mediante prueba estandarizadas sustentan la confiabilidad, validez, objetividad:

- ***Limites máximos permisibles (LMP) para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Decreto Supremo 03-2010-MINAM, 2010.***

Para medir la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos. Que caracterizan al afluente y efluente, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Ver anexo de tablas.

- ***Estandares Nacionales de calidad Ambiental para el Agua (ECA). Decreto supremo 002-2008-MINAM, 2008.*** Ver anexo de tablas.

- ***Valores Maximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado sanitario. Decreto Supremo 021-2009-VIVIENDA, 2009.*** Ver anexos de tablas.

- ***Programa Steady-state Wastewater Treatment Plant Modeling Program 0.1.0, desarrollado por el departamento de ingeniería Civil de la Universidad de texas en Austin*** utilizado para realización del modelo de tratamiento de aguas residuales basado en el balance de masa.

En el desarrollo de la investigación se evaluó las plantas de tratamiento de aguas residuales respecto al funcionamiento para el diagnóstico situacional.

## LOS INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

- **Ph metro:** el Phmetro digital nos permitio recoger la variación de pH del agua durante el proceso de tratamiento de las aguas residuales.



### Especificaciones Tecnicas

|  |   |
|--|---|
| <b>Rango de Ph</b>                     | 0,00....14,00 pH                            |
| Resolucion                             | 0,01 pH                                     |
| Precisión                              | -1999....0...1999mV                         |
| <b>Rango de Redox</b>                  | 1 mV  |
| Resolución                             | +/- (0,5% + 2 digitos)                      |
| Rango de Temperatura                   | 0,0....65,0 °C (solo sensor de temperatura) |
| Resolución                             | 0,1 °C                                      |
| Precisión (a + 20 °C)                  | +/- 0,5 °C                                  |
| Calibración                            | Calibración automática de 3 puntos          |
| Compensación de temperatura automática | 0...+65°C o manual entre 0...+100 °C        |
| Electrodo                              | Electrodo de pH PCE-PH-SLUR conector BNC    |
| Rango de temperatura                   | 0...+60°C                                   |

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Cuota de medición       | Ajustable, entre 1 segundo y 8 horas, 59 minutos, 59 segundos |
| Pantalla                | LCD de 52 x 38 mm   |
| Memoria                 | Tarjeta SD de 1 a 16 GB                                       |
| Interfaz                | RS-232  |
| Software                | Opcional  |
| Alimentación            | 6 pilas de 1,5V, tipo AA/ Adaptador de red 9 V (opcional)     |
| Condiciones ambientales | 0.....+50 °C, max. 85% H.r                                    |
| Dimensiones             | 177 x 68 x 45 mm  |
| Peso                    | 490 g   |

- **Multímetro digital:** es un instrumento digital que nos permite conocer el Eh del agua durante el proceso de tratamiento del agua





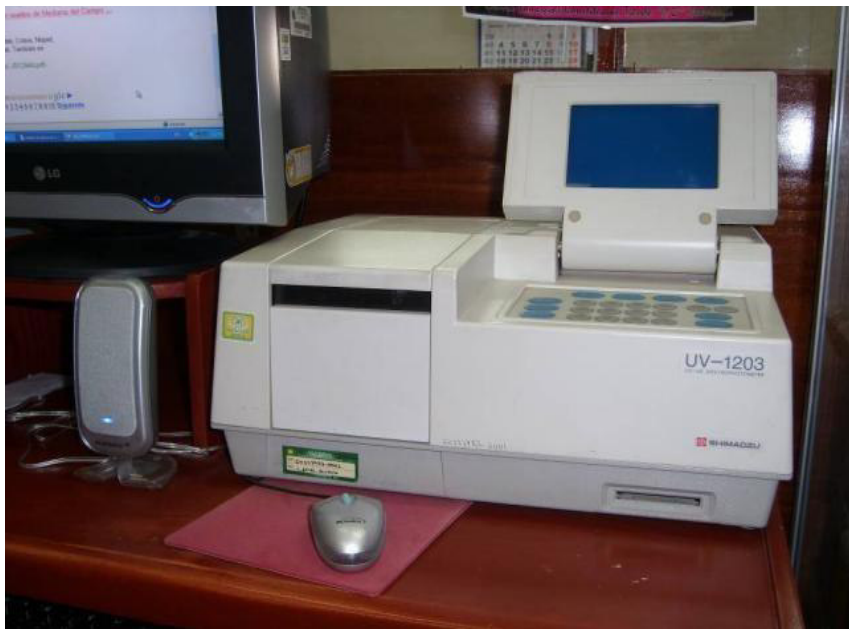
## ESPECIFICACION TECNICAS

|                                |   |
|--------------------------------|---|
|                                | Medidor de nivel sonoro   |
| Rango de medición              | 35...10 dB  |
| Resolucion                     | 0,1 dB  |
| Rango de frecuencia            | 30 Hz...10kHz   |
| Valoración de frecuencia       | Valoración C  |
| Valoración temporal            | Rápida  |
| Precisión                      | +/- 5 dB  |
| Micrófono                      | a 94 dB, señal sinusoidal de 1 kHz<br>micrófono condensador eléctrico |
|                                | Medidor de Luz  |
| Rangos de medición             | 400/40000 Lux   |
|                                | (Rango lux de 20.000=indicador x 10)                                  |
| Superación de rango            | "OL" (debe seleccionar un rango de<br>medición superior)              |
| Precisión                      | +/- 5% del valor de la medición + 2<br>digitos                        |
| Reproducibilidad               | +/- 2%  |
| Características de temperatura | +/- 0,1% / °C   |
| Sensor                         | Fotodiodo de silicio con filtro                                       |
|                                | Medidor de humedad  |
| Rango de medición              | 33...99% H.r.   |
| Resolución                     | 1%  |
| Precisión                      | +/- 5% del valor de medición + 5% H.r.                                |
|                                | Medidor de Temperatura  |
| Rango de medición              | 0...50 °C   |
| Resolución                     | 0,1°C   |
| Precisión                      | +/-3% del valor de medición +/- 3°C                                   |
|                                | Conexión termoelemento tipo K   |
| Rango de medición              | -20...400°C   |
|                                | -20...1300°C  |
| Resolucion                     | 0,1°C   |
| Precisión                      | 1°C   |
|                                | +/-5% del valor de medición + 3°C                                     |
|                                | Multimetro  |
| Tensión DC                     | 400 mV/4/40/100/250V  |
| Tensión AC                     | 400 mV/4/40/100/250V  |
| Corriente DC                   | 400/4000µA/40/400mA/10 A  |
| Corriente AC                   | 400/4000µA/40/400mA/10 A  |
| Resistencia                    | 400Ω/4/40/400Ω/4/40MΩ   |
| Capacidad                      | 50/500nF/5/50/100µF   |
| Frecuencia                     | 5/50/500Hz/5/50/500kHz/10 MHz   |
| Resolución                     |   |
| Tensión DC                     | 0,1/1,0/10/100mV/1V   |
| Tensión AC                     | 0,1/1,0/10/100mV/1V   |
| Corriente DC                   | 0,1/1/10/100Aµ/10mA   |
| Corriente AC                   | 0,1/1/10/100Aµ/10mA   |

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Resistencia               | 0,1/1/10/100Ω/10kΩ/1MΩ  |
| Capacidad                 | 10pF/0,1/1/10nF/0,1μF   |
| Frecuencia                | 0,001/0,01/0,1/1/10/100Hz/1kHz  |
| Precisión                 |   |
| Tensión DC                | +/-1%del valor +/-4digitos (hasta 40V)<br>+/-1,5% del valor +/-4 digitos (por encima)<br>+/- 1,5% del valor +/-15 digitos (hasta 400mV)<br>+/- 1% del valor +/-4 digitos (hasta 40 V)       |
| Tensión AC                | +/- 1.5% del valor +/-4 digitos (hasta 1004V)<br>+/- 2% del valor +/-4 digitos (hasta 250)<br>+/- 1% del valor +/-2 digitos (hasta 40mA)  |
| Corriente DC              | +/- 1,2% del valor +/-2 digitos (hasta 400mA)<br>+/- 2% del valor +/-5 digitos (hasta 10A)<br>+/- 1,2% del valor +/-2% digitos (hasta 40 mA)  |
| Corriente AC              | +/- 1,5% del valor +/-2 digitos (hasta 400mA)<br>+/- 2% del valor +/-5 digitos (hasta 10A)<br>+/- 1,5% del valor +/-4 digitos (hasta 400Ω)<br>+/- 1,5% del valor +/-2 digitos (hasta 400kΩ) |
| Resistencia               | +/- 2% del valor +/-2 digitos (hasta 4 mΩ)<br>+/- 2,5% del valor +/-5 digitos (hasta 40 mΩ)<br>+/- 5% del valor +/-20 digitos (hasta 50nF)  |
| Capacidad                 | +/- 3% del valor +/-5 digitos (hasta 50μF)<br>+/- 4% del valor +/-5 digitos (hasta 100μF)<br>+/- 1,2% del valor +/-3 digitos (hasta 500kHz)   |
| Frecuencia                | +/- 1,5% del valor +/-4 digitos (hasta 10 MHz)  |
| Categoría de sobretensión | CAT II 600 V/CAT III 300V   |
| Pantalla                  | Pantalla LCD 3 4/5 digitos  |
| Indicador de soberango    | “OL”  |

|  |                        |
|--|------------------------|
| Sucesión de medicion                   | Aprox. 3 por segundo   |
| Temperatura para la precisión indicada | 23 °C +/-5 °C/70%H.r.  |
| Condiciones ambientales                | 0....+40 °C/70% H.r.   |
| Condiciones de almacenamiento          | -10....+60°C/<80% H.r. |
| Alimentación                           | 1xbateria de 9V        |
| Dimensiones del aparato                | 170 x 78 x48 mm        |
| Peso                                   | 335 g                  |

- **Espectrofotómetro UV-V15:** Equipo de alta precisión para el análisis de los contenidos metálicos durante el proceso de tratamiento del agua acida, además se hizo uso de los formatos de registro para la recolección de datos.



## ESPECIFICACIONES TECNICAS

|                                    |                      |
|------------------------------------|----------------------|
| Alto (mm)                          | 180                  |
| Ancho (mm)                         | 470                  |
| Ancho de banda espectral (nm)      | 4                    |
| Frecuencia (Hz)                    | 50/60                |
| Fuente de luz                      | Lampara de tungsteno |
| Modelo                             | V1203                |
| Paso de luz                        | 10                   |
| Peso (kg)                          | 12                   |
| Posiciones                         | 4                    |
| Presicion de longitud de onda (nm) | +/-2                 |
| Profundidad (mm)                   | 370                  |
| Rango longitud de onda (nm)        | 325-1000             |

Sistema óptico

Haz simple-gradilla de 1200  
líneas/mm

Voltaje (V)

110/220

- **Bomba Peristaltica:** las bombas peristaticas son típicamente usadas para bombear fluidos limpios o esteriles porque la bomba no puede contaminar el liquido, o para bombear fluidos agresivos porque el fluido puede dañar la bomba. Algunas aplicaciones comunes incluyen bombear productos químicos agresivos, mezclas altas en solidos y otros materiales donde el aislamiento del producto del ambiente, y el ambiente del producto, son críticos,



## ESPECIFICACIONES TECNICAS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| Marca       | JIHPUMP            |
| Estructura  | Bomba Peristaltica |
| Aplicación  | Agua               |
| Uso         | Medidor            |
| Potencia    | 2,5 Hp             |
| Combustible | Electricidad       |
| Presión     | Alta presión       |
| Tensión     | 110V/220V          |
| Tipo        | LCD                |
| Caudal      | 1200 ml/min        |
| Cabeza      | 353Y               |
| Peso        | 10 kgs             |
| Teoría      | Bomba Rotativa     |

|                    |   |
|--------------------|---|
| Velocidad          | 30 – 600 rpm                            |
| La tasa de flujo   | 0,43 – 12 L/min                         |
| Dimensión          | L= 541    A=460    H=322.5              |
| Operación ambiente | 0-60°C, humedad relativa<85%            |
| Poder              | Ac220V 50/60Hz (o Ac 110V 50/60Hz)      |
| Presión            | 270.27 Mpa (presión de salida del tubo) |
| Clasificación      | IP31                                    |
| Peso               | 10 kg                                   |

- **Bureta Automatica:** las buretas son aparatos ajustados para la medición de volúmenes con graduación y macho NS afilado en la parte inferior y sirven para medir cuantitativamente menores cantidades de liquido en la titulación en laboratorios químicos este tipo de bureta en nuestro proyecto de ha utilizado para la Medicion de Alcalinidad.



| Clave      | Modelo    | Capacidad (ml) | Subdivisión (ml) |
|------------|-----------|----------------|------------------|
| DOERR01017 | 1286-0010 | 10             | 0.1              |

### ANEXO III: BASE DE DATOS

En este anexo se incluyen las tablas necesarias para la interpretación y conclusiones de este trabajo de investigación

Tabla N° A-1

| N° de días | Caudal del Agua acida: 1 ml/min |           |           |           |
|------------|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|            | 80% / 10%                       | 90% / 10% | 80% / 20% | 90% / 20% |
|            | pH                              | pH        | pH        | pH        |
| 0          | 2.44                            | 2.44      | 2.44      | 2.44      |
| 1          | 4.48                            | 5.23      | 4.11      | 4.97      |
| 2          | 6.23                            | 6.97      | 6.15      | 7.06      |
| 3          | 6.57                            | 7.35      | 6.32      | 7.51      |
| 4          | 6.36                            | 7.38      | 6.55      | 7.46      |
| 5          | 6.43                            | 7.22      | 6.37      | 7.55      |
| 6          | 6.77                            | 7.45      | 6.56      | 7.54      |
| 7          | 6.85                            | 7.62      | 6.47      | 7.78      |
| 8          | 6.51                            | 7.66      | 6.36      | 7.82      |
| 9          | 6.86                            | 7.69      | 6.45      | 7.87      |
| 10         | 6.74                            | 7.65      | 6.34      | 7.54      |
| 11         | 6.43                            | 7.61      | 6.56      | 7.77      |
| Promedio   | 6.05                            | 6.85      | 5.89      | 6.94      |

### Analisis del Eh

Tabla N° A-2

| N° de días | Caudal del Agua acida: 1 ml/min |           |           |           |
|------------|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|            | 80% / 10%                       | 90% / 10% | 80% / 20% | 90% / 20% |
|            | Eh                              | Eh        | Eh        | Eh        |
| 0          | 780                             | 780       | 780       | 780       |
| 1          | 635                             | 538       | 474       | 524       |
| 2          | 383                             | 358       | 311       | 426       |
| 3          | 337                             | 327       | 306       | 316       |
| 4          | 323                             | 348       | 309       | 292       |
| 5          | 326                             | 344       | 325       | 306       |
| 6          | 317                             | 338       | 309       | 301       |
| 7          | 314                             | 321       | 312       | 312       |
| 8          | 319                             | 309       | 318       | 309       |
| 9          | 317                             | 316       | 317       | 308       |
| 10         | 323                             | 305       | 306       | 300       |
| 11         | 329                             | 314       | 306       | 304       |
| Promedio   | 391.92                          | 383.17    | 364.42    | 373.17    |

## Analisis del Fe

Tabla N° A-3

| N° de dias | Caudal del Agua acida: 1 ml/min |           |           |           |
|------------|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|            | 80% / 10%                       | 90% / 10% | 80% / 20% | 90% / 20% |
|            | Eh                              | Eh        | Eh        | Eh        |
| 0          | 170                             | 170       | 170       | 170       |
| 1          | 3.65                            | 2.38      | 3.24      | 2.54      |
| 2          | 0.41                            | 0.98      | 0.81      | 0.76      |
| 3          | 0.38                            | 0.79      | 0.66      | 0.86      |
| 4          | 0.35                            | 0.81      | 0.69      | 0.42      |
| 5          | 0.49                            | 0.64      | 0.55      | 0.34      |
| 6          | 0.58                            | 0.68      | 0.49      | 0.67      |
| 7          | 0.46                            | 0.51      | 0.22      | 0.54      |
| 8          | 0.75                            | 0.79      | 0.48      | 0.29      |
| 9          | 0.42                            | 0.56      | 0.67      | 0.73      |
| 10         | 0.78                            | 0.55      | 0.28      | 0.32      |
| 11         | 0.49                            | 0.64      | 0.56      | 0.41      |
| Promedio   | 0.77                            | 0.83      | 0.78      | 0.72      |

## Analisis del CaCO3

Tabla N° A-4

| N° de dias | Caudal del Agua acida: 1 ml/min |                         |                         |                         |
|------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|            | 80% / 10%                       | 90% / 10%               | 80% / 20%               | 90% / 20%               |
|            | mg CaCO <sub>3</sub> /l         | Mg CaCO <sub>3</sub> /l | mg CaCO <sub>3</sub> /l | mg CaCO <sub>3</sub> /l |
| 0          | 0                               | 0                       | 0                       | 0                       |
| 1          | 230                             | 205                     | 198                     | 185                     |
| 2          | 259                             | 259                     | 230                     | 222                     |
| 3          | 302                             | 286                     | 262                     | 265                     |
| 4          | 296                             | 300                     | 287                     | 277                     |
| 5          | 303                             | 287                     | 293                     | 285                     |
| 6          | 312                             | 291                     | 287                     | 289                     |
| 7          | 301                             | 303                     | 293                     | 276                     |
| 8          | 296                             | 296                     | 307                     | 299                     |
| 9          | 287                             | 304                     | 293                     | 297                     |
| 10         | 306                             | 300                     | 297                     | 293                     |
| 11         | 311                             | 293                     | 287                     | 299                     |
| Promedio   | 291.18                          | 284                     | 275.84                  | 271.54                  |

## Evaluacion del Cu

Tabla N° A-5

|            | <b>Caudal del Agua acida: 1 ml/min</b> |                         |                         |                         |
|------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|            | 80% / 10%                              | 90% / 10%               | 80% / 20%               | 90% / 20%               |
| N° de dias | mg CaCO <sub>3</sub> /l                | mg CaCO <sub>3</sub> /l | mg CaCO <sub>3</sub> /l | mg CaCO <sub>3</sub> /l |
| 0          | 12.25                                  | 12.25                   | 12.25                   | 12.25                   |
| 1          | 0.90                                   | 1.7                     | 0.86                    | 1.17                    |
| 2          | 0.06                                   | 0.14                    | 0.65                    | 0.25                    |
| 3          | 0.24                                   | 0.47                    | 0.23                    | 0.3                     |
| 4          | 0.72                                   | 0.04                    | 0.56                    | 0.34                    |
| 5          | 0.02                                   | 0.24                    | 0.34                    | 0.23                    |
| 6          | 0.61                                   | 0.53                    | 0.43                    | 0.37                    |
| 7          | 0.08                                   | 0.16                    | 0.22                    | 0.23                    |
| 8          | 0.25                                   | 0.33                    | 0.19                    | 0.09                    |
| 9          | 0.19                                   | 0.19                    | 0.03                    | 0.05                    |
| 10         | 0.04                                   | 0.53                    | 0.50                    | 0.27                    |
| 11         | 0.06                                   | 0.34                    | 0.26                    | 0.39                    |
| Promedio   | 0.29                                   | 0.42                    | 0.39                    | 0.34                    |

## Evaluacion del Ca

Tabla N° A-6

|            | <b>Caudal del Agua acida: 1 ml/min</b> |           |           |           |
|------------|--|-----------|-----------|-----------|
|            | 80% / 10%                              | 90% / 10% | 80% / 20% | 90% / 20% |
| N° de dias | Ca en ppm                              | Ca en ppm | Ca en ppm | Ca en ppm |
| 0          | 48                                     | 48        | 48        | 48        |
| 1          | 654                                    | 712       | 647       | 696       |
| 2          | 733                                    | 792       | 752       | 794       |
| 3          | 840                                    | 858       | 825       | 859       |
| 4          | 825                                    | 854       | 854       | 852       |
| 5          | 821                                    | 815       | 825       | 821       |
| 6          | 810                                    | 837       | 833       | 843       |
| 7          | 800                                    | 832       | 836       | 839       |
| 8          | 847                                    | 836       | 804       | 817       |
| 9          | 845                                    | 868       | 834       | 824       |
| 10         | 833                                    | 856       | 817       | 824       |
| 11         | 838                                    | 845       | 805       | 789       |
| Promedio   | 804.19                                 | 827.73    | 802.91    | 814.36    |



## EVOLUCION DE LOS SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION (STS)

Tabla A-7

|            | 90% / 10% |
|------------|-----------|
| N° de días | Ca (mg/l) |
| 0          | 1015      |
| 1          | 256       |
| 2          | 30        |
| 3          | 13        |
| 4          | 12        |
| 5          | 16        |
| 6          | 17        |
| 7          | 14        |
| 8          | 16        |
| 9          | 17        |
| 10         | 18        |
| 11         | 15        |
| Promedio   | 38.55     |

### ANEXO IV: CALCULO DE EFECTOS MEDIANTE DISEÑO FACTORIAL

Sean los factores A, B, y C, cada uno con dos niveles, a este diseño se le llama diseño factorial  $2^3$ , y en este caso la representación geométrica de las ocho combinaciones de tratamientos puede hacerse con un cubo como se muestra en la figura 6-A. Utilizando la notación “+” y “-” para representar los niveles alto y bajo de los factores, las ocho corridas del diseño  $2^3$  puede listarse como en la figura 6-B, se le conoce en ocasiones como matriz del diseño, Las combinaciones de los tratamientos en el orden estándar se escriben como (1), a, b, ab, c, ac, bc y abc, estos símbolos representan también el total de las n observaciones hechas con esa combinación de tratamientos.

Existen tres notaciones diferentes para las corridas del diseño  $2^3$  que son de uso general. La primera es la notación + y -, llamada con frecuencia notación geométrica. La segunda es de uso de las etiquetas en letras minúsculas para

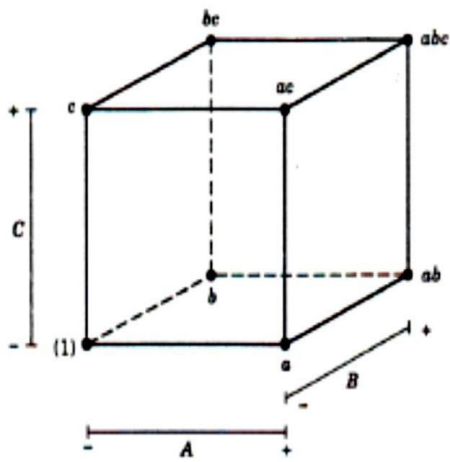
identificar las combinaciones de los tratamientos. La tercera y última notación utiliza 1 y 0 para denotar los niveles alto y bajo, respectivamente de los factores, en lugar de + y -. Estas diferentes notaciones se ilustran en seguida para el diseño  $2^3$ .

**Tabla N°52: Cuadro de Signos del diseños Factorial**

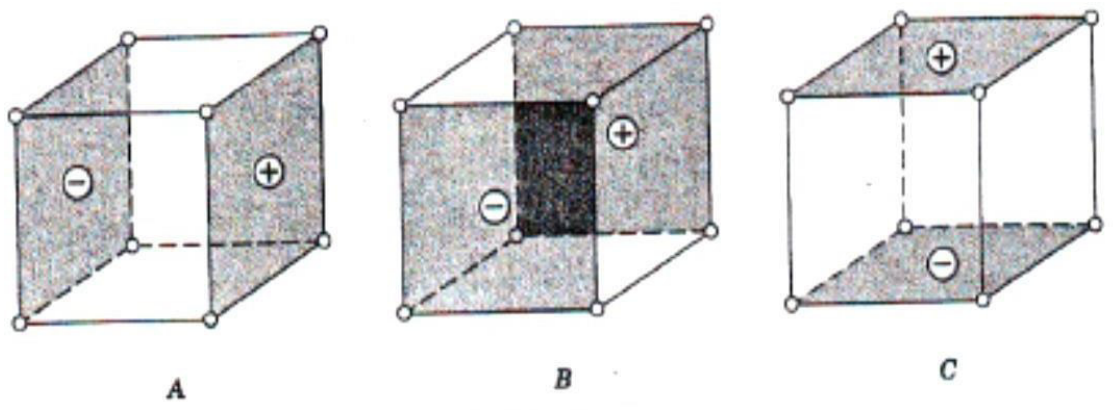
| Corrida | A | B | C | Etiquetas | A | B | C |
|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|
| 1       | - | - | - | (1)       | 0 | 0 | 0 |
| 2       | + | - | - | a         | 1 | 0 | 0 |
| 3       | - | + | - | b         | 0 | 1 | 0 |
| 4       | + | + | - | ab        | 1 | 1 | 0 |
| 5       | - | - | + | c         | 0 | 0 | 1 |
| 6       | + | - | + | ac        | 1 | 0 | 1 |
| 7       | - | + | + | bc        | 0 | 1 | 1 |
| 8       | + | + | + | abc       | 1 | 1 | 1 |

Hay siete grados de libertad entre las ocho combinaciones de tratamientos del diseño  $2^3$ . Tres grados de libertad se asocian con los efectos principales de A, B y C. Cuatro grados de libertad se asocian con las interacciones; uno con cada una de las interacciones AB, AC y BC y uno con la interacción ABC.

**Figura 30: Representacion geométrica de los contrastes que corresponden a los efectos principales y las interacciones del diseño.**

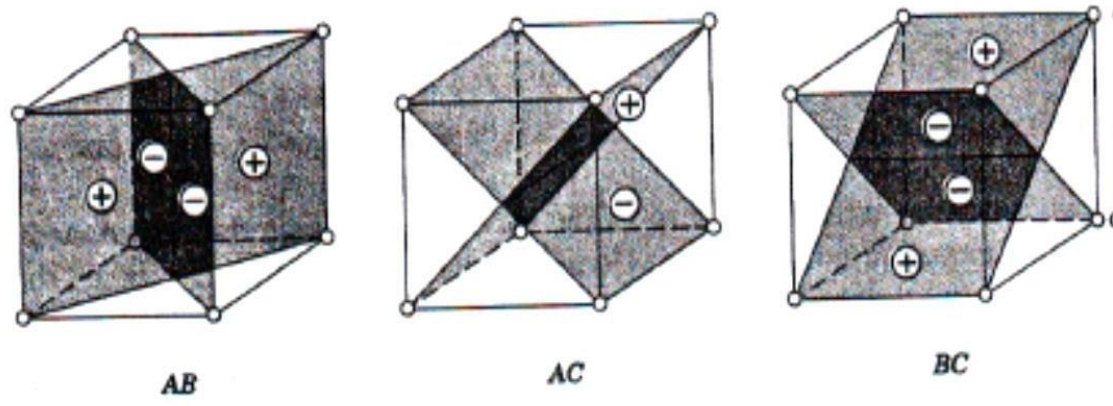


| Corrida | FACTOR |   |    |
|---------|--------|---|----|
|         | A      | B | C  |
| 1       | -      | - | -1 |
| 2       | +      | - | -1 |
| 3       | -      | + | -1 |
| 4       | +      | + | -1 |
| 5       | -      | - | +  |
| 6       | +      | - | +  |
| 7       | -      | + | +  |
| 8       | +      | + | +  |



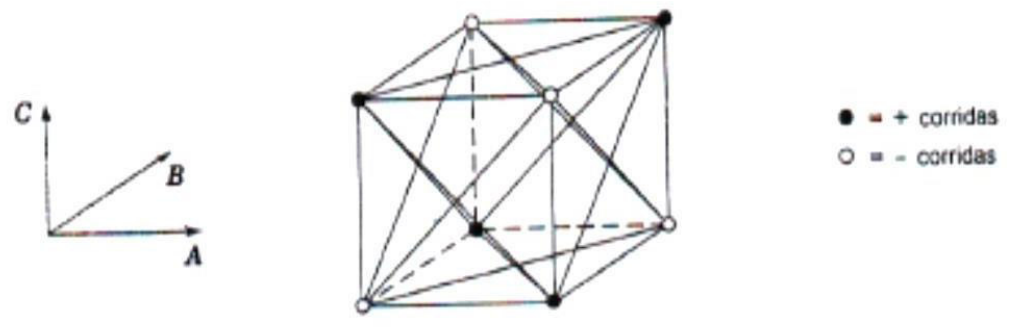
Efectos principales

a)



Interacciones de dos factores

b)



Interacción de tres factores

c)

Para la estimación de los efectos principales de los factores A,B y C se calcula con las siguientes ecuaciones donde n es el numero de replicas:

$$A = \frac{1}{4n} [a - (1) + ab - b + ac - c + abc - bc]$$

$$B = \frac{1}{4n} [b + ab + bc + abc - (1) - a - c - ac]$$

$$A = \frac{1}{4n} [c + ac + bc + abc - (1) - a - b - ab]$$

Los efectos de la interacción de dos factores AB, AC y BC se calculan con las siguientes ecuaciones:

$$AB = \frac{1}{4n} [ab - a - b + (1) + abc - bc - ac + c]$$

$$AC = \frac{1}{4n} [(1) - a + b - ab - c + ac - bc + abc]$$

$$BC = \frac{1}{4n} [(1) + a - b - ab - c - ac + bc + abc]$$

La interacción ABC se calcula con la siguiente ecuación:

$$ABC = \frac{1}{4n} [abc - bc - ac + c - ab + b + a - (1)]$$

La cantidad entre corchetes son contrastes de las combinaciones de los tratamientos.

Es posible desarrollar una tabla de signos positivos y negativos a partir de los contrastes. Los signos de los efectos principales se determinan asociando un signo positivo con el nivel alto y un signo negativo con el nivel bajo. Una vez que se han establecido los signos de los efectos principales, los signos de las columnas restantes pueden obtenerse multiplicando las columnas precedentes apropiadas, renglón por renglón. Por ejemplo, los signos de la columna AB son el producto de los signos de la columna B en cada renglón. El contraste de cualquier efecto puede obtenerse fácilmente con esta tabla.

La tabla tiene varias propiedades interesantes:

- 1) Con excepción de la columna I, cada una de las columnas tienen el mismo número de signos positivos y negativos.
- 2) La suma de los productos de los signos de dos columnas cualesquiera es cero.
- 3) La columna I multiplicada por cualquiera de las columnas deja la columna sin cambio. Es decir I es un elemento identidad.
- 4) El producto de dos columnas cualesquiera produce una columna de la tabla. Por ejemplo.  $A \times B = AB$ , y

$$AB \times B = AB^2 = A$$

Se observa que los exponentes de los productos se forman utilizando la aritmética (Es decir, el exponente solo puede ser 0 o 1; si es mayor que 1, se reduce con múltiplos de 2 hasta que es 0 o 1) todas estas propiedades se derivan de la ortogonalidad de los contrastes usados para estimar los efectos.

Las sumas de cuadrados de los efectos se calculan con facilidad, ya que cada efecto tiene un contraste correspondiente con un solo grado de libertad. En el diseño  $2^3$  con "n" replicas, la suma de cuadrados de cualquier efecto es

$$SS = \frac{(\text{contraste})^2}{8n}$$

**Tabla N°53: Signos algebraicos para calcular los efectos del diseño**

| Combinacion     | Efecto factorial |   |   |    |   |    |    |     |
|-----------------|------------------|---|---|----|---|----|----|-----|
| De tratamientos | I                | A | B | AB | C | AC | BC | ABC |
| (1)             | +                | - | - | +  | - | +  | +  | -   |
| A               | +                | + | - | -  | - | -  | +  | +   |
| B               | +                | - | + | -  | - | +  | -  | +   |
| Ab              | +                | + | + | +  | - | -  | -  | -   |
| C               | +                | - | - | +  | + | -  | -  | +   |
| Ac              | +                | + | - | -  | + | +  | -  | -   |
| Bc              | +                | - | + | -  | + | -  | +  | -   |
| Abc             | +                | + | + | +  | + | +  | +  | +   |

## **Anexo V: MANUAL DE OPERACIONES**

### **INTRODUCCIÓN**

El objetivo de este manual, es brindar las instrucciones básicas que sirvan como guía al personal responsable de la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.

Está comprobado que no es posible cubrir todas las contingencias de operación y emergencias en un manual de operación de este tipo, razón por la cual es importante que el personal a cargo se familiarice con el diagrama de proceso de la Planta.

Se recomienda al operador de la planta tomar el diagrama de proceso y seguir la trayectoria de cada línea en planta, con la finalidad conocer la localización exacta y la función de cada equipo, instrumento, válvula y control del sistema.

Es necesario el uso de un cuaderno de anotaciones, con el objetivo de tener un registro de los parámetros y ocurrencias en el funcionamiento de la planta, de tal manera que en caso de un eventual problema operacional, este registro, permita evaluar el alcance de la deficiencia.

Las aguas residuales crudas contienen sólidos orgánicos e inorgánicos que son los agentes contaminantes en las aguas residuales. Las plantas de tratamiento de lodos activados están diseñadas para degradar principalmente los sólidos orgánicos.

El proceso de lodos activados es uno de los procesos utilizados para el tratamiento de agua residual doméstica, en el cual se mezcla el agua residual cruda con el lodo activado en presencia de oxígeno mediante una aeración. El lodo activado es seguidamente separado por sedimentación, el cual es retornado a la cámara de aeración para continuar su proceso de degradación de la materia orgánica que ingresa constantemente.

## PROCESO DEL TRATAMIENTO

La planta está diseñada para tratar un caudal promedio de 65 m<sup>3</sup>/d, los equipos han sido seleccionados para trabajar a una altitud de 3400 msnm; a través del cual es posible resolver de una manera sencilla y eficaz, el problema de tratamiento de aguas residuales en pequeñas y medianas comunidades.

El proceso de lodos activados por aeración prolongada consiste en poner en contacto, durante un tiempo suficientemente largo, grandes cantidades de lodos activados con pequeñas cantidades de contaminación, de manera que se logre una depuración lo más completa posible del agua a tratar y se favorezca la oxidación de las materias vivas generadas a partir de la DBO, hasta conseguir un fango residual que no presente ningún olor. En este proceso las bacterias degradan las aguas residuales por el uso de oxígeno, en forma similar como el fuego utiliza oxígeno para quemar la basura.



## ETAPAS DEL PROCESO

Básicamente, las plantas de tratamiento por aireación extendida pueden dividirse en los siguientes elementos:

Trampa de Grasa

Trampa de Espuma

Cámara de Ecuilización

Cámara Anóxica

Cámara de Aeración

Cámara de Sedimentación

Cámara de Desinfección

Sistema de Filtración

### TRAMPA DE GRASA

Para eliminar aceites y grasas provenientes principalmente del comedor, se ha considerado una trampa de grasa fabricada en acero.

La trapa de grasa contará con accesorios internos con conexión bridada, fabricados en acero; dos compuertas o tapas ubicadas en la parte superior para la realización de la limpieza interna. El ingreso y salida del efluente se realiza por una tubería de 4", la cual cuenta con un sistema de limpieza que evita la obstrucción por los sólidos el cual se debe limpiar diariamente; así mismo cuenta con una tee que actuará como desviador de flujo ubicado en la parte interna al ingreso del efluente para romper la turbulencia.

La trampa de grasa ubicada en la tubería que conduce el efluente proveniente del comedor, antes de su mezcla con otros efluentes, para evitar que otro tipo de carga orgánica sea retenida en esta etapa. La extracción de grasa y flotantes se realiza en forma manual, desde la bandeja de colección de grasas.

#### TRAMPA DE GRASA

Para el agua proveniente de la zona de lavandería, para el tratamiento de las aguas grises, el objetivo de esta trampa es retener los sólidos, grasas, trapos, hilos, botones, etc; que suelen estar presentes en este tipo de agua, con la finalidad de evitar que estos afecten el tratamiento posterior. Al igual que la trampa de grasa, esta etapa, también cuenta con un sistema desviador de flujo, de retención de sólidos, pantallas deflectoras y una bandeja para coleccionar todas aquellas sustancias que poseen un peso específico menor que el agua (grasas). La limpieza del sistema de retención de sólidos se debe realizar en forma diaria para evitar obstrucciones.

Por lo cual proponemos una trampa de espuma construida en acero al carbono, el agua tratada pasará por gravedad al sistema tratamiento terciario.

#### CÁMARA DE ECUALIZACION

En el ingreso a la cámara de ecualización, se encuentra una reja metálica tipo canastilla, con una separación de 20 a 30 mm, para retención de residuos sólidos gruesos, no tratables, como por ejemplo: papel, bolsas, telas, restos de vegetales y frutos, etc.; los cuales deben ser retirados manualmente, debido a que también podrían generar problemas de obstrucción en las bombas sumergibles.

Esta cámara está equipada con dos bombas sumergibles de funcionamiento alternado, que comandadas por interruptores de nivel, su rotación será por tiempo.

El objetivo de la cámara de equalización es homogenizar y amortiguar los sobreflujos que ingresará al tratamiento, es decir absorber los flujos o cargas “pico”. Para lo cual cuenta con un sistema de preaeración, para evitar la sedimentación.

### CÁMARA ANOXICA

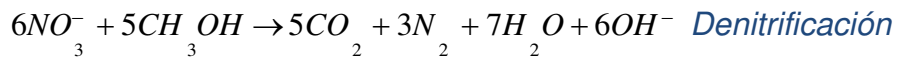
Luego que el efluente ha sido homogenizado, ingresar a esta cámara Anóxica, la cual tiene como objetivo brindar las condiciones adecuadas para que se realice la segunda etapa para la eliminación del nitrógeno, la denitrificación.

Las condiciones requeridas son:

- Suficiente concentración de nitratos.
- Condiciones anóxicas.
- Presencia de materia orgánica, como fuente de energía necesaria para la reacción de reducción, mostrada líneas abajo.
- Ausencia de sustancias tóxicas.

Los nitratos generados, en la cámara de equalización y aireación, se pueden convertir a Nitrógeno gas (que se escapa a la atmósfera) mediante el proceso de denitrificación en que la biomasa utiliza los nitratos como fuente de oxígeno, lo

que se realiza en zonas ausentes de oxígeno disuelto (anóxicas), éste es un proceso de reducción biológica.



La reacción mostrada es la reacción simplificada, ya que el proceso de reducción se realiza en 4 pasos, con la formación de gases intermedios (NO y N<sub>2</sub>O), previo a la formación de nitrógeno gas. Las bacterias involucradas en el proceso de la denitrificación son las siguientes: Pseudomonas, Bacillus, Spirillum, Hyphomicrobium, Agrobacterium, Acinetobacter, Propionobacterium, Rhizobium, Corynebacterium, Cytophaga, Thiobacillus, y Alcaligenes.

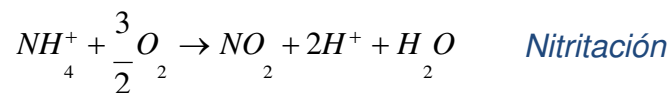
### CÁMARA DE AERACIÓN

Esta cámara recibe el agua residual tratada en la cámara anóxica, aquí se desarrolla la colonia de bacterias, las cuales se alimentan de la materia orgánica, degradándola y transformándola en productos no contaminantes (líquidos y gases inodoros). En esta cámara se agrega aire por un período prolongado de tiempo, a través de dos sopladores ubicados en la parte superior de la plata, el aire es conducido al tanque de aireación por tubos de acero galvanizado que terminan en difusores de burbuja fina, ubicados en el fondo de la cámara. Los difusores del sistema dispersan y dividen el aire en pequeñas burbujas, de tal forma que mayor cantidad de aire entre en contacto con el líquido y optimice el proceso de digestión aeróbica.

La materia pre-tratada y finamente dividida es mezclada con el lodo activado y aireado.

En esta etapa también se realiza el proceso de nitrificación, donde el ion amonio es oxidado a nitritos y luego a nitratos; esta sería la primera fase del proceso de eliminación de nitrógeno, la segunda fase, llamada denitrificación, se da en condiciones anóxicas, para lo cual es necesario realizar una recirculación interna hacia la cámara anóxica, que cuenta con estas condiciones; con el objetivo de lograr la reducción biológica de nitrato a nitrógeno gas inodoro.

La nitrificación es la oxidación biológica del nitrógeno amoniacal, y a su vez se realiza en dos etapas, una donde el ión amonio es oxidado a nitritos y luego estos son oxidados a nitratos. Las reacciones de transformación las realizan principalmente las bacterias autótrofas aerobias, llamadas nitrificantes (Nitrosomas y Nitrobáctera). De acuerdo a la siguiente reacción:



## CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN

El licor activado pasa a la cámara de sedimentación, por una ventana de transferencia, también llamada caja sifoide y llega a una zona de entrada donde se retienen las grasas, separada mediante un baffle.

En esta cámara el líquido se debe mover a una velocidad muy baja, con la intención que los sólidos remanentes pueden sedimentar en el fondo del tanque y regresar a la cámara de aireación por el sistema de retorno de lodos.

Cualquier partícula parcialmente tratada que haya quedado en suspensión en el líquido, sedimentará, deslizándose por las paredes inclinadas de la cámara. El efluente clarificado se colecta a través de un vertedero, para luego conducirlo en forma gravitacional a la cámara de contacto, para su desinfección.

#### Recolección de Lodos - Air Lift

Los lodos sedimentados en el fondo de esta cámara deben ser recirculados a la cámara de aeración, para mantener una concentración de bacterias; la bomba de recirculación de lodos es accionada por aire proveniente del soplador, generando un vacío, para arrastrar los lodos depositados en el fondo del cono de sedimentación. Cuando se tenga un exceso de lodos, se deberá evacuar los lodos en exceso hacia lechos de secado o disposición final por empresas especializadas, mediante camiones cisternas.

#### Desnatador o SKIMMER

Los sólidos o partículas flotantes de la cámara de sedimentación serán recirculadas a la cámara de aeración para tratamiento adicional, a través del skimmer. El cual funciona bajo el mismo principio que el airlift, es decir es accionado con aire y debe usarse siempre que encuentre grasas y partículas en la superficie.

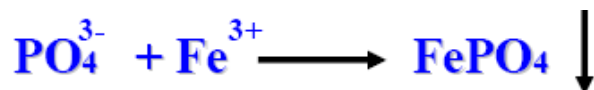
#### SISTEMA DE REMOCIÓN DE FÓSFORO

El efluente proveniente de la trampa de espuma se mezcla con el efluente doméstico previamente tratado en un tanque de 2.5 m<sup>3</sup>, el cual contará con un agitador, previamente se realizará la dosificación de cloruro férrico, con el

objetivo de favorecer la remoción de fósforo a través de su precipitación en forma de sal.

El fósforo al igual que el nitrógeno es un nutriente, una parte de estos nutrientes son utilizados en el proceso de digestión biológica, sin embargo es necesaria la remoción de fósforo para prevenir o reducir la eutrofización; el fósforo se encuentra en las aguas residuales como ortofosfatos y polifosfatos, su remoción se puede realizar mediante precipitación química o por una extra-asimilación del fósforo en los fangos activos bajo condiciones anaeróbicas.

Comúnmente se realiza por precipitación química empleando uno de tres compuestos disponibles (Cal, Sales de Hierro y sales de Aluminio), lo cual se realiza como un tratamiento terciario, el compuesto mayormente utilizado es el cloruro férrico; esta adición se realiza con la finalidad que se produzca un compuesto insoluble (fosfatos metálicos).



Los factores que influyen en la remoción de fósforo son:

pH, como generalmente el pH óptimo es diferente al requerido para el tratamiento biológico se recomienda suministrar una dosis de sal trivalente por encima de la relación molar teórica.

Sedimentabilidad, las sales de fósforo insolubles sedimentan con dificultad, por lo que se recomienda realizar una filtración posterior.

La dosificación, es importante realizar una correcta dosificación en función al contenido de sulfatos del agua a tratar.

Punto de inyección, debe inyectarse en donde se consiga la mejor mezcla posible.

## SISTEMA DE FILTRACIÓN

Una vez realizada la precipitación de fosfatos con la ayuda de sales metálicas, es necesario realizar una filtración, con el propósito de mejorar la calidad de agua y eliminar los flóculos biológicos residuales, sólidos en suspensión y fosfatos precipitados, que aún pudieran estar presente, para lo cual se contará con dos filtros clarificadores y un filtro de carbón activado. El agua pre tratada es enviada a un tanque de tránsito, de donde es impulsada, con la ayuda de dos bombas centrifugas, para luego hacerla pasar a través de los filtros clarificadores y carbón. Los filtros se retrolavarán automáticamente con agua filtrada, que se almacenará en los tanques de 10 m<sup>3</sup>.

## SISTEMA DE DESINFECCIÓN

También conocida como de contacto, cuyo objetivo es reducir los organismos patógenos (bacterias y virus remanentes) en el efluente. Consiste en la dosificación de hipoclorito de sodio o calcio en solución, por acción de una bomba dosificadora al efluente tratado, previo al ingreso a los tanques de almacenamiento.

## OPERACIÓN DE LA PLANTA

Luego de la instalación de la planta viene un periodo de “puesta en marcha”, donde se debe calibrar el ciclo de funcionamiento; observando el comportamiento de la planta cuidadosamente y realizar los ajustes basados en estas observaciones.



Es muy importante que la planta reciba atención diaria, de la persona encargada, con un especial cuidado durante la etapa de puesta en marcha, el cual tiene una duración de 4 a 8 semanas, tiempo en el cual se desarrollarán los lodos activados y se regulará el rango de aireación, el rango de retorno de lodos y el ciclo de funcionamiento son todos equilibrados para un correcto funcionamiento de la planta.

Los ajustes de una planta que trabaja bajo la modalidad de lodos activados de aireación extendida se basan principalmente en factores visuales, es decir en la apariencia del lodo y del efluente.

Verifique y colóquese los elementos de seguridad (EPPs) antes de realizar cualquier trabajo en la planta, guantes de jebe, lentes de seguridad, respirador, casco, overol, etc.

#### TRAMPA DE GRASA

Este sistema cuenta con un sistema de remoción de sólidos gruesos, el cual se debe limpiar diariamente, la limpieza de la bandeja de colección de sobrenadante se debe realizar tres veces por semana al inicio, luego se debe hacer un programa de limpieza de acuerdo a la carga de trabajo. Además se recomienda capacitar a los usuarios, de tal manera que eviten depositar desechos grasos en el drenaje y que lo colecten en recipientes para su posterior disposición, así mismo se recomienda utilizar cedazos o rejillas, para evitar el paso de sólidos al drenaje; de esta manera se optimiza el mantenimiento y operación del sistema de los sistemas de tratamiento.

## TRAMPA DE ESPUMA

Su funcionamiento y operación es similar al de la trampa de grasa, de igual forma se debe realizar un programa de limpieza según el funcionamiento de la lavandería.

El acceso a ambas trampas debe estar libre, de tal manera que permita su inspección y fácil acceso para limpiarlas, no se debe colocar encima o cerca maquinarias o equipos que impidan su adecuado mantenimiento. Se recomienda realizar la extracción total de ambas trampas por lo menos 2 veces al año.

## CÁMARA DE ECUALIZACION

En la cámara de ecualización se ha instalado una cámara de rejillas donde llega todo el afluente crudo de servicios higiénicos y de trampa de grasa, proveniente de cocina. Esta rejilla permite proteger las instalaciones posteriores, a través de la retención de objetos que puedan obstruir conducciones; así como, plásticos, papeles, trapos, etc. La rejilla debe limpiarse diariamente, eliminando los cuerpos retenidos y disponiéndolos en el cilindro adecuado, según procedimiento ambiental para manejo de residuos no peligrosos.

Esta unidad tiene como finalidad homogenizar la carga orgánica y caudal de ingreso de aguas residuales, de tal manera que la planta trabaje apropiadamente.

En esta cámara se encuentran dos bombas sumergibles de funcionamiento alternado, accionadas mediante sensores de nivel, el operador debe verificar, además del correcto funcionamiento de las bombas, el paso del caudal hacia la

cámara de aeración, regulando las válvulas manuales, de tal manera que el afluente que ingresa a la planta, este de acuerdo diseño de la misma.

## CÁMARA DE AERACIÓN

En esta zona se lleva a cabo el proceso de digestión aeróbica. Las aguas residuales pre-tratadas son mezcladas y aireadas por medio de difusores de burbuja fina, diseñados especialmente para asegurar la homogeneidad de la carga orgánica y la ausencia de regiones muertas que puedan entorpecer la acción depuradora.

Los sopladores son de funcionamiento automático, son accionados mediante un temporizador, el tiempo de funcionamiento depende de las necesidades de oxígeno (Aproximadamente 12 horas/día), los primeros quince días, luego 6 a 8 hora/día, en ciclos de 40 y 20 minutos.

Cuando haya una variación en el ciclo, esta no debería ser mayor al 10 % del total del tiempo de funcionamiento, y después de dicha variación, la planta debe estar en observación por lo menos 48 horas antes de cualquier ajuste adicional. Si el ajuste ha sido suficiente, la mejora será evidente en el efluente de la planta dentro de las próximas 48 horas; la mejora del efluente se evidencia por su aspecto organoléptico: olor y color.

El tiempo mínimo requerido, para una buena homogenización en esta cámara, el tiempo es de 12 minutos.

Se debe monitorear la concentración de oxígeno disuelto en la cámara de aeración, de tal manera que no sea menor de 2 mg/l.

Con la finalidad de obtener una oxidación máxima de lodos, se deben realizar extracciones de lodos en exceso cuando la concentración sea de 7 g/L o 60 % en volumen. El control del porcentaje de lodos se debe realizar tres veces por semana, llenando en una probeta de 1 litro con una muestra de agua de la cámara de aeración, luego esperar a que sedimente durante unos 30 minutos, si la cantidad de lodo es mayor a 600 mililitros, se debe extraer lodo.

### CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN

Durante el periodo de puesta en marcha, el lodo activado es fibroso y tiende a adherirse a las paredes de la cámara, razón por la cual durante este periodo, se debe raspar las paredes diariamente con una espátula, con mucho cuidado, evitando que el lodo pueda flotar hacia la superficie, en cuyo caso deberá ser retornado a la cámara de aireación, ya que la acumulación de lodo en la superficie, puede llevar a formar grandes trozos que se asentarán en el fondo, pudiendo atascar el retorno de lodos, lo cual llevaría a reducir la concentración de lodos en la cámara de aireación, afectando así el tratamiento y dando como producto un efluente de baja calidad.

Cuando se haya formado la colonia de bacterias y los lodos estén completamente activados, serán menos fibrosos, por lo tanto se podrá eliminar el raspado diario de las paredes, sin embargo, esto sólo se puede determinar mediante un análisis cuidadoso.

Para evitar inconvenientes de una desnitrificación no controlada, lo que genera la elevación del lodo a la superficie, se recomienda un alto grado de recirculación, manteniéndose la concentración adecuada de lodos en la cámara de aeración.

Se debe realizar la limpieza de la superficie del tanque de sedimentación, retirando cualquier partícula flotante que pudiera aun estar presente, con la ayuda del recogedor de hojas y el mango telescópico suministrado con la planta, luego colocar las partículas recolectadas en un depósito de basura, realizar esta limpieza por lo menos 2 veces al día.

## SISTEMA DE REMOCIÓN DE FÓSFORO

En esta etapa se puede iniciar con la dosificación indicada líneas abajo, para el efluente de lavandería, sin embargo la cantidad necesaria a dosificar dependerá de la concentración de fósforo total en el afluente.

### Preparación de la Solución:

Colocar en el tanque de solución, 1 litros de cloruro férrico (comercialmente se encuentra en solución al 40%), luego enrazar a 100 L con agua limpia. Colocar la perilla de regulación de la bomba dosificadora al 36 %. Este proceso se realizará cada 2 días.

Es importante registrar todos los gastos de productos químicos obtenidos, de tal manera que se pueda llevar un control histórico del funcionamiento de la planta.

Luego de la dosificación de producto químico el efluente llega por gravedad a un tanque de 2.5 m<sup>3</sup>, el cual cuenta con el agitador, el tiempo de encendido de este agitador se ha programado en el tablero de control del sistema de tratamiento terciario. De este tanque pasa por reboce a un segundo tanque de 2.5 m<sup>3</sup>.

## SISTEMA DE FILTRACIÓN

Debido a que durante la etapa de puesta en marcha el efluente producido no es de muy buena calidad, se recomienda que el agua no ingrese a esta etapa, ya que un agua con un exceso de sólidos en suspensión podría sobre saturar el medio filtrante, para lo cual debe cerrar la válvula de ingreso y abrir las válvulas de by pass, hasta mejorar la calidad del efluente producido; realizar la misma operación cuando haya problemas operativos o inusuales que afecten a la calidad del efluente.

El proceso de retrolavado se programará en la válvula de control automática, se inicia con una frecuencia de una vez por día, durante un periodo de 10 minutos, sin embargo esto se podrá modificar en base a las características fisicoquímicas y microbiológicas de la calidad del agua de ingreso.

Esta válvula de control posee una pantalla, donde se puede visualizar la hora, fecha actual, y la programación del retrolavado; es muy importante que la válvula reciba energía eléctrica en forma constante, debido a que la falta de ésta por un período mayor a 10 minutos, ocasionará su desprogramación, razón por la cual el operador deberá estar capacitado para programarla, siguiendo los pasos indicados en el Anexo 1 de este manual.

## SISTEMA DE DESINFECCIÓN

La dosificación de cloro es favorable para la destrucción de los organismos patógenos. La dosis requerida normalmente es 5.0 mg/l en condiciones normales de operación, la cual se efectúa al ingreso de los tanques de almacenamiento, con la ayuda de una bomba dosificadora.

### Preparación de la Solución:

Colocar en el tanque de solución, 350 gr. de hipoclorito de calcio granular (comercialmente se encuentra al 70%), luego enrazar a 100 L con agua limpia. Colocar la perilla de regulación de la bomba dosificadora al 55 %. Este proceso se realizará una vez por día.

### LECHOS DE SECADO

La operación de los lechos de secado se basa en lo siguiente:

Preparación para llenado, antes de ser llenados los lechos con los lodos, se debe escarificar la superficie de arena de los lechos a fin de romper cualquier costra dura que se haya formado. Luego se coloca arena en los sitios en que sea necesario por haberse perdido el material original a causa del escarificado.

Llenado, primero llenar el lecho de secado hasta unos 25 cm. Este es distribuido sobre toda la superficie del lecho permeable (arena), una vez depositado, el agua que queda debajo del lodo comienza a drenar, hasta que la parte concentrada de sólidos se deposita sobre el lecho, no se deberá esparcir lodo en el lecho cuando éste ya contenga una capa anterior en fase de secado.

Control, el operador deberá controlar que a través de la tubería de desagüe fluya el efluente percolado del drén, debido a que la mayor parte del agua libre puede removerse en menos de un día (En caso que el escurrimiento sea mínimo o no se produzca, indica que el medio filtrante se ha colmatado). Pasado este primer periodo de drenaje, el secado seguirá básicamente por medio de evaporación (se debe controlar la medida del descenso de la capa de lodo). Se formará una cama cada vez más pobre en agua, con la cual se observará una reducción del

volumen, tanto en dirección vesical como horizontal y se formarán grietas, este proceso sumado a la remoción manual con rastrillo, permitirá acelerar el proceso de evaporación, porque aumenta la superficie expuesta al aire; igualmente se puede acelerar el proceso de secado mediante la adición de cal, de esta forma también se controlará la presencia de olores e insectos; se recomienda el uso de cal cuando el lecho esta colmatado.

El tiempo de secado depende de las condiciones climáticas y meteorológicas, por lo que se recomienda programar la extracción en época de alta temperatura; el rango de tiempo de secado varía entre 15 a 30 días; donde se reduce la humedad de 90 a 95% contenida en el lodo, hasta 50 a 65% aproximadamente.

Remoción de lodo, se recomienda medir el contenido de humedad, una vez por semana, de contarse con el equipo se definirá en forma visual, cuando el lodo haya alcanzado un bajo porcentaje de humedad, se retirará el lodo del lecho y se depositará en un lugar para su disposición final.

Flujos de retorno, El drenaje de los lechos de secado se debe retornar al proceso de tratamiento.

Mantenimiento, se debe reponer la pérdida de arena durante la remoción del lodo seco; de igual forma se debe prevenir el crecimiento de vegetales de todo tipo. En caso que el lecho muestre tendencia a colmatarse, se deberá considerar utilizar una arena de mayor granulometría.



## EFLUENTE

Se debe realizar un monitoreo del funcionamiento de la planta, analizando en campo los siguientes parámetros: caudal, pH, temperatura, oxígeno disuelto, volumen de lodos y cloro residual, por lo menos una vez por día.

Así mismo se recomienda un análisis completo (Oxígeno disuelto, pH, Temperatura, Conductividad, STD, SST, DBO5, DQO, Turbidez, Cloro residual, cloro total, Organismos coliformes y organismos coliformes termotolerantes) del afluente y efluente, por lo menos una vez por mes, en un laboratorio especializado.

Las mediciones de campo las realiza el operador diariamente y deben ser reportados en un cuaderno diario, para luego ser reportador en un informe mensual.

Los controles indicados en estas instrucciones son en principio suficientes para asegurar una buena operación normal, pero se realiza verificaciones más precisas de las condiciones de funcionamiento 1 vez por mes, evaluando los siguientes parámetros físico-químicos y microbiológicos en el efluente:

Análisis de los parámetros:

pH: Una gran variación del pH en el agua cruda puede afectar el tratamiento y destruir completamente las bacterias (Lodos activados). Una verificación periódica puede detectar los productos ácidos o básicos que llegan a la planta. El pH de un agua residual domestica puede variar entre 6.0 y 9.0. Un contenido alto de sólidos o de cloro residual puede interferir con las pruebas de pH en el efluente. Cuando se realiza el control de procesos, las muestras tomadas en la

cámara de aeración deberán sedimentarse por 10 minutos y luego debe tomarse el pH de la muestra sobrenadante.

**Oxígeno Disuelto:** El oxígeno es utilizado por las bacterias para sus necesidades energéticas, su reproducción por división celular y para su respiración endógena (auto-oxidación progresiva de su masa celular). La cantidad de oxígeno que puede disolverse en el agua residual depende inversamente de la temperatura; mientras más fría el agua mayor cantidad de oxígeno disuelto. Las cantidades normales de oxígeno disuelto para prevenir condiciones sépticas son:

Para la zona de aeración : >2 mg/l

Para la zona de sedimentación: >1 mg. /l

Para el efluente en la descarga: >3.0 mg /l

**Cloro Residual:** El efluente final de la planta debe tener una cantidad de cloro residual específica para eliminar las bacterias coliformes. El rango requerido de cloro residual debería ser < 1.0 mg/l, después de 30 minutos de contacto, es decir, a la salida del tanque de almacenamiento.

**Caudal:** La Planta de lodos activados está diseñada para tratar un caudal de 1.87 m<sup>3</sup>/h, por tratarse de plantas de lodos activados, es decir un proceso biológico, es recomendable respetar el caudal de diseño. El caudal total de la planta, incluyendo el efluente de lavandería es de 2.71 m<sup>3</sup>/h

**Volumen de lodos (Zona de aeración):** Como en el caso del oxígeno disuelto, el volumen de lodos varía en el curso del día. El test de sedimentación es

considerado el mejor método de control para determinar la frecuencia de la extracción en plantas compactas.

Color: Es un parámetro de observación que indica de manera rápida la operación del sistema.

Tabla N°54: Cuadro de análisis de los Parametros

| COLOR DEL AFLUENTE | COLOR EN EL TANQUE DE AIREACIÓN | COLOR EN EL TANQUE DE SEDIMENTACION | COLOR DE LOS LODOS DE RETORNO | OLOR                | CONDICIÓN                                       | AJUSTE                               |
|--------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------|---|--------------------------------------|
| Gris               | Marrón Chocolate                | Claro                               | Marrón Chocolate              | Terroso             | Buena Operación                                 | Ninguno                              |
| Gris               | Marrón Chocolate                | Claro                               | Marrón Chocolate              | Terroso             | Mucha espuma                                    | Espuma normal al inicio              |
| Gris               | Marrón Chocolate                | Oscuro                              | Claro                         | Mohoso              | Sólidos en el efluente                          | Reducir el rango de retorno de lodos |
| Gris               | Marrón Claro                    | Marrón Claro                        | Claro                         | Ligeramente Mohoso  | Sólidos flotantes en el tanque de sedimentación | Raspar tolva                         |
| Gris               | Marrón Claro                    | Marrón Claro                        | .....                         | Ligeramente séptico | No hay retorno de lodos                         | Retrolavado de lodos de retorno      |
| Gris               | Rojo                            | Rojizo                              | Marrón Claro                  | Ninguno             | Sobre mezclado                                  | Reducir aireación                    |
| Gris               | Negro                           | Negro                               | Negro                         | Séptico             | Aireación insuficiente                          | Aumentar aireación                   |

Temperatura: Para obtener una máxima eficiencia en el tratamiento, las bacterias requieren una temperatura favorable. Las variaciones de temperatura afectan la reproducción y el crecimiento de las bacterias, lo que es directamente proporcional al tratamiento efectuado. La zona más favorable se sitúa entre 20º C y 32º C. El dato de temperatura se toma del registrador del medidor de oxígeno disuelto.

#### FILOSOFIA DE FUNCIONAMIENTO

El efluente de SSHH llega a la PTAR por gravedad; el efluente de la cocina pasa previamente por la trampa de grasa y luego llega por gravedad a la PTAR, para el encendido de las bombas sumergibles en el tablero 1 colocar en modo automático el selector MOA y el selector de bombas alternadas en ALT. , el sensor de nivel ubicado en la cámara de ecualización enviara una señal cada vez que la cámara se llene para que se prendan las bombas sumergibles, cuando baje el nivel de la cámara de ecualización el sensor de nivel enviara una señal para que se apague la siguiente bomba, de esta manera alternaran las bombas sumergibles. Cuando se selecciona el modo manual se podrá encender individualmente las bombas sumergibles seleccionado B1 o B2. Esta cámara cuenta con un sensor de nivel bajo - bajo para protección de las bombas en caso la cámara se quede sin efluente.

En la cámara de ecualización se encuentran 6 difusores de burbuja gruesa a los cuales les llega aire de los sopladores.

De la cámara Anóxica pasa por las ventanas ubicadas en la parte inferior a la cámara de aireación, en la cual se encuentran ubicados 24 difusores de burbuja fina, alimentados también por los sopladores.

Para encender los sopladores colocar en modo automático el selector MOA y el selector de sopladores alternados en ALT los sopladores funcionaran de la siguiente manera: el primero encenderá durante 40 minutos y descansara 20 minutos luego encenderá el segundo soplador durante 40 minutos y descansara 20 minutos aproximadamente, esta acción se realizara cíclicamente, estos tiempos podrán ser modificados en campo en el tablero de control. Cuando se selecciona el modo manual se podrá encender individualmente los sopladores seleccionado B1 o B2.

De la cámara de aeración pasara a la cámara de sedimentación a través de la caja sifoide, en la cámara de sedimentación se encuentra el airlift y el skimmer, los cuales también recibirán aire proveniente de los sopladores.

El agua tratada en la cámara de sedimentación pasara por gravedad al sistema de post-tratamiento o tratamiento terciario.

El efluente proveniente de la lavandería, llegara por gravedad a una trampa de espuma, de la trampa de espuma pasara al sistema de post-tratamiento.

En la línea de proveniente de la trampa de espuma se ubicara un switch de flujo, el cual encenderá la bomba dosificadora de cloruro férrico cuando el selector MOA este modo automático. El modo manual trabajara continuamente la dosificadora.

Posterior a la dosificación, esta línea se unirá con la proveniente de la PTAR, para ingresar al primer tanque de 2.5m<sup>3</sup>, el cual contara con un agitador marca Pulsafeeder. Para que encienda el agitador colocar en modo automático el selector MOA, trabajara durante 5 minutos cada media hora, estos tiempos podrán ser modificados desde el tablero de control. Cuando se selecciona el modo manual se encenderá el agitador constantemente.

Por una tubería de 3"aproximadamente, el efluente pasara a un segundo tanque de 2.5m<sup>3</sup>, de donde se bombeara con la ayuda de dos bombas centrifugas de funcionamiento alternado al sistema de filtración.

Para encender estas bombas centrifugas colocar en modo automático el selector MOA y el selector de bombas alternadas en ALT. El sensor de nivel ubicado en el segundo tanque de 2.5 m<sup>3</sup> enviara una señal para el encendido y apagado de la bomba centrifuga, las bombas centrifugas alternaran cada cinco horas de operación. Cuando se selecciona el modo manual se podrá encender individualmente las bombas sumergibles seleccionado B1 o B2. Este tanque cuenta con un sensor de nivel bajo - bajo para protección de las bombas en caso el tanque se quede sin efluente. Considerar un switch de presión a la descarga de las bombas en caso la presión en la línea se eleve demasiado.

El sistema de filtración costa de 2 filtros clarificadores, que funcionan en paralelo y un filtro de carbón, cuando los filtros estén en modo servicio, en la línea de agua por tratar el solenoide de ingreso (N.O) permanecerá abierto y el solenoide (N.C) permanecerá cerrado.

En el modo servicio la solenoide 3 ingreso al filtro clarificador 1, solenoide 4 ingreso al filtro clarificador 2 y solenoide 5 ingreso al filtro de carbón estarán abiertos. Posición inicial de los solenoides (N.O)

El modo retrolavado de los filtros se realizara por tiempo uno por uno, la válvula performa ubicada en cada filtro envía una señal (contacto seco) indicando que está en retrolavado para que la solenoide de la línea de agua a tratar se cierre y la solenoide de agua tratada se apertura. En el modo retrolavado las bombas centrifugas succionaran del tanque de 10m<sup>3</sup>, este taque cuenta con un sensor de nivel para proteger la bomba en caso el tanque de 10m<sup>3</sup> este vacío. Una vez concluido el retrolavado de los tres filtros estos pasan a modo servicio cerrando la solenoide de agua tratada y apertura la solenoide de agua a tratar.

En el modo retrolavado la secuencia comienza por el filtro clarificador 1, solenoide 3 abierto solenoide 4 y 5 cerrados; luego pasa al filtro clarificador 2, solenoide 4 abierto solenoide 3 y 5 cerrado; finalmente pasa al filtro de carbón, solenoide 3,4 y 5 abiertos.

Finalmente se realizara una dosificación de cloro, con la ayuda de una bomba dosificadora la cual se activara con un switch de flujo ubicado a la salida del filtro de carbón cuando el selector MOA este modo automático. El modo manual trabajara continuamente la dosificadora.

El agua tratada será almacenada en 3 tanques de 10m<sup>3</sup>, unidos por vasos comunicantes.



## MANTENIMIENTO DE LA PLANTA

El mantenimiento requerido por la planta de tratamiento de aguas residual, son básicamente para los equipos mecánicos, los procedimientos a seguir serán detallados en el presente manual.

Es muy importante seguir con lo descrito, mediante un programa de mantenimiento, ya que esto asegura una correcta operación de la planta y una larga vida útil del equipo.

Por su seguridad antes de realizar cualquier tipo de mantenimiento, desconecte la alimentación de energía eléctrica al o los equipos involucrados; adicionalmente a las recomendaciones dadas en este manual, revise el manual del equipamiento suministrado por el fabricante.

### **Tabla N°55: Cuadro del Mantenimiento de la PTAR**

| ETAPA DEL PROCESO  | FRECUENCIA  | DESCRIPCIÓN  |
|--|-------------|--|
| <b>Bombas sumergibles</b>  | Diaria      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de funcionamiento.</li> <li>• Revisar el funcionamiento de los sensores de nivel.</li> <li>• Control partida-parada-emergencia.</li> </ul>  |
|  | Semanal     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de operación.</li> <li>• Inspección tablero eléctrico.</li> <li>• Inspección de caudal de salida.</li> <li>• Revisión y limpieza del ingreso a la bomba (pelos, trapos, etc.).</li> </ul>   |
|  | Mensual     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición de aislamiento a motores eléctricos.</li> <li>• Como este tipo de bombas es sumergible y están diseñadas herméticamente para soportar prolongadas horas de trabajo, por lo tanto su mantenimiento debe efectuarse una vez al año, o cuando se requiera.</li> </ul> |
|  | Anual       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir la resistencia del aislamiento.</li> <li>• Probar el cable eléctrico.</li> <li>• Probar los dispositivos de vigilancia.</li> <li>• Cojinetes y lubricación.</li> </ul>  |
|  | Cada 5 años | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento general. (con condiciones duras de servicio hay que acortar los intervalos de servicios).</li> </ul>  |
| <b>Bombas Dosificadoras<br/>(De cloruro férrico e Hipoclorito)</b> | Diaria      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de funcionamiento.</li> </ul>   |
|  | Semanal     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección tablero eléctrico.</li> <li>• Inspección de caudal de salida.</li> </ul>   |
|  | Mensual     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición de aislamiento al motor.</li> <li>• Limpieza de las mangueras de succión y descarga.</li> <li>• Limpieza de las válvulas de succión, descarga y de pie, para remover incrustaciones.</li> </ul>  |
| <b>Sopladores (Blower)</b>   | Diaria      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chequeo de funcionamiento</li> <li>• Chequeo de presión de trabajo.</li> </ul>  |
|  | Semanal     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de filtro de aire y ventilador del motor.</li> <li>• Chequeo de ruidos extraños y/o vibraciones.</li> </ul>  |

|                           |                             |  |
|---------------------------|-----------------------------|--|
|                           |                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique la tensión de la faja, si está muy suelta, la polea del motor girará varias veces antes que la polea del aireador empiece a girar. Si esto pasa apague el circuito, ajuste la faja y verifique otra vez.</li> </ul>   |
|                           | Mensual                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar el nivel del aceite lubricante</li> <li>• Engrase de los rodamientos de soplador.</li> <li>• Controlar el mantenimiento del filtro de aire, cambiarlo cuando sea necesario.</li> </ul>  |
|                           | Cada 6 meses                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Engrase de los rodamientos de los electromotores.</li> </ul>  |
|                           | Recomendaciones Adicionales | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 horas después de la primera puesta en marcha comprobar el tensado de las correas.</li> <li>• 50 horas después de la primera puesta en marcha comprobar el buen ajuste de todos los tornillos de la unión eléctrica y volver a apretar si hiciera falta</li> <li>• 500 horas después de la primera puesta en marcha cambiar el aceite lubricante</li> <li>• Los intervalos de mantenimiento pueden variar, según el funcionamiento y las condiciones del entorno.</li> </ul> <p>La válvula de presión para liberar el exceso de presión, son de simple construcción y requieren muy poca atención, sin embargo deben mantenerse limpias para asegurarse que funcionen bien.</p> |
| <b>Bombas centrífugas</b> | Diaria                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de funcionamiento.</li> <li>• Inspección de fugas.</li> <li>• Inspección y registro de presión de salida.</li> </ul>  |
|                           | Semanal                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de operación.</li> <li>• Inspección tablero eléctrico.</li> <li>• Limpieza externa, especialmente del ventilador del motor.</li> </ul>  |
|                           | Mensual                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lubricación del motor</li> </ul>  |
|                           | Anual                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento Preventivo, revisión del impulsor, sellos y eje de la bomba.</li> </ul>   |

**Nota:** Para mayor detalle revisar el manual de cada equipo, lo cuales se encuentran como documentación complementaria en el presente manual.

## 1.1. RECOMENDACIONES ADICIONALES

- **Limpieza General**

Es necesario realizar una limpieza general, que incluya las paredes de los tanque, el equipamiento y estructuras en general, lo cual es indispensable, a fin de evitar los malos olores y problemas de corrosión, con el fin de mantener una instalación presentable. Esto se logra con la ayuda de una escobilla (lavatodo de cerdas plásticas), agua y detergente; limpiando todos los contornos de los depósitos; también se debe retirar los cuerpos flotantes de la zona de sedimentación con la ayuda del recogedor de hojas. Estas operaciones se deben realizar en forma diaria.

- **Recubrimiento Epóxico – Pintura**

La frecuencia de aplicación de recubrimiento epóxico sobre las estructuras metálicas, puede variar de 1 a 3 años, según las condiciones ambientales, el tipo de pintura utilizada, el proceso de aplicación y la agresividad del medio.

## 4. STOCK DE REPUESTOS

Con la finalidad de mantener en funcionamiento el sistema de tratamiento, se recomienda tener en stock de los siguientes repuestos y realizar el cambio según la frecuencia indicada:

### **Tabla N°56: Cuadro de Stock de Presupuestos**

| Repuestos  | Cantidad | Frecuencia de Reemplazo |
|--|----------|-------------------------|
| Bombas Dosificadoras - Kit repuestos   | 01 juego | Anual                   |
| Soplador - Kit de repuestos<br>(Engranajes, juntas, sellos,                    | 01 juego | Bianual                 |
| Bombas Sumergibles - Kit de repuestos<br>(Juego de Rodamientos, sellos, etc.). | 01 juego | Anual                   |
| Bomba Centrifuga - Kit de repuestos<br>(sellos mecánicos)                      | 01 juego | Bianual                 |

## 5. ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Para esta planta de tratamiento es necesaria la presencia de un operador, el cual se debe regir a un programa de trabajo definido, cabe resaltar que los trabajos de operación y mantenimiento se encuentran íntimamente ligados, por lo que el mantenimiento minucioso e inspecciones sistemáticas, permitirán corregir los defectos antes que se produzcan las averías, para lo cual es importante tener los repuestos indicados en el ítem anterior.

Es indispensable presentar informes detallados de operación, para poder evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento; se debe presentar reportes diarios e informes mensuales, los primeros permiten conocer la marcha de la instalación mientras que los informes mensuales serán utilizados para comparar los rendimientos actuales y pasados. La comparación de los informes mensuales permite constatar las variaciones debidas a cambios de población, estaciones, métodos de operación y otros factores.

## 6. PROBLEMAS COMUNES

- **Los motores no funcionan:**

- Falta general de energía eléctrica.
- Fusible quemado, remplazarlo; reactivar el interruptor automático.
- Motores sobrecargados, examinar los calentadores de sobrecarga, si con la reactivación no arranca el motor.

- **Exceso de espuma:**

- Exceso de oxigenación, reducir el tiempo de aeración, se observa durante las primeras semanas, hasta la formación de lodos activos.
- Falta de sólidos, normalmente en la cámara de aeración, se observa durante las primeras semanas de operación. Resiembra de lodos activados.
- Exceso de espuma por uso excesivo de detergentes, retirar lo que sea posible de la superficie y rociar agua para diluir y eliminarlo en la descarga muy diluida. Para disminuir el impacto se debe realizar inmediatamente después un seguimiento para encontrar el punto de incursión y evitar que continúe. Grandes cantidades de detergente desactivan en su totalidad la planta y se requiere una succión integral de la misma.

- **Exceso de grasas:**

- Exceso de grasas, retirar las natas de grasas que se forman en la superficie de la cámara de aeración y sedimentación. El exceso de grasa se puede deber a mantenimiento inadecuado de las trampas de grasa (Falta de limpieza según cronograma establecido) o deficiente confinación de aceite y grasas en las cocinas y comedores, esta contaminación deben reportarse inmediatamente y realizar seguimiento para mitigar el impacto. La presencia de grasa genera microorganismos que son perjudiciales para el proceso de sedimentación ocasionando una deficiente sedimentación.
- **Variaciones de Caudal:**
  - Exceso de caudal en el afluente (ingreso), incrementar el tiempo de retorno de lodos para evitar que pasen a la cámara de desinfección y posteriormente a la descarga. Reportar inmediatamente y realizar seguimiento ya que esto se puede deber a fugas de agua en alguna tubería o uso inadecuado del agua potable en las instalaciones. Los caudales elevados afectan la eficiencia de las planta descargando agua tratadas con DBO mayor a los promedios cuando la planta trabajo dentro del caudal nominal en este caso es de 1.87 m<sup>3</sup>/h.
- **Bajo nivel de cloro libre residual:**
  - Los caudales elevados en la planta generan una disminución considerable del nivel de cloro libre residual en la descarga. Se debe incrementar la dosificación de solución de hipoclorito de calcio. Que puede ser de dos maneras: Incrementar la cantidad de dosificación

de solución de hipoclorito de calcio o incrementar la concentración de cloro en los recipientes.

- **Alto nivel de cloro libre residual:**

- Los bajos caudales generan alto nivel de cloro libre residual en la descarga. Se debe bajar la cantidad de dosificación hasta obtener valores que se encuentren en el rango requerido.

- **El agitador no funciona en automático:**

- Falla del timer, hacerlo revisar por un electricista.
- Debido a una sobrecarga, revisar la posible falla.
- Falla en el tablero eléctrico, revisarlo por un electricista.

- **Acumulación de lodo en la superficie del decantador:**

- Airlift, no retorna la cantidad de lodo suficiente, examinar si se acumula el lodo, verificar que el air Lift no se encuentre obstruido o con bajo nivel de retorno.
- Formación de lodos fofos, disminuir el tiempo de aeración.
- Cantidad de grasa o detergente excesiva – eliminarla constantemente hasta disminuir la presencias de estos.

- **Grandes cantidades de sólidos que sobrepasa la barrera de efluentes :**

- Airlift, no retorna la cantidad de lodo suficiente, examinar los conductos de aire y el airlift por si hay obstrucción.



- Planta sobrecargada, medir dos veces por semanas el % de sedimentabilidad este debe estar entre 20 a 60%. Si se encuentra mayor a 60%, retirar los lodos en exceso.
- **Variaciones del pH:**
  - Bajo, se debe neutralizar con una solución de hidróxido de calcio, el cual debe dosificarse en la cámara de ecualización para darle la condición de pH requerido.
  - Alto, el pH debe corregirse en la fuente para evitar el uso de productos químicos en el reactor, los cuales le dan baja calidad al efluente descargado.

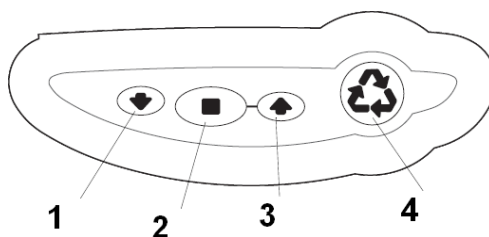
## 7. PROCEDIMIENTOS DIARIOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

- ✓ Realice una inspección visual diaria de la planta para asegurarse que todos los equipos estén operando. Llenar un reporte diario.
- ✓ Compruebe que el sistema de dosificación de solución de hipoclorito de calcio esté funcionando. Reponer cloro cuando se necesario.
- ✓ Verifique que haya una igual distribución de aire en la cámara de aeración.
- ✓ Compruebe que el airlift esté retornando lodo activado a la cámara de aeración. Algunas veces se produce obstrucción en la tubería.
- ✓ Verifique y regule el funcionamiento el Skimmer en caso que la planta cuente con este dispositivo.
- ✓ Pase el rastrillo sobre la rejilla de ingreso y elimine los desperdicios recogidos como plásticos, papeles, trapos, etc., colóquelos en un recipiente adecuado.

- ✓ Realice monitoreo de parámetros de campo en el efluente, tales como: cloro residual, pH, Caudal, Oxígeno disuelto y % lodos, y reportarlos en un cuaderno diario del operador de acuerdo a su respectivo instructivo.
- ✓ Limpie la grasa y los sólidos flotantes de la cámara de aeración y de la cámara de sedimentación.
- ✓ Limpie las paredes de la cámara de aeración, sedimentación y desinfección.
- ✓ Verifique en el tablero eléctrico, la hora señalada en el timer de regulación.
- ✓ En el caso de presentarse alguna contaminación por grasas y detergentes, deberá reportarse inmediatamente.
- ✓ En el caso que se presente una falla de equipos, deberá reportarse.
- ✓ Limpie la basura y las malezas de los alrededores de la planta y del equipo.
- ✓ Los trabajos de mantenimiento de equipos son elaborados por personal asignado para estos trabajos.

## ANEXO 1: SISTEMA DE FILTRACIÓN AUTOMÁTICO

- La programación del filtro para el retrolavado [**Limpieza del Filtro**] lo puede **PROGRAMAR** fácilmente, de acuerdo a los siguientes pasos:

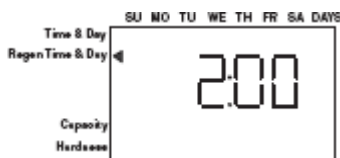


- 1º Colocar en la pantalla el tipo de válvula, para filtro = **273**
- 2º Presionar el botón N° 1 [**DOWN Button**] hasta que salga en la pantalla la "F", enseguida presione el botón N° 2 [**SET Button**] para aceptar la elección.
- 3º En la pantalla se mostrara 12:00, se tiene que actualizar la hora en ese instante con el botón N° 1 o el N° 3 [**UP Button**], estos botones permiten subir o bajar las opciones de la pantalla, cuando la hora es PM se muestra en la pantalla, el AM no se muestra; cuando tenga la hora correcta en la pantalla aceptarla con el botón N° 2. Aparecerá lo siguiente opción en la pantalla, para seleccionar el día actual.

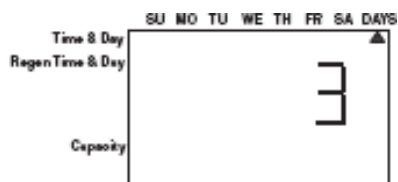
**D L M M J V S [Seleccionar el día actual]**



4º Presione el botón N° 2 para que destelle la flecha donde uno elige con los botones N° 1 y N° 3 el día actual, y con el botón N° 2 aceptamos la elección. Aparecerá la siguiente opción en la pantalla, para seleccionar a la hora que deseamos que se realice el retrolavado del filtro.



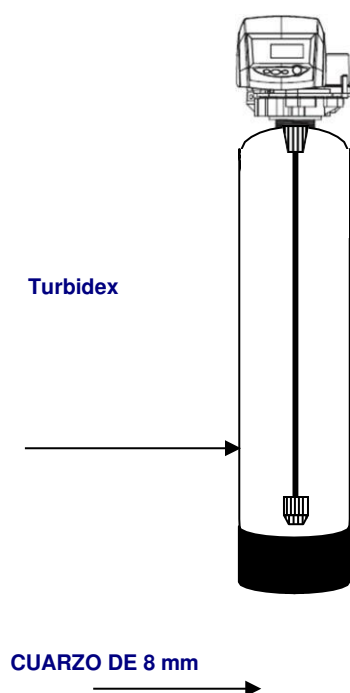
5º Presione el botón N° 2 para que destelle la flecha, donde uno elige, con los botones N° 1 y N° 3 la hora que deseamos que se realice el retrolavado, y con el botón N° 2 aceptamos la elección. Aparecerá la siguiente opción en la pantalla, para seleccionar cada cuantos días deseamos que ocurra este retrolavado del filtro. **DIARIO = 1**



6º Presione el botón N° 2 para que destelle la flecha, donde uno elige con los botones N° 1 y N° 3 cada cuantos días deseamos que se

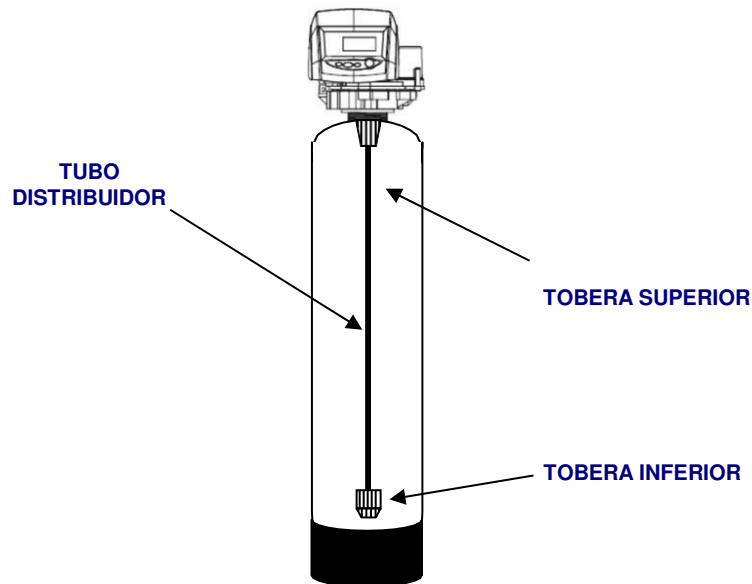
realice el retrolavado, y con el botón N° 2 aceptamos la elección. Aparecerá la siguiente opción en la pantalla, para seleccionar el tiempo de retrolavado del filtro. En la pantalla aparecerá 14 min, no tocar nada más, en la pantalla quedará siempre visible la hora actual.

- Al sistema de filtración se colocan los medios filtrantes de la siguiente manera:



- La tobera superior en el caso de no ser tipo engranaje se tiene que pegar a la válvula con pegamento para PVC [**Marca OATEY**], [**ANTES DE PEGAR LA TOBERA LUBRICAR LA VALVULA LA ZONA DEL FONDO CON**

**GLICERINA COMPRADO EN LA FARMACIA].** El tubo distribuidor  
[LUBRICARLO CON GLICERINA] ingresa con presión a la válvula.

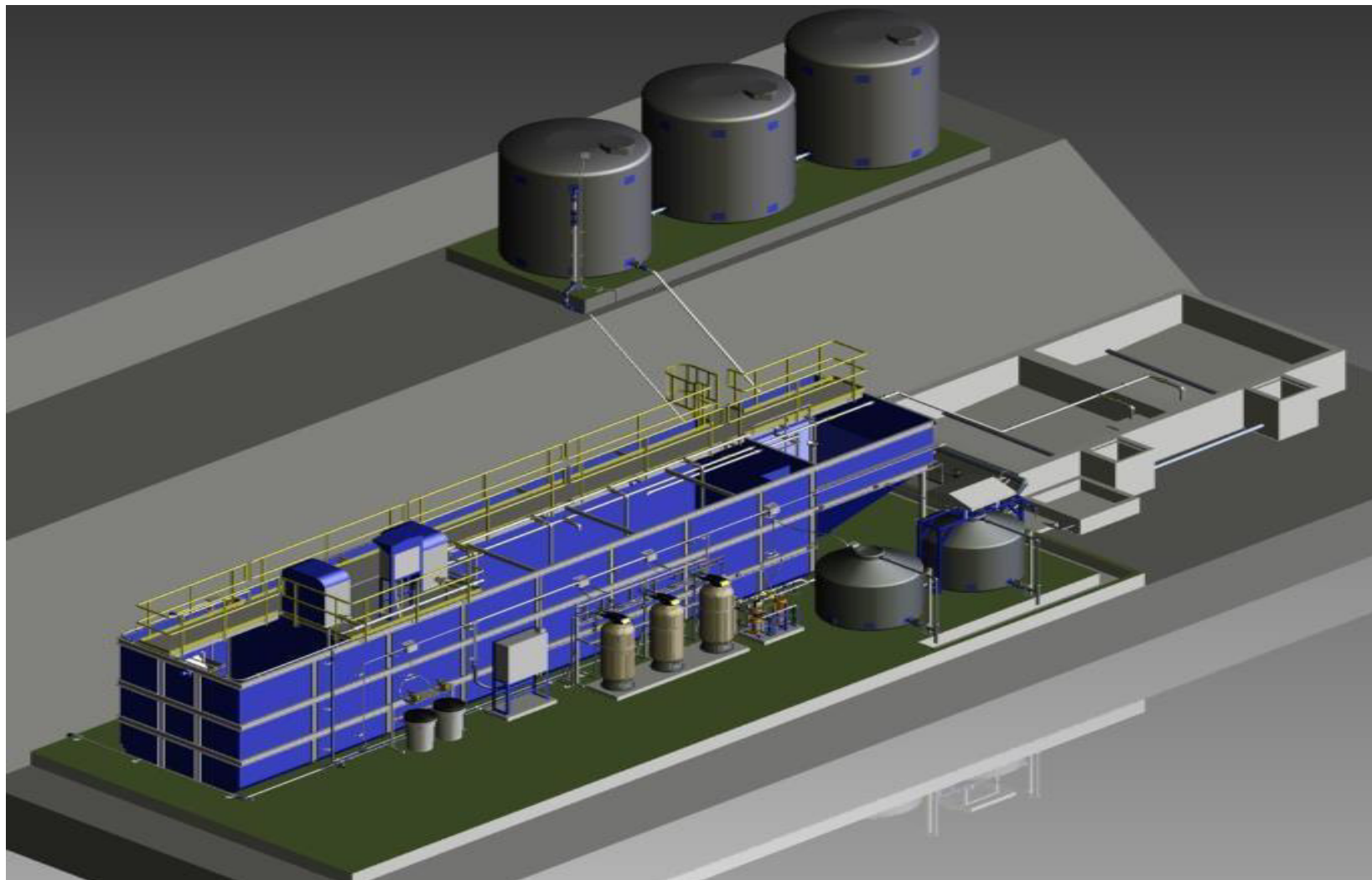


- El mantenimiento del filtro, consiste en hacer el retrolavado del medio filtrante dependiendo de la calidad del agua de alimentación, en el caso que el agua viene con cierta turbidez hacer el retrolavado diariamente. Con el botón N° 4 puede hacer el retrolavado a la hora que desee solo tiene que presionarlo por espacio de 5 segundos y el equipo empezará el retrolavado. Los medios filtrantes no se reemplazan sólo se retrolavan.

**NOTA:**

- **PARA RESETEAR LA PROGRAMACIÓN PRESIONE SIMULTÁNEAMENTE LOS BOTONES 1 Y 2 POR 5 SEGUNDOS Y LUEGO PRESIONAR EL BOTÓN 2 POR 5 SEGUNDOS MÁS.**
- **PARA CANCELAR UN RETROLAVADO DEL FILTRO PRESIONE SIMULTÁNEAMENTE LOS BOTONES 2 Y 3 POR 5 SEGUNDOS.**

## ANEXO 2: VISTAS ISOMÉTRICAS DE LA PLANTA







## ANEXO VII: PLANOS

- PLANO ARREGLO GENERAL – PLANTA
- PLANO ARREGLO GENERAL – ELEVACION
- DIAGRAMA P&ID
- DIAGRAMAS PFD
- DIAGRAMA UNIFILAR
- DIAGRAMA UNIFILAR
- PLANO DE DIAGRAMA DE DIMENSIONES
- DISTRIBUCION DE MATERIALES EXTERNOS
- PLANO DE DIAGRAMA DE DIMENSIONES
- PLANO DE REQUERIMIENTO
- PLANO DE OBRAS CIVILES















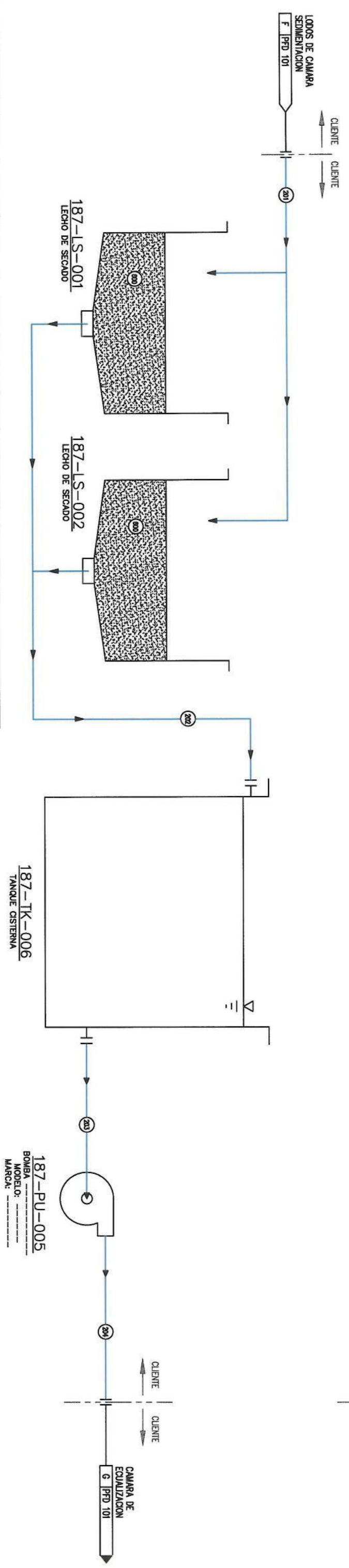
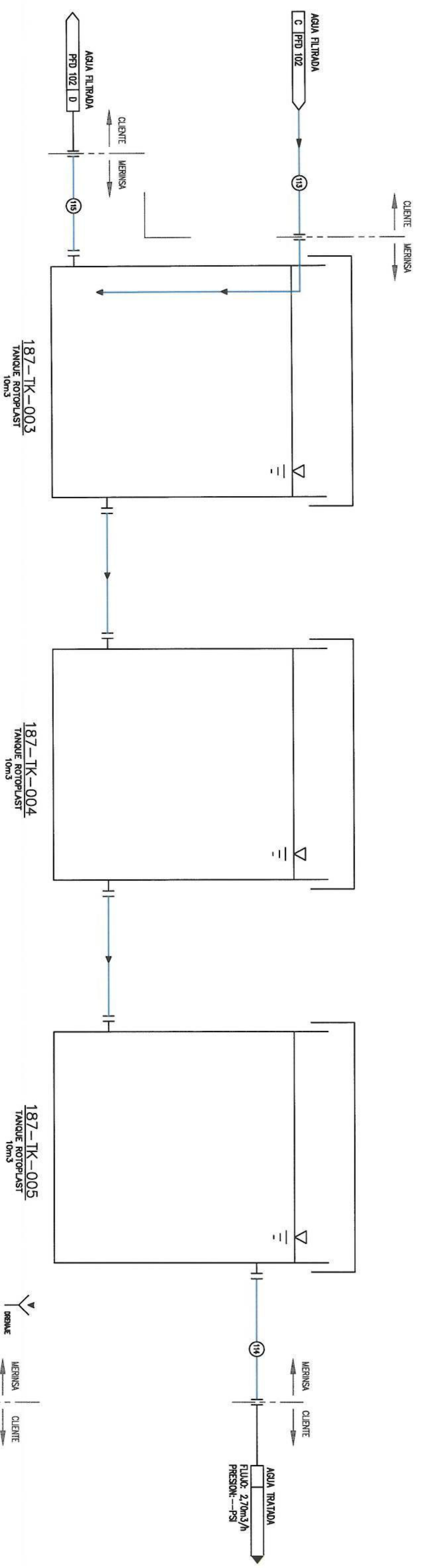












| M           | UNIDADES                            | 113      | 114                    | 115                        | 201                             | 202                     | 203                                  | 204                              | 600                     | LEGENDA  |
|-------------|-------------------------------------|----------|------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--|
| DO          | DESCARGA AL TANQUE 10m <sup>3</sup> |          | DESCARGA AGUA PRODUCTO | ALIMENTACION AGUA FILTRADA | ALIMENTACION AL LECHO DE SECADO | ALIMENTACION A CISTERNA | ALIMENTACION BOMBAS DE TRANSFERENCIA | DESCARGA BOMBAS DE TRANSFERENCIA | RESIDUOS SOLIDOS kg/día | Línea de Agua<br>Línea de Ordeñe<br>Línea de Borde<br>Línea de Aire<br>Línea de Inspección |
| RVCIO       | m <sup>3</sup> /h                   | 241      | 270                    | 241                        |                                 |                         |                                      |                                  | 800                     |  |
|             | l/h                                 | 2410     | 2700                   | 2410                       |                                 |                         |                                      |                                  |                         |  |
|             | PSI                                 | 25       |                        |                            |                                 |                         |                                      |                                  |                         |  |
|             | m/s                                 | 1,32     | 0,40                   | 1,32                       |                                 |                         |                                      |                                  |                         |  |
| METRO TUR.  | pulgadas                            | 1        | 1 1/2                  | 1 1/2                      |                                 |                         |                                      |                                  |                         |  |
| TROLAVADO   | m <sup>3</sup> /h                   | -        | -                      | -                          |                                 |                         |                                      |                                  |                         |  |
| TEMPERATURA | °C                                  | AMBIENTE | AMBIENTE               | AMBIENTE                   | AMBIENTE                        | AMBIENTE                | AMBIENTE                             | AMBIENTE                         | AMBIENTE                |  |

NOTAS: PLANOS N° PLANOS DE REFERENCIA N° REV. FECHA REVISIONES POR REV. ABR. CLIENT.

REGINA SOCIEDAD MINERA S.A.C.  
MINERA REGINA SOCIEDAD S.A.C.  
DIAGRAMA PFD - 103  
65 m<sup>3</sup>/día

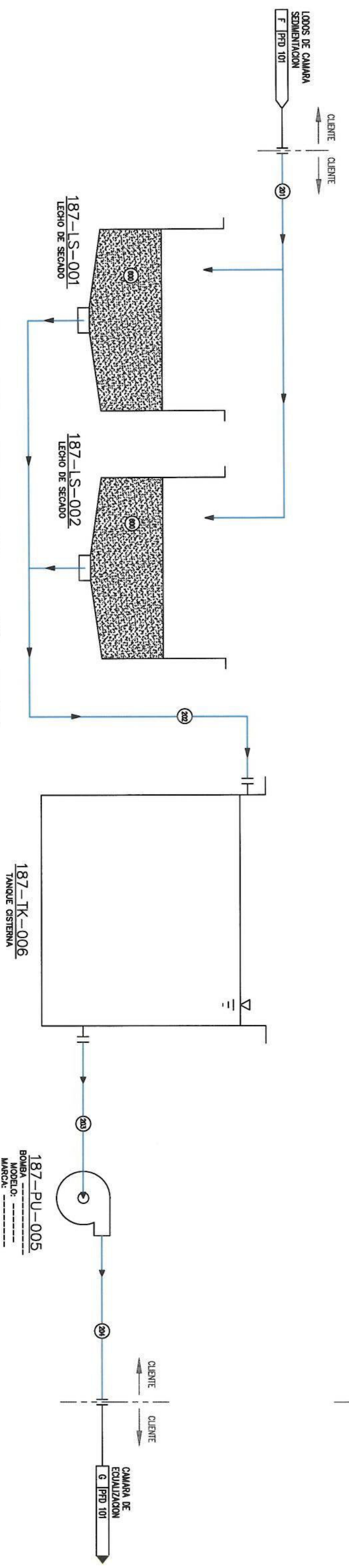
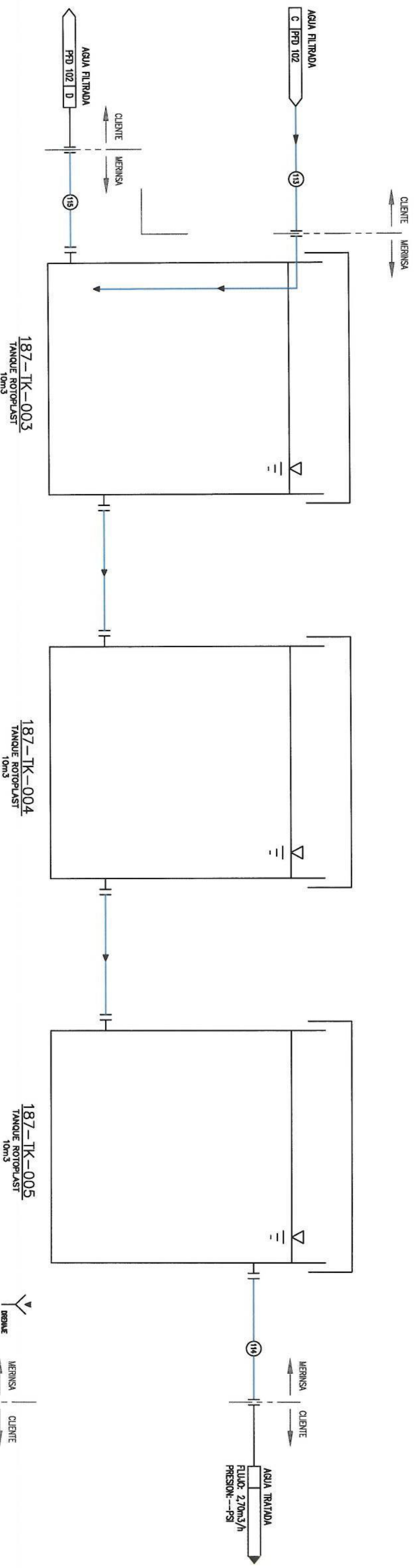
APROBACION: FECHA: FIRMAS: NOMBRES: FECHA: FIRMAS:

CLIENTE: [ ] DISEÑADO POR C.T.F.: [ ] REVISADO POR J.H.F.: [ ] REVISADO POR H.H.P.: [ ] REVISADO POR C.T.F.: [ ]

CLIENTE: [ ] DISEÑADO POR C.T.F.: [ ] REVISADO POR J.H.F.: [ ] REVISADO POR H.H.P.: [ ] REVISADO POR C.T.F.: [ ]

REGINA SOCIEDAD MINERA S.A.C.  
J.R. ANTIGOR RIZO PATRON N° 157  
TEL: 510244-8215

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL  
MINERA REGINA SOCIEDAD S.A.C.  
DIAGRAMA PFD - 103  
65 m<sup>3</sup>/día



| M   | UNIDADES | DESCARGA AL TANQUE 10m³ | DESCARGA AGUA PRODUCTO | ALIMENTACION AGUA FILTRADA | ALIMENTACION AL LECHO DE SECADO | ALIMENTACION A CISTERNA | ALIMENTACION BOMBAS DE TRANSFERENCIA | DESCARGA BOMBAS DE TRANSFERENCIA | RESIDUOS SOLIDOS kg/día | LEYENDA             |
|-----|----------|-------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------|
| 113 | m³/h     | 2.41                    | 2.70                   | 2.41                       |                                 |                         |                                      |                                  | 800                     | FLUJO DE AGUA       |
| 114 | l/h      | 2410                    | 2700                   | 2410                       |                                 |                         |                                      |                                  | -                       | LINEA DE DRENAJE    |
|     | PSI      | 25                      | 0.40                   | 1.32                       |                                 |                         |                                      |                                  | -                       | LINEA DE BOMBAS     |
|     | m/s      | 1.32                    | 1 1/2                  | 1 1/2                      |                                 |                         |                                      |                                  | -                       | LINEA DE AIRE       |
|     | pulgadas | 1                       | 1 1/2                  | 1 1/2                      |                                 |                         |                                      |                                  | -                       | LINEA DE OBTURACION |
|     | m³/h     | -                       | -                      | -                          |                                 |                         |                                      |                                  | -                       |                     |
|     | °C       | -                       | -                      | -                          |                                 |                         |                                      |                                  | -                       |                     |

| OPERATURA | AMBIENTE | AMBIENTE | AMBIENTE | AMBIENTE | AMBIENTE | AMBIENTE | AMBIENTE | AMBIENTE | AMBIENTE |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |

| APROBACION | FECHA | FIRMAS | NOMBRES | FECHA | FIRMAS |
|------------|-------|--------|---------|-------|--------|
| CLIENTE    |       |        |         |       |        |
| GERENTE    |       |        |         |       |        |
| INGENIERO  |       |        |         |       |        |
| MECANICO   |       |        |         |       |        |
| OPERARIO   |       |        |         |       |        |

REGINA SOCIEDAD MINERA S.A.C.  
 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL  
 MINERA REGINA SOCIEDAD S.A.C.  
 DIAGRAMA PFD - 103  
 65 m³/día

NOTAS: PLANOS Nº: PLANOS DE REFERENCIA: Nº REV.: FECHA: REVISIONES: POR: REV.: APR.: CLIENTE:

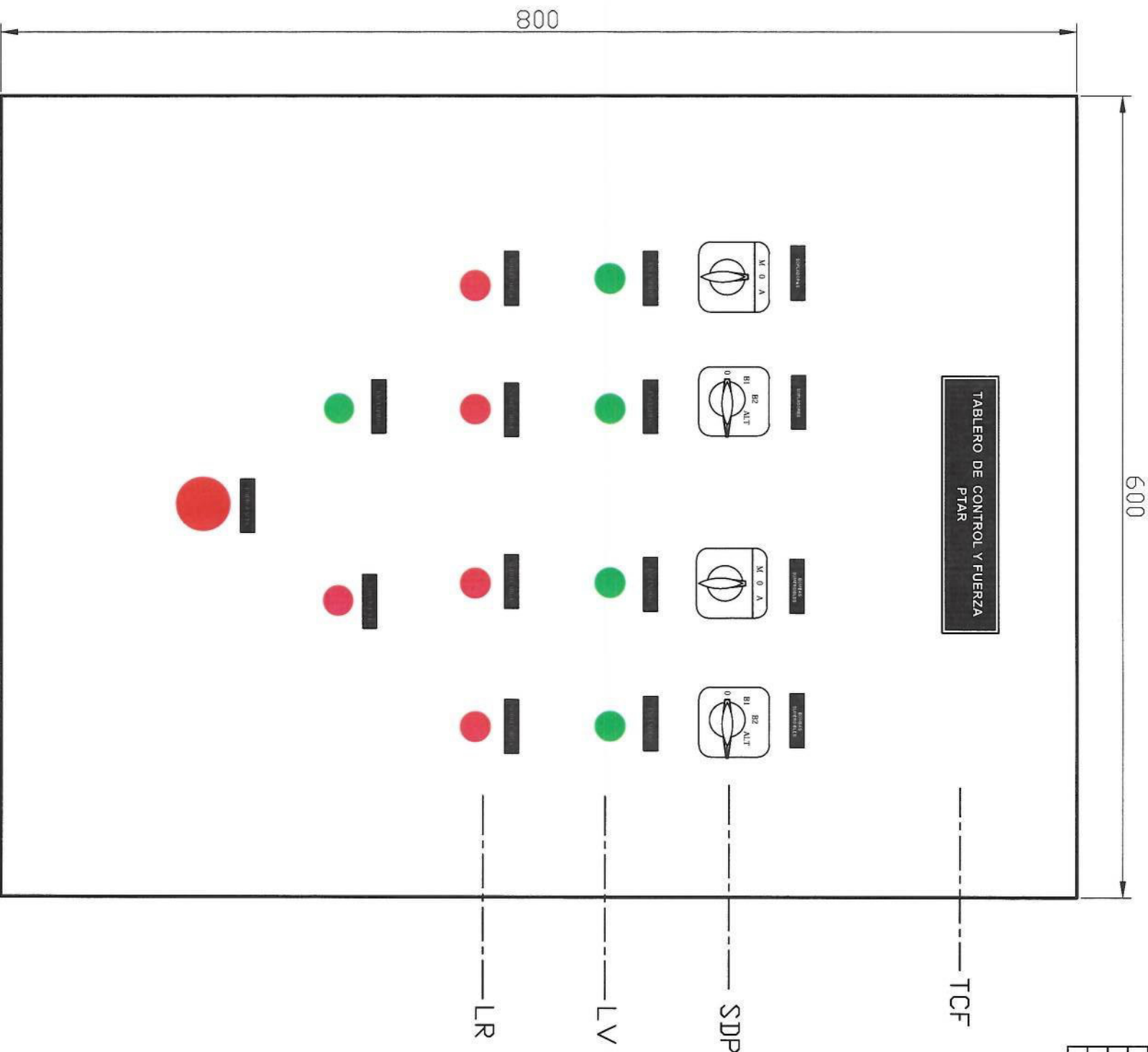
SR. ANTONIO RIZO PATRON Nº 157  
 LIMA-SUR-PERU  
 TEL.F: 51(0)144-8215

CAH0103-FA-11-003\_1





| TAG | CANTIDAD | DESCRIPCION                              | MODELO     | MARCA     |
|-----|----------|--|------------|-----------|
| TCF | 1        | TABLERO ELECTRICO 800mmx600mmx300mm      | NSYCRN6300 | SCHNEIDER |
| SDP | 2        | SELECTOR MDA                             | XB4BYM3    | SCHNEIDER |
| LV  | 4        | INDICADOR LUMINOSO COLOR VERDE ENCENDIDO | XB4BYM4    | SCHNEIDER |
| LR  | 4        | INDICADOR LUMINOSO COLOR ROJO SOBRECARGA | XB4BYM4    | SCHNEIDER |



VISTA FRONTAL

| NOTAS | PLANOS N° | PLANOS DE REFERENCIA | N° REV. | FECHA | REVISIONES | POR | REV. | APR. | CLIENT. |
|-------|-----------|----------------------|---------|-------|------------|-----|------|------|---------|
|       |           |                      |         |       |            |     |      |      |         |
|       |           |                      |         |       |            |     |      |      |         |
|       |           |                      |         |       |            |     |      |      |         |
|       |           |                      |         |       |            |     |      |      |         |

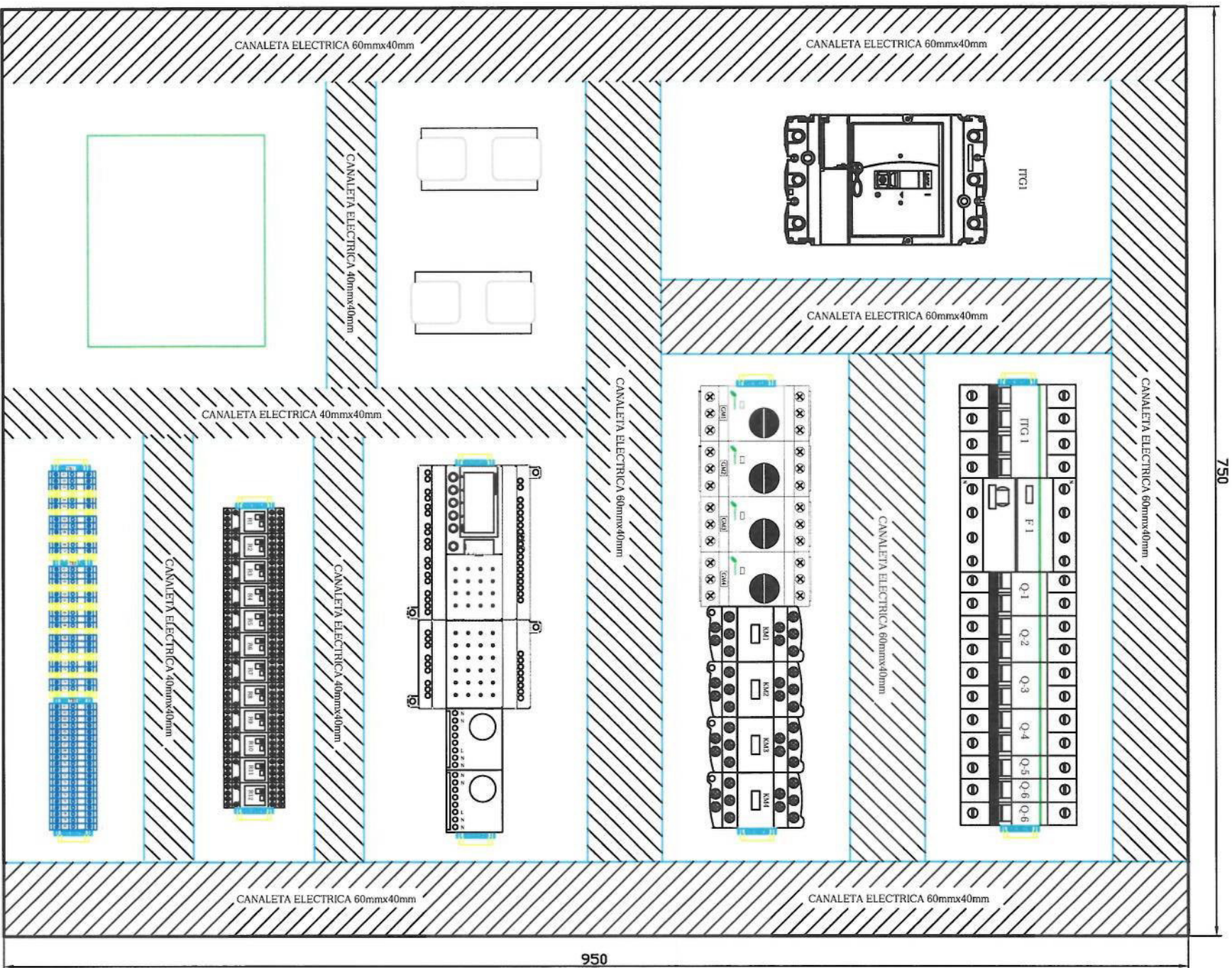
  

|                   |            |  |            |
|-------------------|------------|--|------------|
|                   |            | JR. ANTONIO RIZO PATRON N° 157<br>LIMA, S.A.-PERU<br>TEL: 51(0)11-444-8215 |            |
| CLIENTE           | FECHA      | FIRMAS   | FECHA      |
| APROBACION        | 11-02-2016 | [Firma]  | 11-02-2016 |
| REVISADO POR J.A. | 11-02-2016 | [Firma]  | 11-02-2016 |
| REVISADO POR J.A. | 11-02-2016 | [Firma]  | 11-02-2016 |
| REVISADO POR H.P. | 11-02-2016 | [Firma]  | 11-02-2016 |

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| REGINA SOCIEDAD MINERA S.A.C. | PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL |
| MINERA REGINA SOCIEDAD S.A.C. | PLANO DIAGRAMA DE DIMENSIONES          |





| TAG.                     | CANT. | DESCRIPCION                           | MODELO      | MARCA     |
|--------------------------|-------|---------------------------------------|-------------|-----------|
| PCF                      | 1     | PLACA 750mmx950mm                     |             | SCHNEIDER |
| TTG 1                    | 1     | INTERRUPTOR TETRAPOLAR 70 -100 A      |             | SCHNEIDER |
| TTG 2                    | 1     | INTERRUPTOR TETRAPOLAR 4x63 A         |             | SCHNEIDER |
| F1                       | 1     | INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 4x40 amp.  |             | SCHNEIDER |
| Q1,Q2,Q3                 | 3     | INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 2x10 amp.  |             | SCHNEIDER |
| Q4,Q5,Q6                 | 3     | INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 1x2 amp.   |             | SCHNEIDER |
| PLC                      | 1     | PLC ZELIO.                            |             | SCHNEIDER |
| GM1,GM2, GM3,GM4         | 4     | GUARDA MOTOR 4-6.3 amp.               | GV2P10      | SCHNEIDER |
| KM1,KM2, KM3,KM4         | 4     | CONTACTOR BDBINA 220 VAC              | LC1D12M7    | SCHNEIDER |
| R1,R2,R3,R4, R5,R6,R7,R8 | 12    | RELAY ENCHUFABLE RUM 11 phres         | RUMC3ABIP7  | SCHNEIDER |
| CT1                      | 2     | CONTROLADOR DE CLIMATIZACION          |             |           |
| TC1                      | 2     | TOMACORRIENTE                         |             |           |
| TB1,TB2,TB3              | 40    | BORNERAS UNIVERSAL 4mm                | NSYTRV42    | SCHNEIDER |
| BT                       | 10    | BORNERAS PARA TIERRA 4mm              | NSYTRV42PE  | SCHNEIDER |
| TPB                      | 12    | TOPES PARA BORNERA                    | NSYTRABV/35 | SCHNEIDER |
| CER                      | 6     | CANALETA ELECTRICA RANURADA 40mmx40mm | 40mmx40mm   | LEGRAND   |
| RD                       | 2     | RIEL DIN                              | -           | SCHNEIDER |

|       |           |                      |         |       |            |     |      |      |         |
|-------|-----------|----------------------|---------|-------|------------|-----|------|------|---------|
| NOTAS | PLANOS N° | PLANOS DE REFERENCIA | N° REV. | FECHA | REVISIONES | POR | REV. | APR. | CLIENT. |
|       |           |                      |         |       |            |     |      |      |         |

|                     |            |   |        |
|---------------------|------------|---|--------|
|                     |            | JR. ANTENOR RIZO PATRON N° 157<br>LIMA-SUR-PERU<br>TEL: 51(0)744-8215 |        |
| CLIENTE             | FECHA      | FIRMAS  | FIRMAS |
| APROBACION          |            |   |        |
| CLIENTE             |            |   |        |
| DISEÑO POR J.T.A.   | 28-02-2014 |   |        |
| REVISADO POR J.H.F. | 28-02-2014 |   |        |
| APROBADO POR J.L.A. | 28-02-2014 |   |        |
| APROBADO POR H.H.P. | 28-02-2014 |   |        |
| CLIENTE             |            |   |        |

|   |        |
|---|--------|
| PLAN DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL      |        |
| PLANO DISTRIBUCION DE MATERIALES EXTERNOS |        |
| COD PROJ. CLIENTE                         | ANQING |
| PLANOS CLIENTE N°                         |        |
| ANQING                                    | REV    |







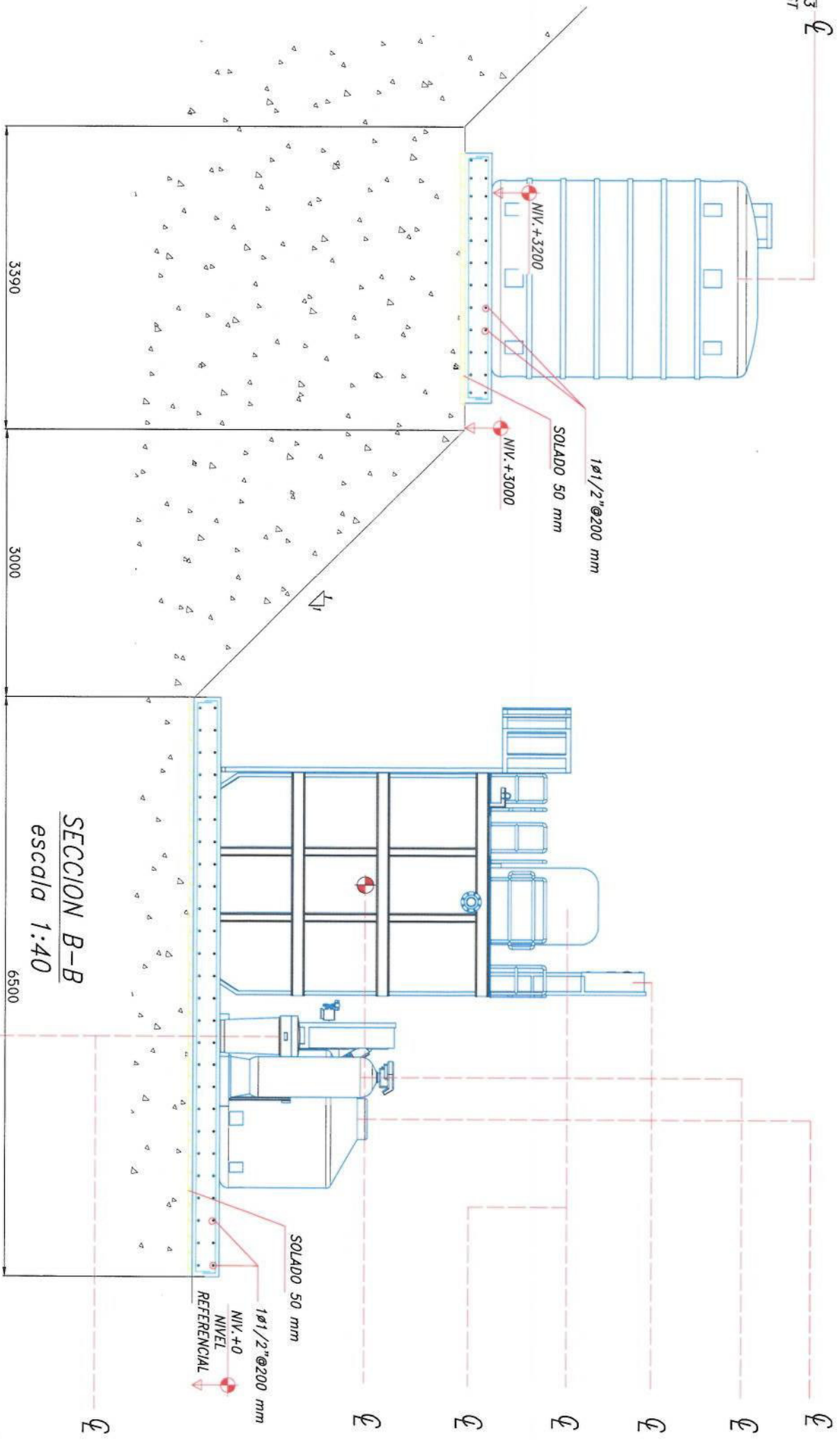








187-TK-005  
 TANQUE DE 10 M<sup>3</sup>  
 MARCA: ROTOPLAST



187-TK-002  
 TANQUE DE 2.5 M<sup>3</sup>  
 MARCA: ROTOPLAST

187-FCG-001  
 FILTRO CARBON ACTIVADO  
 DIM:  $\phi$  18" X 25"

187-TCF-001  
 TABLERO DE CONTROL Y FUERZA  
 DE LA PTAR.

187-BW-002  
 BLOWER / MODELO: SUTORBIL  
 MARCA: GARDEN DENVER

187-MO-002  
 MOTOR 7.5 HP-3600 RPM/3F.  
 MARCA: WEG

187-PTAR  
 PLANTA POTABILIZADORA  
 DE AGUA RESIDUAL

187-DP-002  
 DOSIFICACION CLORURO FERRICO  
 MARCA: MILTON ROY LMI  
 MODELO: P-163

187-TO-002  
 TANQUE PARA QUIMICO  
 MARCA: CANATURE  
 MODELO: BTR 100

SECCION B-B  
 escala 1:40

|          |          |                      |    |         |    |       |    |            |    |  |    |
|----------|----------|----------------------|----|---------|----|-------|----|------------|----|--|----|
| NOTAS    |          | PLANOS DE REFERENCIA |    | N° REV. |    | FECHA |    | REVISIONES |    | ESTADO DE LA OBRA<br>PLAN DE OBRAS<br>PLAN DE SEGURIDAD<br>PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS<br>PLAN DE MANEJO DE EMERGENCIAS<br>PLAN DE MANEJO DE CALIDAD<br>PLAN DE MANEJO DE RIESGOS<br>PLAN DE MANEJO DE CONTAMINACION<br>PLAN DE MANEJO DE ACCIDENTES<br>PLAN DE MANEJO DE CLIMA<br>PLAN DE MANEJO DE RUIDO<br>PLAN DE MANEJO DE VIBRACIONES<br>PLAN DE MANEJO DE TRAFICO<br>PLAN DE MANEJO DE SEGURIDAD CIVIL<br>PLAN DE MANEJO DE SEGURIDAD LABORAL<br>PLAN DE MANEJO DE SEGURIDAD AMBIENTAL<br>PLAN DE MANEJO DE SEGURIDAD PATRIMONIAL<br>PLAN DE MANEJO DE SEGURIDAD SOCIAL<br>PLAN DE MANEJO DE SEGURIDAD ECONOMICA<br>PLAN DE MANEJO DE SEGURIDAD CULTURAL<br>PLAN DE MANEJO DE SEGURIDAD HISTORICA<br>PLAN DE MANEJO DE SEGURIDAD PATRIMONIAL<br>PLAN DE MANEJO DE SEGURIDAD SOCIAL<br>PLAN DE MANEJO DE SEGURIDAD ECONOMICA<br>PLAN DE MANEJO DE SEGURIDAD CULTURAL<br>PLAN DE MANEJO DE SEGURIDAD HISTORICA |    |
| 20/03/16 | 20/03/16 | 1                    | 1  | 1       | 1  | 1     | 1  | 1          | 1  | 1  | 1  |
| 18/03/16 | 18/03/16 | 2                    | 2  | 2       | 2  | 2     | 2  | 2          | 2  | 2  | 2  |
| 15/03/16 | 15/03/16 | 3                    | 3  | 3       | 3  | 3     | 3  | 3          | 3  | 3  | 3  |
| 12/03/16 | 12/03/16 | 4                    | 4  | 4       | 4  | 4     | 4  | 4          | 4  | 4  | 4  |
| 09/03/16 | 09/03/16 | 5                    | 5  | 5       | 5  | 5     | 5  | 5          | 5  | 5  | 5  |
| 06/03/16 | 06/03/16 | 6                    | 6  | 6       | 6  | 6     | 6  | 6          | 6  | 6  | 6  |
| 03/03/16 | 03/03/16 | 7                    | 7  | 7       | 7  | 7     | 7  | 7          | 7  | 7  | 7  |
| 30/02/16 | 30/02/16 | 8                    | 8  | 8       | 8  | 8     | 8  | 8          | 8  | 8  | 8  |
| 27/02/16 | 27/02/16 | 9                    | 9  | 9       | 9  | 9     | 9  | 9          | 9  | 9  | 9  |
| 24/02/16 | 24/02/16 | 10                   | 10 | 10      | 10 | 10    | 10 | 10         | 10 | 10   | 10 |
| 21/02/16 | 21/02/16 | 11                   | 11 | 11      | 11 | 11    | 11 | 11         | 11 | 11   | 11 |
| 18/02/16 | 18/02/16 | 12                   | 12 | 12      | 12 | 12    | 12 | 12         | 12 | 12   | 12 |
| 15/02/16 | 15/02/16 | 13                   | 13 | 13      | 13 | 13    | 13 | 13         | 13 | 13   | 13 |
| 12/02/16 | 12/02/16 | 14                   | 14 | 14      | 14 | 14    | 14 | 14         | 14 | 14   | 14 |
| 09/02/16 | 09/02/16 | 15                   | 15 | 15      | 15 | 15    | 15 | 15         | 15 | 15   | 15 |
| 06/02/16 | 06/02/16 | 16                   | 16 | 16      | 16 | 16    | 16 | 16         | 16 | 16   | 16 |
| 03/02/16 | 03/02/16 | 17                   | 17 | 17      | 17 | 17    | 17 | 17         | 17 | 17   | 17 |
| 31/01/16 | 31/01/16 | 18                   | 18 | 18      | 18 | 18    | 18 | 18         | 18 | 18   | 18 |
| 28/01/16 | 28/01/16 | 19                   | 19 | 19      | 19 | 19    | 19 | 19         | 19 | 19   | 19 |
| 25/01/16 | 25/01/16 | 20                   | 20 | 20      | 20 | 20    | 20 | 20         | 20 | 20   | 20 |
| 22/01/16 | 22/01/16 | 21                   | 21 | 21      | 21 | 21    | 21 | 21         | 21 | 21   | 21 |
| 19/01/16 | 19/01/16 | 22                   | 22 | 22      | 22 | 22    | 22 | 22         | 22 | 22   | 22 |
| 16/01/16 | 16/01/16 | 23                   | 23 | 23      | 23 | 23    | 23 | 23         | 23 | 23   | 23 |
| 13/01/16 | 13/01/16 | 24                   | 24 | 24      | 24 | 24    | 24 | 24         | 24 | 24   | 24 |
| 10/01/16 | 10/01/16 | 25                   | 25 | 25      | 25 | 25    | 25 | 25         | 25 | 25   | 25 |
| 07/01/16 | 07/01/16 | 26                   | 26 | 26      | 26 | 26    | 26 | 26         | 26 | 26   | 26 |
| 04/01/16 | 04/01/16 | 27                   | 27 | 27      | 27 | 27    | 27 | 27         | 27 | 27   | 27 |
| 01/01/16 | 01/01/16 | 28                   | 28 | 28      | 28 | 28    | 28 | 28         | 28 | 28   | 28 |
| 31/12/15 | 31/12/15 | 29                   | 29 | 29      | 29 | 29    | 29 | 29         | 29 | 29   | 29 |
| 28/12/15 | 28/12/15 | 30                   | 30 | 30      | 30 | 30    | 30 | 30         | 30 | 30   | 30 |
| 25/12/15 | 25/12/15 | 31                   | 31 | 31      | 31 | 31    | 31 | 31         | 31 | 31   | 31 |
| 22/12/15 | 22/12/15 | 32                   | 32 | 32      | 32 | 32    | 32 | 32         | 32 | 32   | 32 |
| 19/12/15 | 19/12/15 | 33                   | 33 | 33      | 33 | 33    | 33 | 33         | 33 | 33   | 33 |
| 16/12/15 | 16/12/15 | 34                   | 34 | 34      | 34 | 34    | 34 | 34         | 34 | 34   | 34 |
| 13/12/15 | 13/12/15 | 35                   | 35 | 35      | 35 | 35    | 35 | 35         | 35 | 35   | 35 |
| 10/12/15 | 10/12/15 | 36                   | 36 | 36      | 36 | 36    | 36 | 36         | 36 | 36   | 36 |
| 07/12/15 | 07/12/15 | 37                   | 37 | 37      | 37 | 37    | 37 | 37         | 37 | 37   | 37 |
| 04/12/15 | 04/12/15 | 38                   | 38 | 38      | 38 | 38    | 38 | 38         | 38 | 38   | 38 |
| 01/12/15 | 01/12/15 | 39                   | 39 | 39      | 39 | 39    | 39 | 39         | 39 | 39   | 39 |
| 30/11/15 | 30/11/15 | 40                   | 40 | 40      | 40 | 40    | 40 | 40         | 40 | 40   | 40 |
| 27/11/15 | 27/11/15 | 41                   | 41 | 41      | 41 | 41    | 41 | 41         | 41 | 41   | 41 |
| 24/11/15 | 24/11/15 | 42                   | 42 | 42      | 42 | 42    | 42 | 42         | 42 | 42   | 42 |
| 21/11/15 | 21/11/15 | 43                   | 43 | 43      | 43 | 43    | 43 | 43         | 43 | 43   | 43 |
| 18/11/15 | 18/11/15 | 44                   | 44 | 44      | 44 | 44    | 44 | 44         | 44 | 44   | 44 |
| 15/11/15 | 15/11/15 | 45                   | 45 | 45      | 45 | 45    | 45 | 45         | 45 | 45   | 45 |
| 12/11/15 | 12/11/15 | 46                   | 46 | 46      | 46 | 46    | 46 | 46         | 46 | 46   | 46 |
| 09/11/15 | 09/11/15 | 47                   | 47 | 47      | 47 | 47    | 47 | 47         | 47 | 47   | 47 |
| 06/11/15 | 06/11/15 | 48                   | 48 | 48      | 48 | 48    | 48 | 48         | 48 | 48   | 48 |
| 03/11/15 | 03/11/15 | 49                   | 49 | 49      | 49 | 49    | 49 | 49         | 49 | 49   | 49 |
| 31/10/15 | 31/10/15 | 50                   | 50 | 50      | 50 | 50    | 50 | 50         | 50 | 50   | 50 |
| 28/10/15 | 28/10/15 | 51                   | 51 | 51      | 51 | 51    | 51 | 51         | 51 | 51   | 51 |
| 25/10/15 | 25/10/15 | 52                   | 52 | 52      | 52 | 52    | 52 | 52         | 52 | 52   | 52 |
| 22/10/15 | 22/10/15 | 53                   | 53 | 53      | 53 | 53    | 53 | 53         | 53 | 53   | 53 |
| 19/10/15 | 19/10/15 | 54                   | 54 | 54      | 54 | 54    | 54 | 54         | 54 | 54   | 54 |
| 16/10/15 | 16/10/15 | 55                   | 55 | 55      | 55 | 55    | 55 | 55         | 55 | 55   | 55 |
| 13/10/15 | 13/10/15 | 56                   | 56 | 56      | 56 | 56    | 56 | 56         | 56 | 56   | 56 |
| 10/10/15 | 10/10/15 | 57                   | 57 | 57      | 57 | 57    | 57 | 57         | 57 | 57   | 57 |
| 07/10/15 | 07/10/15 | 58                   | 58 | 58      | 58 | 58    | 58 | 58         | 58 | 58   | 58 |
| 04/10/15 | 04/10/15 | 59                   | 59 | 59      | 59 | 59    | 59 | 59         | 59 | 59   | 59 |
| 01/10/15 | 01/10/15 | 60                   | 60 | 60      | 60 | 60    | 60 | 60         | 60 | 60   | 60 |
| 30/09/15 | 30/09/15 | 61                   | 61 | 61      | 61 | 61    | 61 | 61         | 61 | 61   | 61 |
| 27/09/15 | 27/09/15 | 62                   | 62 | 62      | 62 | 62    | 62 | 62         | 62 | 62   | 62 |
| 24/09/15 | 24/09/15 | 63                   | 63 | 63      | 63 | 63    | 63 | 63         | 63 | 63   | 63 |
| 21/09/15 | 21/09/15 | 64                   | 64 | 64      | 64 | 64    | 64 | 64         | 64 | 64   | 64 |
| 18/09/15 | 18/09/15 | 65                   | 65 | 65      | 65 | 65    | 65 | 65         | 65 | 65   | 65 |
| 15/09/15 | 15/09/15 | 66                   | 66 | 66      | 66 | 66    | 66 | 66         | 66 | 66   | 66 |
| 12/09/15 | 12/09/15 | 67                   | 67 | 67      | 67 | 67    | 67 | 67         | 67 | 67   | 67 |
| 09/09/15 | 09/09/15 | 68                   | 68 | 68      | 68 | 68    | 68 | 68         | 68 | 68   | 68 |
| 06/09/15 | 06/09/15 | 69                   | 69 | 69      | 69 | 69    | 69 | 69         | 69 | 69   | 69 |
| 03/09/15 | 03/09/15 | 70                   | 70 | 70      | 70 | 70    | 70 | 70         | 70 | 70   | 70 |
| 31/08/15 | 31/08/15 | 71                   | 71 | 71      | 71 | 71    | 71 | 71         | 71 | 71   | 71 |
| 28/08/15 | 28/08/15 | 72                   | 72 | 72      | 72 | 72    | 72 | 72         | 72 | 72   | 72 |
| 25/08/15 | 25/08/15 | 73                   | 73 | 73      | 73 | 73    | 73 | 73         | 73 | 73   | 73 |
| 22/08/15 | 22/08/15 | 74                   | 74 | 74      | 74 | 74    | 74 | 74         | 74 | 74   | 74 |
| 19/08/15 | 19/08/15 | 75                   | 75 | 75      | 75 | 75    | 75 | 75         | 75 | 75   | 75 |
| 16/08/15 | 16/08/15 | 76                   | 76 | 76      | 76 | 76    | 76 | 76         | 76 | 76   | 76 |
| 13/08/15 | 13/08/15 | 77                   | 77 | 77      | 77 | 77    | 77 | 77         | 77 | 77   | 77 |
| 10/08/15 | 10/08/15 | 78                   | 78 | 78      | 78 | 78    | 78 | 78         | 78 | 78   | 78 |
| 07/08/15 | 07/08/15 | 79                   | 79 | 79      | 79 | 79    | 79 | 79         | 79 | 79   | 79 |
| 04/08/15 | 04/08/15 | 80                   | 80 | 80      | 80 | 80    | 80 | 80         | 80 | 80   | 80 |
| 01/08/15 | 01/08/15 | 81                   | 81 | 81      | 81 | 81    | 81 | 81         | 81 | 81   | 81 |
| 31/07/15 | 31/07/15 | 82                   | 82 | 82      | 82 | 82    | 82 | 82         | 82 | 82   | 82 |
| 28/07/15 | 28/07/15 | 83                   | 83 | 83      | 83 | 83    | 83 | 83         | 83 | 83   | 83 |
| 25/07/15 | 25/07/15 | 84                   | 84 | 84      | 84 | 84    | 84 | 84         | 84 | 84   | 84 |
| 22/07/15 | 22/07/15 | 85                   | 85 | 85      | 85 | 85    | 85 | 85         | 85 | 85   | 85 |
| 19/07/15 | 19/07/15 | 86                   | 86 | 86      | 86 | 86    | 86 | 86         | 86 | 86   | 86 |
| 16/07/15 | 16/07/15 | 87                   | 87 | 87      | 87 | 87    | 87 | 87         | 87 | 87   | 87 |
| 13/07/15 | 13/07/15 | 88                   | 88 | 88      | 88 | 88    | 88 | 88         | 88 | 88   | 88 |
| 10/07/15 | 10/07/15 | 89                   | 89 | 89      | 89 | 89    | 89 | 89         | 89 | 89   | 89 |
| 07/07/15 | 07/07/15 | 90                   | 90 | 90      | 90 | 90    | 90 | 90         | 90 | 90   | 90 |
| 04/07/15 | 04/07/15 | 91                   | 91 | 91      | 91 | 91    | 91 | 91         | 91 | 91   | 91 |
| 01/07/15 | 01/07/15 | 92                   | 92 | 92      | 92 | 92    | 92 | 92         | 92 | 92   | 92 |
| 30/06/15 | 30/06/15 | 93                   | 93 | 93      | 93 | 93    | 93 | 93         | 93 | 93   | 93 |
| 27/06/15 | 27/06/15 | 94                   | 94 | 94      | 94 | 94    | 94 | 94         | 94 | 94   | 94 |
| 24/06/15 | 24/06/15 | 95                   | 95 | 95      | 95 | 95    | 95 | 95         | 95 | 95   | 95 |
| 21/06/15 | 21/06/15 | 96                   | 96 | 96      | 96 | 96    |    |            |    |  |    |



