



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

RESIDENCIAL
“CIUDAD DEL ESTE”

Q=352,000.00 GPD

PANAMA
2021

1. INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

1.1. Objetivos del tratamiento de aguas residuales

Dependiendo de la carga orgánica vertida, los líquidos residuales provocan la total o parcial degradación del medio receptor. La prevención de la polución del agua y del suelo solo es posible si se definen técnicas apropiadas de tratamiento y disposición de las aguas residuales.

Una Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) es nada más ni nada menos que un sistema que reproduce los mecanismos de depuración que tienen lugar naturalmente en el suelo y las aguas. En la plantas de tratamiento se optimizan los procesos físicos y bioquímicos así como los costos que ello implica, haciendo un uso intensivo del área y procurando conseguir la mayor eficiencia posible, a la vez que se respetan las restricciones o exigencias de la normativa con el objeto de proteger el cuerpo receptor (ecosistema) y no afectar los usos que el hombre realiza del mismo.

Todo sistema de tratamiento de aguas residuales debe concebirse de tal forma que cuando se opere adecuadamente produzca en forma continua el caudal y calidad de efluente requerido.

Si existen equipos estos han de funcionar satisfactoriamente dentro de cualquier rango posible de operación; igualmente el operador debe estar en capacidad de ajustar la operación a los requerimientos de cada momento.

RAUL ERNESTO ESTRIBIY.
INGENIERO CIVIL
LICENCIA No. 2016-006-150

Raul Ernesto Estriby

FIRMA

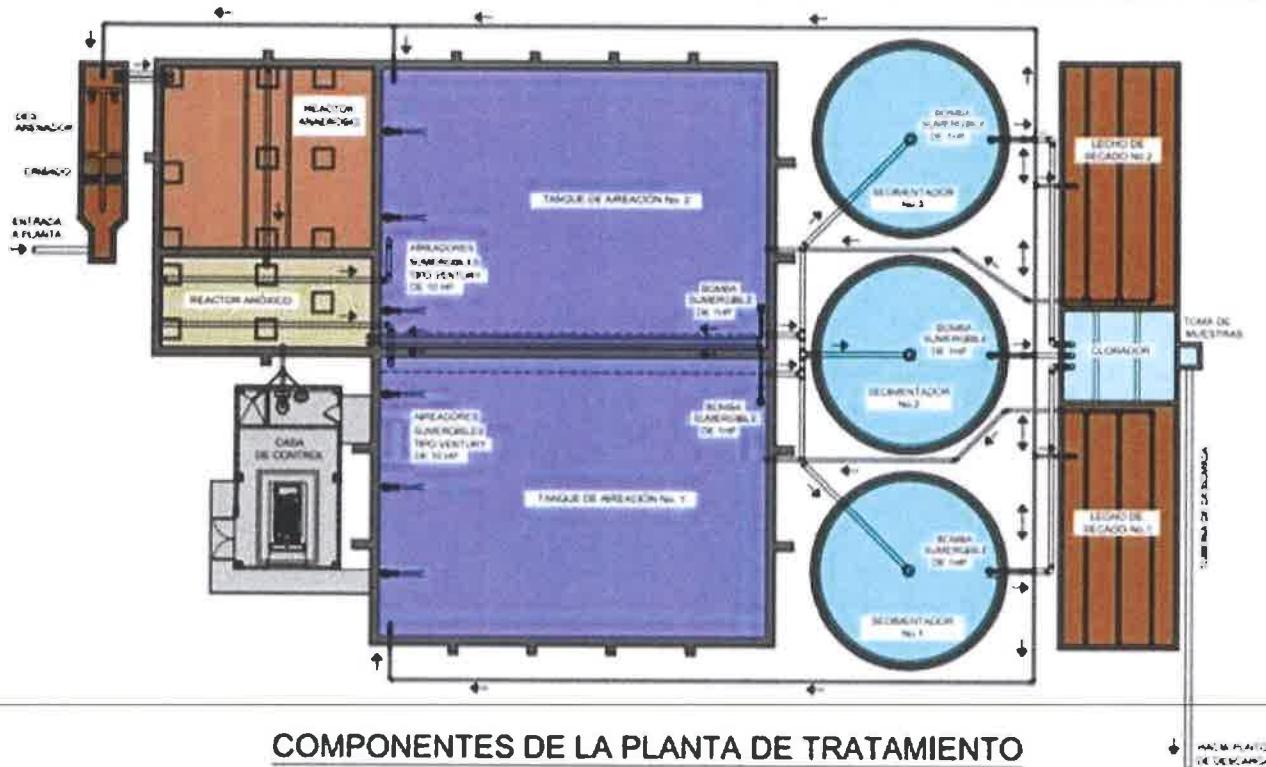
Ley 15 del 26 de enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura



09-02-2021



2. ETAPAS DE TRATAMIENTO, OPERACIÓN, CONTROL Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA PTAR.



COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

2.1. Rejilla - Cribado.

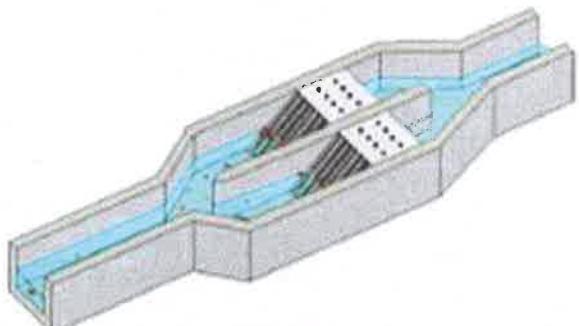
Debido a que el sistema tratamiento se considera de baja complejidad (residencial de poca población) no se hace recomendable el uso de equipos de operación automática

El cribado es la operación utilizada para separar material grueso del agua usando rejillas gruesas y con ello dar protección a bombas, válvulas, tuberías y equipos del taponamiento o interferencia. Las rejillas pueden ser de tipo mecánico (automáticas) o de limpieza manual. Debido a que el cribado es relativamente pequeño (inferior a 3.0 m de longitud) se propone la instalación de rejas de limpieza manual.

"METCALF & EDDY Ingeniería de Aguas Residuales"

La operación normal de la reja no exige ninguna acción de parte del operador, exceptuando el retiro del material retenido y el presente en el contenedor del material removido para su disposición final pasando por el deshidratado en los lechos de secado y luego retiro al relleno sanitario.

Se debe prestar atención y observar el funcionamiento de la reja para verificar la inexistencia de anomalías



Además de lo antes dicho, toda el área debe ser cuidadosamente limpiada con chorro de agua, en caso que el material en el contenedor desprenda mal olor, este puede ser minimizado mediante la aspersión de una solución de hipoclorito de sodio.

La actividad de limpieza de rejillas se recomienda diaria, llevar registro en bitácora y establecer, luego de obtener información suficiente, los períodos de limpieza o posibles cambios de tipo en las instalaciones.

2.2 Desarenador

Los desarenadores se usan para remover arena, grava, partículas u otro material sólido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico bastante mayor que el de los sólidos orgánicos degradables de las aguas residuales, estos protegen los equipos del desgaste anormal y reducen la formación de depósitos pesados en tuberías.

Al igual que las rejillas deberán revisarse y limpiar diariamente hasta obtener información suficiente que permita establecer los períodos de limpieza y métodos de la misma.

En operación normal la compuerta de entrada deberá estar totalmente abierta. Las condiciones del escurrimiento en la unidad, los canales deben ser objeto de limpieza diaria con chorro de agua y cepillo y periódicamente el retiro del material arenoso y darle la disposición requerida,

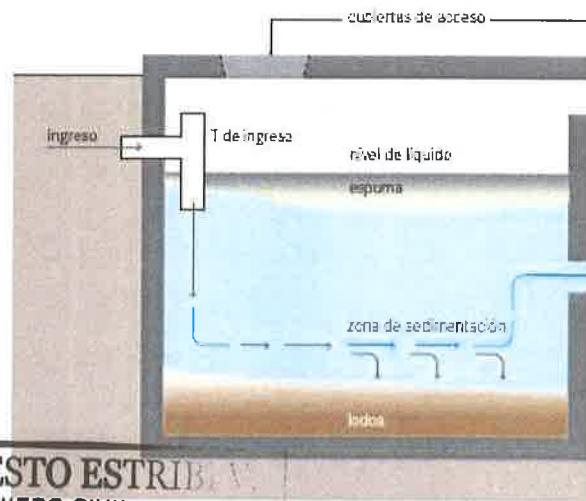
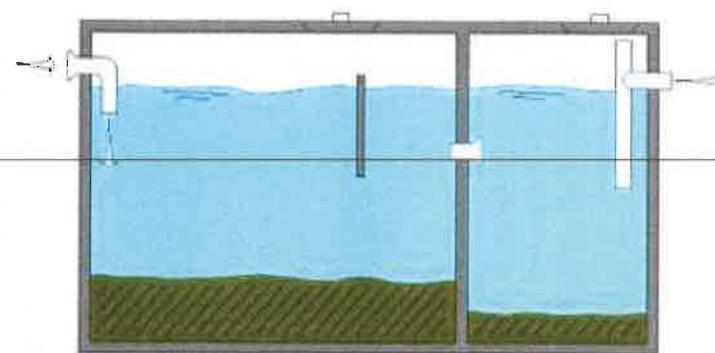
2.3 Proceso biológico para eliminación conjunta de nitrógeno y fosforo.

2.3.1 Etapa anaerobia.

El reactor o proceso de flujo ascensional y manto de lodos anaerobio UASB (Up Flow Anaerobic Sludge Blanket) es un proceso en el cual el agua residual se introduce por el fondo del reactor y fluye a través de un manto de lodos conformado por granos biológicos o partículas de microorganismos

En este proceso se debe retirar grasas y material flotante por los costados del reactor y disponer en lechos de secado para su deshidratación y retiro a relleno.

De igual forma se debe controlar y documentar cambios en el pH, olores y demás condiciones organolépticas
Realizar limpieza de predes y ductos con agua a presión



2.3.2 Etapa Anóxica

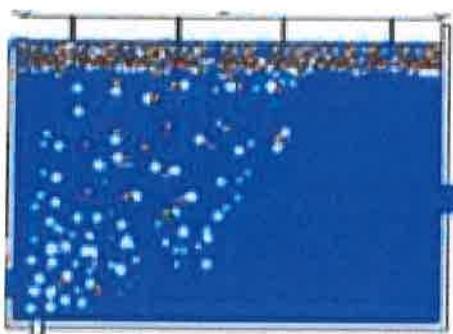
Para la etapa anóxica se contempla un reactor de flujo pistón ascendente. La zona Anóxica es deficitaria de oxígeno pero existe disponibilidad de este químicamente ligado en forma de nitratos y nitritos gracias a la recirculación del líquido mezcla nitrificado que se recircula desde la zona aerobia.

2.3.1 Etapa aerobia (Tanque reactor aerobio para oxidación de carbono y nitrificación en una sola etapa).

El proceso de lodos activados es el proceso biológico de más amplio uso para el tratamiento de aguas residuales, orgánicas e industriales. El principio básico del proceso consiste en que las aguas residuales se pongan en contacto con una población microbiana mixta en forma de suspensión floculenta en un medio aireado y agitado. El proceso está constituido básicamente por un tanque de aireación donde el agua residual se estabiliza biológicamente por una masa de microorganismos que constituyen el floc biológico, insoluble, y que ejerce una demanda de oxígeno. El ambiente aerobio es mantenido gracias a la utilización de equipos de transferencia de oxígeno (difusores de aire o aireadores mecánicos sumergidos o superficiales) en nuestro caso se propone un sistema de aireación mecánico sumergido tipo Venturi.

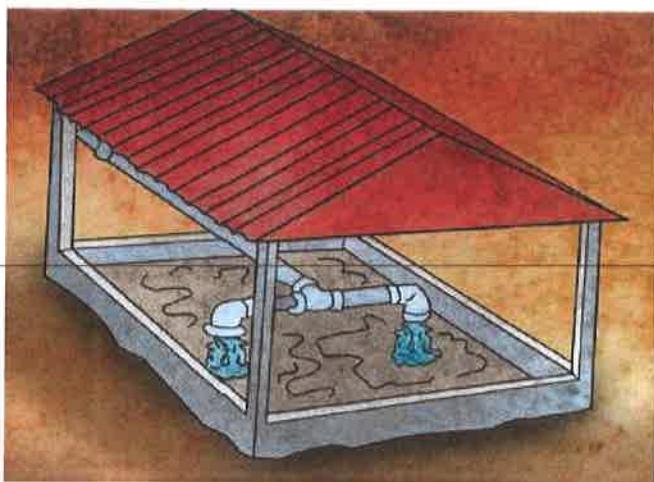
La nitrificación se puede conseguir en el mismo reactor empleado para el tratamiento la materia orgánica carbonosa. Los procesos más comúnmente empleados son el de flujo en pistón convencional, mezcla completa y aireación prolongada entre otros. Para nuestro proyecto optaremos por el sistema de lodos activados de flujo en pistón convencional.

En condiciones normales de operación, los procedimientos operacionales del sistema biológico de tratamiento se reducen básicamente a 2 actividades:



- Asegurar la existencia de condiciones favorables para el crecimiento de los microorganismos en el tanque de aireación, mediante el suministro de la cantidad de oxígeno necesario,
- Controlar dicho crecimiento mediante la purga del exceso de lodos generados.

El exceso de lodo es purgado directamente de la línea de recirculación de lodo, y enviado para su deshidratación a los lechos de secado de lodos. Adicionalmente se debe garantizar una recirculación de líquido mezcla que permita obtener las condiciones deseadas de desnitrificación (eliminación de los nitratos generados).

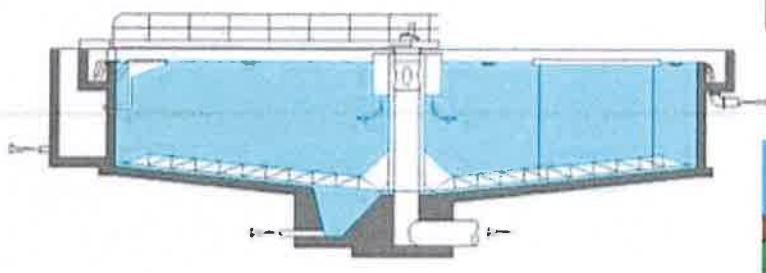


2.4 Proceso de sedimentación - clarificación

Se cuenta con sedimentadores circulares o rectangulares, provistos de pendientes en el fondo del tanque, así como el retenedor de las espumas y flotantes de la superficie del decantador.

Las principales características de estas unidades son las siguientes:

- Alimentación mediante pilar y campana central.
- Losa de fondo inclinada con tolva central para espesado y purga de lodos.
- Salida perimetral del efluente, mediante vertedero dentado (sección triangular) provisto de deflector para evitar la salida de sólidos y flotantes.
- Canal perimetral de recolección del efluente, el cual se conecta al canal de desinfección.



2.5 Tanque de desinfección

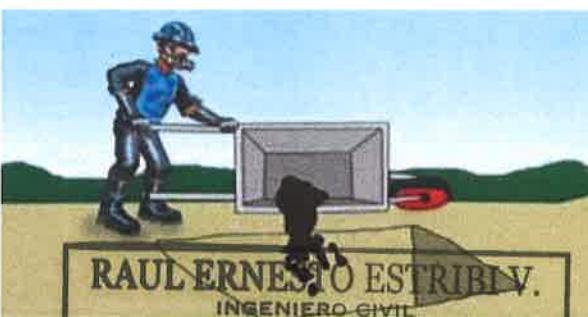
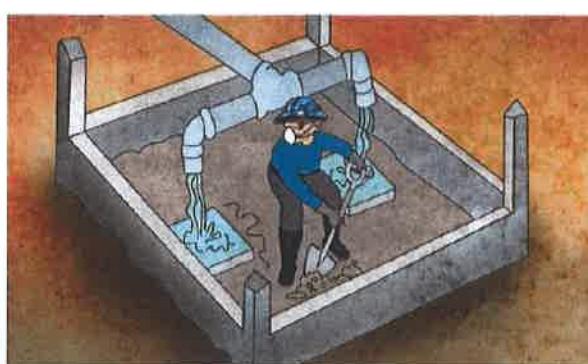
Luego de la sedimentación final, el agua se conduce hacia un tanque de retención donde se aplica cloro en solución mediante la instalación de bomba dosificadora o aplicación manual en pastillas para su desinfección y eliminación de patógenos. Se mantiene un residual de cloro acorde con lo establecido en la norma.

Luego de todo lo anterior el agua residual es descargada hacia la fuente receptora cumpliendo con los parámetros establecidos en las normas.

Para la toma de muestras y observación de la calidad organoléptica de las aguas tratadas, se construirá una caja de inspección de 0.6 * 0.6m.

2.6 Lechos de secado

Los lodos luego de deshidratados serán dispuestos de acuerdo a lo establecido en la norma, podrán usarse como abono orgánico en zonas verdes o retirados en bolsa de basura para disposición en relleno. STD= 67.17 kg/do 1 saco por día cuando la PTAR trabaje al menos 2 años a total capacidad.



Ley 15 del 26 de enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

ICIOS GENERALES

CRONOGRAMA BÁSICO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR					
PUNTO DE MANTENIMIENTO	DIARIO	SEMANA	MES	TRIMESTRAL	SEMESTRAL
Ajuste e inspección de Rutina	X				
Limpieza de rejillas	X				
Retiro de residuos sólidos	X				
Retiro de grasas	X				
Revisar Operación de aireadores medir OD	X				
Verificar retorno de lodos	X				
Limpiar superficies del tanque final	X				
Evaluar características organolépticas	X				
Revisar dosificación y aplicación de cloro	X				
Purga de lodos de sedimentadores		X			
Retiro de lodos de los lechos de secado	X				
Chequear programadores de equipos	X				
Revisión de tablero eléctrico	X				
Ajuste de piezas	X				
Limpieza impulsora de bombas y aireadores		X			
Limpieza de áreas verdes		X			
acompañamiento a Pruebas de laboratorio				X	
Revisión de bombas y motores				X	
Chequeo de terminales eléctricas				X	
Limpieza y repintado de superficies metálicas					X
reparación de fugas y demás					X

2.7 Control especializado sistema de Lodos Activados (reactores y sedimentadores)

2.7.1 Control de la concentración de OD

La concentración de OD adecuada para sustentar el crecimiento de los microorganismos debe situarse entre 1.5 y 2 mg/L. Si la misma cae por debajo de 1.5 mg/L, se debe aumentar el suministro de oxígeno, en caso de que se sitúe por encima de 2 mg/L, se debe reducir, ya que no mejora el tratamiento y resulta en desperdicio de energía.

Dado que la distribución de oxígeno al interior del reactor puede no ser homogénea, inicialmente se realizará una determinación de diversos puntos y profundidades para establecer el perfil de distribución, en función del cual se procederá a la reubicación de los aireadores, procurando mantener homogénea la concentración de OD en todo el volumen del reactor. Una vez ajustado este aspecto, la determinación de rutina se realizará en los puntos seleccionados a tal fin.

2.7.2 Determinación del Perfil de OD en el Tanque de Aireación

Esta determinación será hecha inmediatamente al inicio del arranque de la Planta (o si acontecen cambios importantes en el caudal afluente o problemas con el sistema de aireación).

Para ello se tomarán muestras y se determinará el OD durante la ocurrencia del pico horario de caudal, en 12 puntos en el interior del tanque, los que se sitúan:

- En la extremidad de aguas arriba, a un metro de la pared lateral del reactor y a la profundidad de 0.5, 1, 3 y 5.5m respectivamente; la medida representativa del punto será el promedio de los valores obtenidos.
- En el medio del tanque y en la extremidad aguas abajo, siempre a medio metro de la pared y a las profundidades indicadas

RAUL ERNESTO ESTRIBI V.

INGENIERO CIVIL

LICENCIA N° 2016-006-150

FIRMA

Ley 15 del 26 de enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

ICIOS GENER
ANPRA

Los valores se considerarán satisfactorios cuando cumplan con los siguientes criterios, en orden decreciente de prioridad:

- Ningún punto debe observar concentración de OD < 1mg/L
- Las concentraciones de OD a 0.5m de profundidad siempre deben ser > 1.5 mg/L
- Ningún punto debe observar concentración de OD > 2.5mg/L

En función de los resultados obtenidos, se seleccionarán los puntos y la profundidad de medición para el control de rutina con el oxímetro portátil.



2.7.3 Determinación de OD para Control de Rutina

La determinación de la concentración de OD será efectuada por el oxímetro portátil según se sugiere en las tareas de rutina propuestas.

2.7.4 Control de la Producción de Lodo

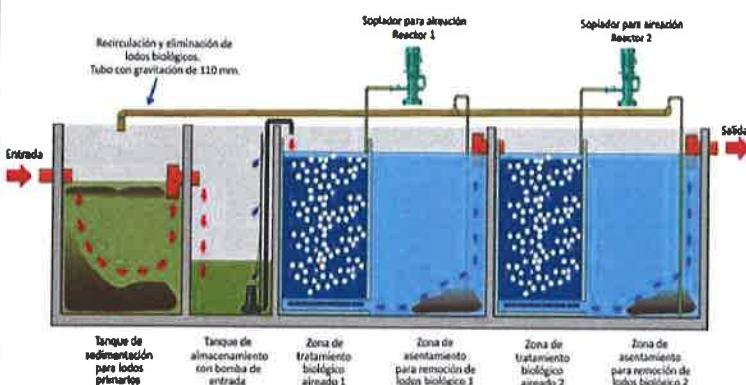
El control de la producción del lodo debe ser hecho de modo que la población de microorganismos crezca al inicio de la operación hasta alcanzar la concentración adecuada al consumo de materia orgánica y nitrificación aportadas por el afluente (concentración de diseño), y luego de alcanzado este nivel (también llamado estado estacionario), mantener el equilibrio biológico en el sistema purgando toda la masa de organismos excedente.

Esto será efectuado mediante el control de la edad del lodo, o tiempo medio de retención celular, para lo cual se estimará la tasa de renovación de la población de microorganismos correspondiente al punto de equilibrio deseado del sistema, y se removerá continuamente una fracción de la masa total que corresponda a dicha tasa. Esta mecánica resulta mucho más sencilla desde el punto de vista operacional que mediante el control de la concentración de SSVTA, ya que implica simplemente la medición del volumen de lodo a purgar.

La edad de lodo de diseño es de 27 días (tiempo en el cual se renueva la totalidad del lodo de la planta), mientras que la concentración de Sólidos Suspensos Totales (SST) diseño es del orden de 3500mg/L.

En caso de interrupción por falta de suministro de agua el sistema de tratamiento se acondicionará a la resirculación de las aguas mediante las bombas sumergibles existentes, las mismas están acondicionadas para manejo de lodos y sólidos de un tamaño específico.

Otro parámetro para determinar la purga de lodo es la relación alimento / microorganismo (o relación F/M por sus siglas en inglés – "food to macroorganism ratio"), que expresa la relación entre la carga orgánica afluente al sistema y los sólidos en el reactor. En el caso del sistema de lodos activados en la modalidad de mezclas completa, la relación F/M se sitúa en el rango 0.2 – 0.4 Kg DBO5/Kg. SSV. El nivel de SSV en el reactor lo determina la relación F/M.



2.7.5 Recirculación de Lodo Activado

Como ya ha sido mencionado, la principal función de la recirculación del lodo es retornar a los Tanques de Aireación casi la totalidad del lodo, con la finalidad de mantener valores adecuados de SSVLM (valores de diseño) que garanticen la eficiencia del proceso. El valor de diseño de los SSVLM se encuentra en el entorno de los 3000 mg/L.

Si dicha recirculación resultara insuficiente sumado a una operación de purga también insuficiente, el lodo se acumulará en los decantadores (y en el sistema en general) con los consiguientes inconvenientes que ello genera, a saber: pérdida de lodo en el efluente, mala calidad de clarificado, aparición de flotantes, floc de mala calidad de sedimentación.

Por el contrario, en caso de superarse el valor necesario para mantener la concentración de SSVLM, no se constatará ningún efecto en el control del proceso, salvo el desperdicio de energía consumida en el bombeo. Se baja el nivel de SST en el recirculado.

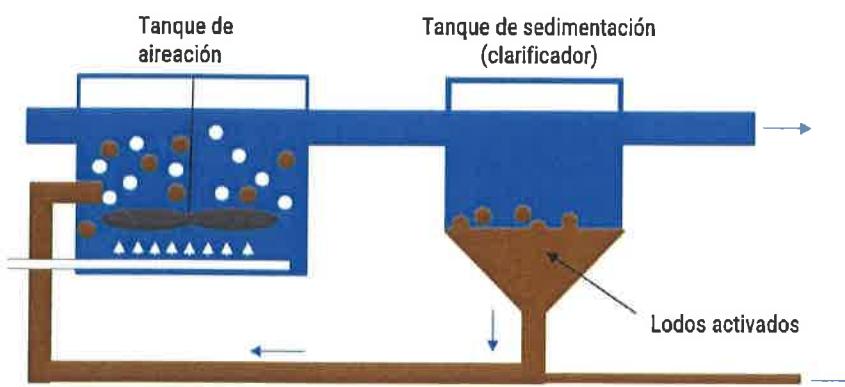
Por lo tanto, la acción del responsable se debe limitar a establecer el mínimo valor de la tasa de recirculación capaz de retornar el lodo removido en los decantadores a los Tanques de Aireación, y luego de definido este, mantenerlo a lo largo del tiempo con la menor variación posible. Esta consigna se establecerá como una proporcionalidad al caudal efluente, la eventual variación del caudal de recirculación se efectuará actuando en la consigna asignada a las bombas.

2.7.6 Recirculación de Desnitrificación

La función de la recirculación de desnitrificación (o también de licor mezcla), es retornar a los reactores anóxicos los nitratos formados en los reactores aerobios, los cuales son convertidos a nitrógeno gaseoso y escapando luego a la atmósfera.

La eficiencia de desnitrificación está muy asociada a la cantidad de nitrato que es recirculado a la zona anóxica; el total de nitratos recirculados viene dado por el bombeo de recirculación de lodos (que succiona de los sedimentadores) y por el bombeo de desnitrificación propiamente dicho, que succiona desde el extremo de salida de los reactores aerobios (bombas sumergibles instaladas en los bolsillos a la salida del reactor).

Al igual que en el caso anterior, la acción del responsable se debe limitar a establecer el mínimo valor de la tasa de recirculación capaz de alcanzar los tenores de desnitrificación deseados. Esta consigna se establecerá como una proporcionalidad al caudal efluente, la eventual variación del caudal de recirculación se efectuará actuando en la consigna asignada a las bombas



RAUL ERNESTO ESTRIBI V.
INGENIERO CIVIL
LICENCIA N° 2016-006-150

FIRMA
Ley 15 del 26 de enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

ICIOS GENER
ANPA

2.8 Control de los decantadores secundarios

En todo momento se deberá observar la ausencia de lodo escapando por los vertederos perimetrales, así como la ocurrencia de flotantes y/o burbujeo desde el fondo del sedimentador; especial atención debe prestarse durante el horario de ocurrencia del caudal máximo, cuando la tasa de aplicación superficial de sólidos, así como la tasa hidráulica es máxima.

Si bien se puede contar con la señal del sensor del manto de lodos, el cual se debe calibrar y realizar mantenimiento con una frecuencia preestablecida, la simple observación visual de los aspectos antes detallados resulta crucial para la correcta operación de la unidad de sedimentación, así como para la obtención de un efluente de calidad aceptable.

Usualmente conviene mantener la profundidad o espesor del manto de lodos en el entorno de 1 – 1.5m, es decir a unos 2 – 2.5m del nivel de agua sobre el perímetro de la unidad. En caso de observar una tendencia al aumento del manto o bien presencia de flotantes o lodo escapando por los vertederos perimetrales de salida, se deberá aumentar la extracción de lodos desde las unidades, ya sea aumentando relación de recirculación para aumentar los SSVLM o bien aumentando el caudal de purga hacia los lechos de secado.

Debe señalarse que el valor finalmente necesario de la recirculación y/o caudal de purga, podrá apartarse más o menos del valor de proyecto en función de la sedimentabilidad y desnitrificación del lodo, así como del estado observado en los reactores y sedimentadores, y las mismas se fijarán el mismo en base a las consignas operacionales indicadas en el punto

Es importante destacar que en la mayoría de los problemas las causas del mismo pueden ser múltiples; por tanto, la metodología para la resolución del mismo se basa en modificar gradualmente los valores o parámetros involucrados – a priori identificados como principales causantes de la situación anómala – y monitorear la tendencia.

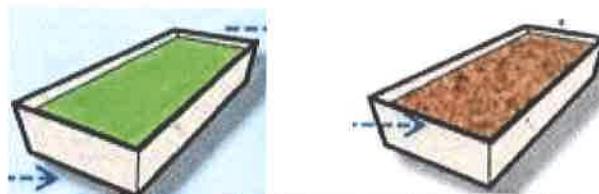
A modo de síntesis, se detallan a continuación los principales aspectos a observar y registrar por parte del operador en lo que refiere al proceso de tratamiento:

- El líquido mezcla en el tanque de aireación debe tener aspecto de una suspensión densa de flocs de tamaño apreciable, cuanto mayor los flocs y más rápidamente sedimenten en una probeta (Cono Imhoff), mejores las condiciones operacionales de la Planta
- El color y olor del lodo también proveen informaciones importantes: un lodo en buen estado debe presentar coloración marrón vivo y olor característico, similar a tierra húmeda, turba o humus, no desagradable. Un lodo demasiado oscuro, con olor ofensivo es señal de déficit de oxígeno.
- Un lodo disperso, poco floculado y demasiado claro indica probables problemas de sedimentación (posiblemente debido a un exceso de aireación), la aparición de coloraciones verdes, amarillas o rojas indican la presencia de residuos industriales en el afluente.
- La aparición de una capa moderada de espuma, de color blanco, en la superficie del Tanque de Aireación es normal, pero una acumulación excesiva es indicio de baja concentración de SSTA. La solución consiste en aumentar la Edad del Lodo, reduciendo el caudal de purga (este fenómeno generalmente ocurre al inicio de la operación).

2.9 Cuidados Generales en la Operación

Además de las tareas descritas inherentes al control del proceso, el operador deberá realizar regularmente otras vinculadas a la funcionalidad del sistema.

Se incluye una guía de resolución de problemas y plan de contingencias, en formato de tabla, en donde se detallan los principales problemas generalmente encontrados en este tipo de tratamientos, su causa y posible solución.



RAUL ERNESTO ESTRIBI V.

INGENIERO CIVIL

LICENCIA N° 2016-006-150


FIRMA

Ley 15 del 26 de enero de 1959 
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura 

- La aparición de una capa flotante de espuma oscura y aceitosa, puede indicar una Edad del Lodo demasiado grande, un exceso de lodos en el sistema o bien un déficit de oxígeno en el sistema, así como la aparición de organismos filamentosos que pueden dificultar la sedimentación del lodo.
- Respecto a los sedimentadores secundarios, la presencia de bloques de lodo flotando en la superficie puede ser señal de desnitrificación de lodo, o bien exceso de lodo en el mismo debido a una mala succión de las bombas de purga de lodos o bien de recirculación. También lodos diseminados y burbujas de gas en la superficie indica escasez de oxígeno en el efluente de los tanques de aireación.
- La súbita presencia de grandes concentraciones de lodo en el efluente de los decantadores, indica la ocurrencia del fenómeno denominado "bulking", pérdida de sedimentabilidad debido a la presencia de organismos filamentosos, lo cual puede tener múltiples causas: presencia de residuos industriales, exceso o falta de oxígeno en el tanque de aireación, falta de nutrientes o cualquier otra modificación en las condiciones ambientales del tanque. En este caso, debe ser identificada la causa que generó el problema y eliminarla.

3. MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

3.1 Evaluación del Funcionamiento

El funcionamiento de la PTAR será evaluado mediante la determinación de los indicadores y parámetros principales establecidos, entre ellos se mencionan:

- Caudal Medio
- Caudal máximo, y coeficiente de pico
- Carga de DBO afluente y removida
- Carga de SST afluente y removida
- Eficiencia de remoción de DBO
- Eficiencia de remoción de SST
- Eficiencia de nitrificación/desnitrificación
- Eficiencia de remoción de fósforo (P)
- Eficiencia de desinfección

La evaluación de estos parámetros que miden las eficiencias y el desempeño de la PTAR, serán efectuados conjuntamente con el análisis del funcionamiento de las unidades, en particular las del tratamiento biológico y sus indicadores principales, como OD, Edad del Lodo, factor F/M, IVL, etc. A título orientativo, se deben elaborar planillas de seguimiento de los parámetros, así como de la operativa diaria, la cual podrá ser modificada por el encargado y/o operador de acuerdo a su conveniencia o practicidad.



RAUL ERNESTO ESTRIBI V.

INGENIERO CIVIL

LICENCIA N° 2016-006-150

FIRMA

Ley 15 del 26 de enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

3.2 Ensayos de Laboratorio

Las determinaciones de laboratorio serán efectuadas conforme a las prácticas y procedimientos establecidos en "la norma COPANIT 35 2019

3.3 Monitoreo

El muestreo y determinación de parámetros tienen el objetivo de evaluar el funcionamiento de la PTAR y de sus diferentes unidades, y orientar al operador procurando obtener los mejores resultados operacionales.

3.4 Cuidados específicos que deben ser observados durante el muestreo:

- El punto de colecta debe ser en lo posible, un punto de turbulencia, de modo que se obtenga una muestra bien mezclada. En caso de canales procurar puntos de mayor velocidad, preferentemente en el centro del canal, en el caso de tuberías a presión, efectuar la toma en la tubería de impulsión o en la descarga de la bomba.
- La toma de la muestra debe ser efectuada algunos centímetros por debajo del nivel del agua, evitando así los eventuales sólidos flotantes.
- Las muestras deberán ser rápidamente analizadas, o en su defecto conservadas adecuadamente hasta el momento de si análisis.

Se deberá realizar un cuadro que describa los puntos de muestreo de la PTAR, indicando las determinaciones de laboratorio y la frecuencia sugerida. Dicha frecuencia se sugiere al menos durante la puesta en marcha de la planta; a medida que se gana experiencia en la operativa y se toma conocimiento de las variaciones diarias de caudal y carga afluente, las mismas podrán tomarse a intervalos más amplios. Es importante aclarar que la tabla incluida en este punto abarca tanto los ensayos a realizar por el personal a cargo de la operación de la planta así como por parte del Laboratorio.



4. INFORMACIÓN BÁSICA DE DISEÑO:

- Jornada de operación: operador fijo, 45 horas semanales, 195 horas mensuales y 2340 horas anuales.
- Jornada de trabajo de la planta de tratamiento:
- Volumen de diseño y capacidad de la planta: continua.
- Caudal promedio diario: 725.250 GPD
- Caudal máximo horario: 1.049.250 GPD
- Tipo de agua residual cruda (DGNIT-COPANIT 35-2000): "Clasificación industrial Internacional Uniforme" 68 (DIVISION ACTIVIDADES INMOBILIARIAS)
- Características del efluente del sistema de tratamiento:

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE
Aceites y Grasas (A. y G.)	mg/lt	20
Coliformes Totales (C.T.)	UFC/100 ml	1,000
Demandा Bioquímica de Oxígeno (DBOs)	mg/lt	50
Demandा Química de Oxígeno (DQO)	mg/lt	100
Nitrógeno Total (N)	mg/lt	15
Fosforo Total (P)	mg/lt	10
Potencial de Hidrógeno (pH)	mg/lt	5.5 – 8.5
Sólidos Suspendidos (S.S.T)	mg/lt	35
Surfactantes (SAAM)	mg/lt	5
Temperatura (T)	°C	+/- 3°C de la T.N

- DBO: 250 mg/L
- DQO: 500 mg/L

RAUL ERNESTO ESTRIBI V.
INGENIERO CIVIL
LICENCIA No. 2016-006-150

5. PERSONAL:

Para operar y mantener adecuadamente el servicio de la planta de tratamiento se requiere personal que

- Inspeccione periódicamente cada componente y partes del sistema.
- Informe ante la PTAR sobre el estado del sistema.
- Llevar el registro y control mensual de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Solicitar a la PTAR los materiales, herramientas, equipos de protección, accesorios o insumos que se requiere para la operación y el mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

ICIOS GENERA
11/11/11

6. EQUIPOS:



7. PUESTA EN MARCHA:

JPara operar exitosamente un sistema de tratamiento de aguas residuales se debe contar con un sistema de diseño excelente, con un personal de operación capacitado adecuadamente y con la dedicación apropiada a los requerimientos de dicha operación. Serán verificados si están de acuerdo con el proyecto y en perfectas condiciones;

- Todas las características mecánicas del equipamiento (ver Manual de Operación y Mantenimiento de Equipamiento Electromecánico).
 - Todas las nivelaciones y regulaciones de vertederos
 - La instalación del sistema de aireación.
 - El sistema de control operacional.
 - Los tableros eléctricos para los equipos electromecánicos.
 - Funcionamiento de las válvulas en general.

8. OPERACIÓN Y CONTROL OPERACIONAL:

Rejillas: La operación normal de la reja manual exige que el operador limpie con chorro de agua y realice la limpieza y purga de sólidos retenidos.

Desarenador: toda la estructura del canal de entrada deben ser objeto de limpieza diaria con chorro de agua y cepillo.

Sedimentador: En condiciones normales de operación, los procedimientos operacionales del sistema biológico de tratamiento se reducen básicamente a 2 actividades:

- Asegurar la existencia de condiciones favorables para el crecimiento de los microorganismos en el tanque de aireación, mediante el suministro de la cantidad de oxígeno necesario.,
 - Controlar dicho crecimiento mediante la purga del exceso de lodos generados.

El exceso de lodo es purgado directamente de la línea de recirculación de lodo, y enviado para su deshidratación. Adicionalmente se debe garantizar una recirculación de líquido mezcla que permita obtener las condiciones deseadas de denitrificación (eliminación de los nitratos generados).

Oxígeno disuelto: Con base al perfil de distribución de OD y a los controles de rutina, el operador estará en condiciones de establecer los criterios para la reducción del suministro de oxígeno y/o operación de las válvulas de corte, como por ejemplo durante la noche en donde se puede trabajar con menor potencia dado el bajo caudal afluente.

Recirculación de Lodo Activado: el operador deberá purgar y retirar todos los lodos suspendidos por medio de la cuchara metálica o colador para que no se acumulen y alla una recirculación eficiente.

Limpiezas generales: el operador deberá mantener en optimas condiciones todas las zonas verdes, corte de grama, retiro de basura, mantenimiento periodico de la pintura de tubería, limpieza del baño, tableros y caseta de operaciones en general, limpieza de filtros percoladores, tapas y losa con chorro de agua y cepillo.

Cloración: La dosis óptima será aquella que proporcione el mejor resultado para el clarificado, el operador deberá aplicar pastillas de cloro según se determine.

A lo largo del tiempo, la familiarización del operador con la instalación así como con el proceso, le permitirá mediante la simple observación visual del aspecto del líquido en el tanque de aireación así como en el sedimentador (superficie líquida, manto de lodos), conocer el estado de funcionamiento del proceso.



SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Q=352,000.00 GPD



PANAMA

2021



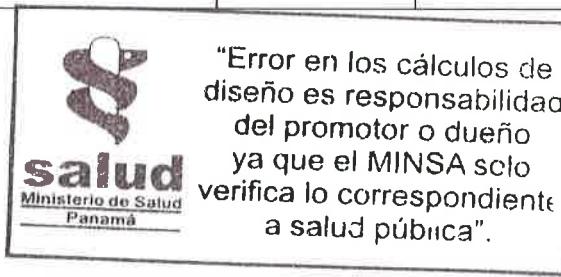


INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua se produce por el vertido en ella de compuestos orgánicos o inorgánicos que alcancen una concentración que exceda la tolerancia para un uso determinado.

El tratamiento de las Aguas Residuales debe estar dirigido a la reducción de la concentración de elementos contaminantes que afecten los parámetros de calidad del agua. El reglamento técnico DGNTI - COPANIT 35 – 2019 establece los límites permisibles que deben cumplir los vertidos de efluentes líquidos provenientes de actividades domésticas, comerciales e institucionales descargando a cuerpos de aguas continentales y marinas en conformidad a la CIIU “Clasificación industrial Internacional Uniforme” 68 (DIVISION ACTIVIDADES INMOBILIARIAS) cuyos parámetros son:

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE
Aceites y Grasas (A. y G.)	mg/lt	20
Coliformes Totales (C.T.)	UFC/100 ml	1,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/lt	50
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/lt	100
Nitrógeno Total (N)	mg/lt	15
Fosforo Total (P)	mg/lt	10
Potencial de Hidrógeno (pH)	mg/lt	5.5 – 8.5
Sólidos Suspensos (S.S.T)	mg/lt	35
Surfactantes (SAAM)	mg/lt	5
Temperatura (T)	°C	+/- 3°C de la T.N





GENERALES.

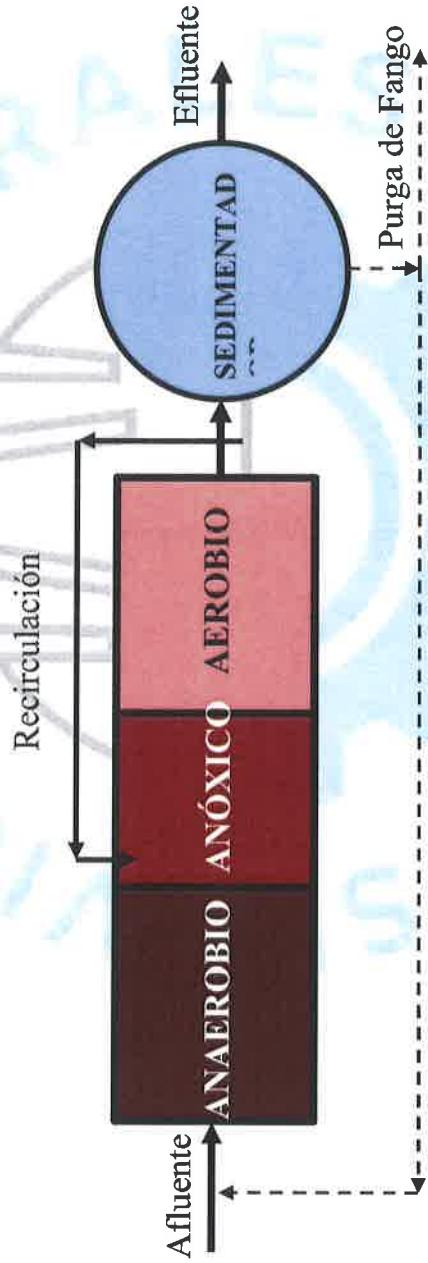
Los procesos biológicos se utilizan para convertir la materia orgánica disuelta en flóculos biológicos sedimentables y en sólidos orgánicos que sean fácilmente eliminables mediante sedimentación de fangos. Procesos a los que se les conocen como "procesos de tratamiento secundario."

El proceso "A/O es un sistema de cultivo en suspensión de fango único que combina secuencialmente etapas aerobias y anaerobias. El fango sedimentado se recircula a la entrada del reactor y se mezcla con el agua residual entrante. Bajo condiciones anaerobias, el fosforo presente en el agua residual y en la masa residual recirculada se libera en forma de fosfatos solubles. A continuación, el fosforo es asimilado por la masa celular de la zona aerobia y separado de la corriente líquida a través de la purga de fango activado. Si se quiere que adicionalmente, se produzca Nitrificación es necesario procurar el suficiente tiempo de detención en la fase aerobia. La Nitrificación es el primer paso en la eliminación del nitrógeno por el proceso de nitrificación – desnitrificación.

Los procesos de eliminación conjunta de nitrógeno y fosforo más comúnmente empleado es el proceso "A²/O" el cual es una modificación del proceso A/O (*proceso patentado para llevar a cabo conjuntamente la oxidación de carbono y eliminación de fosforo*) que incorpora una zona anóxica, con periodo de detención de aproximadamente una hora, para conseguir la desnitrificación.

La zona anóxica es deficitaria en oxígeno disuelto, pero existe disponibilidad de oxígeno químicamente ligado en forma de nitratos o de nitritos gracias a la recirculación del líquido nitrificado que se recircula desde la zona aerobia

ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO A2/O





PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (P.T.A.R) “CIUDAD DEL ESTE”

1. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto residencial “CIUDAD DEL ESTE” proyecta, en sus dos primeras etapas, la construcción de 1,100 unidades de vivienda. Para lo cual se plantea la construcción de una P.T.A.R con capacidad suficiente para atender las descargas de aguas residuales de dicho proyecto.

2. LOCALIZACION GEOGRAFICA

El proyecto se encuentra ubicado en el Corregimiento de Pacora Distrito de Panamá, Provincia de Panamá.

3. CAUDAL DE DISEÑO

Para el cálculo del caudal de diseño se adopta una densidad poblacional de 5 habitantes por vivienda, dotación de 80 galones por habitante día y un factor de retorno del 80%.

“La densidad Poblacional y la dotación de agua son las establecidas en las NORMAS DE DISEÑO DEL IDAAN”

$$Q_d = \left(1,100.00 \text{ viv} * 5.0 \frac{\text{hab}}{\text{viv}} * 80.0 \frac{\text{g}}{\text{hab - dia}} \right)$$

$$Q_d = 440,000.00 \text{ GPD} * 0.8$$

$$Q_d = 352,000.00 \text{ GPD}$$

$$Q_d = 15.42 \text{ l/seg}$$

$$Q_d = 1,332.46 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$



4. COMPONENTES Y PROCESOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

El tratamiento propuesto consiste en un sistema de "ELIMINACION CONJUNTA DE DBO CARBONACEA, NITROGENO Y FOSFORO". Mediante procesos biológicos

4.1 Unidad de entrada (cribado).

El cribado es la operación utilizada para separar material grueso del agua usando rejillas gruesas y con ello dar protección a bombas, válvulas, tuberías y equipos del taponamiento o interferencia. La velocidad de aproximación, clave para el diseño, debe estar entre 0.6 m/s (para evitar sedimentación) y 0.9 m/s (para evitar arrastre).

La ecuación para la pérdida de carga con la rejilla limpia h_f , es:

$$h_f = \frac{1}{0.7} \left(\frac{V^2 - v^2}{2 \cdot g} \right) \quad \text{"METCALF & EDDY Ingeniería de Aguas Residuales"}$$

Dónde:

V = Velocidad entre barras (0.6 m/s – 0.9 m/s)

v = Velocidad de aproximación (0.3 m/s – 0.6 m/s) para limpieza manual.

g = Aceleración de la gravedad 9.81 m/s²

Tabla 1. Detalles de la rejilla

DESCRIPCIÓN	DATO
Varilla circular	$\varnothing = 1/2"$.
Inclinación con la horizontal	45°
Separación entre barras	1/2"
Velocidad a través de la rejilla	0.6 m/s
Velocidad de aproximación	0.4 m/s

"Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y principios de diseño. 1999"

Perdida de energía en la rejilla (H)



$$H = \frac{1}{0.7} \left(\frac{V^2 - v^2}{2 * g} \right) = \frac{1}{0.7} \left(\frac{(0.6 \frac{m}{s})^2 - (0.4 \frac{m}{s})^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} \right) = 0.01456 m$$

Área.

Para una velocidad a través de la rejilla de $0.6 \frac{m}{s}$ y adoptando la mitad del caudal para dos unidades de cribado

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{666.23 \frac{m^3}{d} * d / 86,400 s}{0.6 \frac{m}{s}} = 0.013 m^2$$

Adoptando $L = 0.6 m$ como ancho de la unidad, la altura de la lámina de aguas

sería $h = \frac{A}{l} = \frac{0.013 m^2}{0.6 m} = 0.022 m$.

Se asume profundidad del canal de $0.6 m$ suficiente para atender la perdida de la rejilla en el momento de la obstrucción.

Longitud de la rejilla

$$L = \frac{(0.6 m)}{\sin 45^\circ} = 0.85 m$$

El número de barras n será

$$n * 1.25 cm + (n - 1) * 1.25 cm = 60$$

$$n = 23$$

Las dimensiones adoptadas son más de orden constructivo que hidráulico.

Ancho : $0.6 m$ Borde libre : $0.2 m$

Altura total : $0.6 m$.



4.2 Desarenador

Los desarenadores se usan para remover arena, grava, partículas u otro material sólido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico bastante mayor que el de los sólidos orgánicos degradables de las aguas residuales, estos protegen los equipos del desgaste anormal y reducen la formación de depósitos pesados en tuberías.

Los desarenadores de flujo horizontal se diseñan para una velocidad horizontal que permita el transporte de la mayor parte de partículas orgánicas a través de la cámara pero permitiendo el asentamiento del material pesado.

$$\text{TDS} = \frac{Q}{A_s}$$

Se emplea para el diseño de un desarenador con una TDS (Tasa de Desbordamiento superficial) entre 600 y 1,200 m/d y una velocidad de sedimentación de 0.40 m/s (*).

*Álvaro Orozco Jaramillo. Biología de Aguas Residuales, Teoría y diseño. 2005

Adoptando TDS = 900 M/D y caudal de entrada de 7.71 l/seg (para dos unidades)

$$TDS = \frac{Q}{A_s} \Rightarrow A_s = \frac{Q}{TDS} \Rightarrow A_s = \frac{7.71 \text{ l/s} * 86,400 \text{ s/d} * 1 \text{ m}^3 / 1,000 \text{ l}}{900 \text{ m/d}} = 0.74 \text{ m}^2$$

Si el ancho del canal es de 0.6 m la longitud es de 1.23 m (construir 2 de mínimo 2.0 m de longitud)

Con una velocidad de sedimentación de 0.40 m/s la altura seria: $Q = v * A_s \Rightarrow$

$$A_s = b_s * h_s \Rightarrow Q = v * b_s * h_s \Rightarrow h_s = \frac{Q}{v * b_s} \Rightarrow h_s = \frac{7.71 \text{ l/s} * 1 / 1,000 \text{ l/m}^3}{0.4 \text{ m/s} * 0.6 \text{ m}} =$$

0.032m

Adoptar profundidad promedio de 1.0 m.



4.3 Proceso biológico para eliminación conjunta de nitrógeno y fosforo

Tabla 2. Parámetros de diseño para procesos biológicos de eliminación conjunta de nitrógeno y fosforo

Parámetro	Unidad	Valor
Relación Alimento/microorganismo	Kg DBO/Kg SSVLM	0.15 – 0.25
Tiempo de Retención de sólidos (θ_c)	d	2 – 27
SSLM	mg/l	3,000 – 5,000
Tiempo de retención hidráulico		
• Zona anaerobia	h	0.5 – 1.5
• Zona Anóxica	h	0.5 – 1.0
• Zona aerobia	h	3.5 – 6.0

(METCALF & EDDY Inc. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse* 3a ED. McGraw Hill 1991)

4.3.1 Etapa anaerobia

El reactor o proceso de flujo ascensional y manto de lodos anaerobio UASB (Up flow Anaerobic Sludge Blanket) es un proceso en el cual el agua residual se introduce por el fondo del reactor y fluye a través de un manto de lodos conformado por granos biológicos o partículas de microorganismos, el tratamiento se efectúa por contacto del agua residual con el lodo granulado o floculento, en el cual se deben desarrollar bacterias con buenas características de sedimentación, bien mezcladas por el gas en circulación, el cual al igual que partículas con gas adherido se elevan hacia la parte superior del reactor donde chocan con las pantallas desgasificadoras liberando el gas y dejando caer los granos desgasificados.



El fango sedimentado se recircula a la entrada del reactor y se mezcla con el agua residual entrante. Bajo condiciones anaerobias, el fosforo presente en el agua residual y en la masa celular recirculada se libera en forma de fosfatos solubles y luego el fosforo es asimilado por la masa celular de la zona aerobia para ser liberado mediante la purga del fango activado.

Dentro de las ventajas del sistema se incluyen la construcción sencilla, requerimientos bajos de área, operación simple, no necesita energía, produce poco lodo, y la eficiencia en remoción de DBO y SS es aceptable con tiempos de detención relativamente cortos.

$$\text{Adoptamos } V_a = 2.71 \text{ m}^3/\text{h} \quad Y \quad H = 3.80\text{m}$$

$$T_d = \text{Tiempo de retención} = \frac{H}{V_a} \quad T_d = \frac{3.80 \text{ m}}{2.71 \text{ m}/\text{h}}$$

$$T_d = 1.4\text{h}$$

El volumen del reactor será:

$$V = Q * T_d \quad V = 1,332.46 \text{ m}^3/\text{dia} * 1.40\text{h} * 1 \text{ dia}/24\text{h} \quad V = 77.75\text{m}^3$$

Para 2 unidades el volumen de cada una será de $V = 38.87\text{m}^3$

$$A = V/H \quad A = 38.87\text{m}^3/3.80\text{m} \quad A = 10.23 \text{ m}^2$$

$$L = 4.65 \text{ m} \quad y \quad a = 2.2\text{m}$$

4.2.2 Etapa Anóxica

Para la etapa anóxica se contempla un reactor de flujo pistón ascendente. La zona Anóxica es deficitaria de oxígeno pero existe disponibilidad de este químicamente ligado en forma de nitratos y nitritos gracias a la recirculación del líquido mezcla nitrificado que se recircula desde la zona aerobia.

Adoptamos $V_a = 5.49 \text{ m}^3/\text{h}$ Y $H = 3.75\text{m}$

$$T_d = \text{Tiempo de retención} = \frac{H}{V_a} \quad T_d = \frac{3.75 \text{ m}}{5.49 \text{ m}/\text{h}}$$

$$T_d = 0.68\text{h}$$

El volumen del reactor será:

$$V = Q * T_d \quad V = 1,332.46 \text{ m}^3/\text{dia} * 1.40\text{h} * \frac{1 \text{ dia}}{24\text{h}} \quad V = 37.95\text{m}^3$$

Para 2 unidades el volumen de cada una será de $V = 18.98\text{m}^3$

$$A = V/H \quad A = \frac{18.98\text{m}^3}{3.75\text{m}} \quad A = 5.06 \text{ m}^2$$

$$L = 2.20 \text{ m} \quad \text{y} \quad a = 2.30\text{m}$$

4.2.3 ETAPA AEROBIA (Tanque reactor aerobio para oxidación de carbono y nitrificación en una sola etapa).

El proceso de lodos activados es el proceso biológico de más amplio uso para el tratamiento de aguas residuales, orgánicas e industriales. El principio básico del proceso consiste en que las aguas residuales se pongan en contacto con una población microbiana mixta en forma de suspensión floculenta en un medio aireado y agitado.

RAUL ERNESTO ESTRIBI V.

INGENIERO CIVIL

LICENCIA No. 2016-006-150



FIRMA

Ley 15 del 26 de enero de 1959

Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

El proceso está constituido básicamente por un tanque de aireación donde el agua residual se estabiliza biológicamente por una masa de microorganismos que constituyen el floc biológico, insoluble, y que ejerce una demanda de oxígeno. El ambiente aerobio es mantenido gracias a la utilización de equipos de transferencia de oxígeno (difusores de aire o aireadores mecánicos sumergidos o superficiales) en nuestro caso se propone un sistema de aireación mecánico sumergido tipo véntrury.

La nitrificación se puede conseguir en el mismo reactor empleado para el tratamiento la materia orgánica carbonosa. Los procesos más comúnmente empleados son el de flujo en pistón convencional, mezcla completa y aireación prolongada entre otros. Para nuestro proyecto optaremos por el sistema de lodos activados de flujo en pistón convencional.

Con los parámetros establecidos y aplicando la fórmula de reactor convencional con recirculación, se calcula el volumen del reactor para el caudal medio. Los coeficientes para digestión aerobia serán:

- Coeficiente de crecimiento bacterial (0.4-0.8) $Y = 0.60 \frac{mgSSV}{mgDBO}$
- Coeficiente de declinación endógena (0.04-0.075) $d^{-1} = 0.061$

Jairo Alberto Romero Rojas. *Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y principios de diseño*. 1999

- Edad de lodos (2 – 27 días) $\theta_c = 25$ días
- SSVLM (3,000 - 5000) $X = 3,000 \text{ mg/l}$
- DBO afluente $DBO_a = 250 \text{ mg/l}$
- DBO efluente $DBO_e = 50 \text{ mg/l}$
- SS efluente $SS_e = 20 \text{ mg/l}$



(METCALF & EDDY Inc. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse 3a ED. McGraw Hill 1991)

Calculamos:

$$\text{La DBO soluble (S}_e\text{)} \quad S_e = DBO_e - 0.63SS$$

$$S_e = 50 \text{ mg/l} - 0.63 * 20 \text{ mg/l}$$

$$S_e = 37.4 \text{ mg/l}$$

La biomasa en el reactor (XV) será:

$$XV = \frac{\theta_c Y Q (S_o - S_e)}{1 + K_d \theta}$$

$$XV = \frac{25 d * 0.6 \frac{\text{mgSSV}}{\text{mgDBO}} + 15.422 \frac{l}{s} * \frac{1m^3}{1,000l} + 86400s/d * (250 \text{ mg/l} - 37.4 \text{ mg/l})}{1 + 0.06d^{-1} + 25d} \quad XV = 1,678,326.39 \text{ gSSV}$$

$$V = XV/X$$

$$V = \frac{1,678,326.39 \text{ gSSV}}{3,000 \text{ mg/l}}$$

$$V = 559.442 \text{ m}^3$$

Tiempo de retención hidráulica o tiempo de aireación del reactor será

$$t = V/Q \quad t = \frac{559.442 \text{ m}^3}{15.422 \frac{l}{s} * \frac{1m^3}{1,000l}} * \frac{1h}{3,600s} \quad t = 10.08h$$

Para 2 unidades el volumen de cada una será de $V = 279.721 \text{ m}^3$

Adoptando una altura de la lámina de agua de 3.80 m calculamos el área del reactor

$$A = V/H \quad A = \frac{279.721 \text{ m}^3}{3.80m} \quad A = 75.60 \text{ m}^2$$

Adoptando un ancho $a = 7.20 \text{ m}$.

$$\text{La longitud será} \quad L = A/a \quad L = \frac{75.6 \text{ m}^2}{7.20m} \quad L = 10.50 \text{ m}$$

La carga orgánica volumétrica por cada unidad de aireación será



$$COV = \frac{Q \cdot S_o}{V}$$

$$COV = \frac{37.71 l/s / 1,000 l * 86,400 s/d * 250 mg/l}{279.72 m^3} / 1,000 mg/g$$

$$COV = 595.44 gDBO/m^3 - d \quad \underline{Ok (300 - 600)}$$

La relación alimento microorganismo (A/M)

$$A/M = \frac{COV}{X} \quad A/M = \frac{0.5954 mgDBO/m^3-d}{3,000 mg/l} * 1,000 mg/g \quad A/M = 0.20$$

Se calcula la producción de lodo Px para cada unidad de aireación

$$P_x = \frac{XV}{\theta_c}$$

$$P_x = \frac{839,163.196 gSSV}{25d} * \frac{1Kg}{1,000g}$$

$$P_x = 33.57 KgSSV/d$$

Adoptando una porción volátil de ST igual al 80.0% los sólidos totales de desecho serán

$$STD = \frac{P_x}{0.8}$$

$$STD = \frac{33.576 Kg/d}{0.8}$$

$$STD = 41.96 Kg/d$$

Se calcula el caudal de lodos de desecho (Q_w) para una concentración de ST del lodo sedimentado igual a 12,000 mg/l

$$Q_w = \frac{STD}{ST}$$

$$Q_w = \frac{41.96 Kg/d}{12,000 mg/l} * \frac{1x10^6}{1,000 l/m^3}$$

$$Q_w = 3.5 m^3/d$$

El caudal de recirculación QR será:

$$Q_R = \frac{QX}{X_R - X}$$

$$Q_R = \frac{7.71 l/s * \frac{1m^3}{1,000l} * 3,000 mg/l}{0.80 * 15,000 mg/l - 3,000 mg/l} * 86,400 s/d$$

$$Q_R = 302.83 m^3/d$$

La relación de recirculación es



$$R = \frac{Q_R}{Q} \quad R = \frac{302.83 m^3/d}{7.71 l/s * 86,400 s/d} * 1,000 l/m^3 \quad 45.75 \text{ Ok } (25 - 75)$$

El oxígeno requerido (DO) para remoción de DBO Carbonácea y Nitrogenácea en cada tanque de aireación se obtiene:

$$\begin{aligned}
 DO &= 1.5Q(S_o - S_e) - 1.42X_R Q_W + 4.57Q(N_0 - N) \\
 DO &= 1.5 * (7.71 l/s * \frac{1m^3}{1,000l} * 86,400 s/d) * (250 mg/l - 37.4 mg/l) - 1.42 * 0.80 * \\
 &15,000 mg/l * 3.5 m^3/d + 4.57 * 666.23/2 m^3/d * (40 - 10) * 0.001 \\
 DO &= 256.144 Kg O_2/d = 23.48 lb/h
 \end{aligned}$$

5. Equipo de aireación

Para el proceso de aireación se propone la instalación en el fondo del tanque de un sistema de aireación de turbina tipo Venturi así:

- % de oxígeno en el gas de salida (O_t)

$$O_t = \frac{21(1+E)100}{79 + 21(1+E)}$$

$$O_t = 17.54\% \quad O_t = \frac{21(1+0.2)100}{79+21(1+0.2)}$$

E = fracción decimal de oxígeno = 0.2

- Concentración de Saturación a la profundidad media (C_{sm})

$$C_{sm} = \frac{Cs}{2} \left(\frac{P+0.433h}{P} + \frac{O_t}{20.9} \right)$$

$$C_{sm} = \frac{8.00}{2} \left(\frac{14.70 + (0.433 * 12.30)}{14.70} + \frac{17.54\%}{20.9} \right)$$

$$C_{sm} = 8.80 \text{ mg/l}$$

Donde C_s =Concentración de saturación de OD en la superficie

(8.0mg/l)

P = Presión barométrica

H=profundidad

Flujo de aire para el soplador

$$G_o = DO * (1.05 * E)$$

$$G_o = 23.48 \text{ lb/h} * (1.05 * 0.2) = 111.81 \text{ pie}^3/\text{min}$$

- Potencia requerida del compresor para una eficiencia del 70% y diferencia de presión de 10,0 psi

$$P_c = \frac{Q * \Delta P}{E} \quad P_c = \frac{111.81 \text{ pie}^3/\text{min} * 10}{70 * 14.70 * 0.70} \quad P_c = 4.45 \text{ kw}$$

$$P_c = 4.45 \text{ kw} * \frac{1.34 \text{ hp}}{1 \text{ kw}} = 5.97 \text{ Hp}$$

Donde Q= flujo de aire en $\text{m}^3/\text{seg.}$

ΔP =Diferencia de presión en kPa

E= Eficiencia fraccional



- La potencia requerida del rotor

$$P_r = P_d * P_c \quad P_r = 0.95 * 5.97 \text{ hp} \quad P_r = 5.67 \text{ Hp}$$

Donde P_d =relación de potencia optima = 0,95

- La potencia total consumida

$$P_t = P_r + P_c \quad P_t = 5.97 \text{ hp} + 5.67 \text{ hp} \quad P_t = 11.64 \text{ Hp}$$

Usar TRES (3) motores de mínimo 5.0Hp en cada tanque de aireación y con ello cumplir las exigencias en relación a suplencia alternancia y redundancia en equipos de aireación.

6. Sedimentador secundario

El proceso se complementa con la instalación de 2 unidades de sedimentación – clarificación. Estos cuentan con su tolva de lodos y equipo de bombeo para recirculación y disposición en los lechos de secado.

Adoptando una rata de desborde o carga superficial de $26.11 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-día}$

(16 – 32) USEPA "Suspended Solids Removal" Desing manual 1975)

Se obtiene el área de sedimentación para cada uno de las dos unidades

$$A = \frac{Q}{CS} \quad A = \frac{666.23 \text{ m}^3/d}{26.11 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-d}} \quad A = 25.52 \text{ m}^2$$

Se propone la construcción de (2) unidades de diámetro $D=5.70 \text{ m}$ y profundidad promedio $h= 3.70 \text{ m}$.

Cada unidad estará dotada de un sistema de recirculación de lodos hacia el reactor anaerobio. se propone la instalación de bombas sumergibles para lodos de al menos 1.0 hp.



"Error en los cálculos de diseño es responsabilidad del promotor o dueño ya que el MINSA solo verifica lo correspondiente a salud pública".



7. Tanque de desinfección

Luego de la sedimentación final, el agua se conduce hacia un tanque de retención donde se aplica cloro en solución mediante la instalación de bomba dosificadora para su desinfección y eliminación de patógenos. Se mantiene un residual de cloro acorde con lo establecido en la norma.

Luego de todo lo anterior el agua residual es descargada hacia un canal seco o red de aguas pluviales cumpliendo con los parámetros establecidos en las normas para la toma de muestras y observación de la calidad organoléptica de las aguas tratadas, se construirá una caja de inspección de 0.6 * 0.6m.

8. Lechos de secado

En caso de presentarse exceso de lodos se construirá una estructura para el secado y deshidratación de estos.

Se trata de dos unidades de 3.30m * 5.70m dotados de un lecho de filtración así:

- Falso fondo de 20.0 cm.
- Piedra bola de tamaño específico entre 75 – 150 mm. 20 cm. de espesor
- Arena de rió. 20 cm. de espesor
- Borde libre

Los lodos luego de deshidratados serán dispuestos de acuerdo a lo establecido en la norma, podrán usarse como abono orgánico en zonas verdes o retirados en bolsa de basura para disposición en relleno.





PROPIETARIOS:
CORPORACIÓN URBANIZADORA DEL ESTE, S.A.
GRAN GANADERA NACIONAL, S.A.

PROYECTO: P.T.A.R. CIUDAD DEL ESTE.

MEMORIA ELECTRICA P.T.A.R. CIUDAD DEL ESTE.

**LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO: CORREGIMIENTO DE PACORA,
DISTRITO DE PANAMÁ, PROVINCIA DE PANAMÁ, REPUBLICA DE
PANAMÁ.**

DISEÑADO POR: AGUAS Y MEDIO AMBIENTE S.A.

**PANAMÁ
2021**



ALONSO ANTONIO TAYLOR SANCHEZ INGENIERO ELECTRICO Y ELECTRONICO LICENCIA No. 2015-039-006
FIRMA
Ley 15 del 26 de enero de 1959 Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura



ALONSO ANTONIO TAYLOR SANCHEZ
INGENIERO ELECTRICO Y ELECTRONICO
LICENCIA NO. 2015-039-006

Alonso Taylor

F I R M A

Ley 15 del 26 de enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

CONTENIDO

1.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
2.	OBJETIVO	4
3.	COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	4
4.	FORMULAS Y CONCEPTOS BÁSICOS UTILIZADOS	4
5.	CARACTERÍSTICAS Y CÁLCULOS	6
5.1.	Cuadros de distribución de cargas	7
5.2.	Centros de control de motores CCM	8
5.3.	Cuadro de distribución de carga general- Panel “MDP”	8
6.	CONTENIDO Y ARREGLO DE CARGA POR PANEL	9
6.1.	Centro de control de motores-CCM	9
6.2.	Panel de distribución de luces y toma corriente (PL)	9
7.	CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA CARGA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO	10
7.1.	Carga de motores de 5HP	10
7.2.	Carga con motores de 1 hp	10
7.3.	Carga del circuito de control de 0.750 KVa/208V	10
7.4.	Carga del panel de distribución “PL”	11
8.	POTENCIA DE LOS MOTORES Y DEMAS CARGAS	11
9.	BANCO DE CAPACITORES PARA LOS MOTORES DE 5 HP	12
10.	CENTRO DE CONTROL D MOTORES Y DISTRIBUCIÓN DE CARGA “MDP”	12
11.	RESUMEN DE CARGA GENERAL	13



13.	CORRIENTE CORTO CIRCUITO "Icc"	14
14.	CAIDA DE VOLTAJE "ΔV"	15
15.	PÉRDIDA DE POTENCI "Pp"	15
16.	CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO "Icc"	16
17.	Caida de voltaje "ΔV"	17
18.	PERDIDA DE POTENCIA "Pp"	17

ALONSO ANTONIO TAYLOR SANCHEZ
INGENIERO ELECTRICO Y ELECTRONICO
LICENCIA NO. 2015-039-006

Alonso Taylor
FIRMA
Ley 15 del 26 de enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura



1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este corresponde al cálculo para el diseño eléctrico de toda la carga componente de la nueva planta de tratamiento de la urbanización residencial ciudad del este , la cual consta de equipos electromecánicos para el proceso de tratamiento de las aguas servidas,

2. OBJETIVO

Efectuar todos los cálculos eléctricos adecuando eléctricamente las instalaciones con los nuevos equipos requeridos para todo el proceso de tratamiento, de manera que trabajen confiablemente, satisfaciendo las necesidades de protección al medio ambiente y a los pobladores del área por el vertimiento de las aguas residuales producto de los desechos humanos.

3. COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

además de todos los arreglos estructurales y sistemas regulares para el tratamiento de las aguas servidas, la planta de tratamiento dispone de dos (2) módulos de aireación y de cuatro (4) módulos de sedimentadores, conformada con los siguientes sistemas electromecánicos:

1. Cuatro (6) aireadores sumergibles tipo Venturi.
2. Cuatro (2) bombas de recirculación de lodos.
3. Dos (2) bobas de desnitrificación de lodo.

4. FORMULAS Y CONCEPTOS BÁSICOS UTILIZADOS

Para realizar los cálculos se hizo uso de los siguientes conceptos:

- Eléctrico

1. Capacidad mínima del cable de alimentación de ramal “Im”

$$I_m = 125\% \text{ in}$$

2. Capacidad del interruptor del motor o ramal “ibk”

$$I_{bk} = 250\% \text{ in (máx.)}$$

3. Capacidad del arrancador estrella - delta

$$I_Y = 33\% \text{ in} \quad I_\Delta = 58\% \text{ in}$$

4. Capacidad de arrancador directo “Ia”

$$I_a = 140\% \text{ in}$$

5. Capacidad de la protección de sobre carga “OL”

ALONSO ANTONIO TAYLOR SANCHEZ INGENIERO ELECTRICO Y ELECTRONICO LICENCIA NO. 2015-039-006
FIRMA
Ley 15 del 26 de enero de 1959 Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura



$$OL = 115\% \text{ in}$$

6. Capacidad del cable principal del sistema “Ica”

$$Ica = 125 \% i \text{ mayor} + \sum I_n$$

7. Capacidad del interruptor principal “I.P.”

$$I.P. = I_{bk} \text{ mayor} + \sum I_n$$

$$8. \text{ Potencia} = \sqrt{3} v i \text{ f.p.}$$

- **Referencias:**

Artículos 430-22, 430-24, 430-52, 430-62 del código eléctrico (nec-2014).

Normas para la solicitud de servicio eléctrico “ENSA”–“UNIÓN FENOSA”

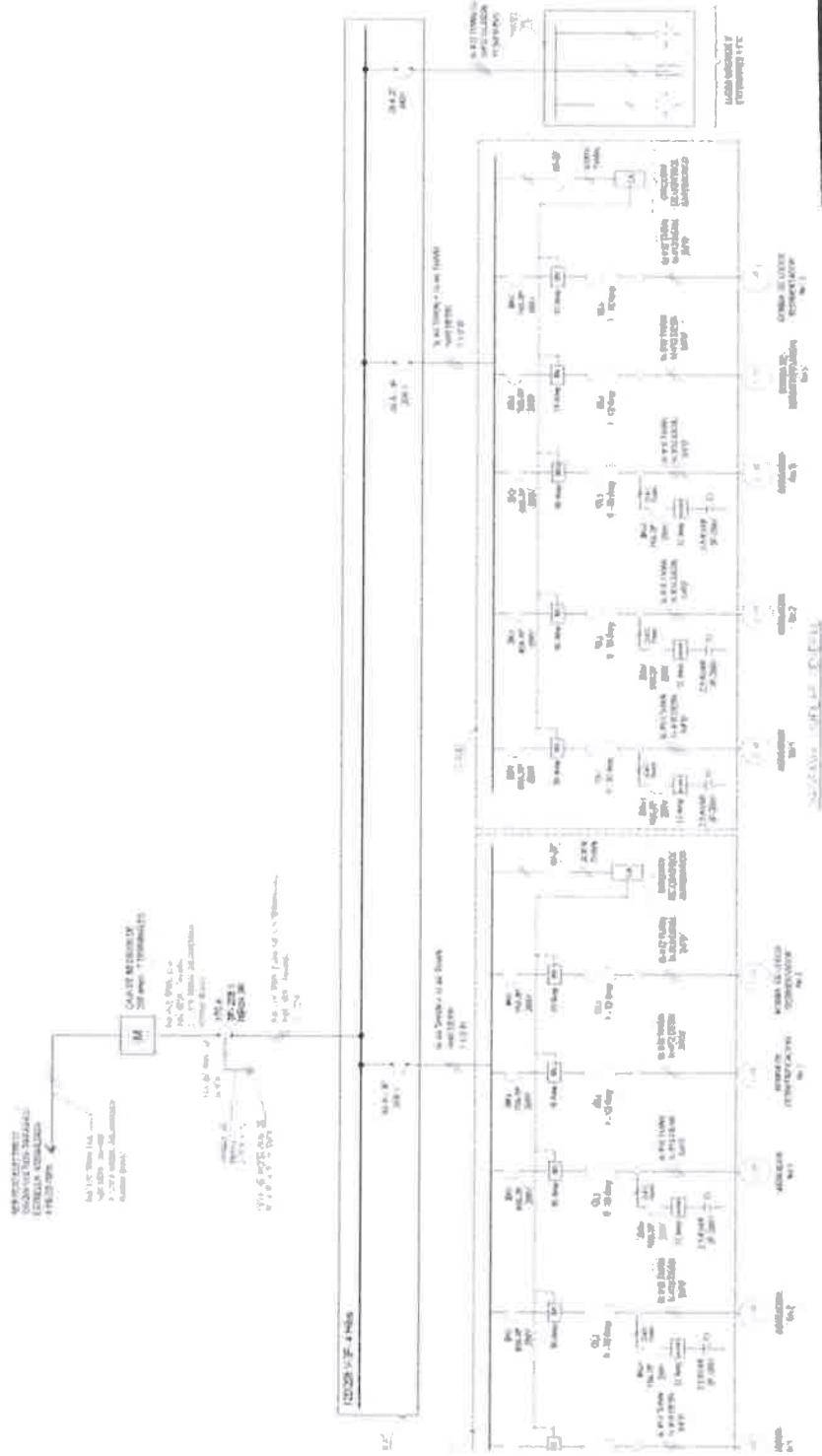
Reglamento de instalaciones eléctricas “R.I.E.” – Panamá.





5. CARACTERÍSTICAS Y CÁLCULOS

DESCRIPCIÓN Y CAPACITACION DE LA CARGA INSTALADA.



ALONSO ANTONIO TAYLOR SANCHEZ
INGENIERO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO
LICENCIA NO. 2015-039-006

FIRMA

Ley 15 del 26 de enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura



ALONSO ANTONIO TAYLOR SANCHEZ
INGENIERO ELECTRICO Y ELECTRONICO
LICENCIA N° 2015-039-006

Alonso Taylor

FIRMA

Ley 15 del 26 de enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

5.1. Cuadros de distribución de cargas

CIRCUITO No	(F)	(DHE)	100W	80W	\$	200W	CARGA (VATIOS)		PROTECCION Amps-POLOS	RAMAL	UBICACION
			FASE A	FASE B							
1						2	400		20 Amps-1P	2C#12 THWN 1C#12 DESN. 1/2"Ø	T.C. MISCELANEO CASETA DE CONTROL
2		2					100		20 Amps-1P	2C#12 THWN 1C#12 DESN. 1/2"Ø	DETECTOR DE HUMO ELECTRICO
3	1		2	2	2			360	20 Amps-1P	2C#12 THWN 1C#12 DESN. 1/2"Ø	LUCES CASETA DE CONTROL
4						1		200	20 Amps-1P	2C#12 THWN 1C#12 DESN. 1/2"Ø	T.C. MISCELANEO CASETA DE CONTROL
5											LIBRE
6											LIBRE
7											LIBRE
8											LIBRE
TOTALES	1	2	2	2	2	3	500	560	20 Amps-2P 240V	3C #12 THWN 1C#12 Desn. Cu 3/4"	CASETA DEL CUARTO ELECTRICO
							1060 VATIOS				

RESUMEN PANEL "PL"	
CARGA FASE A:	500 VATIOS
CARGA FASE B:	560 VATIOS
CARGA TOTAL	1060 VATIOS
CORRIENTE TOTAL	5.09 Amps
INTERRUPTOR PRINCIPAL:	20 Amps - 2 POLOS - 240V
CABLE DE ALIMENTACIÓN:	2C#12THWN - Cu - 600 V - AWG
CABLE DE TIERRA	1C#12 DESN. - Cu - 600 V - AWG
CABLE NEUTRAL	1C # 12 THWN - Cu -600V - AWG
TAMAÑO DE LA TUBERIA	3/4 "Ø





5.2. Centros de control de motores CCM

ALONSO ANTONIO TAYLOR SANCHEZ
INGENIERO ELECTRICO Y ELECTRONICO
LICENCIA NO. 2015-039-006

Alonso Taylor
FIRMA

Ley 15 del 26 de enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES "CCM1"

DESCRIPCION DE LA CARGA	CARACTERISTICA DE LA CARGA	CARGA (KVA)			PROTECCION	RAMAL	UBICACION
		FASE A	FASE B	FASE C			
AEREADOR N°1	5HP - 208V-1Ø (16.7 Amps.)	2.01	2.01	2.01	40A-3P- 208V	3c#10THWN+1c#10 Desn.-3/4"Ø	TANQUE AEREACION
AEREADOR N°2	5HP - 208V-1Ø (16.7 Amps.)	2.01	2.01	2.01	40A-3P- 208V	3c#10THWN+1c#10 Desn.-3/4"Ø	TANQUE AEREACION
AEREADOR N°3	5HP - 208V-1Ø (16.7 Amps.)	2.01	2.01	2.01	40A-3P- 208V	3c#10THWN+1c#10 Desn.-3/4"Ø	TANQUE AEREACION
BOMBA DE LODOS SEDIMENTADOR N°1	1 HP - 208v-1Ø- (4.6 Amp)	0.55	0.55	0.55	15A-2P- 240V	2c#12THWN+1c#12 Desn.-3/4"Ø	SEDIMENTADOR
BOMBA DE DESNITRIFICACION N°1	1 HP - 208v-1Ø- (4.6 Amp)	0.55	0.55	0.55	15A-2P- 240V	2c#12THWN+1c#12 Desn.-3/4"Ø	TANQUE AEREACION
CIRCUITO DE CONTROL	0.50 KVA-208V-1Ø(2.40 Amp)	0.25	0.25		6A-2P- 240V	2c#16THWN	CCM
TOTALS		7.41	7.41	7.16	80A- 3P 208V	3c#4 THWN Cu +1c#4 THWN Cu (N) +1c#8 Desn.Cu-1 1/2"Ø PVC	CASETA
				21.96 KVA			

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES "CCM2"

DESCRIPCION DE LA CARGA	CARACTERISTICA DE LA CARGA	CARGA (KVA)			PROTECCION	RAMAL	UBICACION
		FASE A	FASE B	FASE C			
AEREADOR N°4	5HP - 208V-1Ø (16.7 Amps.)	2.01	2.01	2.01	40A-3P- 208V	3c#10THWN+1c#10 Desn.-3/4"Ø	TANQUE AEREACION
AEREADOR N°5	5HP - 208V-1Ø (16.7 Amps.)	2.01	2.01	2.01	40A-3P- 208V	3c#10THWN+1c#10 Desn.-3/4"Ø	TANQUE AEREACION
AEREADOR N°6	5HP - 208V-1Ø (16.7 Amps.)	2.01	2.01	2.01	40A-3P- 208V	3c#10THWN+1c#10 Desn.-3/4"Ø	TANQUE AEREACION
BOMBA DE LODOS SEDIMENTADOR N°2	1 HP - 208v-1Ø- (4.6 Amp)	0.55	0.55	0.55	15A-2P- 240V	2c#12THWN+1c#12 Desn.-3/4"Ø	SEDIMENTADOR
BOMBA DE DESNITRIFICACION N°2	1 HP - 208v-1Ø- (4.6 Amp)	0.55	0.55	0.55	15A-2P- 240V	2c#12THWN+1c#12 Desn.-3/4"Ø	TANQUE AEREACION
CIRCUITO DE CONTROL	0.50 KVA-208V-1Ø(2.40 Amp)			0.25	6A-2P- 240V	2c#16THWN	CCM
TOTALS		7.16	7.41	7.41	80A- 3P 208V	3c#4 THWN Cu +1c#4 THWN Cu (N) +1c#8 Desn.Cu-1 1/2"Ø PVC	CASETA
				21.98 KVA			

5.3. Cuadro de distribución de carga general- Panel "MDP"

CUADRO DE DISTRIBUCION "MDP"

DESCRIPCION DE LA CARGA	CARACTERISTICA DE LA CARGA	CARGA (KVA)			PROTECCION	RAMAL	UBICACION
		FASE A	FASE B	FASE C			
"CCM#1"	21.98 kvalios -208V-3Ø	7.41	7.41	7.16	80A-3P- 208V	3c#4 THWN Cu+1c#10 THWN Cu (N) +1c#8 Desn.Cu-1 1/2"Ø PVC	CASETA
"CCM#2"	21.98 kvalios -208V-3Ø	7.16	7.41	7.41	80A-3P- 208V	3c#4 THWN Cu+1c#10 THWN Cu (N) +1c#8 Desn.Cu-1 1/2"Ø PVC	
PANEL "PL"	0.86 kvalios -208V-1Ø	0.50		0.56	20A-2P- 208V	3c#12 THWN Cu+1c#12 Desn. Cu- 3/4"Ø PVC	CASETA
TOTALS		15.07	14.82	15.13	175A- 3P 208V	3c# 2/0 THWN (Cu)+1c# 2/0 THWN(N)-Cu 1c#4 DESN. Cu-AWG 2 1/2"Ø	TABLERO PRINCIPAL
				45.02 KVA			



CENTRO DE CONTROL DE MOTORES "CCM2"

DESCRIPCION DE LA CARGA	CARACTERISTICA DE LA CARGA	CARGA (KVA)			PROTECCION	RAMAL	UBICACION
		FASE A	FASE B	FASE C			
AEREADOR N°4	5HP - 208V-1Ø (16.7 Amps)	2.01	2.01	2.01	40A-3P- 208V	3ct#10THW/N+1ct#10 Desn-34°Ø	TANQUE AERACION
AEREADOR N°5	5HP - 208V-1Ø (16.7 Amps)	2.01	2.01	2.01	40A-3P- 208V	3ct#10THW/N+1ct#10 Desn-34°Ø	TANQUE AERACION
AEREADOR N°6	5HP - 208V-1Ø (16.7 Amps.)	2.01	2.01	2.01	40A-3P- 208V	3ct#10THW/N+1ct#10 Desn-34°Ø	TANQUE AERACION
BOMBA DE LODOS SEDIMENTADOR N°2	1 HP - 208v-1Ø (4.6 Amp)	0.56	0.56	0.56	15A-2P- 240V	2ct#12THW/N+1ct#12 Desn-34°Ø	SEDIMENTADOR
BOMBA DE DESNITRIFICACION N°2	1 HP - 208v-1Ø (4.6 Amp)	0.56	0.56	0.56	15A-2P- 240V	2ct#12THW/N+1ct#12 Desn-34°Ø	TANQUE AERACION
CIRCUITO DE CONTROL	0.50 KVA-208V-1Ø(2.40 Amp)		0.25	0.25	6A-2P- 240V	2ct#16THWN	CCM
TOTALES		7.16	7.41	7.41	80A- 3P 208V	3ct#4 THWN Cu +1ct#4 THWN Cu (N) +1ct#8 Desn Cu-1 1/2°Ø PVC	CASETA
		21.98 KVA					

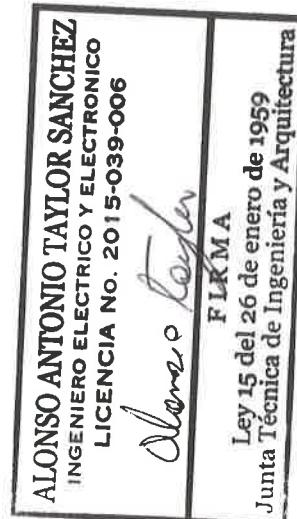
6. CONTENIDO Y ARREGLO DE CARGA POR PANEL

6.1. Centro de control de motores-CCM

- 6 Aireadores sumergibles tipo Venturi
- 2 Bomba de desnitrificación de lodos
- 2 Bombas de recirculación de lodos
- 2 Circuito de control y demás accesorios en el ccm

6.2. Panel de distribución de luces y toma corriente (PL)

- 2 Lámparas exteriores en poste de 250 vatios / 120 v
- 2 Lampara exterior de pared de 175 vatios /120 v
- 2 Lampara fluorescente hermética interior de 2 x 40 w / 120v
- 1 Salida de toma corrientes a 350 vatios /120 v para circuito de alarma
- 2 Salidas de toma corrientes a 500 vatios /120v c/u para misceláneos.



Característica de las luminarias:

1. Lámparas de poste – tipo reflector powerflood-floodlight, resistentes a la corrosión, de alta presión de sodio, encendido por fotocelda.
Ref. General electric modelo pf-1000, #pflk20s0a1.
2. Lámparas de pared de pared- encendido por fotocelda, resistente a la corrosión y humedad, armazón en fundición de aluminio y bronce (lektrocote), lente difusor de alta resistencia térmica y alto impacto, protección nema 4x.



Ref. Hubbell – modelo: perimaliter pgm2 – catalogo #pgm2-h178.

3. Lámparas interior de 2 x 32 vatios / 120 v - tipo fluorescente- cuerpo y cubierta a prueba de polvo y corrosión, de sellado hermético, protección nema 4x (ip-65) – cuerpo, reflector y difusor fabricados en policarbonato inyectado, auto-extinguible, protección uv, estructura con refuerzo plástico y empaque en poliuretano.

7. CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA CARGA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO

7.1. Carga de motores de 5HP

6 aireadores sumergibles tipo Venturi

capacidad del breaker “Ibkr” = 250% (16.7) = 41.75 amp.

Tamaño del interruptor: 40 Amps. – 3 polos – 208 V capacidad del cable

“Ic” = 125% (16.7) = 20.88 Amps

Tamaño de los cables: 3c# 10 thwn - Cu – AWG

Cable de tierra: 1c #10 desnudo (NEC – tab.250-122) tamaño de la tubería:

3/4 plgs. de diámetro

Capacidad del contactor “ik” = 140% (16.7) = 23.38 Amps.

Contactor de arranque directo de 30 Amps. Capacidad de la protección de sobre carga

“Iol” = 1.15 (16.7) = 19.21 Amps. Rango ajustable: 5 a 30 Amps.

7.2. Carga con motores de 1 hp

2 bombas de recirculación en los tanques de sedimentación

2 bomba de desnitrificación de lodos

Capacidad del breaker “Ibkr” = 250% (4.6) = 11.5 Amp.

Tamaño del interruptor: 15 Amps. – 3 polos – 208 v capacidad del cable “Ic” = 125% (4.6) = 5.75 Amps

Tamaño de los cables: 3c# 12 THWN- Cu – AWG cable de tierra: 1c #12 desnudo (NEC – tab.250-122)

Tamaño de la tubería: 3/4 plgs. de diámetro capacidad del contactor “ik” = 140% (4.6)=6.44 Amps.

Contactor de arranque directo de 10 Amps. Capacidad de la protección de sobre carga

“Iol”=1.15 (4.6)=5.29 Amps. Rango ajustable: 1 a 12 Amps.

7.3. Carga del circuito de control de 0.750 KVa/208V

2 circuitos de control

Capacidad del elemento de protección “Ibkr”=750/208= 3.61 Amps.



Tamaño de la protección: 6 Amps - 2p – 240 V capacidad del cable de control
“ I_c ”=1.25 (3.61)=4.50 Amps.

Tamaño del cable de control: 2c #16 THWN

7.4. Carga del panel de distribución “PL”

- 2 lámparas exteriores en poste de 250 vatios / 120 v
- 2 lampara exterior de pared de 175 vatios /120 v
- 2 lampara fluorescente hermético interior de 2 x 40 w / 120v
- 1 salida de toma corrientes a 350 vatios /120 v para circuito de alarma
- 2 salidas de toma corrientes a 500 vatios /120v c/u para misceláneos.

Carga del panel pl = 2,360 vatios.

Capacidad del interruptor de protección

“ I_{bkr} ”= 2.36 KV a /208= 11.35 Amps. X1.25 = 14.18 Amps.

Tamaño del breaker: 20 Amps-2 polos- 240 V

Capacidad cables de alimentación “ I_c ” = 1.25 (11.35)=14.18 Amps.

Tamaño de los cables de alimentación: 2c #12THWN

Tamaño del cable neutral: 1c #12 THWN

Tamaño del cable de tierra: 1c #12 desnudo

Tamaño de la tubería: $\frac{3}{4}''$ Ø

8. POTENCIA DE LOS MOTORES Y DEMAS CARGAS

Motores de 5 hp

“P”= $\sqrt{3} \cdot v \cdot i = \sqrt{3} \cdot (208) \cdot (16.7) = 6.02 \text{ KV}a$

P/fase= $6.02/3 = 2.01 \text{ KV}a$

Motores de 1 hp

“P”= $\sqrt{3} \cdot v \cdot i = \sqrt{3} \cdot (208) \cdot (4.6) = 1.66 \text{ KV}a$

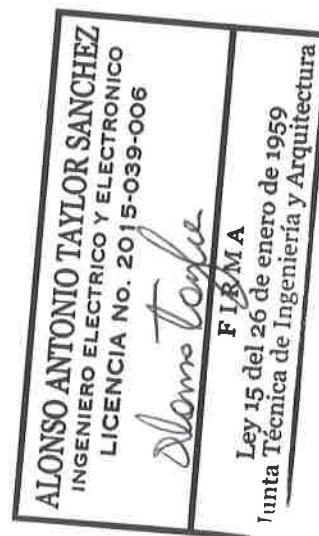
p/fase= $1.66/3 = 0.55 \text{ kva}$

Círculo de control del centro de control de motores

$P = 0.750 \text{ KV}a - 208 \text{ v} - i = 0.750 / 208 = 3.61 \text{ Amps.}$

Panel de iluminación y toma corrientes

$P = 2.36 \text{ KV}a / 208 - 120 \text{ V.}$





9. BANCO DE CAPACITORES PARA LOS MOTORES DE 5 HP

Motores de 5 hp - in= 16.7 amps.

Estimando que el factor de potencia f.p.1= 0.80

Y que el mismo ha de corregirse a f.p.2 = 0.96

De la tabla de corrección del factor de potencia, obtenemos que el factor de corrección es k = 0.458

Luego la potencia activa $P = \sqrt{3} (\text{voltaje}) (\text{Amps.}) (\text{f.p.1})$

$P = \sqrt{3} (208) (16.7) (0.80) = 4.81 \text{ KVatios}$ la potencia reactiva $\text{PKVar} = K * P$

$\text{PKVar} = 0.458 * 4.81 = 2.203 \text{ KVar}$; el banco será de **2.50 KVar-3ø - 208 V**

La corriente del banco será $i = 2500/\sqrt{3} (208) = 6.94 \text{ Amps.}$

Breaker del banco = $1.35 (6.94) = 9.37 \text{ amps. - 15 Amps.- 3 polos- 208 v}$

Contactor= $1.4 (6.94) = 9.72 \text{ amp.}$, usamos contactor de **12 Amps.**

Cables = $1.25 (6.94) = 8.68$, usamos **3c #12 THW**

10. CENTRO DE CONTROL D MOTORES Y DISTRIBUCIÓN DE CARGA “MDP”

Se contempla la instalación de un centro de distribución de carga “MDP” para separar y conectar las cargas del CCM y del panel “PL”

Ramal para el CCM

Capacidad del interruptor principal del CCM Ibkr =

$3(16.7) + 2(4.6) + (3.61) = 62.91 \text{ Amps.}$,

Breaker de 80 Amps. – 3 polos – 208 v

Capacidad de los cables de alimentación para el CCM Ic = $1.25 (16.7) +$

$3(16.7) + 2(4.6) + (3.61) = 83.79 \text{ Amps.}$

Cable para el neutro

In = $0.75 \text{ Ic} = 0.75 (83.79) = 62.84 \text{ Amps.}$

Cables: 3c #2 THWN + 1c # 4 THWN (n) +1c #6 desnudo (tierra) 1 tubería de $1\frac{1}{2}$ plgs.

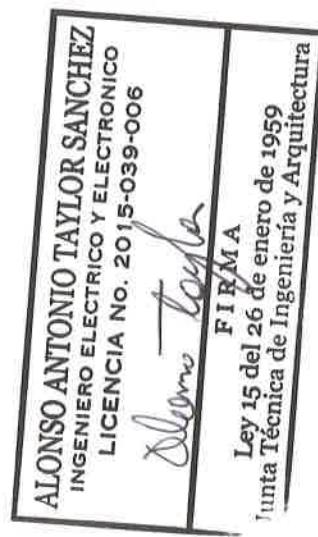
Ramal del panel PL

Carga del panel = 2,360 vatios / 11.35 amps. Capacidad del interruptor

Ibkr = $2.36 \text{ KVatios} / 208 (1.25) = 14.18 \text{ Amps.}$

Breaker de 20 Amps. – 2 polos – 208 v

Capacidad de los cables de alimentación de “pl”





$$I_c = 11.35 (1.25) = 14.18 \text{ Amps.}$$

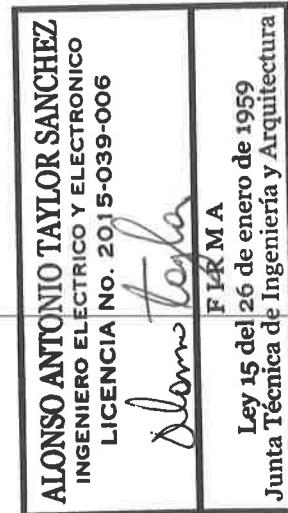
Cables: 2c #12-thwn +1c #12 THWN (neutro) +1c #12 desnudo-1 tubería de $\frac{3}{4}$ "

Se escoge un centro de control y distribución de carga "MDP" (tipo industrial) con barras de 225 amperios - 208 voltios trifásico - con derivación a 120 v. - capacidad para 12 circuitos; conteniendo

1 con breaker de 80 Amps.- 3 polos- 208 v (CCM 1)

1 con breaker de 80 Amps.- 3 polos- 208 v (CCM 2)

1 con breaker de 20 Amps.- 2 polos- 208 v (panel PL)



Cálculo del ramal principal de la planta

Capacidad del interruptor principal "I.P."

$$I.p. = I_{bkr} \text{ mayor} + \sum I_{in}$$

$$I.p. = 40 + 6(16.7) + 4(4.6) + 2(3.61) + 11.35 = 158.77 \text{ Amps.}$$

Interruptor de 175 amps.- 3 polos - 208 v

Capacidad de los cables de la alimentación principal "Ic"

$$I_c = 1.25 I_{\text{mayor}} + \sum I_{in}$$

$$I_c = 1.25 (16.7) + 6(16.7) + 4(4.6) + 2(3.61) + 11.35 = 158.02 \text{ Amps.}$$

Cables de alimentación: 3c #2/0 thwn

Cable neutral: $I_{ne} = 75\% I_c = 0.75 (158.02) = 118.52 \text{ Amps.}$ 1c #2 THWN

Cable de tierra: 1c #6 desnudo - cobre - 600 V - AWG

Tamaño de la tubería: 2 $\frac{1}{2}$ plgs. de diámetro

11. RESUMEN DE CARGA GENERAL

Carga fase a = 15.07 KVA

Carga fase b = 14.82 KVA

Carga fase c = 15.13 kva

Carga total = 37.14 KVA

Carga trifásica = 45.02 KVA

Carga monofásica = 3.12 KVA

Corriente total = 158.77 Amps:

Factor de demanda = 0.80

Carga de demanda = 36.0 KVA c

Corriente de demanda = 128 Amps.

Capacidad del interruptor principal = 175 Amps. - 3 polos - 208 voltios

Capacidad de cables de alimentación= 3c #2/0 THWN-Cu-AWG

Capacidad de cable neutro= 1c#2 THWN-Cu

Tamaño del sistema de tierra = 1c# 6 desnudo Cu - varilla de $5/8'' \times 10'$

Tamaño de la tubería = 2 $\frac{1}{2}$ plgs. ø





ALONSO ANTONIO TAYLOR SANCHEZ
INGENIERO ELECTRICO Y ELECTRONICO
LICENCIA No. 2015-039-006

FIRMA

Ley 15 del 26 de enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Tipo de acometida = aérea

Tamaño de la acometida = cuádruplex 2/0 – 1 tub. 2"

cuadro de medición = caja de medición directa de 200 Amps.- 7 terminales –
4 hilos (norma fenosa)

Servicio eléctrico = trifásico – 120/208 voltios – estrella aterrizada - 4 hilos- 60 hz.

Banco de transformadores = 3 tipo poste de 25 KVa monofásicos.

12. CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO/CAIDA DE TENSIÓN/PÉRDIDA DE POTENCIA

Referencia: sistemas eléctricos de potencia, autor sed a. Nasar –Edición mc. Graw hill, 1991

Consideraciones

Por no contar con los niveles de falla en el circuito primario; el cortocircuito en el sistema, se considerará en la línea de alimentación de la planta de tratamiento, la cual se analizará como la existencia de una barra infinita.

El suministro del servicio eléctrico es entregado por un banco de un (1) transformador monofásico tipo poste de 25 KVa y dos de 10

KVa monofásico tipo poste, en consideración al tamaño de la carga que estará en operación continua.

13. CORRIENTE CORTO CIRCUITO "Icc"

1. Tenemos que para transformador monofásico de 25 KVa:

Ir: resistencia = 1.3 %

Ix: reactancia = 1.9 %

Iz: impedancia = 2.3 %

Despreciando la resistencia y reactancia de los dispositivos de protección, tenemos que la impedancia base del transformador es

$$Z \text{ base} = KV^2 / MVA = 0.208^2 KV / 0.025 MVA = 1.73 \Omega$$

Luego para el transformador:

$$R_{trf} = 1.3 (1.73) / 100 = 0.0225 \Omega$$

$$X_{trf} = 1.9 (1.73) / 100 = 0.0329 \Omega$$

$$Z_{trf} = 2.3 (1.73) / 100 = 0.0398 \Omega$$

Para determinar la impedancia de los conductores nos basamos en los valores de resistencia y de reactancia ($\Omega/1000$ pies). Tomando en consideración que el cable de alimentación desde el transformador es cuádruplex 1/0 (en aluminio), tiene una longitud a la caseta de medición de



100 pies.

De la tabla 9 del NEC

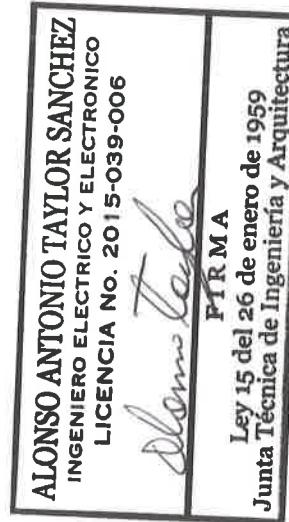
$$\text{Resistencia} = 0.20 \Omega/1000$$

pies

$$\text{Reactancia} = 0.044 \Omega/1000$$

pies

Para una longitud de 100 pies:



$$\text{Resistencia del cable } r_c = 0.20 (100) / 1000 = 0.02 \Omega$$

$$\text{reactancia del cable } x_c = 0.044 (100) / 1000 = 0.0044 \Omega$$

$$\text{impedancia del cable } z_c = \sqrt{r_c^2 + x_c^2} = 0.020478 \Omega$$

La impedancia de thevenin la tomamos vista del punto de falla hacia la fuente,

$$Z_{th} = (r_{trf} + r_c) + j(x_{trf} + x_c)$$

$$Z_{th} = (0.0225 + 0.02)^2 + (0.0329 + 0.0044)^2$$

$$Z_{th} = \sqrt{(0.001806 + 0.001391)} = 0.056542 \Omega$$

Existiendo una falla en los bornes del interruptor principal

$$I_{cc} = v_{ll} / (z_{th}) = 208 / (0.056542) = 3,678.68 \text{ Amps.}$$

Capacidad interruptiva mínima del interruptor principal es de 15,000 Amps. Rms.

14. CAIDA DE VOLTAJE “ ΔV ”

Esta caída de voltaje se considera entre el interruptor principal y el transformador de 25 KVa.

$$\Delta V = (I_{bk}) (Z_{tc})$$

Donde I_{bk} se estima con el interruptor principal cargado en 80 % de su valor nominal

$$\Delta V = 80 \% (150) (0.020478) = 2.46 \text{ voltios}$$

$$\% \Delta V = 2.46 (100) / 208 = 1.18 \%$$

El porcentaje de caída en el voltaje se estima en un 1.18%.

15. PÉRDIDA DE POTENCI “ P_p ”

Perdidas en los conductores desde el transformador al interruptor principal “ P_p ”

$$P_p = 3(i_{bk}^2) R_{tc}$$



Si la carga instalada es 80 % de la carga total

$$P = 3 (150 * 0.80)^2 (0.02) = 0.864 \text{ kwatios}$$

Carga total instalada "Pt"

$$P''t'' = 45.02 \text{ kva} (0.96) = 43.22 \text{ KVatios}$$

$$\% \text{ de pérdidas de carga} = (0.864 \text{ kva}) 100 / 43.22 \text{ kva} = 1.99 \%$$

La perdida se estima en un 1.99%

16. CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO "Icc"

2. Tenemos que para transformador monofásica de 10 KVa:

Ir: resistencia = 1.7 % ix:

Reactancia = 1.3 % iz:

Impedancia = 2.1%

Despreciando la resistencia y reactancia de los dispositivos de protección, tenemos que la impedancia base del transformador es

$$Z \text{ base} = KV^2 / MVa = 0.208^2 \text{ kv} / 0.010 \text{ MVa} = 4.33 \Omega$$

Luego para el transformador:

$$R_{trf} = 1.7 (4.33) / 100 = 0.07361 \Omega$$

$$X_{trf} = 1.3 (4.33) / 100 = 0.05629 \Omega$$

$$Z_{trf} = 2.1 (4.33) / 100 = 0.09093 \Omega$$

Para determinar la impedancia de los conductores nos basamos en los valores de resistencia V de reactancia ($\Omega / 1000$ pies), tomando en consideración que el cable de alimentación desde el transformador es 4c #1/0 en aluminio, tiene una longitud a la caseta de medición de 100 pies, por lo que de la tabla de especificaciones técnicas para conductores de aluminio, tabla 9 del NEC, se obtienen los valores de:

Resistencia = 0.20 $\Omega / 1000$ pies

Reactancia = 0.044 $\Omega / 1000$ pies

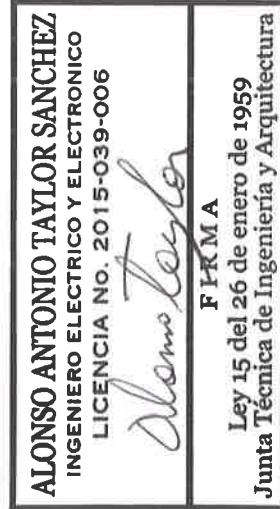
Para una longitud de 100 pies:

$$\text{Resistencia del cable } R_c = 0.20 (100) / 1000 = 0.020 \Omega$$

$$\text{Reactancia del cable } X_c = 0.044 (100) / 1000 = 0.0044 \Omega$$

$$\text{Impedancia del cable } Z_c = \sqrt{r_c^2 + x_c^2} = 0.020478 \Omega$$

La impedancia de thevenin la tomamos vista del punto de falla hacia la fuente,





$$Z_{th} = (r_{trf} + r_c) + j(x_{trf} + x_c)$$
$$Z_{th} = (0.07361 + 0.020)^2 + j(0.05629 + 0.0044)^2$$

$$Z_{th} = \sqrt{(0.008763 + 0.003683)} = 0.111562 \Omega$$

Existiendo una falla en los bornes del interruptor principal

$$I_{cc} = v_{ll} / (z_{th}) = 208 / (0.111562) = 1,864.44 \text{ Amps.}$$

Capacidad interruptiva mínima del interruptor principal es de 15,000 Amps. Rms.

17. CAIDA DE VOLTAJE “ ΔV ”

Esta caída de voltaje se considera entre el interruptor principal y el transformador de 25 KVa.

$$\Delta V = (ib_k) (z_{tc})$$

Donde Ib_k se estima con el interruptor principal cargado en 80 % de su valor nominal

$$\Delta V = 80 \% (175) (0.020478) = 2.80 \text{ voltios}$$

$$\% \Delta V = 2.80 (100) / 208 = 1.35 \%$$

El porcentaje de cada en el voltaje se estima en un 1.35%.

18. PERDIDA DE POTENCIA “Pp”

Perdidas en los conductores desde el transformador al interruptor principal “pp”

$$P_p = 3(ib_k)^2 r_{tc}$$

Si la carga instalada es 80 % de la carga total

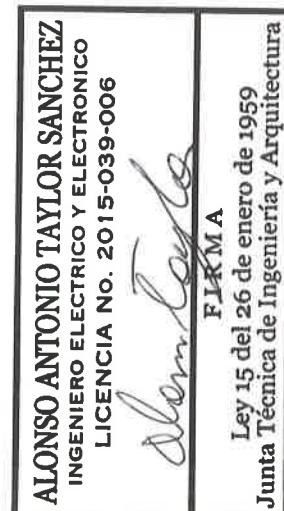
$$P = 3(175 * 0.80)^2 (0.02) = 0.459 \text{ kvatios}$$

Carga total instalada “pt”

$$P''t'' = 45.02 \text{ kva} (0.96) = 43.22 \text{ KVatios}$$

$$\% \text{ de pérdidas de carga} = (0.459 \text{ KVatios}) 100 / 43.22 \text{ KVatios} = 1.06 \%$$

El porcentaje de la perdida se estima en un 1.06%.





PROPIETARIOS:
CORPORACIÓN URBANIZADORA DEL ESTE, S.A.
GRAN GANADERA NACIONAL, S.A.

PROYECTO: P.T.A.R. CIUDAD DEL ESTE.

MEMORIA ESTRUCTURAL P.T.A.R. CIUDAD DEL ESTE.

**LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO: CORREGIMIENTO DE
PACORA, DISTRITO DE PANAMÁ, PROVINCIA DE PANAMÁ,
REPÚBLICA DE PANAMÁ.**

DISEÑADO POR: AGUAS Y MEDIO AMBIENTE S.A.

**PANAMÁ
MARZO 2021**





CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	OBJETIVO	3
3.	MATERIALES	3
4.	CÓDIGOS DE DISEÑO.....	10
5.	CATEGORÍA DE OCUPACIÓN.....	10
6.	COMBINACIONES DE CARGA.....	10
6.1.	Símbolos.....	10
6.2.	Combinaciones.....	11
7.	CARGAS MUERTAS, CARGAS DE SUELO Y PRESIÓN DEL LÍQUIDO CONTENIDO	11
7.1.	Peso propio de la estructura.	11
7.2.	Carga debido a la presión lateral de la tierra.....	11
7.3.	Carga debida al líquido contenido.....	13
7.3.1.	Carga hidrostática.	13
7.3.2.	Carga hidrodinámica debido a sismo.....	13
8.	CARGA VIVA.....	19
9.	CARGAS DEBIDAS A LLUVIA.....	19
10.	CARGAS DEBIDAS A VIENTO	19
11.	APOYOS DE LA ESTRUCTURA.....	19
11.1.	Carga aplicada por la estructura sobre el suelo.	19
11.2.	Losa de cimentación.	20
12.	RESULTADOS DEL DISEÑO.....	Error! Bookmark not defined.
13.	BIBLIOGRAFÍA	25



1. INTRODUCCIÓN.

El presente documento es una memoria de cálculo estructural de tanques de concreto reforzado, enterrados y apoyados directamente contra el suelo, mediante una losa de cimentación para ser utilizados como planta de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.). La estructura de resistencia vertical y lateral son muros de concreto reforzado. La estructura estará ubicada en las coordenadas UTM 695,220 m E; 1,006,682 m N y elevación del terreno sobre la cota 15 m s.n.m.m. Previamente la planta de tratamiento de aguas residuales ha sido pre-dimensionada para servir a 1,100 viviendas, lo que equivale a un caudal de 352,000 galones por día, divididos en dos módulos, unidades o trenes de tratamiento ubicados en paralelo, sirviendo cada uno a 550 viviendas. A continuación, en la página 4, se muestran la vista en planta y sección de la P.T.A.R.

2. OBJETIVO

Los objetivos del documento son los siguientes:

- Exponer los criterios de diseño utilizados en el detallado de los planos estructurales del proyecto.
- Diseñar los componentes estructurales.

3. MATERIALES

Los siguientes materiales estructurales serán utilizados en el diseño de los tanques,

Mortero: $f'c = 1\,800 \text{ psi} (126,55 \text{ kg/cm}^2)$ Repello de mampostería (bloques).

Concreto: $f'c = 4\,000 \text{ psi} (281,23 \text{ kg/cm}^2)$ Losa de cimentación, muros, columnas y vigas.

$f'c = 3\,000 \text{ psi} (210,92 \text{ kg/cm}^2)$ Fundaciones superficiales de paredes de mampostería, pisos, vigas y columnas de amarre de mampostería (paredes).

Acero: Barras de refuerzo #4 o mayores ASTM A615, Grado 60 (4218,42 kg/cm²).

Barras de refuerzo #3 ASTM A615, Grado 40 (2812,28 kg/cm²).



CÓDIGOS DE DISEÑO

El diseño de las estructuras estará gobernado por los requerimientos de los códigos listados abajo, en conjunto con todos los códigos de referencia y estándares.

- REP-2014, El Reglamento de Diseño Estructural para la República de Panamá.
- ASCE 7-05, Minimum design loads for buildings and other structures.
- ACI 350-06 Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary.
- ACI 350.3-06 Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary.
- ACI 318-08 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary

4. CATEGORÍA DE OCUPACIÓN.

Instalaciones de tratamiento de aguas residuales, **categoría de ocupación III.** (ASCE, 2006)

5. COMBINACIONES DE CARGA.

5.1. Símbolos.

D = carga muerta

F = carga debida a fluidos con presiones y profundidades bien definidas

H = carga debido a la presión lateral de la tierra.

L = carga viva

F-EQx = carga sísmica en la dirección “X” debida a la excitación del líquido contenido (presión hidrodinámica).

F-EQy = carga sísmica en la dirección “Y” debida a la excitación del líquido contenido (presión hidrodinámica).

H-EQ = Presión de tierra para condiciones sísmicas.



ERNESTO ESTRIBI V.
INGENIERO CIVIL
LICENCIA N°. 2016-006-150

FIRMA

Ley 15 del 26 de enero de 1959
Técnica de Ingeniería y Arquitectura

5.2. Combinaciones.

- 1.4 (D + F)
- 1.2 (D + F) + 1.6 L
- 1.2 D + 1.6 (L + H)
- 1.2 D + L
- 1.2 D + F + F-EQx + L
- 1.2 D + F + F-EQy + L
- 1.2 D + H + H-EQ + L
- 0.9 D + 1.6 H
- 0.9 D + H-EQ + 1.6 H
- ENVOLVENTE

6. CARGAS MUERTAS, CARGAS DE SUELO Y PRESIÓN DEL LÍQUIDO CONTENIDO.

6.1. Peso propio de la estructura.

El peso propio de la estructura se determina considerando el peso del concreto armado igual a 150 lb/pie³ (2400kg/m³).

6.2. Carga debido a la presión lateral de la tierra.

Se calcula la presión activa que ejerce el suelo sobre la estructura considerando un relleno horizontal hasta el nivel superior de los tanques, adicional a la presión activa del terreno se considera una sobre carga debida al acceso eventual de personal y vehículos que circulen en los alrededores de la P.T.A.R. y que puedan causar un incremento en la presión que ejerce la tierra sobre los muros de la P.T.A.R. La sobrecarga considerada es igual a 250lb/pie² (Aceras, entradas vehiculares y áreas sujetas a tránsito vehicular) (ASCE, 2006).

En este cálculo de la presión lateral de tierra se consideran también las fuerzas ocasionadas por un sismo.



RAUL ERNESTO ESTRIBI V.
 INGENIERO CIVIL
 LICENCIA No. 2016-006-150
P.E.C.
 FIRMA
 Ley 15 del 26 de enero de 1959
 Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Presión lateral activa de tierra de Coulomb

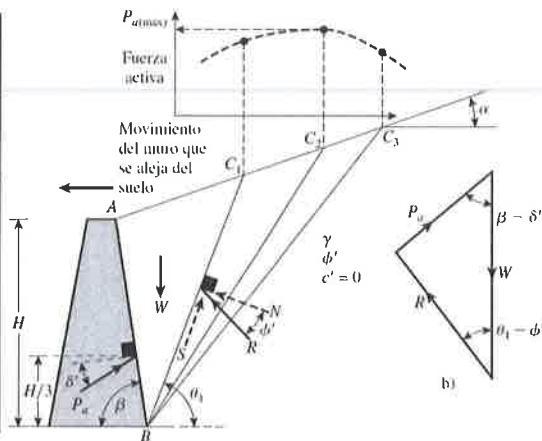
ϕ' =	16.00	$^{\circ}$	0.28	rad
γ =	106.06	lb/pie ³	1699.0	kg/m ³
H =	14.76	pie	4.50	m
α =	0.00	$^{\circ}$	0.00	rad
β =	90.00	$^{\circ}$	1.57	rad
δ =	9.33	$^{\circ}$	0.16	rad
q =	250.00	lb/pie ²	1220.6	kg/m ²
K _a =			0.52	
γ_{eq} =	139.93	lb/pie ³	2241.5	kg/m ³
P _a =	7886	lb/pie	11735	kg/m

H (pie)	P _{a'} (lb/pie ²)
14.76	129.3
14	171.2
13	226.0
12	280.8
10	390.5
8	500.2
6	609.9
4	719.6
2	829.3
0	939.0

H (m)	P _{a'} (kg/m ²)
4.50	631.2
4.00	1070.4
3.50	1509.7
3.00	1948.9
2.50	2388.2
2.00	2827.5
1.50	3266.7
1.00	3706.0
0.50	4145.3
0.00	4584.5

Presión activa de tierra para condiciones sísmicas (Mononobe-Okabe)

A _{pga} =	0.41		
K _v =	0.17		
K _h =	0.17		
θ =	0.20	rad	
K _{ae} =	0.77		
P _{ae} =	9746	lb/pie	14503 kg/m
ΔP_{ae} =	1860	lb/pie	2768 kg/m



H (pie)	P _{ae'} (lb/pie ²)
14.76	129.3
13.5	214.9
13	248.8
12	316.6
10	452.2
8	587.7
6	723.3
4	858.9
2	994.4
0	1130.0

H (m)	P _{ae'} (kg/m ²)
4.50	631.2
4.00	1174.0
3.50	1716.9
3.00	2259.8
2.50	2802.7
2.00	3345.5
1.50	3888.4
1.00	4431.3
0.50	4974.2
0.00	5517.1

H (pie)	$\Delta P_{ae'}$ (lb/pie ²)
14.76	0.0
13.5	43.8
13	22.8
12	35.8
10	61.6
8	87.5
6	113.4
4	139.3
2	165.1
0	191.0

H (m)	$\Delta P_{ae'}$ (kg/m ²)
4.50	0.0
4.00	103.6
3.50	207.2
3.00	310.8
2.50	414.5
2.00	518.1
1.50	621.7
1.00	725.3
0.50	828.9
0.00	932.5



6.3. Carga debida al líquido contenido.

6.3.1. Carga hidrostática.

La presión hidrostática se calcula considerando 1000kg/m³ como el peso unitario del agua.

h (m)	Ph (kg/m ²)
0	0
1	1000
2	2000
3	3000
3.85	3850

h (pie)	Ph (psf)
0	0
4	205
8	410
12	614
12.63	789

6.3.2. Carga hidrodinámica debido a sismo.

Se calculan las fuerzas sísmicas debidas a la excitación del líquido contenido conforme al ACI 350.3-06.



RAUL ERNESTO ESTRIBI V.

INGENIERO CIVIL

LICENCIA No. 2016-006-150

FIRMA

Ley 15 del 26 de enero de 1959

Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

SEISMIC DESIGN OF LIQUID-CONTAINING CONCRETE STRUCTURES

ACI 350.3-06, APPENDIX A - DESIGN METHOD - RECTANGULAR TANKS

PROJECT: P.T.A.R. CIUDAD DEL ESTE

DATE: 25/FEB/2021

STRUCTURE: P.T.A.R. CIUDAD DEL ESTE

DIRECTION OF GROUND MOTION: PERPENDICULAR TO THE SIDE OF 7.80 METERS WIDE

HL (m)=	3.850	design depth of stored liquid.
Hw (m)=	4.150	wall height (inside dimension).
L (m)=	10.500	inside dimension of a rectangular tank, parallel to the direction of the ground motion being investigated.
Ss=	0.940	mapped maximum considered earthquake 5% damped spectral response acceleration parameter at short periods, expressed as a fraction of the acceleration due to gravity g.
S1=	0.360	mapped maximum considered earthquake 5% damped spectral response acceleration; parameter at a period of 1 second, expressed as a fraction of the acceleration due to gravity g.
Site Class=	D	site classification from ASCE 7-05, Table 20.3-1.
I=	1.000	importance factor.
Ri=	3.000	response modification factor, a numerical coefficient representing the combined effect of the structure's ductility, energy-dissipating capacity, and structural redundancy (Rc for the convective component of the accelerating liquid; Ri for the impulsive component) from Table 4.1.1(b)
B (m)=	7.200	inside dimension (length or width) of a rectangular tank, perpendicular to the direction of the ground motion being investigated.
tw (mm)=	250.000	average wall thickness.
tr (mm)=	150.000	average roof slab thickness.
f'c (Mpa)=	28.000	specified compressive strength of concrete.



RAUL ERNESTO ESTRIBI V.

INGENIERO CIVIL

LICENCIA No. 2016-006-150

Raul Ernesto Estribi V.

FIRMA

Ley 15 del 26 de enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

SEISMIC DESIGN OF LIQUID-CONTAINING CONCRETE STRUCTURES

ACI 350.3-06, APPENDIX A - DESIGN METHOD - RECTANGULAR TANKS

PROJECT: P.T.A.R. CIUDAD DEL ESTE DATE: 25/FEB/2021

STRUCTURE: P.T.A.R. CIUDAD DEL ESTE

DIRECTION OF GROUND MOTION: PERPENDICULAR TO THE SIDE OF 7.80 METERS WIDE

y (m) =	liquid level at which the wall is being investigated (measured from tank base)					
y (m)	pwy' (kg/m ²)	piy (kg/m ²)	pcy (kg/m ²)	pv y (kg/m ²)	p total diseño perpendicular (kg/m ²)	p total diseño parallel (kg/m ²)
0.00	86.35	897.26	226.49	542.37	1107.13	533.26
0.50	86.35	797.38	251.22	471.93	1017.84	471.53
1.00	86.35	697.50	275.95	401.49	928.55	409.80
1.50	86.35	597.62	300.68	331.06	839.27	348.07
2.00	86.35	497.74	325.41	260.62	749.98	286.35
2.50	86.35	397.86	350.14	190.18	660.70	224.62
3.00	86.35	297.98	374.87	119.74	571.41	162.89
3.50	86.35	198.10	399.60	49.31	482.13	101.16
3.70	86.35	158.14	409.49	21.13	446.41	76.47
3.85	86.35	128.18	416.91	0.00	419.63	57.95



SEISMIC DESIGN OF LIQUID-CONTAINING CONCRETE STRUCTURES
ACI 350.3-06, APPENDIX A - DESIGN METHOD - RECTANGULAR TANKS

PROJECT: P.T.A.R. CIUDAD DEL ESTE	DATE: 25/FEB/2021
-----------------------------------	-------------------

STRUCTURE: P.T.A.R. CIUDAD DEL ESTE

DIRECTION OF GROUND MOTION: PERPENDICULAR TO THE SIDE OF 13.60 METERS WIDE

HL (m)=	3.850	design depth of stored liquid.
Hw (m)=	4.150	wall height (inside dimension).
L (m)=	7.200	inside dimension of a rectangular tank, parallel to the direction of the ground motion being investigated.
Ss=	0.940	mapped maximum considered earthquake 5% damped spectral response acceleration parameter at short periods, expressed as a fraction of the acceleration due to gravity g.
S1=	0.360	mapped maximum considered earthquake 5% damped spectral response acceleration; parameter at a period of 1 second, expressed as a fraction of the acceleration due to gravity g.
Site Class=	D	site classification from ASCE 7-05, Table 20.3-1.
I=	1.000	importance factor.
Ri=	3.000	response modification factor, a numerical coefficient representing the combined effect of the structure's ductility, energy-dissipating capacity, and structural redundancy (Rc for the convective component of the accelerating liquid; Ri for the impulsive component) from Table 4.1.1(b)
Rc=	1.000	(Rc for the convective component of the accelerating liquid; Ri for the impulsive component) from Table 4.1.1(b)
B (m)=	10.500	inside dimension (length or width) of a rectangular tank, perpendicular to the direction of the ground motion being investigated.
tw (mm)=	250.000	average wall thickness.
tr (mm)=	150.000	average roof slab thickness.
f'c (Mpa)=	28.000	specified compressive strength of concrete.



SEISMIC DESIGN OF LIQUID-CONTAINING CONCRETE STRUCTURES

ACI 350.3-06, APPENDIX A - DESIGN METHOD - RECTANGULAR TANKS

PROJECT: P.T.A.R. CIUDAD DEL ESTE

DATE: 25/FEB/2021

STRUCTURE: P.T.A.R. CIUDAD DEL ESTE

DIRECTION OF GROUND MOTION: PERPENDICULAR TO THE SIDE OF 13.60 METERS WIDE

y (m) =	liquid level at which the wall is being investigated (measured from tank base)					
y (m)	pwy ¹ (kg/m ²)	piy (kg/m ²)	pcy (kg/m ²)	pvy (kg/m ²)	p total diseño perpendicular (kg/m ²)	p total diseño parallel (kg/m ²)
0.00	101.01	844.43	127.01	542.37	1059.73	534.58
0.50	101.01	750.43	168.26	471.93	979.08	474.34
1.00	101.01	656.43	209.52	401.49	898.44	414.10
1.50	101.01	562.43	250.77	331.06	817.79	353.86
2.00	101.01	468.43	292.03	260.62	737.15	293.61
2.50	101.01	374.43	333.28	190.18	656.50	233.37
3.00	101.01	280.43	374.54	119.74	575.85	173.13
3.50	101.01	186.43	415.79	49.31	495.21	112.89
3.70	101.01	148.83	432.29	21.13	462.95	88.80
3.85	101.01	120.63	444.67	0.00	438.76	70.72



RAUL ERNESTO ESTRIBI V.

INGENIERO CIVIL
LICENCIA No. 2016-006-150

Raul Ernesto Estribi V.
FIRMA
Ley 15 del 26 de enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

SEISMIC DESIGN OF LIQUID-CONTAINING CONCRETE STRUCTURES

ACI 350.3-06, APPENDIX A - DESIGN METHOD - CIRCULAR TANKS

PROJECT: P.T.A.R. CIUDAD DEL ESTE DATE: 25/FEB/2021

STRUCTURE: P.T.A.R. CIUDAD DEL ESTE

HL (m)=	3.800	design depth of stored liquid.			
Hw (m)=	4.300	wall height (inside dimension).			
D (m)=	5.700	inside diameter of a circular tank.			
Ss=	0.940	mapped maximum considered earthquake 5% damped spectral response acceleration parameter at short periods, expressed as a fraction of the acceleration due to gravity g.			
S1=	0.360	mapped maximum considered earthquake 5% damped spectral response acceleration; parameter at a period of 1 second, expressed as a fraction of the acceleration due to gravity g.			
Site Class=	D	site classification from ASCE 7-05, Table 20.3-1.			
I=	1.000	importance factor.			
Ri=	3.000	response modification factor, a numerical coefficient representing the combined effect of the structure's ductility, energy-dissipating capacity, and structural redundancy (Rc for the convective component of the accelerating liquid; Ri for the impulsive component) from Table 4.1.1(b)			
tw (mm)=	250.000	average wall thickness.			
tr (mm)=	0.000	average roof slab thickness.			
f'c (Mpa)=	28.000	specified compressive strength of concrete.			
y (m) =	liquid level at which the wall is being investigated (measured from tank base)				
y (m)	pwy' (kg/m ²)	piy (kg/m ²)	pcy (kg/m ²)	pvy (kg/m ²)	p total diseño perpendicular (kg/m ²)
0.00	113.05	776.59	12.07	594.80	1484.84
0.50	113.05	689.01	63.39	516.54	1371.20
1.00	113.05	601.42	114.71	438.28	1257.57
1.50	113.05	513.84	166.03	360.01	1143.93
2.00	113.05	426.25	217.35	281.75	1030.30
2.50	113.05	338.66	268.67	203.49	916.66
3.00	113.05	251.08	319.99	125.22	803.02
3.50	113.05	163.49	371.31	46.96	689.39
3.70	113.05	128.46	391.84	15.65	643.93
3.80	113.05	110.94	402.10	0.00	621.20



7. CARGA VIVA.

Se considera una carga viva de 40 lb/pie² (195 kg/m²) aplicada a la cubierta de los tanques de la P.T.A.R. (Pasarelas para acceso de mantenimiento). (ASCE, 2006)

8. CARGAS DEBIDAS A LLUVIA.

No se consideran cargas de lluvia debido a que no debe haber razón para la acumulación de agua sobre a losa de techo.

9. CARGAS DEBIDAS A VIENTO.

No se consideran cargas de viento al ser una estructura enterrada.

10. APOYOS DE LA ESTRUCTURA.

Se supone el que suelo es equivalente a un número infinito de resortes elásticos. A esta suposición en ocasiones se le refiere como cimentación Winkler. A la constante elástica de estos resortes supuestos se le refiere como coeficiente de reacción de la subrasante, k. El coeficiente de reacción de la subrasante, $k_{0.3}(k_1)$ para arcilla dura se supondrá igual a: 50 MN/m³. (Das, 2012).

Cabe mencionar que a una distancia aproximada de 30m en línea recta desde la P.T.A.R. se encuentra la orilla de un lago preexistente, dicho lago tiene una extensión aproximada de 8 hectáreas, la superficie del agua del lago está en la cota 19.00 sobre el nivel del mar y EL PROPIETARIO a informado que dicho lago será drenado y rellenado en su totalidad convirtiendo el área ocupada por el lago en tierra firme previo a la construcción de la P.T.A.R.

10.1. Carga aplicada por la estructura sobre el suelo.

La estructura completa transfiere su propio peso y el del su contenido más las demás cargas aplicadas al suelo por medio de la losa de cimentación o losa de piso de los tanques. La magnitud de dicha carga no mayorada es 8,170 kg/m².



10.2. Losa de cimentación.

Se propone cimentar la estructura sobre una losa de cimentación apoyada directamente contra el suelo, en donde la capacidad de soporte mínima del suelo debe ser de 10,000 kg /m².

El fondo de las excavaciones para la losa de cimentación deberá ser completamente horizontal, encontrarse en un solo material geológico, y estar libre de escombros y suelos reblandecidos.



11. RESULTADOS DEL DISEÑO.

RAUL ERNESTO ESTRIBI V.

INGENIERO CIVIL

LICENCIA NO. 2016-006-150

Raul E. Estribi

FIRMA

Ley 15 del 26 de enero de 1959

Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

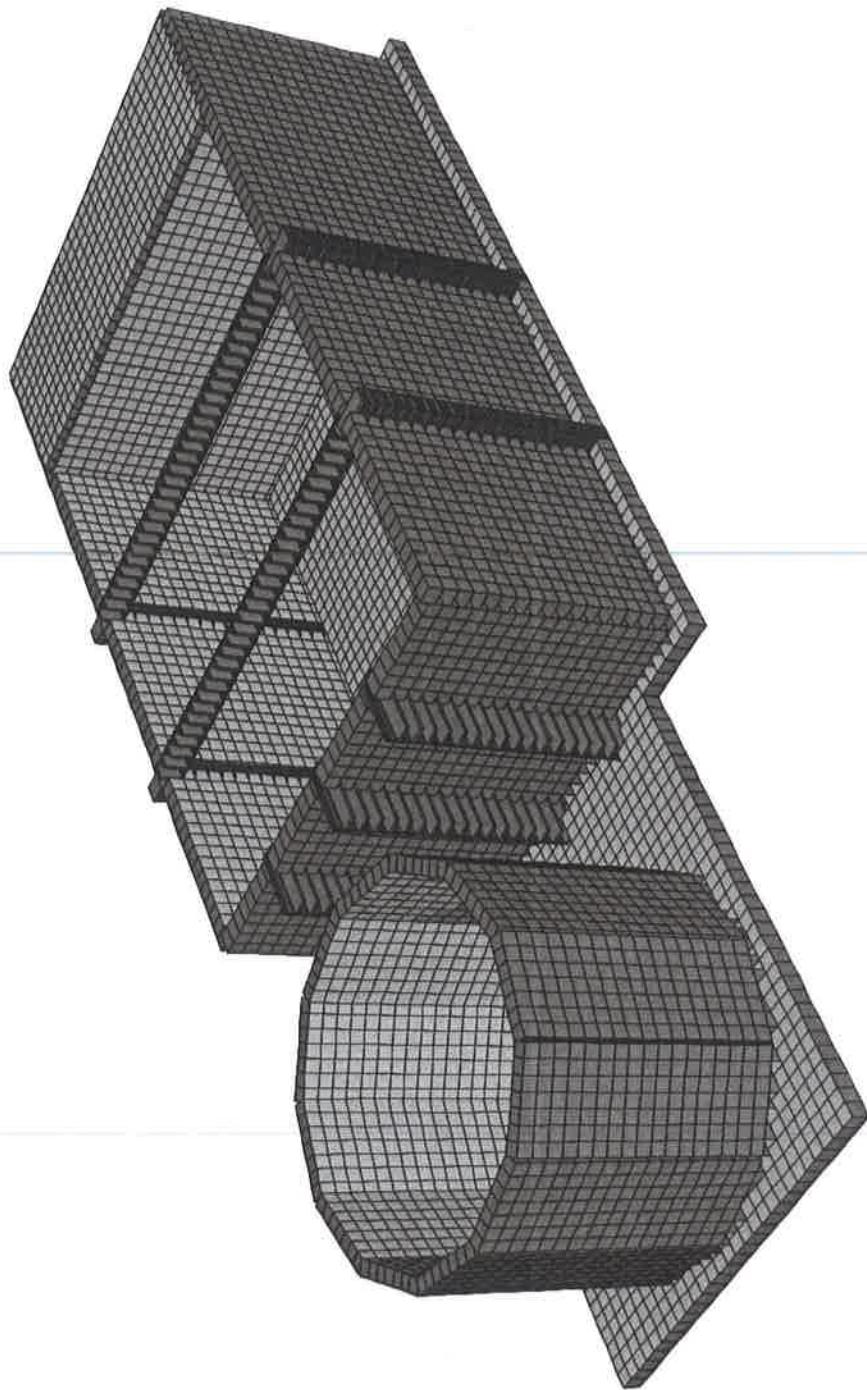


Ilustración 1 Visión general de la estructura.





12.

BIBLIOGRAFÍA

ACI 350. 2006. CODE REQUIREMENTS FOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONCRETE STRUCTURES AND COMMENTARY. Farmington Hills, Michigan, USA : American Concrete Institute, 2006.

ACI Committee 318. 2008. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary. Farmington Hills, Michigan : American Concrete Institute, 2008. ISBN 978-0-87031-264-9.

ACI. 2006. Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures (ACI 350.3-06) and Commentary (350.3R-06). Farmington Hills, MI, USA : American Concrete Institute, 2006. ISBN: 0-087031-222-7.

ASCE. 2006. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures ASCE / SEI 7-05. Reston, Virginia : American Society of Civil Engineers, 2006. ISBN 0-7844-083 1-9.

Das, Braja M. 2012. Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. México, D.F. : Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., 2012. ISBN: 987-607-481-823-9.

—. 2001. Fundamentos de ingeniería geotécnica. s.l. : Cengage Learning Latin Am, 2001. ISBN 9706860614, 9789706860613.

JTIA. 2014. Reglamento Estructural de Panamá. Ciudad de Panamá, Panamá : Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura, 2014.

McCormac, Jack C. y Brown, Russell H. 2011. Diseño de Concreto reforzado. México D.F. : Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2011. ISBN: 978-607-707-231-7.