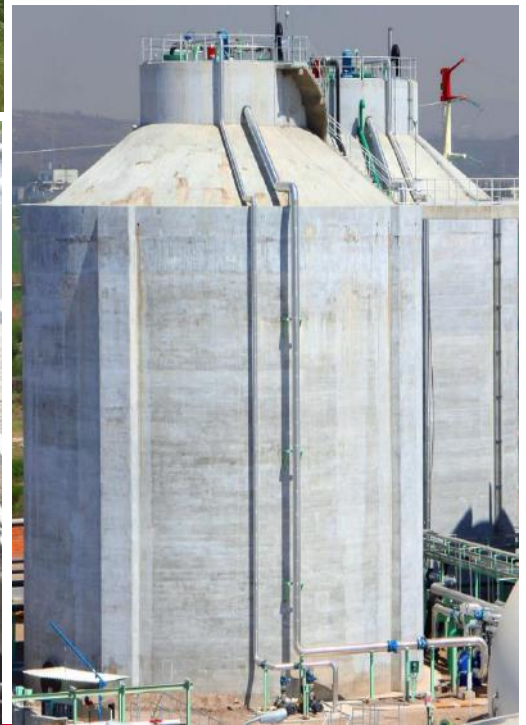




Louis Berger



DISEÑO BASICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJAN ESTE

SERVICIOS DE GERENCIA DE PROYECTO, SUPERVISIÓN Y ASESORÍA TÉCNICA PARA EL SANEAMIENTO DEL SECTOR DE BURUNGA

Enero 2015 – Rev. 1



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 2 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

CONTENIDO

1. Objetivos 8

2. Selección de la Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 8

 2.1 Alternativa de Ubicación 1 9

 2.2 Alternativa de Ubicación 2 10

 2.3 Alternativa de Ubicación 3 11

 2.4 Gestiones del Terreno 13

3. Descripción del Predio final de la PTAR 14

 3.1 Ubicación del Predio 14

 3.2 Resumen de las condiciones Físicas y Biológicas del Predio de la PTAR 14

 3.2.1 Suelos 14

 3.2.2 Clima 15

 3.2.3 Hidrología 19

 3.2.4 Velocidad y Dirección del Viento 33

 3.2.5 Aguas Subterráneas 33

 3.2.6 Calidad de Aire 33

 3.2.7 Calidad de Ruido 33

 3.2.8 Calidad de Olores 34

 3.2.9 Descripción de Flora 34

 3.2.10 Inventario de Fauna Terrestre 36

4. Aspectos legales vinculados con la calidad del agua residual tratada y lodos como subproducto del tratamiento 37

5. Bases y Criterios de Diseño 38

 5.1 Cuencas de Drenaje hacia la Planta Tratamiento 38

 5.2 Población 40

 5.2.1 Fases de Implementación de la PTAR 40

 5.3 Cantidad de aguas residuales crudas 41

 5.4 Calidad de las aguas residuales crudas 42

 5.5 Calidad del agua residual tratada 44



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 3 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

5.6 Calidad de los lodos digeridos45

6. Alternativa seleccionada para el proceso de tratamiento45

7. Componentes de sistema de la PTAR Arraiján este46

8. Descripción de los Procesos de Tratamiento.....48

8.1 Línea de Tratamiento de Agua48

8.1.1 Edificio de Pre-tratamiento.....49

8.1.2 Batería de lodos activados.....50

8.1.3 Clarificadores Secundarios51

8.1.4 Proceso de Desinfección52

8.1.5 Proceso de Decoloración.....53

8.2 Línea de Tratamiento de Lodos53

8.2.1 Espesamiento de Lodos54

8.2.2 Estabilización de lodos54

8.2.3 Producción de Biogas55

8.2.4 Deshidratación de Lodos55

8.2.5 Cogeneración de Energía56

9. Otros componentes de la PTAR57

9.1 Red de Agua Potable.....57

9.2 Alumbrado Público y Acometida57

9.3 Alcantarillado Sanitario58

9.4 Seguridad de la PTAR58

9.4.1 Caseta de Vigilancia58

9.4.2 Cerco Perimétrico y Portón de Ingreso58

9.5 Caminos58

9.6 Forestación y Zonas de amortiguamiento58

9.6.1 Cortina rompe vientos.....59

9.6.2 Selección de especies de plantas a utilizar60

9.7 Laboratorio de Aguas Residuales (LAR Arraiján Este).....69



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 4 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

9.7.1 Parámetros a medir y su importancia para la OyM70

9.7.2 Frecuencia de medición.....73

9.7.3 Principales Características y especificaciones74

9.8 Edificios de Administración, Operación, Talleres y Paisajismo75

9.8.1 Concepto Arquitectónico.....75

9.8.2 Descripción del Proyecto de Edificios dentro de la Planta de Tratamiento76

9.8.3 El Planteamiento General del Proyecto.....89

9.8.4 Concepto Paisajístico93

10. Desechos producidos95

10.1 Desechos a producirse durante la fase de construcción95

10.2 Desechos a producirse durante la fase de operación.....95

11. Emisiones gaseosas.....95

Anexos.....97

Anexo A: Resultados de la caracterización de Aguas residuales de los sistemas existentes .98

Anexo B: Resumen de calculos..... 110

Anexo C: Cálculos Estructurales 118



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 5 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Índice de Figuras

Figura 2.1: Ubicación PTAR Alternativa 1 9

Figura 2.2: Ubicación PTAR Alternativa 2 10

Figura 2.3: Ubicación PTAR Alternativa 3 11

Figura 3.1: Localización del PTAR 14

Figura 3.2. Áreas de aporte, puntos de descarga y áreas de inundación para el Río Aguacate 21

Figura 3.3. Modelo hidráulico del Río Aguacate 22

Figura 3.4. Resultado Hidráulico para la sección 2+815 del Río Aguacate 23

Figura 3.5. Área de Inundación para el Río Aguacate 23

Figura 3.6: Localización regional del Proyecto 24

Figura 3.7: MDT del superficie que contiene a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales 25

Figura 3.8: Asignaciones de Condiciones de Contorno. 26

Figura 3.9: Condición Inicial con Calado Igual a cero 26

Figura 3.10: Superficie con dos alcantarillas asignadas 27

Figura 3.11: Superficie con dos alcantarillas asignadas 28

Figura 3.12: Resultados de Calado 29

Figura 3.13: Resultados de Velocidad 30

Figura 3.14: Resultados de Cota de Agua 31

Figura 3.15: Resultados de No. De Froude 32

Figura 5.1: Cuencas de Drenaje hacia la Planta de Tratamiento 39

Figura 6.1: Esquema del sistema de tratamiento de lodos activados convencional con nitrificación y post-desnitrificación 46

Figura 7.1: Planta General PTAR Arraiján Este 47

Figura 8.1: Diagrama de flujo del tratamiento de agua 48

Figura 8.2: Diagrama de flujo de una batería de lodos activados 50

Figura 8.3: Diagrama de flujo del tratamiento de lodos 53

Figura 8.4: Esquema del digestor de lodos 54

Figura 8.5 Aprovechamiento del biogás en un sistema de cogeneración 56

Figura 9.1 Diagrama de cortina rompe viento de 3 filas y estratos de arboles 59



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 6 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Figura 9.2 Efectos de permeabilidad de cortinas.....59

Figura 9.3 Turbulencia por permeabilidad60

Figura 9.4: Planta General de Edificios de Administración76

Figura 9.5: Planta de Talleres77

Figura 9.6 Planta Baja.....78

Figura 9.7 Planta Primer Nivel79

Figura 9.8 Planta Baja.....80

Figura 9.9 Planta Primer Nivel81

Figura 9.10 Planta Segundo Nivel.....82

Figura 9.11 Planta Tercer Nivel Mirador.....83

Figura 9.12 Distribución de Áreas en Edificio C84

Figura 9.13 Recomendaciones modulares85

Figura 9.14 Planta de Distribución Talleres.....86

Figura 9.15 Distribución de Planta Primer Nivel86

Figura 9.16 Planta Baja.....88

Figura 9.17 Planta Primer Nivel88

Índice de Tablas

Tabla 2.1: Cuadro de Comparación de Alternativas de Ubicación PTAR12

Tabla 2.2: Avance de Gestión para obtención del Terreno de la PTAR.....13

Tabla 3.1: Pendientes del Terreno del Polígono de la PTAR.....15

Tabla 3.2: Caudales Máximos para las cuencas principales20

Tabla 3.3: Área de aporte y caudales para el Río Aguacate.....20

Tabla 3.4. Resultados Hidráulicos para el Río Aguacate.....22

Tabla 3.5: Listado de árboles encontrados en la PTAR.....34

Tabla 3.6: Anfibios y Reptiles encontrados en la PTAR37

Tabla 3.7: Aves avistadas en la PTAR37

Tabla 3.8: Mamíferos encontrados en la PTAR.....37



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 7 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Tabla 4.1: Límites Máximos Permisibles38

Tabla 5.1: Población de Diseño para el Proyecto41

Tabla 5.2 Caudales a ser drenados a la planta de tratamiento de aguas residuales42

Tabla 5.3 Caracterización de las Aguas Residuales – Alcantarillado Existente43

Tabla 5.4 Límite máximo Permisible de metales Pesados y Coliformes Fecales.....45

Tabla 7.1: Cuadro de características del área seleccionada para la Ubicación PTAR.....55

Tabla 7.2: Cuadro de Areas Edificio A Planta Baja77

Tabla 7.3 Cuadro de Areas Edificio A Planta Primer Nivel78

Tabla 7.4 Cuadro de Areas79

Tabla 7.5 Cuadro de Areas de Primer Nivel80

Tabla 7.6 Cuadro de Áreas de Laboratorio84

Tabla 8.6 Areas de Planta Baja de Taller85

Tabla 7.8 Área de Planta Primer Nivel86

Tabla 7.9 Areas de Planta Baja.....87

Tabla 7.10 Areas UCP Planta Primer Nivel88



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 8 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

1. OBJETIVOS

El objetivo del proyecto de tratamiento de las aguas residuales es el mejoramiento de las condiciones ambientales y sanitarias del área este de Arraiján, que comprende los corregimientos de Burunga, parte de Arraiján y Cerro San Silvestre, distrito de Arraiján, provincia de Panamá Oeste, y la minimización del impacto ambiental en el entorno del área de influencia del proyecto.

El objetivo del informe es presentar el diseño básico de los procesos de tratamiento secundario de las aguas residuales para la zona de influencia del proyecto, teniendo como base los criterios de diseño aplicados al alcantarillado sanitario. De esta manera, el diseño se ejecutará por etapas de implementación hasta completar un caudal para la planta (Caudal Máximo Diario) de 988.68 l/s correspondiente al año 2050 según las proyecciones realizadas.

2. SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)

El sitio de ubicación de la planta de tratamiento involucra aspectos importantes del proyecto, ya que los beneficios de una obra de este género se pueden disminuir o incrementar dependiendo del sitio de emplazamiento de la misma.

La planta de tratamiento constituye un elemento de servicios para la localidad y como tal, debe de integrarse dentro del entorno urbano de manera armónica. Los aspectos que causan impacto en la selección del sitio de la planta son tanto de orden técnico como económico y urbanístico, así como el ambiental.

Las descargas de agua residual que se generan en la zona de estudio, descargan naturalmente en 4 corrientes superficiales principales que son el río Burunga, el Río Cáceres, Río Potrero y la Quebrada Aguacate. Estos últimos forman parte de la cuenca Alta de Río Aguacate. Es decir, los sitios seleccionados deberán ubicarse en lo inmediato aguas abajo de estos puntos de descarga conforme a la delimitación de las cuencas del área de estudio; cumpliendo de preferencia con las siguientes condiciones:

➤ Condiciones Deseables

1. Deberá preferentemente ubicarse aguas debajo de las áreas de influencia directa del proyecto, de tal forma que permita dirigir una gran cantidad de las aguas residuales del área de influencia con facilidad hacia la Planta.
2. Deberá ubicarse cerca de un cuerpo de agua que pueda asimilar el caudal a disponerse.
3. Deberá tener un valor catastral bajo y/o que pertenezca al estado.
4. Deberá contar con servicios de públicos cercanos.
5. Deberá tener acceso rápido a vías o carreteras principales.
6. Tener por lo menos a 100m de la zona residencial más cercana

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 9 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

➤ **Condiciones indispensables.**

1. Deberá ubicarse en una cota que evite inundaciones por crecidas del río o bien, considerar en el proyecto las obras de protección necesaria.
2. La superficie del predio deberá tener al menos 10,000.00 m² de área útil disponible para la instalación de las estructuras de la PTAR, edificios y áreas de protección.
3. Que la topografía del terreno permita en la medida de lo posible el funcionamiento por gravedad de PTAR.

En base a estos criterios para la selección del terreno para la Planta de Tratamiento de Arraiján Este y las constantes visitas de trabajo se seleccionaron 3 alternativas de ubicación que se describen a continuación:

2.1 Alternativa de Ubicación 1

Los terrenos de la alternativa de ubicación 1 se encuentran al sur de la Autopista Arraiján - La Chorrera entre el Barrio Paso Real y El Progreso, actualmente es una zona de expansión urbanística. Este terreno tiene una elevación entre 80 a 120m sobre el nivel del mar. En la Figura 2.1 se muestra la ubicación del Predio y algunas fotografías del lugar.

Figura 2.1: Ubicación PTAR Alternativa 1



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 10 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

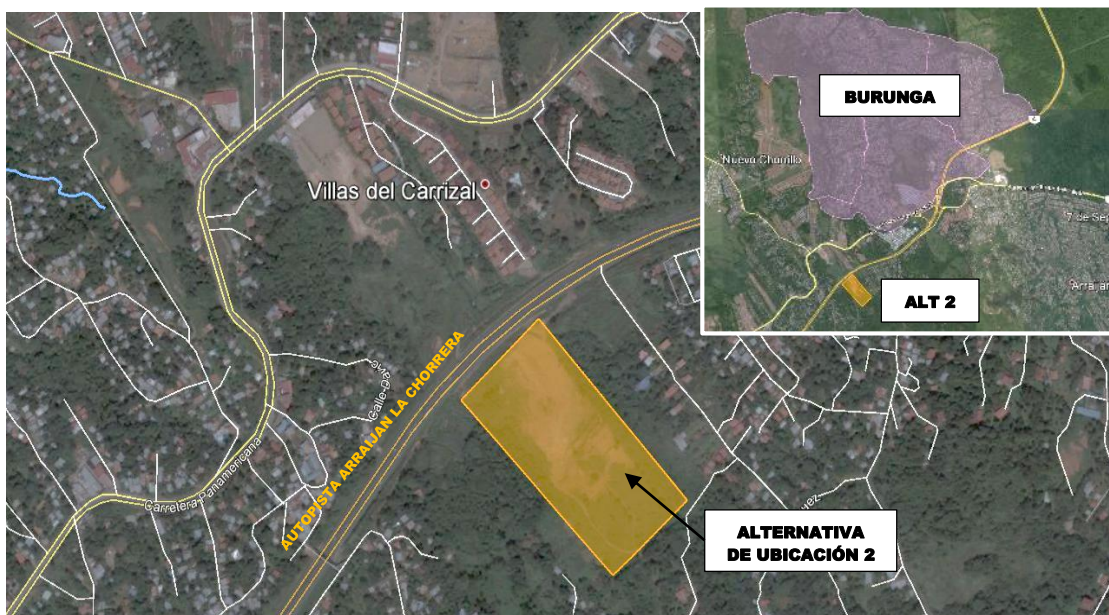
Foto 1: Fotos Ubicación PTAR Alternativa 1



2.2 Alternativa de Ubicación 2

La alternativa de ubicación 2 propuesta se encuentra al sur de la Urbanización Villas del Carrizal y de la Autopista Arraijan - La Chorrera. En esta zona hay varios predios en venta. La ubicación final de esta dependería del uso de suelo que se vaya a realizar en la zona ya que la empresa TCT Panamá ha realizado movimiento de tierras posiblemente para construir alguna urbanización. La elevación del terreno va desde 70 a 80m sobre el nivel del mar. En la Figura 2.2 se muestra la ubicación del Predio y algunas fotografías del lugar.

Figura 2.2: Ubicación PTAR Alternativa 2



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 11 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Foto 2: Fotos Ubicación PTAR Alternativa 2



2.3 Alternativa de Ubicación 3

Adicional a estas dos alternativas, se estudió una tercera para localizar la PTAR en el predio aledaño al Centro de Salud de Nuevo Chorrillo, perteneciente al Banco Hipotecario, muy cerca a la confluencia de los ríos Potrero y Aguacate. En la Figura 2.3 se muestra la ubicación del Predio y algunas fotografías del lugar.

Figura 2.3: Ubicación PTAR Alternativa 3



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 12 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Foto 3: Fotos Ubicación PTAR Alternativa 3



○ **Selección de la Ubicación final**

Según las consideraciones descritas anteriormente, se elaboró un cuadro comparativo para las tres alternativas de ubicación:

Tabla 2.1: Cuadro de Comparación de Alternativas de Ubicación PTAR

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Ubicación	Aguas Arriba del punto de descarga del alcantarillado sanitario de Burunga.	Aguas Arriba del punto de descarga del alcantarillado sanitario de Burunga.	Aguas Abajo del punto de descarga del alcantarillado sanitario de Burunga.
Posible uso del Suelo	Comercial y residencial	Comercial y residencial	Residencial Bajo
Cuerpo de Agua para disposición del efluente	Río con moderada capacidad de asimilación, con caudal cero en estiaje	Quebrada con poca o nula capacidad de asimilación	Río con capacidad de asimilación
Valor del Terreno	Alto - Terreno Privado	Alto - Terreno Privado	Moderado - Terreno del Estado - Banco Hipotecario
Servicios Públicos	Sí	Sí	Sí
Acceso a Vías Principales	Autopista Arraiján - La Chorrera	Autopista Arraiján - La Chorrera	Vía Hacia Nuevo Chorrillo - Antigua Carretera Panamericana
Urbanizaciones más cercanas	El Progreso, la Arboleda, Paso Real	Villas del Carrizal, Cáceres	Nuevo Chorrillo
Superficie del Predio	12 ha	11 ha	20 ha
Topografía	Permitiría la operación de la Planta a gravedad	Se requiere bombes adicionales, terreno plano	Permitiría la operación de la Planta a gravedad

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 13 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

De la tabla de comparación de alternativas de ubicación, se puede notar claramente que la alternativa 3 presenta una serie de ventajas frente a las otras alternativas planteadas:

1. Por su ubicación se reduce la cantidad de bombeos en el sistema, al encontrarse aguas abajo de las descargas del área de estudio y permite recibir las aguas residuales de las cuencas de Arraiján Este (Burunga, Arraiján Cabecera y Río Potrero).
2. Para esta alternativa se logró identificar un terreno de aproximadamente 20 hectáreas perteneciente al Banco Hipotecario, lo que genera facilidad en la adquisición de los predios.
3. El predio se ubica donde actualmente se encuentra una fosa séptica (inactiva) de la descarga del Barrio Nuevo Chorrillo, por lo que la Planta tratará las aguas residuales que hoy llegan crudas a este lugar, produciendo un impacto positivo a los residentes que se encuentran cercanos a este Lugar.
4. El predio se encuentra a la margen derecha del Río Aguacate, el cual posee caudal permanente aun en estaciones secas.

Por lo expuesto, los estudios básicos y el Estudio de Impacto Ambiental se han desarrollado utilizando la Alternativa de Ubicación 3.

2.4 Gestiones del Terreno

Se identificó en el registro público la Finca 371500 (Plano 80108-123198) perteneciente al Banco Hipotecario Nacional. Esta Finca tiene 49ha-3,400m²-01dm². Se seleccionaron 20 ha del terreno (aledañas al Río Aguacate) para la ubicación de la PTAR (ver Figura 3.1). Las gestiones realizadas fueron:

Tabla 2.2: Avance de Gestión para obtención del Terreno de la PTAR

FECHA	GESTIÓN
09-07-2015	Reunión Director Banco Hipotecario
27-07-2015	Reunión Personal Banco Hipotecario y potencial desarrollador
05-08-2015	Reunión Arquitectos Mallo y Mallo para revisar anteproyecto de desarrollo del terreno
15-09-2015	Entrega autorización de la Junta Directiva del Banco Hipotecario para proceder con la venta de 20 hectáreas del lote.

Actualmente, se está trabajando con Registros Públicos y el Banco Hipotecario para realizar la segregación final del terreno.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 14 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

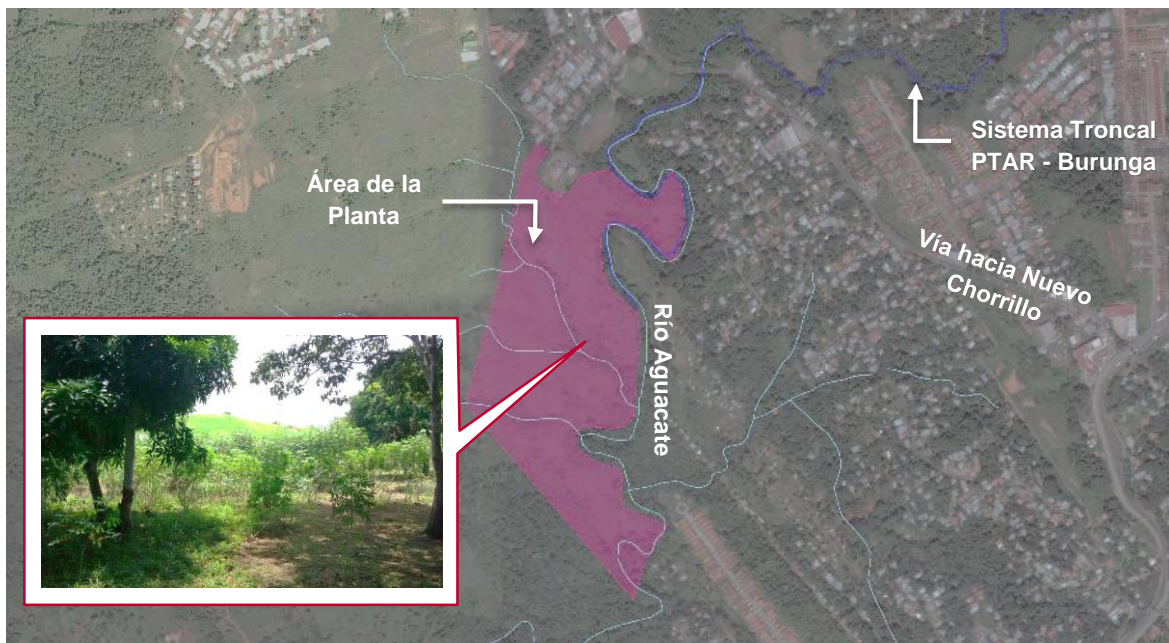
3. DESCRIPCIÓN DEL PREDIO FINAL DE LA PTAR

3.1 Ubicación del Predio

La localización del predio de la Planta se ubicó de acuerdo al análisis realizado y descrito anteriormente en la alternativa 3; ubicado al sur del Sector de Nuevo Chorrillo (área sur del Centro de Salud de Nuevo Chorrillo) en la margen derecha del Río Aguacate en sentido de la corriente.

La planta de tratamiento de agua residual estará destinada al acondicionamiento de los desechos líquidos domésticos de Arraiján Este, posee aproximadamente 20 hectáreas para su desarrollo. En la Figura 3.1 se muestra la localización de la Planta de Tratamiento.

Figura 3.1: Localización del PTAR



3.2 Resumen de las condiciones Físicas y Biológicas del Predio de la PTAR

3.2.1 Suelos

La capacidad de uso del suelo dada por la “Clasificación por Capacidad de Uso de las Tierras”, de Klingebiel y Montgomery (1962), el 67 % son suelos clase IV, seguido de suelos Clase VI con un 27% y el 5% restante, corresponde a suelos Clase III.

Las elevaciones oscilan entre los 22-83 msnm; ubicando el 99% de las tierras en áreas con cotas entre 22 - 52 msnm y un 0.9% entre 52-83 msnm.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 15 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

En cuanto a pendientes, 71% de las tierras del polígono de la PTAR se encuentra en pendientes de 0-3%, un 20% se ubica en pendientes de 8-20% y el 7% restante consiste en pendientes de 20-45%. Estos valores se describen en la siguiente tabla.

Tabla 3.1: Pendientes del Terreno del Polígono de la PTAR

Superficie	RANGOS DE PENDIENTE (%)					Total
	0 - 3	3 - 8	8 - 20	20 - 45	45 - 75	
ha	14.501	-	4.191	1.463	-	20
%	71.947	-	20.794	7.259	-	100

3.2.2 Clima

Según la clasificación de McKay (2000), se ubica en clima tropical con estación seca prolongada, el cual se caracteriza por contar con un clima cálido, con temperaturas de 27 a 28°C. De acuerdo al mapa de Isoyetas se encuentra en un rango de precipitación entre 1,500 y 2,000 mm.

3.2.3 Cambio Climático

Se ha evaluado el cambio climático que se espera en la región del proyecto para incluir la incidencia que tienen esta variable en los criterios de diseños de las obras. Se consultaron los informes desarrollados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre cambio climático (IPCC). Este Grupo es el principal órgano internacional encargado de evaluar el cambio climático. Se creó en 1988 a iniciativa del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para ofrecer al mundo una visión científica clara del estado actual de los conocimientos sobre el cambio climático y sus posibles repercusiones medioambientales y socioeconómicas. En el mismo año, la Asamblea General de las Naciones Unidas hizo suya la decisión de la OMM y del PNUMA de crear conjuntamente el IPCC.

A continuación se presentan extractos del resumen técnico del informe de Cambio Climático 2013 (ICC2013). Bases físicas es la contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Finalmente se presentan las recomendaciones para la definición de los criterios de diseño del proyecto.

3.2.3.1 Observaciones del cambio climático con respecto a la temperatura

Es cierto que la temperatura media global en superficie ha aumentado desde finales del siglo XIX (figuras RT.1 y RT.2 ver ICC2013). Cada uno de los tres últimos decenios ha sido sucesivamente más cálido en la superficie de la Tierra que cualquier decenio anterior desde que existen los registros instrumentales, y el decenio de 2000 fue el más cálido de todos.



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 16 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

3.2.3.2 Cambios en el Presupuesto Energético y en el Contenido Calorífico

La Tierra ha experimentado un desequilibrio radiativo porque en la parte superior de la atmósfera ha entrado más energía solar de la energía que ha salido desde al menos 1970 aproximadamente. Es prácticamente seguro que la energía de la Tierra haya aumentado considerablemente entre 1971 y 2010.

3.2.3.3 Cambios en el ciclo del agua

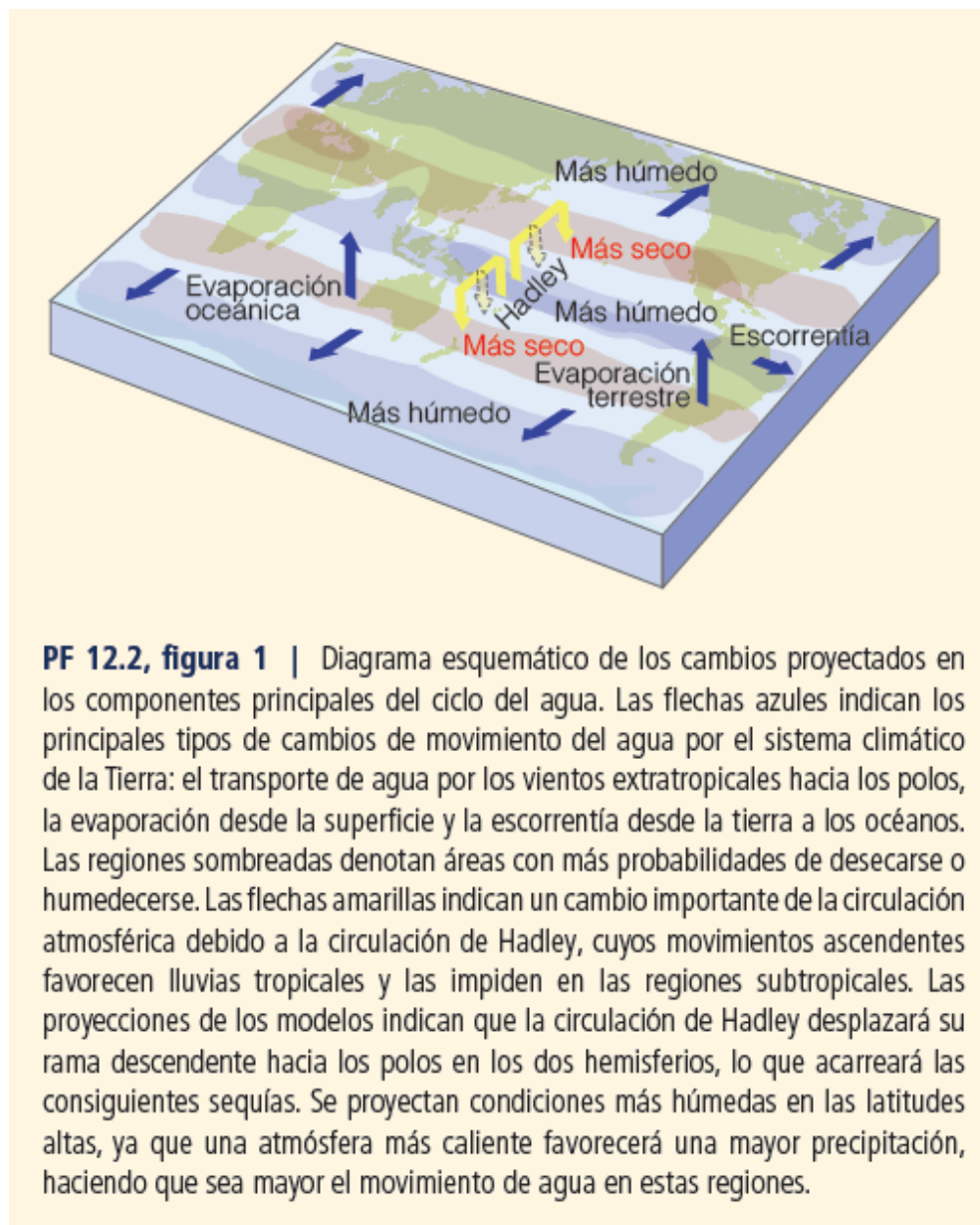
El flujo y el almacenamiento de agua en el sistema climático de la Tierra son altamente variables, pero se prevén cambios ajenos a los causados por la variabilidad natural hacia finales del siglo XXI. En un planeta más caliente, se producirá un aumento neto de la lluvia, la evaporación en superficie y la transpiración de las plantas. Sin embargo, estos cambios variarán considerablemente en función del lugar. Algunas zonas experimentarán más precipitación y una acumulación de agua en tierra. En otras, la cantidad de agua disminuirá debido a sequías regionales y a la pérdida del manto de nieve y hielo.

En la siguiente figura se presenta un diagrama esquemático de los cambios proyectados en los componentes principales del ciclo del agua. Las regiones sombreadas denotan áreas con más probabilidad de desecarse o humedecerse. La región de Panamá no está sombreada por lo que probablemente se produzcan solo cambios moderados en clima.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 17 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Figura 3.2: Diagrama esquemático de los cambios proyectados en los componentes principales del ciclo del agua

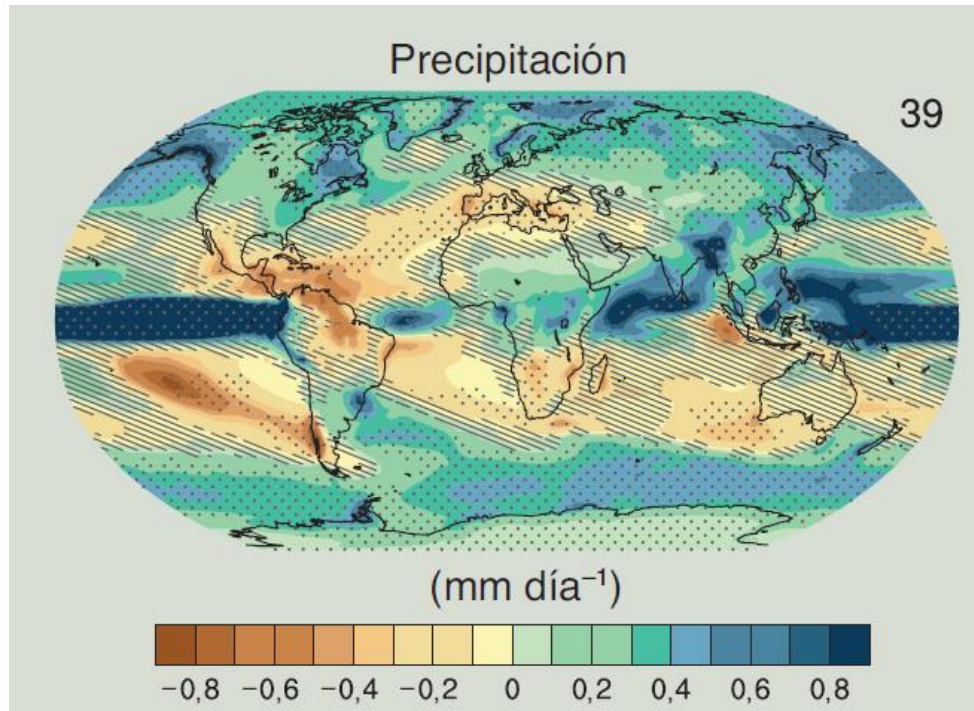


En la siguiente figura se presenta la media anual de los cambios en la precipitación a nivel global proyectada para los años 2081 a 2100.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 18 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Figura 3.3: Media Anual de los Cambios en la Precipitación (P) para el período 2081 – 2100



Fuente: ETE.1, ICC2013, Figura 3:

3.2.3.4 Cambios en la Escorrentía Fluvial

El análisis más reciente y completo de la escorrentía fluvial no coincide con la conclusión del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC de que la escorrentía ha aumentado a escala mundial durante el siglo XX. Los resultados de nuevos estudios indican también que las conclusiones del Cuarto Informe de Evaluación relativas a la tendencia al aumento de las sequías a nivel global desde la década de 1970 ya no son justificables.

3.2.3.5 Cambios en los valores extremos

Por lo general, las variaciones de los valores extremos de otras variables climáticas son menos uniformes que las observadas en la temperatura debido a las limitaciones de los datos y a incongruencias entre estudios, regiones o temporadas. Sin embargo, los aumentos de episodios de precipitaciones extremas, por ejemplo, son coherentes con el calentamiento del clima. Los análisis de zonas terrestres con datos suficientes indican un aumento de la frecuencia e intensidad de los episodios de precipitaciones extremas en los últimos decenios, pero los resultados varían considerablemente entre regiones y estaciones. Por ejemplo, las evidencias indican claramente un aumento de las precipitaciones intensas en América del Norte y Central y en Europa; por el contrario, en otras regiones, como Australia meridional y Asia occidental, los



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 19 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

datos indican un descenso de estos episodios. Asimismo, los estudios sobre sequías no llegan a un acuerdo sobre el sentido de la tendencia mundial, ya que las incoherencias regionales de las tendencias también dependen de la definición de sequía. Sin embargo, hay indicios de un aumento de las sequías en algunas regiones (por ejemplo, el Mediterráneo) y de un descenso en otras (por ejemplo, América del Norte central) desde mediados del siglo XX.

3.2.3.6 Conclusiones y recomendaciones para tener en cuenta la variable del cambio climática en los criterios de diseño

Según los exhaustivos estudios que se han realizado con respecto al cambio climático, se puede decir, que es seguro, que la temperatura de la tierra ha aumentado. Además se espera que esta tendencia se mantenga hacia el futuro. El aumento de la temperatura ha modificado todas las variables del clima y ha afectado el ciclo del agua. En general, existe un aumento de la temperatura y de las precipitaciones. Además se acentúan los valores extremos generando inundaciones y también sequías.

El cambio climático a nivel regional es más difícil de establecer debido a la variabilidad que presentan los registros cuando se analizan en puntos geográficos específicos como son los de un proyecto en particular. Sin embargo, los estudios realizados por IPCC muestran valores regionales. En el caso de Panamá se ve que el cambio climático generará cambios moderados en las variables del clima, tanto para las precipitaciones como para los valores extremos.

En el proyecto se ha adoptado, como criterio de diseño, que las obras civiles deben tener una altura libre con respecto a los niveles de inundación de un metro. Los niveles de inundación se han evaluado para períodos de retornos de 100 años.

Se cree que el nivel de riesgo asociado a un período de retorno de 100 años, más la seguridad adicional de 1 metro con respecto al nivel de inundación son aceptables, teniendo en cuenta que el cambio climáticos será moderado en la región y que estos criterios son aceptados comúnmente en obras de este tipo de complejidad.

3.2.4 Hidrología

Se desarrolló un modelo hidrológico de las cuencas de aporte de los ríos y quebradas del área de estudio para establecer el caudal de análisis para las crecidas según se especifica en las normas de diseño del MOP. La crecida de cálculo se establecerá para un período de retorno de 50 y 100 años y se determinaron las áreas de inundación.

Para cumplir con el alcance del estudio que se encuentra dentro del Informe de Alternativas del Sistema Troncal (110-HID-MC-0001) se siguió el siguiente proceso:

- Definición del área de estudio
- Definición de la cuenca hidrográfica del Río Aguacate para la zona de estudio
- Definición de las subcuencas hidrográficas para las principales ríos y quebradas

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 20 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

- Determinación de los caudales para un periodo de recurrencia de 50 y 100 años

Para efectos de este informe se presenta un resumen con los resultados del análisis.

3.2.4.1 Caudales Máximos para las Cuencas Principales del Área de Estudio

En la Tabla 3.2 se presentan las cuencas principales con sus áreas de drenaje y los caudales máximos establecidos para las cuencas principales que forman parte del área de estudio para distintos periodos de retorno.

Tabla 3.2: Caudales Máximos para las cuencas principales

Cuenca	Áreas (km ²)	Q _{max} (m ³ /s)	Q _{max} 50 años (m ³ /s)	Q _{max} 100 años (m ³ /s)
Río Cáceres	11.33	58.64	136.04	154.81
Río Burunga	15.35	70.13	162.71	185.16
Río Perico	9.76	53.69	124.56	141.74
Río Potrero	11.05	57.77	134.03	152.52
Río Aguacate	41.13	125.46	291.06	331.21

3.2.4.2 Esquema hidráulico de las subcuentas del Río Aguacate

En la Tabla 3.3 se presenta las áreas de aporte y los caudales para el Río Aguacate.

Tabla 3.3: Área de aporte y caudales para el Río Aguacate

Sub Cuenca	Áreas Parcial (km ²)	Áreas Acumulada (km ²)	Q _{max} (m ³ /s)	Q _{max} 50 años (m ³ /s)	Q _{max} 100 años (m ³ /s)
Río Burunga + Río Cáceres	26.68	26.68	97.19	225.47	256.57
Drenajes Secundarios	0.85	27.53	99.00	229.68	261.36
Río Potrero	11.05	38.58	120.81	280.28	318.94
Drenajes Secundarios	0.37	38.95	121.49	281.86	320.74
Qda. Nuevo Chorrillo	1.14	40.09	123.58	286.70	326.24
Qda. Cerro Silvestre	1.04	41.13	125.46	291.06	331.21

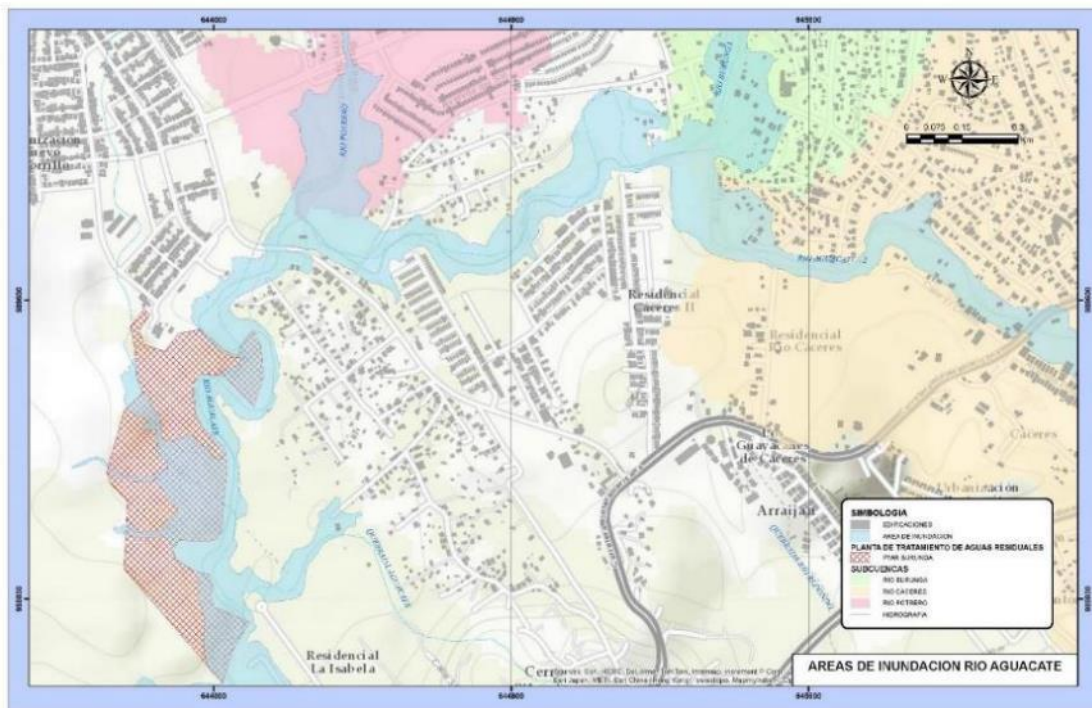
En la Figura 3.4 se presentan las áreas de aporte, puntos de descarga y áreas de inundación para el Río Aguacate. En la figura se puede observar el Río Aguacate que escurre de este a oeste. Desde el oeste llegan los aportes del Río Cáceres y del Río Burunga. Luego en un punto intermedio ingresa el caudal del Río Potrero y finalizando se presenta el ingreso de la Cuenca de Nuevo Chorrillo y Cerro Silvestre.

La Figura 5.1 muestra las áreas de aporte a la planta.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 21 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Figura 3.4. Áreas de aporte, puntos de descarga y áreas de inundación para el Río Aguacate



3.2.4.3 Resultados del modelo hidráulico fluvial para el Río Aguacate

Se realizó una simulación hidráulica para un caudal de 331.21 m³/s que representa la crecida máxima que puede esperarse que se repita o supere cada 100 años. En Figura 3.5 se presenta el detalle de las áreas de aporte y caudales para el Río Aguacate.

En la Figura 3.5 se presenta una captura de pantalla del modelo del Río Aguacate realizado en HecRas. Para definir el modelo se establecieron 26 secciones transversales en una longitud de 4,614 metros.

En la Tabla 3.4 se presentan los resultados del funcionamiento hidráulico del sistema. Como puede observarse, el flujo se mantiene con números de Froude menores a 1 lo que significa que el escurrimiento es subcrítico. Este tipo de escurrimientos se caracteriza por una mecánica ordenada de la corriente en la que la capacidad erosiva se puede controlar con protecciones tradicionales de las márgenes.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 22 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Figura 3.5. Modelo hidráulico del Río Aguacate

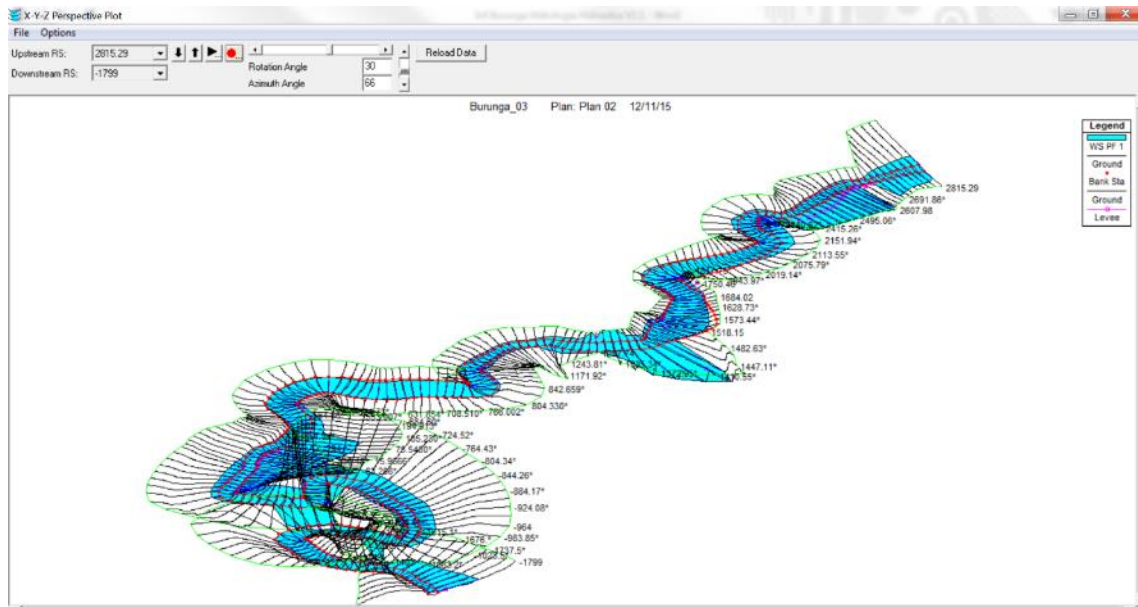


Tabla 3.4. Resultados Hidráulicos para el Río Aguacate

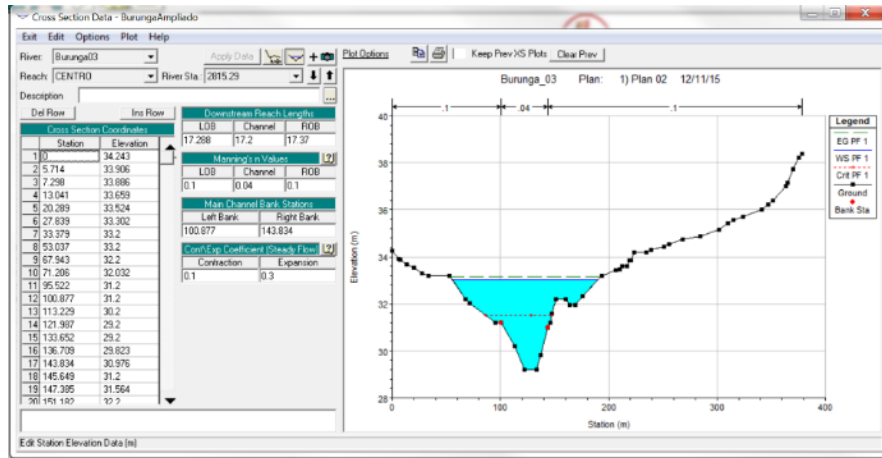
Profile Output Table - Standard Table 1													
HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Burunga03 Reach: CENTRO Profile: PF 1													
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude #	Chl
CENTRO	2815.29	PF 1	256.57	29.20	33.02	31.51	33.16	0.001073	1.72	221.46	134.39	0.31	
CENTRO	2746.5	PF 1	256.57	29.20	32.89		33.07	0.001406	2.15	229.45	132.36	0.37	
CENTRO	2673.65	PF 1	256.57	29.20	31.74	31.74	32.81	0.011028	4.63	62.06	36.61	0.96	
CENTRO	2607.98	PF 1	256.57	28.20	31.74	30.79	31.84	0.001330	1.71	301.54	199.76	0.34	
CENTRO	2515.01	PF 1	256.57	28.20	31.63	30.48	31.72	0.001090	1.64	292.48	164.26	0.31	
CENTRO	2375.37	PF 1	256.57	27.20	30.93	30.19	31.43	0.004460	3.42	134.43	105.21	0.63	
CENTRO	2288.5	PF 1	256.57	27.20	31.00		31.14	0.001022	1.69	194.84	97.99	0.31	
CENTRO	2132.44	PF 1	256.57	27.20	30.66		30.90	0.002483	2.16	126.64	79.54	0.45	
CENTRO	1962.49	PF 1	256.57	25.20	30.56		30.63	0.000535	1.19	215.48	71.34	0.22	
CENTRO	1851.4	PF 1	256.57	25.20	30.55		30.58	0.000175	0.78	336.47	99.39	0.13	
CENTRO	1750.46	PF 1	256.57	26.20	30.45	28.47	30.54	0.000603	1.34	207.43	75.22	0.24	
CENTRO	1684.02	PF 1	256.57	26.20	30.44		30.50	0.000432	1.10	234.04	76.63	0.20	
CENTRO	1518.15	PF 1	256.57	26.20	30.30		30.34	0.000373	0.86	309.43	137.47	0.18	
CENTRO	1429.36	PF 1	318.95	26.20	30.17	28.83	30.21	0.000545	1.21	596.28	322.20	0.22	
CENTRO	1297.74	PF 1	318.95	26.20	29.73	28.76	29.98	0.002432	2.30	161.67	81.42	0.46	
CENTRO	1153.95	PF 1	318.95	25.20	28.34	28.34	29.40	0.012025	4.57	72.30	43.19	0.99	
CENTRO	1034.3	PF 1	318.95	23.20	27.89		28.36	0.002962	3.06	116.20	45.92	0.53	
CENTRO	612.69	PF 1	318.95	24.20	27.17		27.40	0.003916	2.12	150.68	95.37	0.54	
CENTRO	35.76	PF 1	326.24	20.20	24.90	24.52	25.15	0.003612	2.58	245.26	189.70	0.54	
CENTRO	-83	PF 1	326.24	20.13	24.71	22.19	24.86	0.001197	2.07	329.06	175.80	0.34	
CENTRO	-505	PF 1	331.21	20.12	24.26	22.53	24.39	0.000967	1.69	243.61	109.22	0.30	
CENTRO	-964	PF 1	331.21	19.08	23.53		23.84	0.001766	2.63	190.42	79.65	0.42	
CENTRO	-1103	PF 1	331.21	18.20	23.23		23.52	0.002201	2.40	163.96	91.52	0.44	
CENTRO	-1337	PF 1	331.21	18.20	22.97		23.10	0.000987	1.65	201.23	65.38	0.30	
CENTRO	-1635	PF 1	331.21	18.10	22.04		22.49	0.004095	3.07	136.56	82.85	0.60	
CENTRO	-1799	PF 1	331.21	17.11	20.92	20.92	21.58	0.007029	3.99	159.38	142.36	0.78	

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 23 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

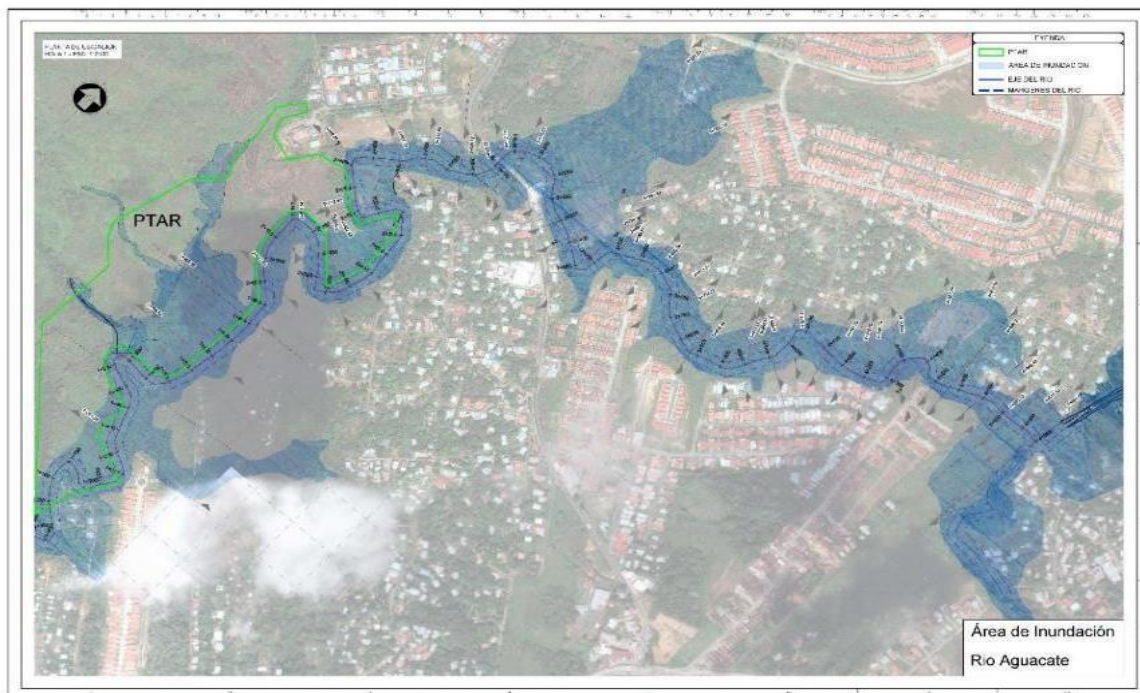
Los resultados hidráulicos definen el nivel de agua esperado para cada una de las secciones modeladas y con ello se determina el área de inundación. En la Figura 3.6 se presentan los resultados hidráulicos para la sección 2+815 del Río Aguacate.

Figura 3.6. Resultado Hidráulico para la sección 2+815 del Río Aguacate



Una vez obtenidas los niveles se pudieron definir para cada sección el área que abarcará el flujo de una. En la Figura 3.7 se presenta en plano en tamaño reducido mostrando las secciones hidráulicas modeladas y el área de inundación

Figura 3.7. Área de Inundación para el Río Aguacate



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 24 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

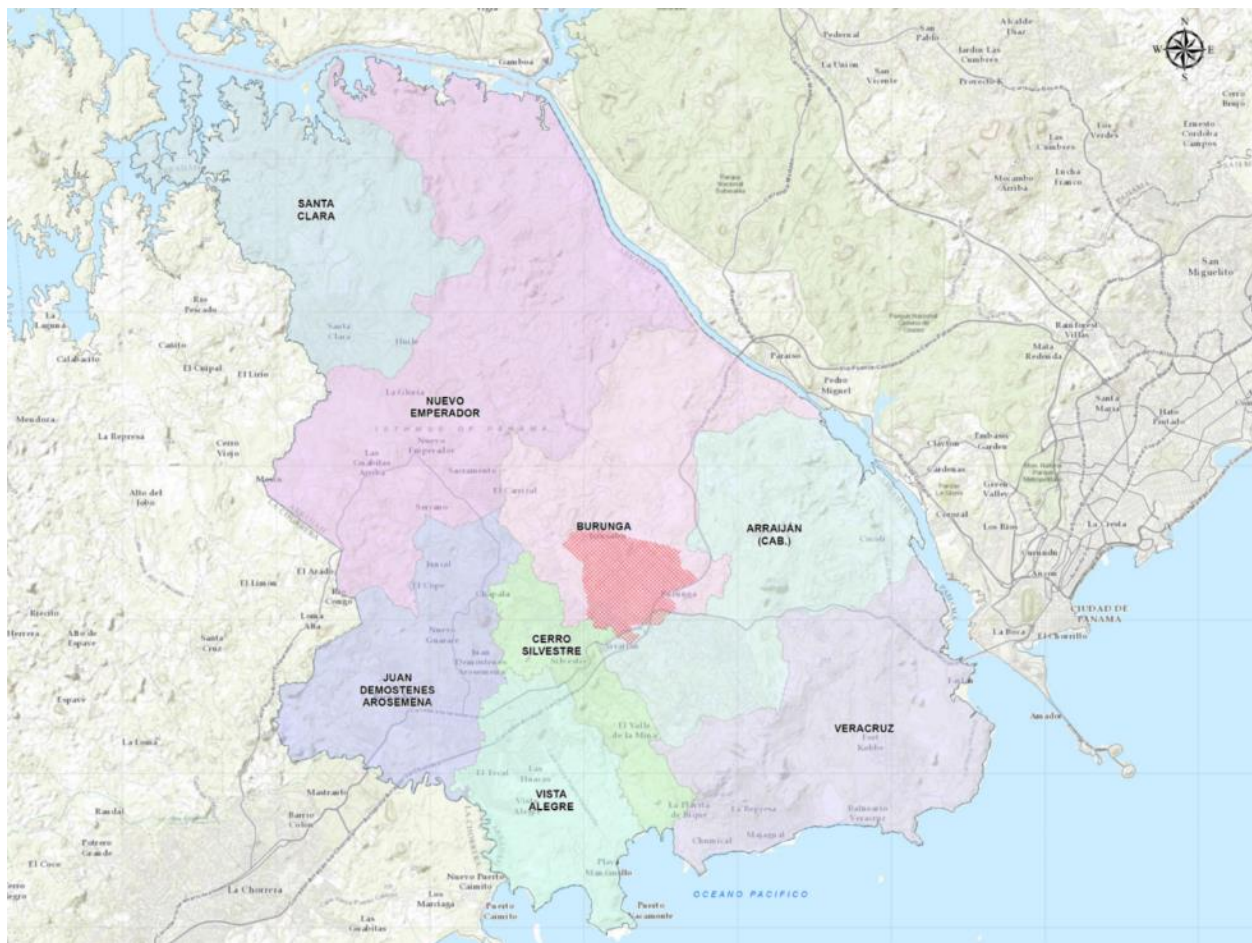
TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

3.2.4.4 Modelación Bidireccional para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Debido a que la implantación planta de tratamiento de aguas residuales de Arraiján Este esta interviene dos quebradas y localizada al borde del río Aguacate, fue necesario realizar una modelación bidireccional para el comportamiento de los cuerpos de aguas.

El presente documento sirve para definir comportamiento hidrodinámico de las quebradas y del río que bordea a la Planta de Tratamiento de Aguas residuales.

Figura 3.8: Localización regional del Proyecto



(Ver polígono de la planta en la Figura 3.1)

3.2.4.4.1 Modelación Hidráulica

Iber es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial. El modelo consta de distintos módulos entre los que se encuentran los siguientes: hidrodinámica, turbulencia, transporte de

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 25 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

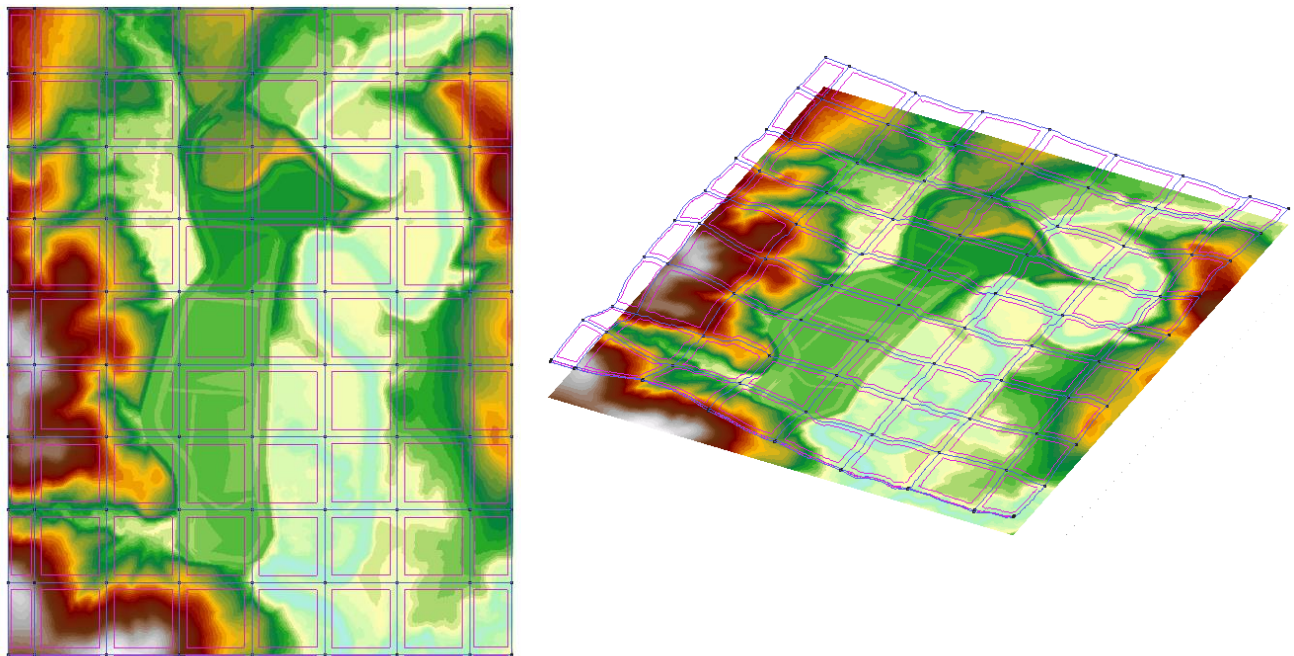
sedimentos por carga de fondo y en suspensión, calidad de aguas. Todos los módulos están basados en ecuaciones de transporte bidimensionales promediadas en profundidad

En la descripción del alcance de la propuesta se utiliza vocabulario de la metodología de administración de proyectos definidas por el PMI (Project Management Institute) en la guía del PMBookGuide. Toda la terminología utilizada se presenta en español y algunos casos, como referencia, se colocan entre paréntesis las definiciones en inglés.

3.2.4.4.2 Generación de Superficie

La modelación hidráulico se inicia cargando el MDT de la superficie a analizar, se resalta que esta superficie utiliza ya contiene todos los movimiento de suelos.

Figura 3.9: MDT del superficie que contiene a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 26 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

3.2.4.4.3 Condiciones de Contorno

Se agregaron como condiciones de contorno los caudales máximos instantáneo para un periodo de retorno de 100 años y se le asignaron a cada cuerpo de agua correspondiente, también se asigna a los puntos de las salidas de las estructuras que se ven intervenidas como es el caso de los cajones que se proyectan para la canalización de las quebradas, se asignó la rugosidad del entorno y la condición inicial donde el calado es igual a cero.

Figura 3.10: Asignaciones de Condiciones de Contorno.

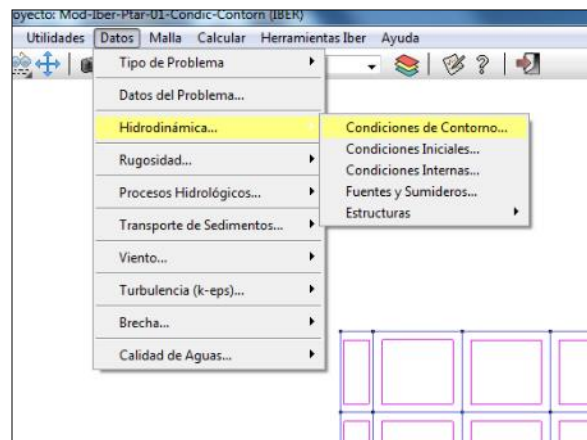
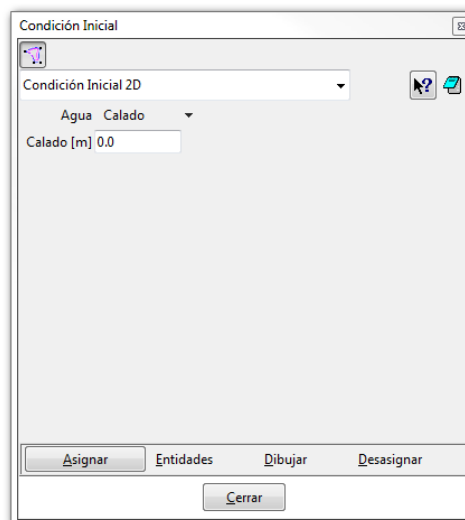


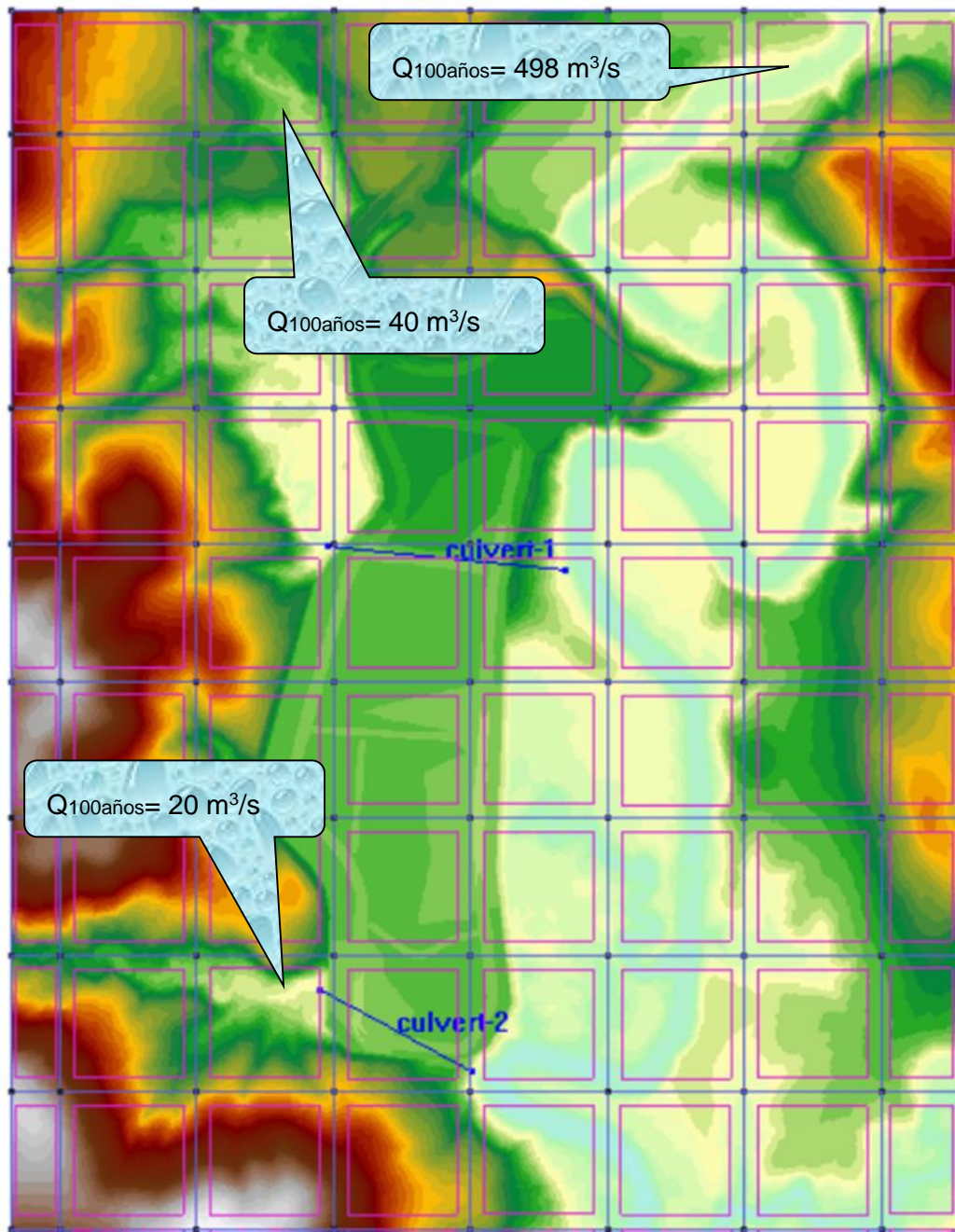
Figura 3.11: Condición Inicial con Calado Igual a cero



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 27 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Figura 3.12: Superficie con dos alcantarillas asignadas



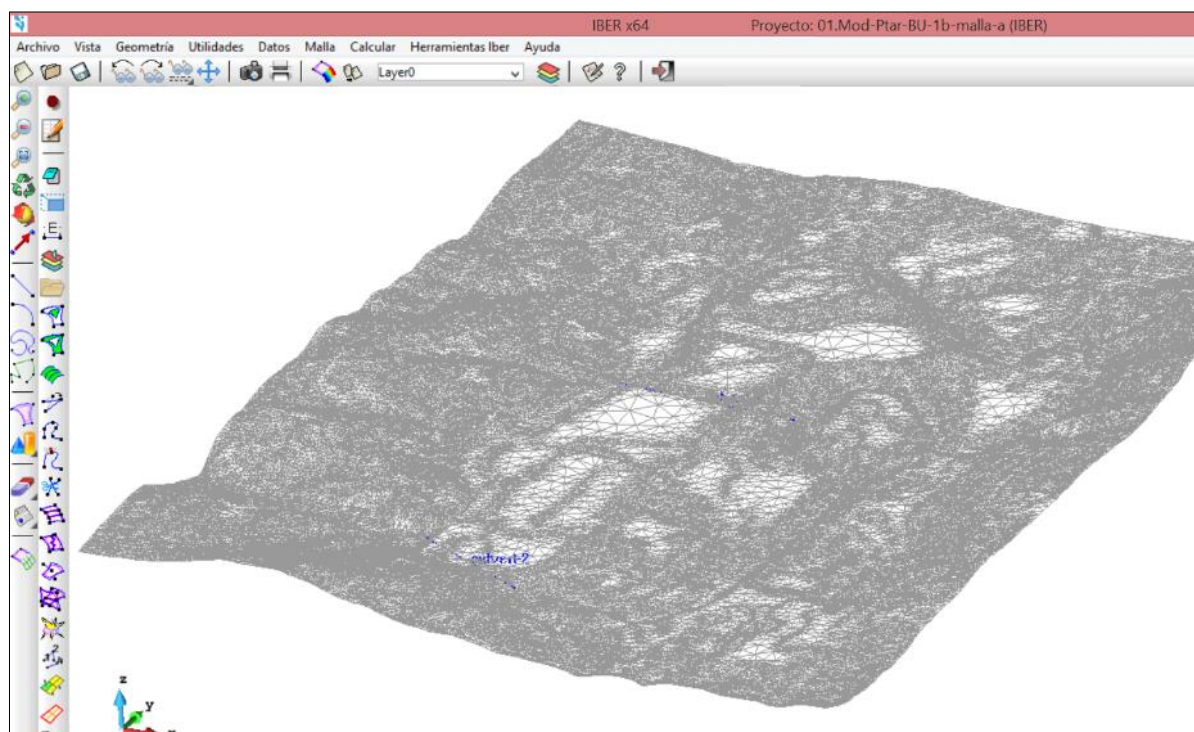
Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 28 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

3.2.4.4.4 Generación de Mallas

Se generó una malla el cual es un elemento fundamental para conseguir los resultados de la modelación, por lo que se verificaron y ajustaron los valores para obtener un modelo consistente visualmente.

Figura 3.13: Superficie con dos alcantarillas asignadas



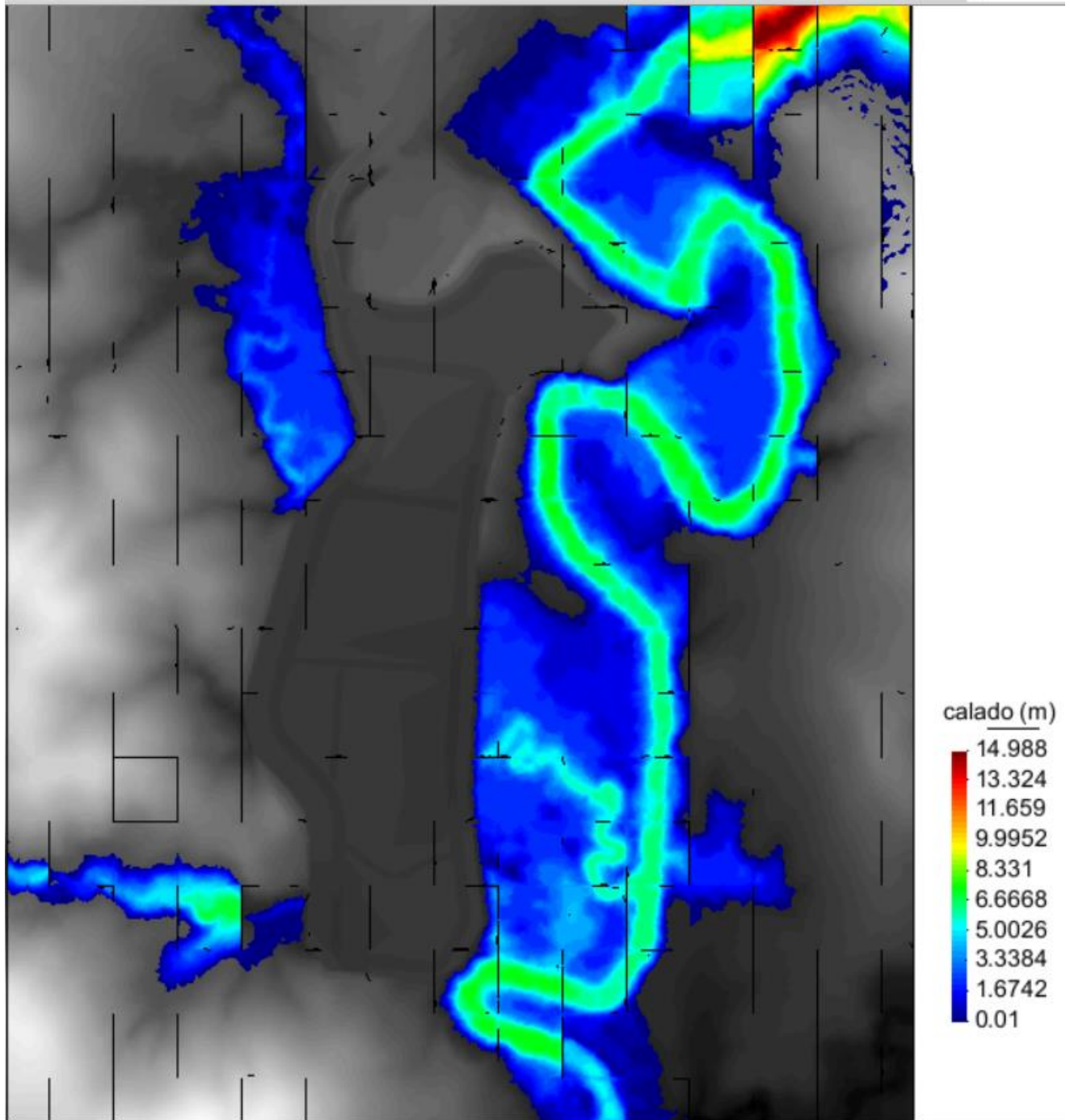
3.2.4.4.5 Datos del Problema y Post - Proceso

En los datos de problemas solo se asignó que la duración de la modelación sea de 1200 s y con intervalos cada 20s. Una vez finalizado el cálculo, o durante el mismo, se procedió a acceder al post-proceso para visualizar y analizar los resultados que se muestran en las figuras a continuación:

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 29 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

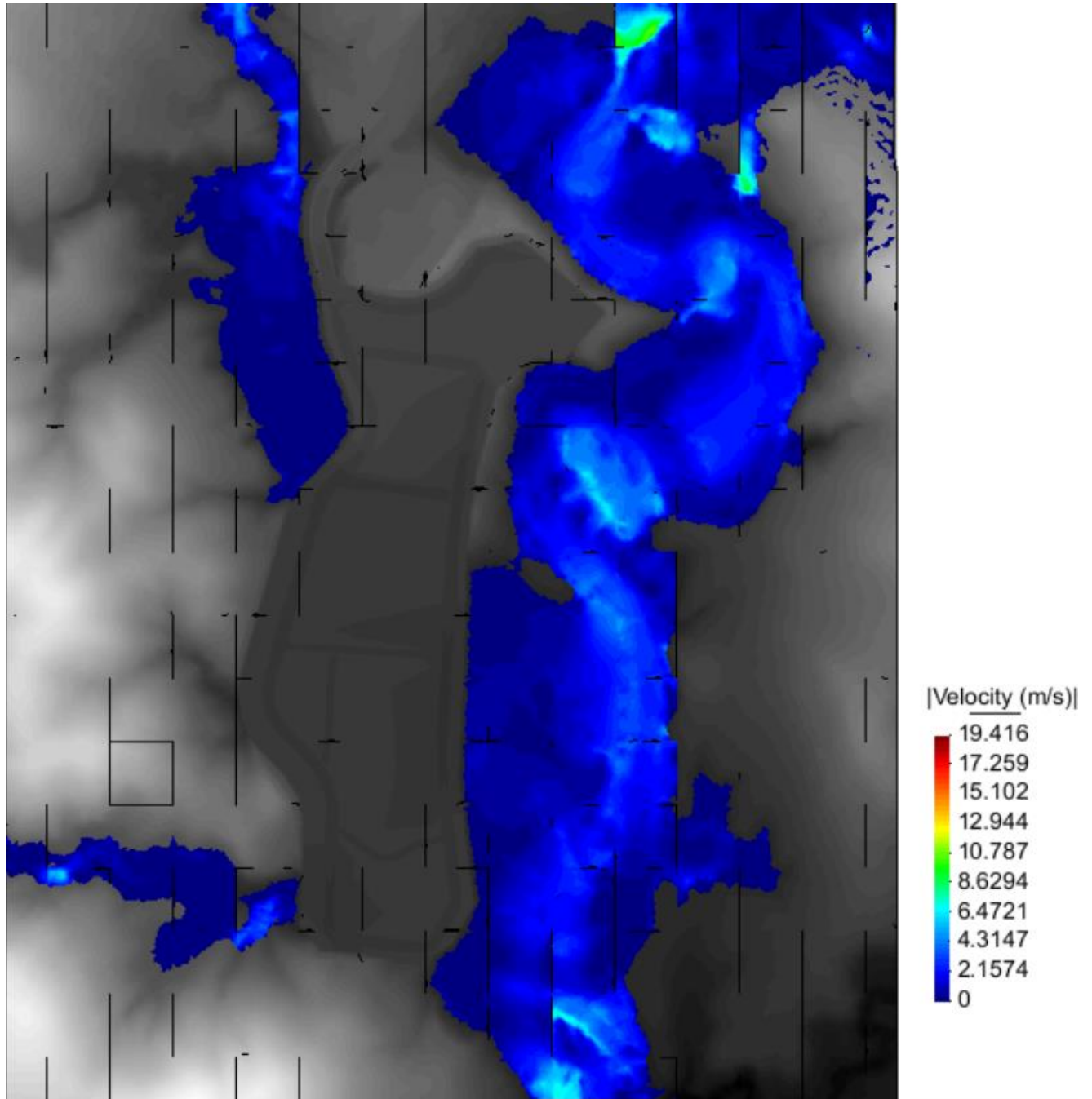
Figura 3.14: Resultados de Calado



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 30 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

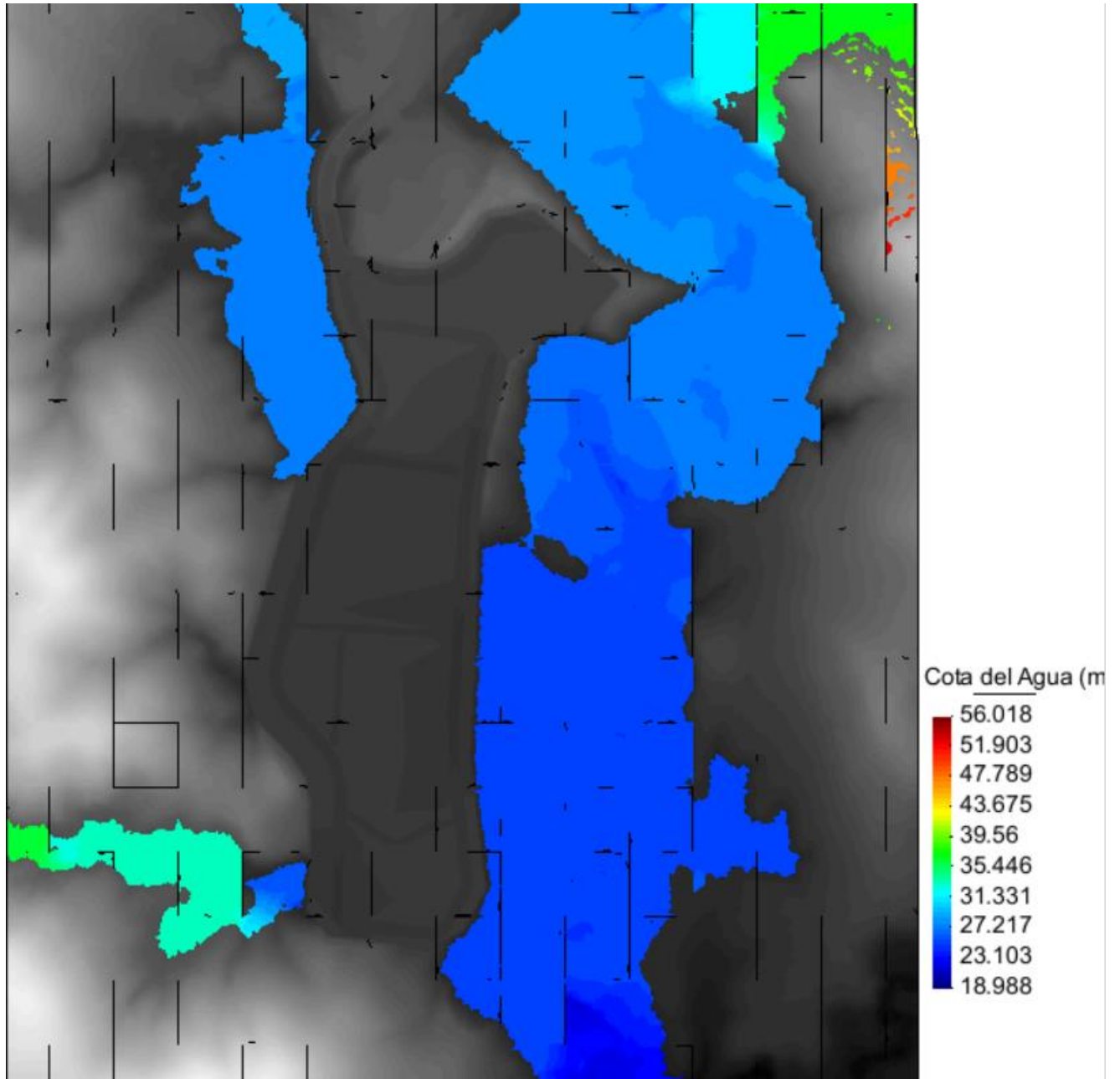
Figura 3.15: Resultados de Velocidad



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 31 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

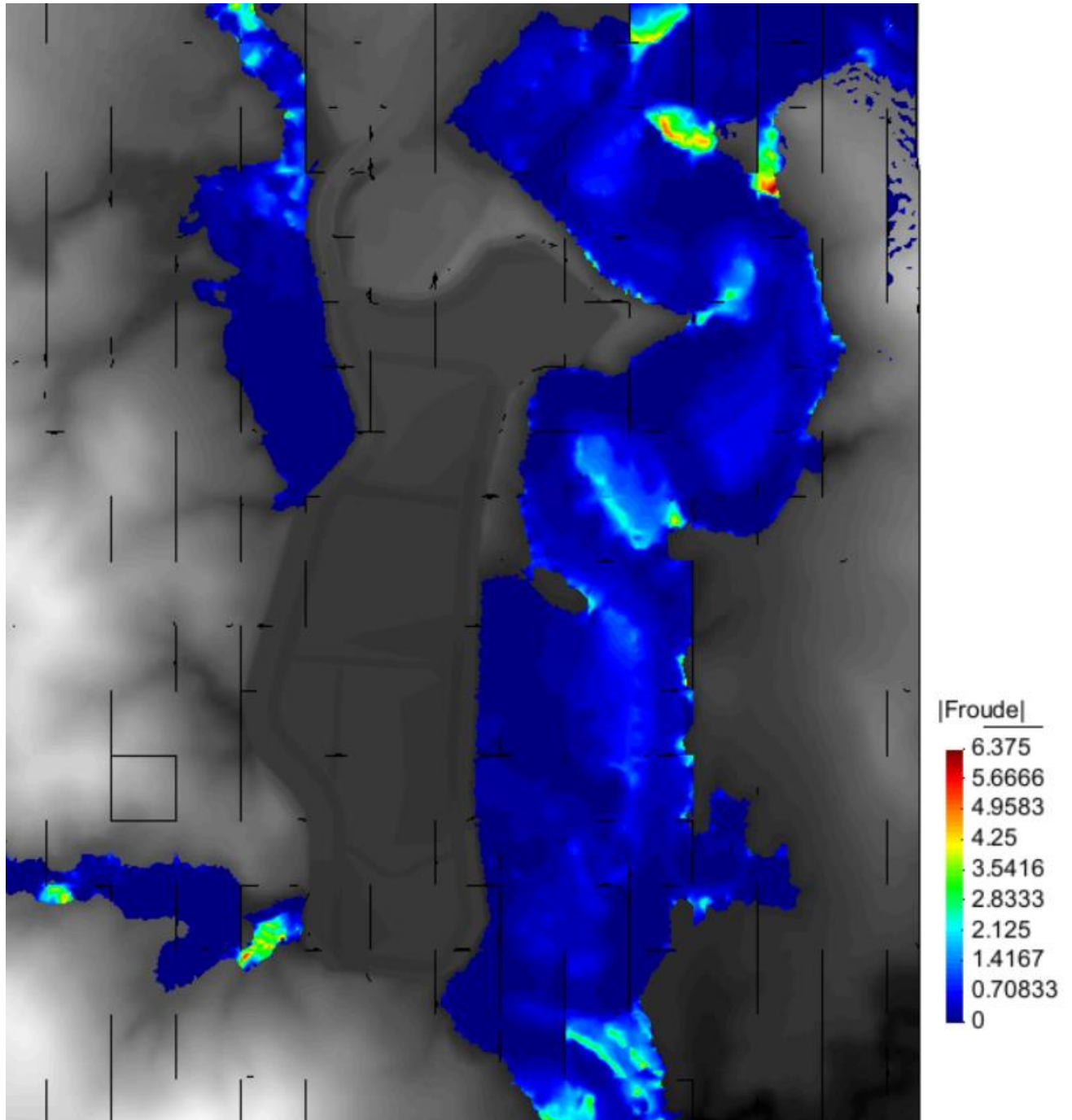
Figura 3.16: Resultados de Cota de Agua



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 32 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Figura 3.17: Resultados de No. De Froude



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 33 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

3.2.4.4.6 Resultados y recomendaciones del Modelo Bidireccional

Se observa en las diferentes figuras mostrada en el ítem 3.2.4.4.5 Post-Proceso que los calados de agua varían entre 0.01m y 3m en los sectores alejados de la PTAR, sin embargo para los sectores próximos a la PTAR los valores de calado en promedio es de 5 metros, las velocidades mostradas se puede ver con facilidad de que están en promedio entre 2.5 m/s a 3 m/s y aumentan para las zonas con alta pendiente.

Se recomienda que debido a que los cuerpos de agua realizarían contacto con la ribera de la PTAR con velocidades de 2.5 m/s a 3 m/s, un sistema de Protección capaz de soportar y evitar la erosión de los taludes.

3.2.5 Velocidad y Dirección del Viento

La velocidad y dirección del viento indican que en una medición total es predominante del Noreste con una velocidad promedio de 3,55 m/s y una frecuencia entre el 24 y 30 %, para medición noche el viento predominante del Noreste con una velocidad promedio de 3,2 m/s y una frecuencia entre el 36 y 45%, y para una medición día el viento predominante del Noreste con una velocidad promedio de 3,96m/s y una frecuencia entre el 24 y 30%.

3.2.6 Aguas Subterráneas

De acuerdo al mapa hidrogeológico de Panamá, se encuentra acuífero tipo predominantemente fisurados (discontinuos), caracterizado por tener una permeabilidad variable, moderadamente productivo (B1), caudal que puede variar de 3 a 10 m³/hr.

3.2.7 Calidad de Aire

Para evaluar la concentración de contaminantes presentes en el aire, se realizó un punto de monitoreo en el terreno de la PTAR, este monitoreo fue realizado por el Laboratorio Ambiental y de Higiene Ocupacional de la Empresa EnviroLAB, S.A., utilizando el método de medición con instrumento de lectura directa por sensores electroquímicos.

Los resultados obtenido para material particulado (PM-10), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO), se encuentra por debajo del límite normado, cumpliendo con los límites máximos permisibles establecido en el Anteproyecto de Norma de Calidad de Aire Ambiental de la República de Panamá, 2006. (Este tema será ampliado en el estudio de Impacto Ambiental)

3.2.8 Calidad de Ruido

Los valores de nivel sonoro registrados en el terreno de la PTAR, están por debajo de límite máximo permisible para ruido ambiental, resultando 50.1 Leq Prom. (dBA) en horario diurno y 49.5 Leq Prom. (dBA) nocturno. Los valores de nivel sonoro equivalente establecidos en el

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 34 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Decreto Ejecutivo No. 306 del 2002 modificados por el Decreto Ejecutivo No. 1 del 2004, son: 60 dBA para el horario diurno y 50 dBA para el horario nocturno.

Adicional, el artículo 9 del D.E. No. 306, permite un incremento de 5 dBA sobre el ruido residual; y se permite un aumento de 3 dBA para áreas industriales y comerciales sin perjuicios de residencias.

3.2.9 Calidad de Olores

El resultado obtenido en la medición olfatométrica fue <2 D/T, cuyo valor se comparó con el anteproyecto de normas para el control de olores molestos, 2006, donde indica que para límite máximo residencial –comercial 15D/T en el límite de propiedad 7D/T en el receptor, encontrándose por debajo del límite permitido.

3.2.10 Descripción de Flora

Principales herbáceas en el área: Un 95% del área se encuentra invadido por *Saccarum spontania* (paja canalera), además se encontraron otras especies como *Andropogon sp*, *Scleria sp* y *Panicum sp*.

Regeneración arbustiva: Las principales especies arbustivas encontradas durante el inventario forestal en orden de abundancia *Choclospermum vitifolium* (poro poro), *Guazuma ulmifolia* (Guácimo) y *Apeiba tibourbou* (peine de mono).

Aproximadamente 0.6 hectáreas se encuentran actualmente sembradas con cultivos anuales como la yuca y guandú.

En cuanto a árboles dispersos en potreros mayores a 10 centímetros de DAP, se encontraron 24 individuos. Principalmente árboles frutales como el *Byrsonima Crassifolia* (nance) y el *Mangifera indica* (mango). Se registran en el Tabla a continuación:

Tabla 3.5: Listado de árboles encontrados en la PTAR

N° de Arbol	Especie	DAP (cm)	Altura comercial (m)	Altura total (m)
1	Acacia mangium	22	2	5
2	Acacia mangium	12	1	4
3	Acacia mangium	35.3	3	6
4	Acacia mangium	11	2	6
5	Dendropanax arboreus	12	1	3
6	Byrsonima crassifolia	29.2	2	5
7	Byrsonima crassifolia	27	1	4
8	Byrsonima crassifolia	26	1	4
9	Byrsonima crassifolia	27	1	3.5

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 35 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

N° de Arbol	Especie	DAP (cm)	Altura comercial (m)	Altura total (m)
10	Cordia alliodora	42	8	14
11	Mangifera indica	37.8	1	3.5
12	Cinnamomum triplinerve	22.5	3	6
13	Byrsonima crassifolia	32	2	5
14	Mangifera indica	20.8	1	3
15	Cocos nucifera	23	3	4
16	Byrsonima crassifolia	25	2	5
17	Byrsonima crassifolia	11.8	1	4
18	Byrsonima crassifolia	14.5	1	4
19	Byrsonima crassifolia	20	1	4
20	Mangifera indica	31.5	1	4
21	Mangifera indica	21.1	1	3
22	Mangifera indica	30.8	2	3
23	Cordia alliodora	38	7	13
24	Byrsonima crassifolia	23.5	1.5	4

A continuación algunas imágenes de la cobertura vegetal del terreno donde se ubicará la planta de tratamiento de agua y carretera de acceso.

Foto 4: Vista de cobertura vegetal de la planta de tratamiento



Invasión por *Saccharum spontanea* (paja canalera),



Algunos árboles dispersos.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 36 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Foto 5: Vista de cobertura vegetal de la planta de tratamiento



Algunos frutales *Mangifera indica*



Áreas con cultivos anuales.

Foto 6: Vista de cobertura vegetal de la planta de tratamiento



Laurel - *Cordia alliodora*



Nance - *Byrsonima crassifolia*

3.2.11 Inventario de Fauna Terrestre

La búsqueda para anfibios y reptiles (herpetofauna) se realizó a través de búsquedas generalizadas, metodología que consiste en la revisión de sitios potencialmente ocupados por estos animales: troncos caídos, la hojarasca, los alrededores de cuerpos de agua, charcas, la vegetación cerca de los mismos y debajo de rocas.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 37 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE
Tabla 3.6: Anfibios y Reptiles encontrados en la PTAR

N°	Nombre científico	Nombre común	Área de Registro	Tipo de Vertebrados
1	<i>Rhinella marina</i>	Sapo común	1	Anfibio
2	<i>Basiliscus basiliscus</i>	Meracho	4	Reptil
3	<i>Ameiva festiva</i>	Borriquero	2	Reptil

Las aves avistadas en el terreno de la planta se tratamiento se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.7: Aves avistadas en la PTAR

N°	Nombre científico	Nombre común	Sitio de registro
1	<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma rabiblanca	3
2	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita o cocochita	5
3	<i>Ramphocelus carbo</i>	Pechi rojo o sangre de toro	1
4	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Pechi amarillo	2

En el área se obtuvieron los registros de los siguientes mamíferos.

Tabla 3.8: Mamíferos encontrados en la PTAR

N°	Nombre científico	Nombre común	Sitio de registro
1	<i>Saguinus oedipus</i>	Mono tití	2
2	<i>Sciurus sp.</i>	Ardilla	1
3	<i>choloepus hoffmanni</i>	Mono perezoso	1
4	<i>Didelphis marsupialis</i>	Zorra	1

4. ASPECTOS LEGALES VINCULADOS CON LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL TRATADA Y LODOS COMO SUBPRODUCTO DEL TRATAMIENTO

El Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2000: Descarga de Efluentes Líquidos directamente a Cuerpos y Masas de Agua Superficiales y Subterráneas, tiene como objetivo en el marco de la protección ambiental, prevenir la contaminación de cuerpos y masas de agua superficiales y subterráneas en la República de Panamá, mediante el control de los efluentes líquidos provenientes de actividades domésticas, comerciales e industriales que se descargan a cuerpos receptores manteniendo una condición de aguas libres de contaminación, preservando de esta manera la salud de la población. (Apartado 1. Objetivos y Campos de Aplicación)

En este contexto, el reglamento técnico DGNTI-COPANIT 35-2000 establece los límites máximos permisibles que deben cumplir los vertidos que se indican a continuación:

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 38 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE
Tabla 4.1: Límites Máximos Permisibles

Parámetro	Unidad	Expresión	Límite Máximo Permitido
Coliformes totales	NMP/100 ml	Coli/100ml	<1 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	DBO ₅	<35
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /l	DQO	100
Fósforo total	mg/l	P	5
Nitrógeno Orgánico Total	mg/l	N	10
Nitratos	mg/l	NO ₃	6
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	NH ₃ -N	3
Sólidos Suspendidos	mg/l	SS	<35

Fuente: extracto de Tabla 3-1 DGNTI-COPANIT 35-2000.

En relación al tratamiento y uso de lodos el Reglamento técnico DGNTI-COPANIT 47-2000: Usos y Disposición Final de Lodos, establece de acuerdo al tipo de tratamiento realizado los parámetros mínimos para su uso como abono agrícola. Para el caso de la planta se estableció tratamiento de lodos CLASE I (Digestión Anaerobia y secado).

5. BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO

El planeamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en el área del proyecto se registrará básicamente por Normas de Diseño del IDAAN así como los criterios y experiencia de la UCP al respecto. Las bases de diseño, es decir la información técnica destinada al diseño de los componentes y procesos de tratamiento de las aguas residuales, han sido definidas hasta el horizonte del proyecto, es decir hasta el año 2050.

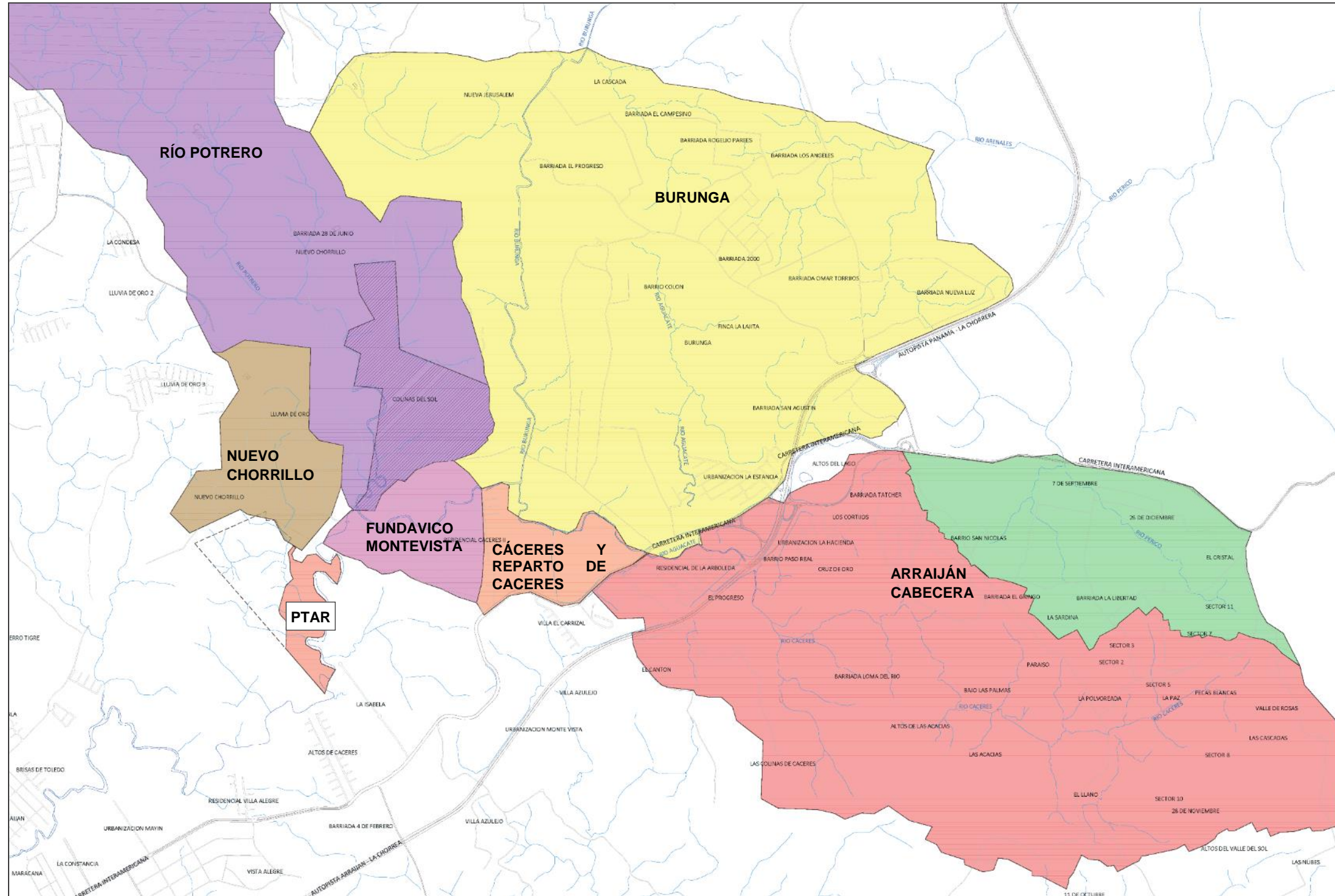
5.1 Cuencas de Drenaje hacia la Planta Tratamiento

Inicialmente la Planta de Tratamiento considera el tratamiento de los desagües provenientes de Burunga y otras cuencas que drenan naturalmente hacia este lugar, las cuales se detallan a continuación (Ve Figura 5.1):

- Cuenca de Arraiján Cabecera
- Cuenca del Río Potrero
- Cuenca de Nuevo Chorrillo
- Cuenca de Fundavico, Reparto de Cáceres y Montevista

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE ARRAIJÁN ESTE

Figura 5.1: Cuencas de Drenaje hacia la Planta de Tratamiento





Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 40 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

5.2 Población

La población servida corresponde principalmente al Sector de Burunga. La población total de la cuenca del Río Burunga, dentro y fuera de las AARR, se aproximarse a 70,000 habitantes en 2050 y el área urbanizada alrededor de 1,200 hectáreas.

5.2.1 Fases de Implementación de la PTAR

Para el caso de este proyecto se consideraron Tres Fases de Implementación del Proyecto, que obedecen principalmente a la incorporación progresiva de las cuencas aledañas a la planta de tratamiento. Las fases para la PTAR de Burunga se detallan a continuación:

5.2.1.1 Fase I

La Fase I de la Planta de Tratamiento atenderá principalmente al corregimiento de Burunga y parte de Cerro Silvestre, la zona conocida como Nuevo Chorrillo y los Barrios de FUNDAVICO, Montevista, Altos de Cáceres II, Brisas del Sol y Colinas del Sol que actualmente cuentan con sistema de alcantarillado Sanitario.

La primera fase considera la construcción de tres módulos de tratamiento con un caudal de 210 l/s cada uno, que en total tratarán 0.623 m³/s como caudal de Nominal de la Planta, considerando un caudal promedio de 0.35 m³/s para el año de implementación y puesta en operación de la planta (Año 2019).

La población estimada para 2019, año de inicio de la primera fase para la PTAR es de aproximadamente 50,050 habitantes de Burunga y 13,153 para las zonas a incorporar con alcantarillado sanitario lo que generan un caudal de 345.12 l/s.

5.2.1.2 Fase II

En la Segunda fase, la PTAR incluirá el tratamiento de las aguas residuales del Área de Arraiján Cabecera. Según la planificación de la Unidad Coordinadora del Proyecto, esta cuenca se incorporará a inicios del 2021. Esta fase culmina en el año 2025 con un caudal para la planta de 623.02l/s. Con lo que su cubriría la capacidad total de los tres primeros módulos.

5.2.1.3 Fase III

Esta fase comprende desde el año 2026 hasta el horizonte final del proyecto, siendo para este caso el año 2050, en el cual la población de diseño ascenderá a 183,088 habitantes, y será necesaria la implementación de 2 nuevos módulos de 210 l/s cada uno para cubrir toda la demanda. El caudal nominal final de la planta será de 1,00m³/s. El año de Implementación de esta Tercera Fase, está sujeto a variación de acuerdo al Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario de Arraiján y La Chorrera en actual elaboración.

La población de diseño para diferentes fases del proyecto se presenta en la Tabla 5.1.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 41 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE
Tabla 5.1: Población de Diseño para el Proyecto

Año	Población (Hab)		Etapas de Implementación
	Total	Diseño	
2019	111,210	63,203	Fase I
2021	117,918	104,346	Fase II
2025	128,993	112,748	
2030	141,957	124,213	Fase III
2035	151,143	151,143	
2040	160,964	160,964	
2045	171,640	171,640	
2050	183,088	183,088	

Fuente: Evaluación propia.

5.3 Cantidad de aguas residuales crudas

El cálculo hidráulico del caudal se basan en las “Normas Técnicas para aprobación de planos de los Sistemas de Acueducto y Alcantarillados Sanitarios” del Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales, aprobados en marzo del 2006. Según estas normas establecen que para el diseño de sistemas de acueductos urbanos (siendo la condición principal de las viviendas en el área en estudio) deberá ser de 100gal/hab*día (378.5 litros/habitante/día).

De esta dotación, el 80% corresponde a la contribución al sistema de alcantarillado (Qas), amplificado por un factor de Máxima (F) más el caudal de infiltración dará como resultado el Caudal Máximo.

De este modo:

$$QAS = 80\% * q$$

$$Qd = QAS * \text{No. de habitantes}$$

El Factor de Máxima (F) será el siguiente: $F = 6.46 * (\text{hab.})^{-0.152}$

Donde:

hab. = número de habitantes

F nunca deberá ser mayor de 3.00 ni menor de 1.80.

$$QM = Qd * F$$

$$QT = QM + Qi$$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 42 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Donde:

$$Q_i = q_i * \text{distancia}$$

q_i = caudal de infiltración

En la siguiente tabla se presenta la población incluida dentro de los análisis. A continuación se muestran los caudales de diseño obtenidos para un Factor de Máxima de 1.80.

Las normas de diseño para los sistemas de tratamiento de aguas residuales de IDAAN también especifica lo siguiente sobre el caudal de diseño para las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR): “El caudal de diseño para la PTAR, será el 80% del caudal máximo, más los caudales de infiltración y aportes institucionales, comerciales e industriales que se definan en el área”.

La Tabla 5.2 ha sido elaborada teniendo en cuenta estos criterios mencionados, además de la situación actual de la zona. Se estima que al año 2050 se generará un total de 85,422.31 m³/día de aguas residuales para el caudal de diseño de la planta.

Tabla 5.2 Caudales a ser drenados a la planta de tratamiento de aguas residuales

Año	Población de Diseño (Hab)	Caudal Medio Diario		Caudal Máximo		Caudal de la Planta	
		l/s	m ³ /d	l/s	m ³ /d	l/s	m ³ /d
2015	56,740	198.88	17,182.81	385.13	33,275.09	312.78	27,023.83
2019	63,203	221.53	19,139.94	425.56	36,768.36	345.12	29,818.44
2021	104,346	365.73	31,599.25	713.29	61,628.07	580.97	50,196.23
2025	112,748	395.18	34,143.87	765.84	66,168.53	623.02	53,828.59
2030	124,213	435.37	37,615.75	837.87	72,392.09	680.64	58,807.45
2035	151,143	529.76	45,771.12	1,019.29	88,067.07	828.16	71,552.80
2040	160,964	564.18	48,745.16	1,080.78	93,379.52	877.35	75,802.75
2045	171,640	601.60	51,978.27	1,147.92	99,179.86	931.05	80,443.02
2050	183,088	641.72	55,444.98	1,219.95	105,403.97	988.68	85,422.31

Fuente: Evaluación propia.

5.4 Calidad de las aguas residuales crudas

Para determinar la calidad del agua cruda, se tomaron valores referenciales de calidad del agua cruda de localidades cercanas como es el caso de la Ciudad de Panamá y se verificaron con aportes per cápita de países de la región. A nivel mundial existen estudios exhaustivos y que han dado como resultado valores entre 40 a 150g/hab*d de aporte para la DBO¹. Para el caso de

¹ Extraído de cuarta edición de Metcalf & Eddy: Ingeniería de Aguas Residuales

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 43 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

este proyecto, se adoptaron los siguientes valores per cápita para las principales cargas contaminantes requeridas en el diseño:

- DBO₅ días, 20°C, g/hab*día 62
- DQO días, 20°C, g/hab*día 103
- Sólidos en suspensión g/hab*día 61
- Nitrógeno Kjeldahl Total g/hab*día 12
- Nitrógeno Amoniacal NH₃-N g/hab*día 7
- Fósforo P g/hab*día 3
- Coliformes fecales N° de bacterias/hab-día 2xE¹⁰

De este modo, para el horizonte del proyecto (2050), la planta de tratamiento deberá estar en capacidad de tratar las aguas residuales provenientes de 183,088 personas con un caudal de 85,422.31 m³/d, se obtiene a partir del balance de masa los siguientes valores unitarios para las principales cargas contaminantes de diseño:

- Demanda bioquímica de oxígeno: 132.89 mg/L
- Demanda química de oxígeno: 220.76 mg/L
- Sólidos en suspensión 130.74 mg/L
- Nitrógeno Kjeldahl Total 25.72 mg/L
- Nitrógeno Amoniacal NH₃-N 15.00 mg/L
- Fósforo P 6.43 mg/L
- Coliformes fecales 4.3.E+08 NMP/100 ml

En la Tabla 5.3 se muestran los resultados de la caracterización de las aguas residuales en base a una toma de muestras compuestas por 8 horas.

Tabla 5.3 Caracterización de las Aguas Residuales – Alcantarillado Existente

muestra	Alcantarillado Altos de Cáceres	Alcantarillado Fundavico	Alcantarillado Nuevo Chorrillo	Río Aguacate, aguas abajo
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	126,9	145,4	95,8	4,1
DQO (mgO ₂ /L)	221,7	231,3	139,8	<40
Nitrógeno Orgánico (mg/L)	8,6	9,1	5,7	1.968
Nitrógeno Amoniacal (mg/L)	15,4	14,4	7,7	1.816
Sólidos Totales (mg/L)	292	352	255	177
Sólidos Suspendidos (mg/L)	136	113	48	27
Nitratos (mg/L)	3,7	6,4	8,6	4,5
Fósforo (mg/L)	3,4	3,0	2,2	0,39

Fuente: Elaboración propia

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 44 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Por otro lado, se realizaron ensayos de sólidos sedimentables en cada una de las muestras mencionadas, que consistía en dejar en reposo por 30 minutos el agua residual para determinar el volumen ocupado por los sólidos sedimentables. Luego de 30 min, en cada una de las muestras tomadas no se produjo sedimento. Con este ensayo se demuestra que no es necesario incluir un sedimentador primario. Se adjuntan las vistas de los ensayos realizados.

Foto 7: Ensayo de Sólidos Sedimentables en Sistemas de Alcantarillado Existente



5.5 Calidad del agua residual tratada

El efluente tratado será descargado al río Aguacate, por esta razón se ha considerado que el tratamiento que se le dará a las aguas residuales domésticas de Arraiján Este, debe garantizar que los contaminantes bacterianos y la materia orgánica contenidos en el efluente tratado, se reduzcan a niveles mínimos.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, la calidad del agua residual a ser obtenida en el sistema de tratamiento debiera cumplir con los siguientes valores:

- DBO soluble <35 mg/l
- Sólidos suspendidos <35 mg/l
- Coliformes Totales < 1,000 NMP/100 mL
- Fósforo total 5 mg/l
- Nitrógeno Orgánico Total 10 mg/l
- Nitratos 6 mg/l
- Nitrógeno Amoniacal 3 mg/l

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 45 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

5.6 Calidad de los lodos digeridos

Dentro del recinto de la planta de tratamiento es necesario según la Norma DGNTI-COPANIT 47-2000 el tratamiento de los lodos de deshecho producto de la depuración de las aguas residuales. Según las características del agua residual y las tecnologías de tratamiento biológico utilizadas el lodo resultante es del tipo de tratamiento de clase I que serán aplicados para fabricación de abono y/o confinamiento al no tener un mercado para su recuperación como aporte económico.

Según la norma, está completamente prohibido el confinamiento de lodos líquidos (menos de 25% de sólidos). Para poder ser confinados es necesario realizar la deshidratación de los lodos como mínimo (más del 25% de sólidos totales). Sin embargo, la norma no establece límites máximos permisibles de metales pesados y coliformes para el confinamiento. Sólo lo establece para su reúso en abono o en aplicación al terreno. Considerando que los lodos son un subproducto importante y dado que su disposición inadecuada puede generar problemas ambientales y de salud, para el presente proyecto se considerará que los lodos serán utilizados para la fabricación de abono en dado caso que pueda ser empleado para tal fin.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, la calidad de los lodos a ser obtenida en el sistema de tratamiento debiera cumplir con los siguientes valores (según los límites indicados en la norma Tabla 3.1):

Tabla 5.4 Límite máximo Permissible de metales Pesados y Coliformes Fecales

Parámetro	Límite máximo permitido	Unidades (en base al peso seco)
Arsénico	75	mg/kg
Cadmio	85	mg/kg
Cromo	3 000	mg/kg
Cobre	4 300	mg/kg
Plomo	840	mg/kg
Mercurio	57	mg/kg
Molibdeno	75	mg/kg
Níquel	420	mg/kg
Selenio	100	mg/kg
Zinc	7 500	mg/kg
Coliformes Fecales	2 000	UFC/g

Norma DGNTI-COPANIT 47-2000: Extracto Tabla 3.1

6. ALTERNATIVA SELECCIONADA PARA EL PROCESO DE TRATAMIENTO

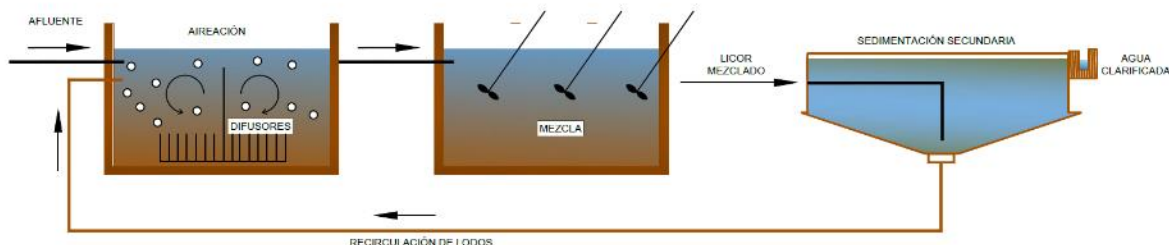
La alternativa seleccionada para el tratamiento de las aguas residuales domésticas corresponde al sistema de tratamiento de lodos activados convencional con nitrificación y post-desnitrificación.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 46 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Durante el proceso de selección de la tecnología se tuvo en cuenta la baja carga orgánica (en términos de DBO) y se consideró al nitrógeno como nutriente limitante.

Figura 6.1: Esquema del sistema de tratamiento de lodos activados convencional con nitrificación y post-desnitrificación



En el caso del Tratamiento de Lodos dadas se realizará la estabilización del lodo a través de la digestión anaerobia previo espesamiento. Esta digestión genera biogás que será almacenado adecuadamente en la planta dando la posibilidad de su reutilización para la generación de energía eléctrica.

La Planta contará en su primera etapa de 3 módulos de tratamiento que entrarán en operación progresivamente conforme se incorporen al sistema de alcantarillado los distintos sectores beneficiados con el Proyecto. Cada módulo será capaz de tratar 210l/s (caudal máximo diario) con un caudal total de 623 l/s cuando se encuentren en operación los 3 módulos, que permitirá tratar las aguas de forma eficiente hasta el año 2025. A partir de este año será necesaria la ampliación de dos módulos más para alcanzar el total del caudal al año 2050. Durante la operación de la Planta será posible retirar de operación una de las líneas de tratamiento y tratar el total del caudal en los módulos restantes, es decir que cada módulo será capaz de tratar 300l/s como máximo cumpliendo con los límites máximos en la descarga.

7. COMPONENTES DE SISTEMA DE LA PTAR ARRAIJÁN ESTE

A continuación se presenta un esquema general en Planta del sistema de tratamiento propuesto con todos sus componentes, tanto los referidos estrictamente al tratamiento de las aguas residuales y las obras complementarias necesarias para su correcta operación.

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE ARRAIJÁN ESTE

Figura 7.1: Planta General PTAR Arraiján Este



Leyenda Figura 7.5:

1. Oficina de UCP Arraiján Este, 2. Edificio de Administración y Operación de la PTAR, 2a. Laboratorio, 3. Talleres de Operación y Mantenimiento de Redes y PTAR, 4. Pretratamiento, 5. Reactores de Lodos Activados, 6. Sedimentadores Secundarios, 7. Edificio de Sopladores, 8. Estación de Bombeo de Retorno de Lodos, 9. Espesadores de Lodos, 10. Digestores Anaeróbicos Primarios, 11. Digestores Anaeróbicos Secundarios, 12. Edificio de Deshidratación de Lodos, 13. Edificio de Cogeneración de Energía, 14. Tanque de Contacto de Cloro, 15. Edificio de Cloración, 16. Gasómetro y Antorcha, 17. Cortina Rompe Viento, 18. Vía de Acceso Principal, 19. Protección de talud, 20. Estación de bombeo de Nuevo Chorrillo.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 48 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

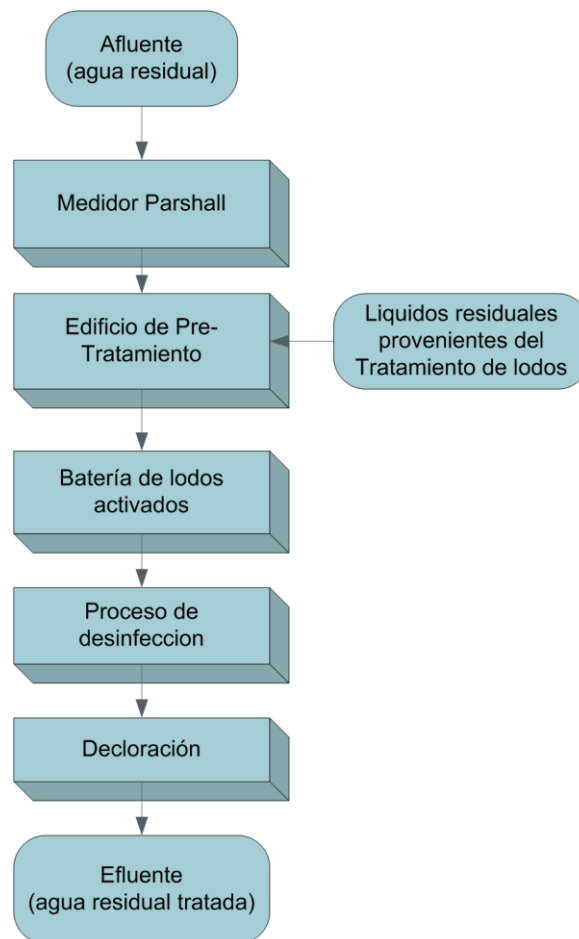
8. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO

Para una mejor comprensión de las partes físicas de la PTAR, así como de los procesos fisico-químicos unitarios involucrados, y teniendo como referencia la naturaleza del desecho líquido que se procesa, la PTAR se divide con dos líneas principales de tratamiento, la línea de tratamiento de Agua propiamente dicha y la línea de tratamiento de los lodos residuales.

8.1 Línea de Tratamiento de Agua

La línea de tratamiento de agua consta de un medidor de caudal (Parshall), el edificio de pre-tratamiento, la batería de lodos activados, la desinfección y la decloración. El diagrama de flujo indicado a continuación muestra los procesos correspondientes a la línea de tratamiento de agua:

Figura 8.1: Diagrama de flujo del tratamiento de agua





Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 49 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

8.1.1 Edificio de Pre-tratamiento

En este edificio se recibe el agua residual, luego de su primer tamizado en la estación de bombeo, a través de una línea de impulsión. En este recinto, se dispondrá de un canal Parshall para el control del caudal del ingreso a la planta. En este mismo edificio se realiza el acondicionamiento del agua residual mediante procesos físicos de separación de materiales flotantes, basuras, grasas y arenas. Este edificio tendrá tres líneas que trabajarán alternadamente con el caudal que envíen las bombas.

Luego del canal Parshall se instalará la cámara de rejas. El detalle de dimensiones de la cámara de rejas se muestra en el Anexo B.

Esta reja se ubica en un ángulo de 75° con respecto a la horizontal y el material retenido es extraído mediante un tornillo transportador de 273 mm de diámetro y conducido a un compactador-lavador para eliminar la mayor cantidad posible de materia orgánica fecal. Aguas arriba y abajo de cada una de las rejas se proyectan compuertas deslizantes para aislar a la unidad mecánica y brindar el mantenimiento correctivo o preventivo necesario cuando se requiera. En la primera etapa se propone la construcción del total de la cámara de rejas, como obra civil, pero solamente la instalación de dos rejas mecánicas.

Inmediatamente después de la cámara de llegada, las aguas residuales serán conducidas por medio de canales abiertos de 1,60 m. de ancho hasta cada uno de los desarenadores. Los desarenadores están compuestos por tres unidades en paralelo del tipo aireado con puente móvil. Durante la primera fase se construirán dos unidades y en la segunda fase la unidad restante. El detalle de dimensiones de la cámara de rejas se muestra en el Anexo B. Dentro de características adicionales con respecto al desarenador se pueden indicar las siguientes:

- La arena retirada por la bomba del puente rodante se descargará a canales laterales, desde donde fluirá a través de una tubería hacia el clasificador para su pre lavado y deshidratado de la arena. La capacidad de la bomba de cada puente rodante es de 6.5 L/s y una potencia estimada de 0.75 kW.
- El sistema de aeración estará compuesto por dos sopladores de 1100 metros cúbicos de aire por hora a una presión operativa de 3.5 metros y 23 kW de potencia por equipo.
- El aire se difundirá en los desarenadores por medio de difusores burbuja media y gruesa
- Cada desarenador llevará compuertas de acción manual ubicadas al ingreso.
- La salida de las aguas desarenadas se realizará por medio de canaletas vertederos

Con respecto al control de olores en el edificio se contará con un lavador de gases o de un filtro biológico.

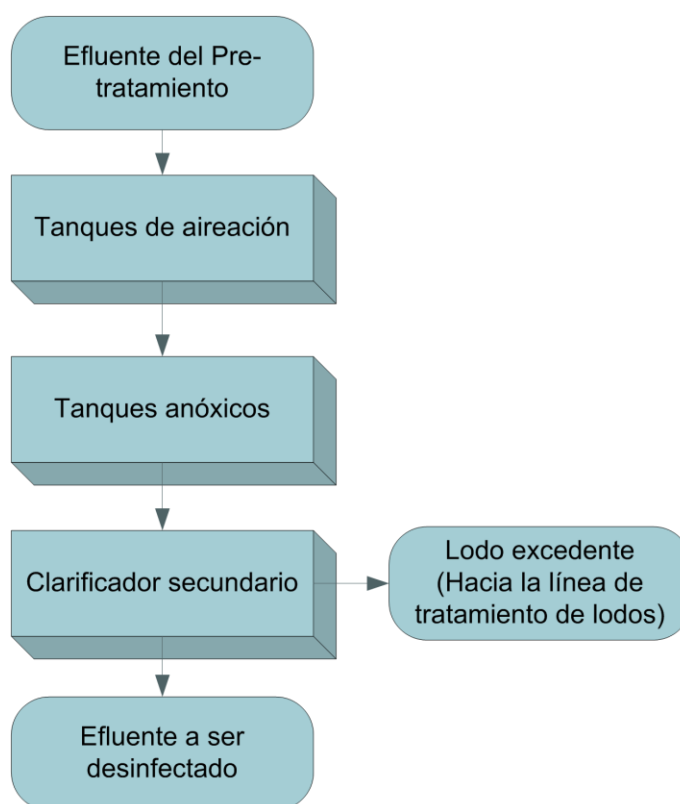
Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 50 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

8.1.2 Batería de lodos activados

Existen tres baterías de lodos activados de concreto armado. Cada batería recibe un afluente de 210 l/s y está conformada por 02 tanques de aireación en serie y 01 tanque anóxico. El diagrama de flujo indicado a continuación muestra los procesos correspondientes a una batería de lodos activados:

Figura 8.2: Diagrama de flujo de una batería de lodos activados



8.1.2.1 Tanques de aireación

Son tanques de concreto armado. El objetivo de estas unidades es el tratamiento biológico de las aguas residuales incluyendo reacciones de nitrificación con la respectiva formación de nitratos. En estas unidades las aguas residuales ingresan continuamente. Se tratará en promedio 623 l/s para 3 baterías (cada una diseñado para 210l/s) en la primera fase y 1000 l/s para 5 tanques en la segunda fase). Cada batería está formada por dos tanques aerobios. Los reactores son de 27.80m de largo y 25m de ancho por 4m de altura útil de 4m. El detalle de dimensiones se muestra en el Anexo B y la memoria de cálculo estructural se encuentra en el Anexo C.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 51 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

A fin de proporcionar un ambiente aerobio se instalarán difusores de aire del tipo membrana que proveerán el oxígeno necesario para la degradación de la materia orgánica, lograrán la suspensión de los lodos y formarán el licor mezclado “activo”.

8.1.2.2 Tanques anóxicos

Son tanques de concreto armado ubicados a continuación de los tanques de aireación. El objetivo de estas unidades es llevar a cabo la eliminación del nitrógeno mediante reacciones de desnitrificación. Esta conversión se lleva a cabo mediante la participación de microorganismos heterotróficos en ausencia de oxígeno atmosférico utilizando el nitrógeno como aceptor de electrones. En estas unidades las aguas residuales ingresan continuamente. Se proyectan construir 3 tanques anóxicos en primera fase y 5 tanques para la segunda. El reactor anóxico tiene 16m de largo, 25m de ancho y 4m de altura útil, que trabajarán en serie con los tanques aerobios descritos anteriormente para lograr la eficiencia de remoción necesaria. Este tanque contará con una tubería de ingreso directamente del Pre-tratamiento cuando se considere necesario el ingreso de una fuente carbono. El detalle de dimensiones se muestra en el Anexo B y la memoria de cálculo estructural se encuentra en el Anexo C.

El reactor anóxico estará provisto de mezcladores para la homogenización del líquido los mismos que evitarán cortos circuitos y/o zonas muertas dentro del reactor.

8.1.3 Clarificadores Secundarios

En estas unidades se produce la separación del agua y de los sólidos que forman el licor mezclado resultado del tratamiento en los reactores biológicos. Este proceso de separación se realiza a través de la decantación física. En los reactores biológicos, por acción de la biomasa generada forman flóculos orgánicos que debido a su tamaño pueden ser fácilmente separados de la fase líquida. Son cubas de hormigón, en las cuales la alimentación se realiza por la parte central, que dispone de una campana responsable de disipar la energía cinética con la que entra el agua en la unidad y la distribución del flujo uniformemente en todas las direcciones. La salida del agua clarificada se lleva a cabo a través de un vertedero apoyado en una canaleta perimétrica. El detalle de dimensiones se muestra en el Anexo B y la memoria de cálculo estructural se encuentra en el Anexo C.

El mecanismo de extracción de lodos es un puente giratorio, con un mecanismo de tracción sobre el muro exterior sobre el cual se desplaza apoyado en ruedas y sobre una columna central que le sirve de pivote. Luego desde aquí se extraen los lodos y a través de una estación de bombeo se retornan al tanque de aireación de esta manera no se produce la pérdida de biomasa necesaria para el tratamiento biológico.

La planta contará con 5 unidades, una por cada módulo de tratamiento, cada una será de diámetro 32m y 4m de altura efectiva de sedimentación. Cada sedimentador tendrá su estación

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 52 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

de bombeo de lodos. Durante la primera fase se construirán 3 módulos (3 unidades) y posteriormente las 2 restantes según el incremento de la demanda lo amerite.

Cuando la edad del lodo superé lo indicado en el diseño (entre 15 a 20 días) será necesario su purga y eliminación del sistema para continuar su estabilización.

8.1.4 Proceso de Desinfección

El agua residual tratada será desinfectada con cloro para el control de los microorganismos patógenos. Para el proceso de desinfección se ha previsto dos tanques de contacto de cloro para un tiempo de reacción de 30min (una para la primera fase y otra para la segunda fase). Cada cámara tendrá su respectivo dosificador de cloro gas. La memoria de cálculo estructural se encuentra en el Anexo C.

Se contempla la instalación de un lavador de ojos, además del sistema de protección y alarma contra fuga de cloro. El recinto estará bien ventilado con su respectivo sistema de extracción de aire en caso de fuga.

Las características del sistema de cloración son:

- 1) Edificio de Cloración
 - a) Área de Almacenaje y control
 - i) Tipo de techo Losa maciza de 20cm
 - ii) Equipamiento
 - Balones 1 tonelada métrica
 - Gas Cloro
 - Detector de cloro 1 unidad
 - Cantidad de balones 4 unidades (balones de cloro en operación)
 - Reserva 16 (balones de cloro)
 - Balanzas 4 unidades
 - Grúa Tipo puente desplazamiento horizontal
 - b) Edificio de dosificación
 - i) Tipo de techo Losa maciza
 - ii) Equipamiento
 - Dosificadores 2 unidades
 - Detector de cloro 1 unidad
- 2) Tanque de contacto de cloro
 - Largo 26.70 m
 - Ancho 2.10 m
 - Número de canales 10
 - Profundidad util 2.00 m
 - Borde libre 0.50 m

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 53 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

8.1.5 Proceso de Declaración

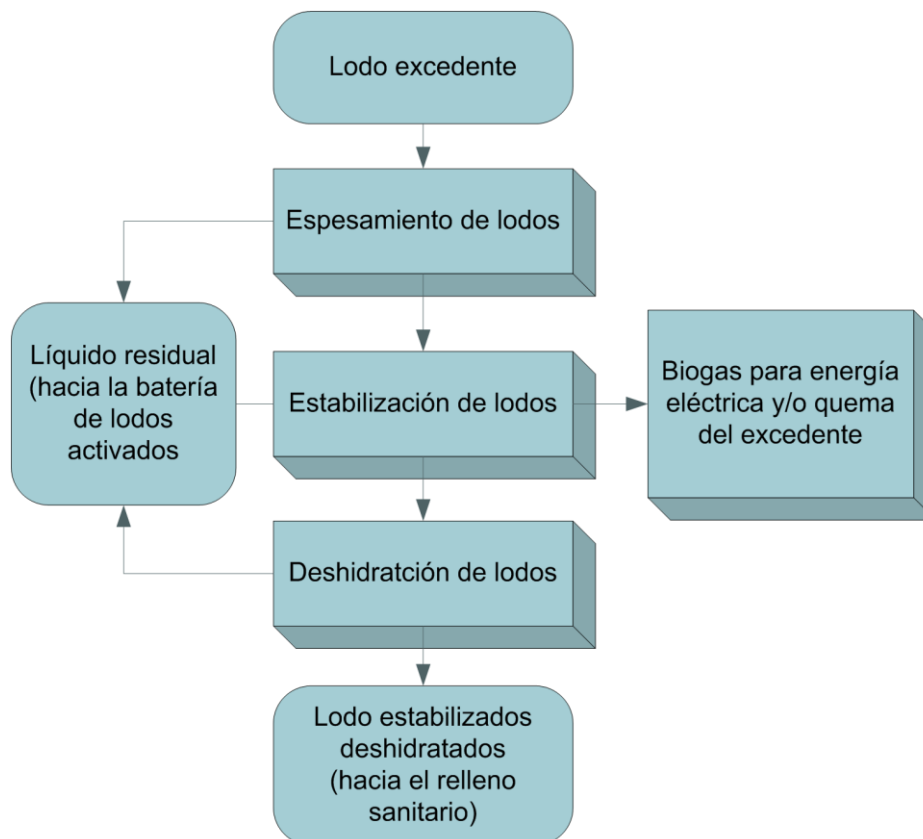
En el caso que el porcentaje de cloro residual exceda los límites máximos permisibles establecidos en la norma, se debe realizar la reducción del cloro mediante la adición de dióxido de azufre o sales de azufre antes de la descarga del efluente hacia el cuerpo de agua. Estos compuestos son disueltos en agua originando especies iónicas sulfuradas que reaccionan con el cloro libre eliminándolo. Se recomienda controlar principalmente la dosis cloro gas y su tiempo de contacto para evitar el adicionar este químico.

8.2 Línea de Tratamiento de Lodos

Se contará con dos baterías para el tratamiento de lodos (una para la primera fase y otra para la segunda fase). Cada batería consta de un espesador un digestor primario, un digestor secundario y un deshidratador. El biogás producido será almacenado en un gasómetro para la generación de biogás y/o quema respectiva.

El diagrama de flujo indicado a continuación muestra los procesos correspondientes a una batería de la línea de tratamiento de lodos:

Figura 8.3: Diagrama de flujo del tratamiento de lodos



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 54 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

8.2.1 Espesamiento de Lodos

Este es el primer componente del tratamiento. Se busca aumentar el contenido de sólidos de los lodos mecánicamente con un espesador a gravedad. Son unidades circulares de 14m de diámetro de hormigón. El detalle de dimensiones se muestra en el Anexo B y la memoria de cálculo estructural se encuentra en el Anexo C.

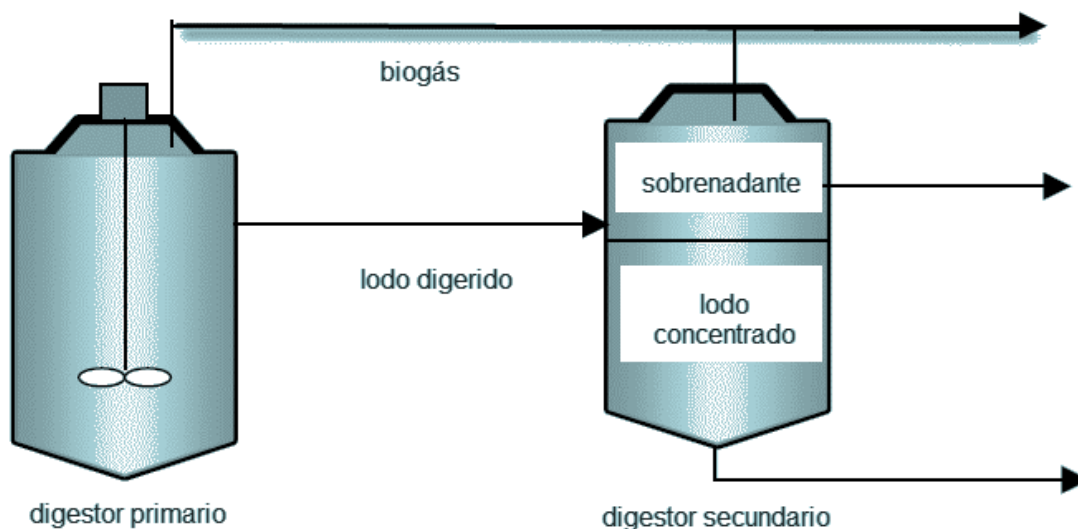
El agua residual resultante llamado lixiviado se vierte en la entrada del tanque de aireación primario para su tratamiento.

8.2.2 Estabilización de lodos

La estabilización de los lodos se realiza mediante la digestión anaerobia, que consiste en la degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno molecular a 35°C. La materia orgánica contenida en los lodos secundarios, se convierte, principalmente en metano y dióxido de carbono.

La estabilización de lodos en el presente proyecto se realizará a través de un sistema de digestión anaerobia de lodos de dos baterías y cada batería consta de un digester primario seguido por otro digester secundario. En el digester primario realizará la conversión rápida de materia orgánica en biogás. El proceso se desarrolla en un reactor completamente cerrado con dispositivos de mezcla, donde se introducen los lodos, ya sea en forma continua o intermitente, permaneciendo dentro del reactor un tiempo de retención de 20 días). En la segunda etapa el digester secundario realizará la separación optimizada de las fases sólida y líquida. Aunque el objetivo del digester secundario es la separación de fases, es posible también la producción de biogás.

Figura 8.4: Esquema del digester de lodos



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 55 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

El volumen del digestor primario será de 2227 m³, dentro del cual el volumen ocupado por el lodo será de =1937 m³ y el volumen reservado para la acumulación de biogás será de 290 m³. El volumen del digestor secundario será de 1259 m³.

8.2.3 Producción de Biogas

Como producto de la digestión anaerobia se espera la producción de biogás cuyo principal componente es el gas metano, el cual podrá ser utilizado para generar energía eléctrica a través de una turbina dual (diesel-biogás). La composición típica del biogás proveniente de reactores anaerobios se describe en la tabla a continuación:

Tabla 8.1: Cuadro de características del área seleccionada para la Ubicación PTAR

Gas	%(Volumen/volumen)
metano	63-70
Dióxido de carbono	30-38
Sulfuro de hidrógeno	50-3000 ppm
Nitrógeno	0.05-1.0
Oxígeno	0.022
Hidrógeno	<0.01
Vapor de agua	Saturación

Fuente: Von Sperling & De Lemos Chernicharo (2009)

El biogás producido será almacenado en un gasómetro de una capacidad de 1056 m³. El biogás remanente se quemará a través de una antorcha.

8.2.4 Deshidratación de Lodos

Los lodos digeridos serán descargados a una cámara de bombeo desde donde se impulsará a la cámara de carga y luego con ayuda de bombas de helicoidales excéntricas serán impulsadas a la centrífuga para su secado. Las características del sistema de deshidratado de lodos son los siguientes:

- 1) Centrifugas
 - a) Cantidad 2
 - b) Tipo horizontal
 - c) Capacidad 30 m³/h
- 2) Dosificadores de polímeros
 - a) Cantidad 2
 - b) Tipo bomba peristáltica

Los lodos deshidratados previa adición de cal, serán dispuestos en el Relleno Sanitario de La Chorrera, próximo a construirse, se prevé la disposición de los mismos en celdas confinadas acorde con las normas panameñas al respecto de lodos provenientes de plantas de tratamiento

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 56 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

8.2.5 Cogeneración de Energía

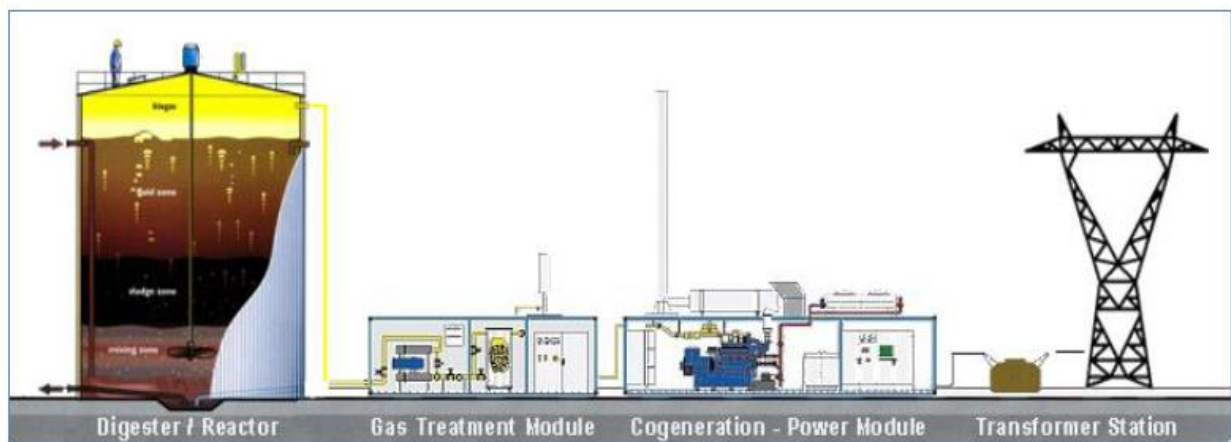
Los lodos generados por la PTAR de Burunga, a través de un proceso de digestión anaerobia, son transformados en biogás (dióxido de carbono y metano) y lodos estabilizados. El biogás, dependiendo de la riqueza relativa en metano que posea, tiene un mayor o menor poder calorífico, que en cualquier caso puede ser utilizado en un proceso de cogeneración.

La energía producida en el proceso de cogeneración se va utilizar para mantener constante la temperatura del digester anaerobio y para calentar previamente los lodos digeridos antes del proceso de deshidratación, y consecuentemente aumentar la eficacia de esta operación.

Para transformar el biogás en energía eléctrica y energía térmica existen dos tecnologías alternativas: los motores de combustión y las microturbinas. Los motores de combustión sólo son válidos cuando la concentración de metano en el biogás es superior al 40%. Tienen una eficacia eléctrica del 35-40% y una eficacia térmica del 35-40%. En contrapartida, las microturbinas pueden operar con una riqueza de metano del 30% (35% en el arranque), su eficiencia eléctrica es del 25-30% y su eficiencia térmica del 55-60%. Considerando la eficiencia global (la suma de la eficiencia eléctrica y de la eficiencia térmica), las microturbinas presentan mejores resultados que los motores de combustión.

En la Figura 8.5 se muestra un sistema de cogeneración eléctrica y térmica a partir del biogás producido en la digestión anaerobia.

Figura 8.5 Aprovechamiento del biogás en un sistema de cogeneración



Fuente: Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso?, Juan Limón, Guadalajara, Jalisco.

Los principales beneficios de la cogeneración:

- Mayor eficiencia en la conversión y uso de energía.
- Menos emisiones al ambiente.



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 57 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

- El aprovechamiento de combustibles alternos disminuye costos, reduce la necesidad de disponer del residuo y proporciona competitividad económica

Los componentes de un sistema de cogeneración incluyen el motor, el generador, la recuperación de calor y la interconexión eléctrica, integrados en un solo sistema. Aunque la energía mecánica del motor normalmente se utiliza para generar electricidad, también se puede utilizar para impulsar equipo rotatorio como compresores, bombas y sopladores. La energía térmica del proceso se puede utilizar en aplicaciones directas en proceso o indirectas para producir vapor, agua caliente, aire caliente para secado o agua fría para enfriamiento de proceso.

Con mira en evitar y reducir los GEI, el proyecto contempla la utilización de fuente de energía de la producción de los lodos, el diseño contempla la utilización del Biogás, mediante la cogeneración.

El biogás generado del proceso de digestión será capturado y almacenado en el sitio a fin de reutilizarlo para generar ya sea energía eléctrica o aprovechando su poder calorífico para usarlo en el proceso de digestión, espera utilizar el 89.8%, el resto será quemado a través de una chimenea y/o liberado a la atmósfera.

9. OTROS COMPONENTES DE LA PTAR

9.1 Red de Agua Potable

El agua potable que se consumirá en la planta será abastecida de las redes del acueducto del IDAAN de ese sector. Se ha previsto para efectos de dotar de agua potable a la PTAR (Caseta de vigilancia, edificio de administración, edificio de operación, laboratorio y talleres) una línea de 200mm en PVC desde la Red de agua potable de Nuevo Chorrillo, el punto de empalme será en la vía de acceso al centro de salud. Además de la dotación de agua para la caseta de vigilancia, edificio de administración, edificio de operación, laboratorio y talleres, se contará una línea de agua potable de 75mm para realizar la limpieza de las cajas y unidades de tratamiento.

9.2 Alumbrado Público y Acometida

La alimentación de energía eléctrica se hará desde una línea trifásica ubicada en la vía principal de Nuevo Chorrillo desde el último poste ubicado aproximadamente a 500 metros de los terrenos de la Planta que suministrará del servicio tanto para las unidades de tratamiento que lo requieran así como para los edificios.

La planta contará con un grupo electrógeno para su operatividad en caso de falta de suministro eléctrico que puede ser dual para funcionar con diesel y biogas.



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 58 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

9.3 Alcantarillado Sanitario

Para la eliminación de las aguas negras provenientes de los edificios (aguas residuales domésticas) se realizará una red interna de alcantarillado sanitario que llegará hasta la estación de bombeo de Nuevo Chorrillo que a su vez la conducirán las aguas a través de una tubería de impulsión hacia la cámara de entrada de la PTAR para su tratamiento.

9.4 Seguridad de la PTAR

9.4.1 Caseta de Vigilancia

Debido a las características del agua que se trata por su alta carga orgánica y bacteriológica perjudicial para la salud tanto de los pobladores como de los animales se ha contemplado la instalación de una caseta de vigilancia, provista de un área de trabajo, un servicio higiénico y un dormitorio. Esta caseta cumple con el propósito de darle la seguridad a la planta controlando el ingreso y por otro lado evitando la manipulación de los equipos por personas ajenas al equipo de operación y mantenimiento.

9.4.2 Cerco Perimétrico y Portón de Ingreso

Para el resguardo de las instalaciones de la PTAR se ha previsto un cerco perimétrico de malla ciclón con postes de hierro galvanizado de 2.00m de altura y cada 3m, con un portón de ingreso colocado sobre la vía principal, siendo éste de dos hojas y tiene aprox. 3m de ancho por cada hoja, del mismo estilo del cerco perimetrico.

9.5 Caminos

Los caminos son resultado de la conformación de los terraplenes como mínimo tendrán 7.0 m de ancho para permitir la circulación vehicular, con un bombeo de 2%, y una capa de afirmado mínima de 10cm por debajo de la rasante mencionada en los planos. Debido a que el área de la planta posee quebradas naturales y dividen naturalmente el terreno en tres partes, las mismas se encausarán dejándolas como parte del entorno paisajístico y ambiental de la Planta.

9.6 Forestación y Zonas de amortiguamiento

Alrededor de la planta, se ha previsto la arborización de una franja de amortiguamiento en forma de cortina, de aproximadamente 30m, para generar un entorno ecológico mitigando la contaminación visual, auditiva y disipación de malos olores en el caso de producirse. A continuación se describen las especies que conforman esta Cortina.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 59 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

9.6.1 Cortina rompe vientos

El área de la planta contará con una cortina rompe vientos cuya finalidad no sólo es de servir como barrera natural sino también que aisle la instalación de la comunidad, actué de pantalla visual, evite el paso de olores a las comunidades circundantes y disminuya los impactos sobre el paisaje.

La cortina contara con tres filas de estratos de árboles y arbustos (ver Figura 9.1) debido a que en mayor densidad de árboles, el efecto de contrarrestar el efecto del viento es mayor, en la Figura 9.2 se observa el efecto de la cortina respecto a su permeabilidad y en La Figura 9.3 turbulencia que provoca la cortina al romper la fuerza y dirección del viento, lo que hace disminuir su impacto al lado adyacente, lo cual protege el esparcimiento de olores hacia las comunidades.

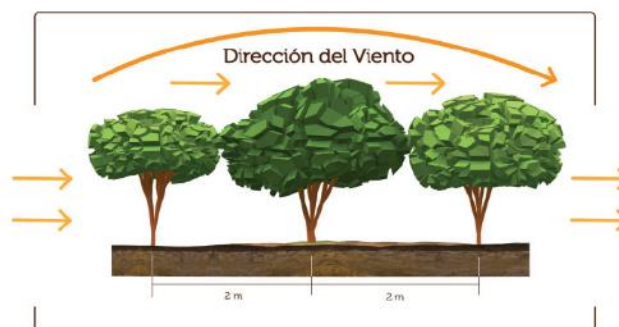
La estructura de la cortina rompe viento, debe definirse para dejar pasar el 40% del viento, para reducir así la turbulencia en el área cercana a la cortina, debe evitarse espacios abiertos en la cortina porque puede neutralizarse su efecto por formarse un embudo. Una cortina debe constar de por lo menos dos filas alternas de árboles, esto se logra sembrando al tresbolillo, tal como se ve en la Figura 9.1. La cortina se construirá de 3 estratos o niveles de copa.

Figura 9.1 Diagrama de cortina rompe viento de 3 filas y estratos de arboles



Fuente: Martínez, H. 1989. El componente forestal en los sistemas de finca de pequeños agricultores.

Figura 9.2 Efectos de permeabilidad de cortinas

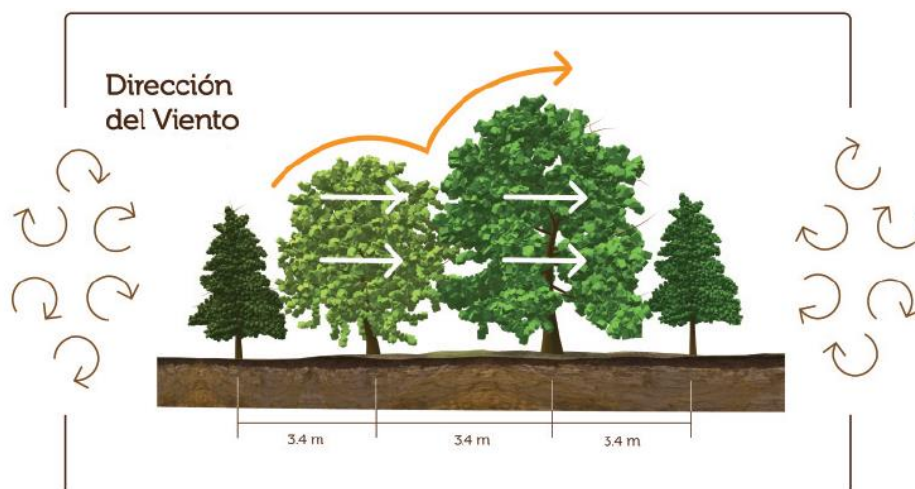


Fuente: Martínez, H. 1989. El componente forestal en los sistemas de finca de pequeños agricultores.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 60 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Figura 9.3 Turbulencia por permeabilidad



Fuente: Martínez, H. 1989. El componente forestal en los sistemas de finca de pequeños agricultores.

9.6.2 Selección de especies de plantas a utilizar

Las especies recomendadas son de rápido crecimiento y presentan una copa grande y follaje denso, para favorecer el amortiguamiento del olor. Además, deben ser especies de árboles perennifolios; o sea que mantengan el follaje a lo largo de todo el año. Las especies recomendadas para esta cortina se describen a continuación y estarán distribuidas de tal forma que las especies con menor altura se encuentren hacia la planta y las más altas de dispongan más alejadas.

Estrato	Tipo de árboles o arbusto
Alto	Nombre Científico: <i>Anacardium excelsum</i> Nombre Común: Espave Familia: Anacardiaceae
	Nombre Científico: <i>Luehea seemannii</i> Nombre Común: Guácimo Colorado Familia: Tiliácea
	Nombre Científico: <i>Ochroma pyramidale</i> Nombre Común: Balso Familia: Bombacácea

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 61 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Estrato	Tipo de árboles o arbusto
	<p>Nombre Científico: Andira inermis Nombre Común: Harino Familia: Leguminosae Papilionoideae</p>
Medio	<p>Nombre Científico: Copaifera aromatica Nombre Común: Cabimo Familia: Fabaceae (Caesalpinioideae)</p> <p>Nombre Científico: Caesalpinia coraria Nombre Común: Agallo Familia: Fabaceae (Caesalpinioideae)</p> <p>Nombre Científico: Guazuma ulmifolia Nombre Común: Guácimo Familia: Sterculiaceae</p> <p>Nombre Científico: Calophyllum inophyllum Nombre Común: María Familia: Clusiaceae</p>
Bajo	<p>Nombre Científico: Thevetia peruviana Nombre Común: Campanilla amarilla Familia: Apocynaceae</p> <p>Nombre Científico: Hibiscus-rosa-sinensis Nombre Común: Papo Familia: Malvaceae</p> <p>Nombre Científico: Brunfelsia pauciflora Nombre Común: Ayer, hoy y mañana Familia: Solanaceae</p> <p>Nombre Científico: Murraya paniculata Nombre Común: Mirto Familia: Rutaceae</p>

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 62 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Nombre Científico: *Anacardium excelsum*

Nombre Común: Espave

Familia: Anacardiaceae

Descripción botánica

Árbol: De 20 a 40 m de alto. Tronco con la corteza exterior gris o negra, laminar o fisurada.

Hojas: Simples y alternas, de 10 a 35 cm de largo y de 4 a 12 cm de ancho, obovadas, con ápice redondeado, emarginado o agudo, bordes enteros y base cuneada.

Flores y frutos: Florece y fructifica de febrero a mayo. Flores verdes o amarillentas. Frutos en nueces arriñonadas, de 2 a 3.5 cm de largo, colgando de un pedúnculo arqueado y en forma de "S".



Nombre Científico: *Luehea seemannii*

Nombre Común: Guácimo Colorado

Familia: Tiliácea

Descripción botánica

Árbol de 15 a 30 m de altura. Hojas simples, alternas de 7 a 40 cm de largo por 3 a 16 cm de ancho, oblongo-obovado, algo asimétricos en la base, margen aserrado. Lámina con el envés pardo-ferrugíneo, 3 nervios bien definidos en la base.

Inflorescencias tirso axilares o terminales, de 5 a 20 cm de largo. Flores crema. Frutos 5 angulados, angosto-elípticos, de 2 a 2.5 cm de largo.





Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 63 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Nombre Científico: *Ochroma pyramidale*

Nombre Común: Balso

Familia: Bombacácea

Descripción botánica

Porte: árbol siempre verde que puede alcanzar alturas de 30 m y diámetros de hasta 1.8m, normalmente menores, fuste recto y cilíndrico, libre de ramas hasta 15 m de altura, frecuentemente con gambas.

Copa: grande y amplia, extendida, con ramas dispersas. Corteza: lisa o ligeramente agrietada, de color grisáceo a café.

Hojas: simples y estipuladas, grandes, de 10-40cm de largo y 10-35cm de ancho, enteras o con 3-5 lóbulos, membranáceas. Flores: hermafroditas, con aroma suave, solitarias. Cáliz color rojo o púrpura, corola con cinco pétalos blanquecinos, de margen rojizo.

Frutos: cápsulas alargadas, que abren en cinco valvas, de 14-28cm de largo. Las valvas son pardas a negras, densamente lanosas en el interior.

Semillas: oscuras, numerosas y pequeñas, de 5mm de largo, aceitosas, envueltas en una lana amarillenta y sedosa.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 64 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Nombre Científico: *Andira inermis*

Nombre Común: Harino

Familia: Leguminosae Papilionoideae

Descripción botánica

Árbol caduco, de 25-30 m de altura y hasta 120 cm de DAP, de copa redondeada y follaje denso.

El fuste es recto y cilíndrico y tiene una corteza que se desprende en piezas delgadas y rectangulares.

Las hojas son compuestas, el número de pinnas es impar con un pecíolo corto de 3-6 cm. Tienen de 4-19 pares de hojuelas, de 6-10 cm de largo cada una. Las inflorescencias vienen en panículas de 10-30 cm con flores individuales de 1-1.3 cm de largo y de un vistoso color púrpura. Los frutos son drupas en forma de huevo de 2.5-4.0 cm de largo, de color pardo oscuro o casi negros, muy duros y con una semilla en cada uno.

Se reconoce fácilmente por las hojas con estípulas sobre el raquis y las hojuelas verde-lustrosas con el borde ondulado. La planta emite un fuerte olor a frijol, en el interior de la corteza y al estrujar las hojas. Las hojas recién nacidas son canela rojizo

Nombre Científico: *Copaifera aromatica*

Nombre Común: Cabimo

Familia: Fabaceae (Caesalpinioideae)

Descripción botánica

Árbol: De 10 a 20 m de alto. Tronco con la corteza exterior amarillenta y exfoliante en placas laminares. Exudado resinoso.

Hojas: Paripinnadas y alternas. Folíolos asimétricos y con puntos translúcidos, de 2 a 8 cm de largo y de 2 a 3 cm de ancho, ovados a oblongos, con ápice acuminado, bordes enteros y base obtusa.

Flores y frutos: Florece y fructifica de noviembre a marzo. Flores blancas y pequeñas, aromáticas. Frutos en legumbres oblongas y aplanadas, de 2 a 3 cm de largo, verdes, tornándose rojos y dehiscentes al madurar. Semillas envueltas parcialmente por un arilo rojo o anaranjado.

Notas: El árbol es semideciduo y deja caer sus hojas parcialmente durante la estación seca, pero las repone a inicios de la estación lluviosa. Común y fácil de observar a orillas de ríos y riachuelos.



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 65 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Nombre Científico: *Caesalpinia coraria*

Nombre Común: Agallo

Familia: Fabaceae (Caesalpinioideae)

Descripción botánica

Árbol: De 5 a 20 m de alto. Copa redondeada. Tronco irregular y ligeramente acanalado. Corteza exterior negra.

Hojas: Bipinnadas y alternas. Folíolos de 0.4 a 0.8 cm de largo y de 0.1 a 0.2 cm de ancho, lineares y oblongos, con ápice obtuso, bordes enteros y base subcordada o truncada. Los folíolos presentan puntos negros en el envés.

Flores y frutos: Florece y fructifica de abril a noviembre. Flores blancas o amarillentas, aromáticas. Frutos en legumbres de forma irregular, enrollados o espiralados, de 3 a 6 cm de largo, verdes, tornándose rojizos o negros al madurar.

Notas: El árbol es deciduo y deja caer sus hojas durante la estación seca, pero las repone a inicios de la estación lluviosa.



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 66 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Nombre Científico: *Guazuma ulmifolia*

Nombre Común: Guácimo

Familia: Sterculiaceae

Descripción botánica

Árbol pequeño, raramente de más de 8 m en condiciones abiertas y 16 m en bosque cerrado. Diámetro hasta 50 cm. Ramifica desde baja altura. Copa ancha, irregular, con ramas arqueadas.

Corteza gris, con fisuras horizontales y verticales en forma de diamante. Hojas simples, alternas, formando dos hileras a lo largo de la rama. La hoja es lanceolada, 2-16 cm de largo, con borde serrado.

El haz es liso y verde oscuro, el envés verde pálido y vellosos., con venas abultadas. Los grupos de pequeñas flores amarillas se agrupan en panículas de hasta 3 cm de largo. Los frutos son cápsulas redondas, de 1.6-2.4 cm de largo, muy verrugosas. Oscurecen y endurecen al madurar, y se abren irregularmente por muchos poros pequeños, aunque sin liberar la semilla. Dentro hay cinco celdas con numerosas semillas blancas de 3 mm envueltas en una pulpa dulce



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 67 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Nombre Científico: *Calophyllum inophyllum*

Nombre Común: María

Familia: Clusiaceae

Descripción botánica

Por lo general, alcanza de 8 a 20 metros de altura. La flor es de 25 milímetros de ancho y se produce en racimos o panículas en inflorescencias con 4 a 15 flores. La floración puede ocurrir durante todo el año, pero por lo general se observan dos períodos distintos de floración, a finales de primavera y en otoño. El fruto es una drupa verde de 2 a 4 centímetros de diámetro y con una sola semilla grande. Cuando madura, la fruta está arrugada y su color varía del amarillo al rojo oscuro.

Este árbol crece a menudo en las regiones costeras, así como los bosques cercanos de tierras bajas. Sin embargo, también se ha cultivado con éxito en las zonas interiores a altitudes moderadas. Tolerancia variados tipos de suelos, arena costera, arcilla o incluso suelos degradados.



Nombre Científico: *Thevetia peruviana*

Nombre Común: Campanilla amarilla

Familia: Apocynaceae

Descripción botánica

Es un arbusto que alcanza entre 4 y 5 metros de altura. Su follaje es denso y se mantiene verde todo el año.

Arbusto cupuliforme de hojas lineales, lanceoladas y amontonadas brillantes de un verde vivo, duras y apenas pecioladas.

Flores amarillas o naranja claro, ligeramente perfumadas y de 5 cm de diámetro, brotan sobre pedúnculos largos. Florece a intervalos durante buena parte del año en su hábitat nativo.



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 68 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Nombre Científico: Hibiscus-rosa-sinensis

Nombre Común: Papo

Familia: Malvaceae

Descripción botánica

Esta especie forma un arbusto o pequeño árbol de entre 2,5 a 5 m de altura. Las hojas, de color verde brillante, son pecioladas, anchas, entre ovadas a lanceoladas con bordes dentados irregularmente.

Las flores son grandes, con cinco pétalos -en las variedades sencillas- de 6 a 12 cm de largo.

Los estambres se disponen en forma columnar sobresaliendo de la corola. Existen numerosos cultivares, variedades e híbridos, con una amplia gama de colores desde el blanco puro, amarillo, naranja, rojo, escarlata y tintes rosados, con flores simples o dobles (es decir, con el doble de pétalos).



Nombre Científico: Brunfelsia pauciflora

Nombre Común: Ayer, hoy y mañana

Familia: Solanaceae

Descripción botánica

Esta especie es un arbusto que alcanza un tamaño de hasta 2,4 metros de alto por 1,5 de ancho. Las hojas coriáceas son de hasta 16 centímetros de largo, de color verde oscuro en la parte superior y más pálido en el envés. Las flores nacen en cimas en número de hasta 10. La flor es de unos 5 centímetros de largo. Florece púrpura con la garganta blanca, luego se vuelve lavanda y luego blanca. El arbusto tiene los tres colores de la flor a la vez que más floración.



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 69 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Nombre Científico: *Murraya paniculata*

Nombre Común: Mirto

Familia: Rutaceae

Descripción botánica

Es un pequeño árbol tropical, de hoja perenne o arbusto que crece hasta 7 m de altura.

La planta florece durante todo el año. Sus hojas son glabras y brillantes, produce hojas pinadas que curiosamente son elípticas a obovadas, cuneadas a rómbico.

Las flores son terminales, corimbosas, pocas flores, densas y con perfume a jazmín. Los pétalos son 12-18 mm de largo, recurvadas y blancas (o de coloración crema).

El fruto de *Murraya paniculata* es carnoso, oblongo ovoides, de color rojo a naranja, y crece hasta 1 pulgada de largo.



9.7 Laboratorio de Aguas Residuales (LAR Arraiján Este)

El diseño del laboratorio para esta planta de aguas residuales está fundamentado en los controles de calidad que deben realizarse en las siguientes etapas del proceso de tratamiento: afluente crudo, agua de procesos, retorno del licor mezclado y efluente tratado. Para definir las características a ser ensayadas dentro del laboratorio, se tomó como referencia lo siguiente:

- Afluente No Tratado – Literatura técnica especializada en el tema,
- Agua de Procesos – Literatura técnica especializada y experiencia del especialista,
- Efluente Tratado – Reglamento Técnico COPANIT 35–2000. Agua. Descarga de Efluentes Líquidos Directamente a Cuerpos y Masas de Agua Superficiales y Subterráneas.

Para este diseño se ha considerado que el afluente que llega a dicha planta procede de aguas puramente domésticas. A continuación se describen los principales parámetros a medir en la planta de tratamiento los mismos que deberán realizarse en el laboratorio de aguas residuales dentro del recinto de la planta (LAR Arraiján Este).

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 70 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

9.7.1 Parámetros a medir y su importancia para la OyM

9.7.1.1 Caudal:

Definición: Parámetro que nos indica el volumen de agua residual en un tiempo definido

Importancia: Su importancia radica en controlar el volumen de agua residual a tratar, ya que un incremento a lo estimado alteraría la calidad de agua residual tratada.

9.7.1.2 Demanda bioquímica de oxígeno - DBO5

Definición: Parámetro que mide indirectamente la concentración de materia orgánica presente en las aguas residuales en términos biológicos.

Teóricamente se dice parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación; normalmente se mide transcurridos cinco días de reacción (DBO₅) y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/l). El método de ensayo se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos. La curva de consumo de oxígeno suele ser al principio débil y después se eleva rápidamente hasta un máximo sostenido, bajo la acción de la fase logarítmica de crecimiento de los microorganismos.

Importancia: Su importancia radica en dar idea de la concentración de la materia orgánica que se tendrá que reducir y a su vez es parte del cálculo de la carga másica, un incremento a lo estimado en el diseño podrá alterar la calidad de agua tratada.

Forma de medición: La manera de obtener estos resultados es mediante ensayos de laboratorio, no es un parámetro obtenido instantáneamente, se obtiene en 5 días.

9.7.1.3 Demanda química de oxígeno - DQO

Definición: Parámetro que mide indirectamente la concentración de materia orgánica presente en las aguas residuales en términos químicos.

Teóricamente se dice parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 71 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/l). Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros, etc), que también se reflejan en la medida.

La DQO varía en función de las características de las materias presentes, de sus proporciones respectivas, de sus posibilidades de oxidación y de otras variables. Es por esto que la reproductividad de los resultados y su interpretación no pueden ser satisfechos más que en condiciones de metodología de ensayo bien definidas y estrictamente respetadas.

El valor obtenido es siempre superior a la demanda biológica de oxígeno (aproximadamente el doble), ya que se oxidan por este método también las sustancias no biodegradables. La relación entre los dos parámetros es indicativa de la calidad del agua. En las aguas industriales puede haber una mayor concentración de compuestos no biodegradables.

Importancia: Su importancia radica en dar idea de la concentración de la materia orgánica que se tendrá que reducir y a su vez también es parte del cálculo de la carga másica, un incremento a lo estimado en el diseño podrá alterar la calidad de agua tratada.

Forma de medición: La manera de obtener estos resultados es mediante ensayos de laboratorio, pero a diferencia de la DBO₅ esta puede obtenerse en 3 horas aproximadamente.

9.7.1.4 PH

Definición: Este parámetro es un indicador de que tan ácido o alcalino se encuentra el agua residual

Importancia: Su importancia radica en ser un indicador de presencia de aguas residuales industriales cuando su valor se encuentra por debajo de 6.5 o por encima de 9, lo cual afecta a los procesos biológicos.

Forma de medición: Su medición es inmediata mediante un instrumento llamado pHmetro a diferencia de otros parámetros de allí su valor para dar alertas de posibles alteraciones en la calidad del agua residual cruda.

9.7.1.5 Oxígeno disuelto

Definición: Este parámetro indica la concentración del oxígeno disuelto presente en agua, en el caso del sistema de tratamiento es el parámetro a medir en los tanques de aeración y anóxico ya que el primero debe contener 2 mg/l y el segundo 0.5mg/l para sus procesos biológicos respectivos.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 72 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Importancia: Su importancia radica en controlar los procesos de tratamiento un incremento o reducción alterara los procesos biológicos implicados

Forma de medición: Su medición es inmediata mediante un instrumento llamado Ojímetro a diferencia de otros parámetros de allí su valor para dar alertas de posibles alteraciones en los procesos biológicos

9.7.1.6 Sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles, sólidos totales, sólidos volátiles totales

Definición: Estos parámetro indica la cantidad de sólidos que existe en el agua de origen inerte u orgánico.

Importancia: Su importancia radica en controlar la cantidad de biomasa en el tanque de aireación y los procesos de tratamiento un incremento o reducción alterara los procesos biológicos implicados

Forma de medición: Su medición es mediante procedimiento de laboratorio (método gravimétrico) el cual podría demorar 3 horas aproximadamente.

9.7.1.7 Sólidos sedimentables

Definición: Son aquellos sólidos que sedimentan cuando el agua se deja en reposo durante 1 hora.

Importancia: Su importancia radica en controlar la eficiencia de los clarificadores así como la calidad de biomasa en el tanque de aireación.

Forma de medición: Se determinan volumétricamente mediante el uso del cono Imhoff.

9.7.1.8 Nitrógeno amoniacal – NH₄⁺

Definición: Este parámetro indica la concentración del nitrógeno en forma amoniacal, parámetro típico en las aguas residuales crudas el cual será transformado a nitritos posteriormente a nitratos mediante el proceso aerobio.

Importancia: Su importancia radica en controlar la eficiencia del proceso aerobio (tanque de aeración) referido a la transformación a nitrógeno en forma de nitratos.

Forma de medición: Su medición es mediante procedimiento de laboratorio el cual podría demorar 3 horas aproximadamente.

9.7.1.9 Nitratos

Definición: Este parámetro indica la concentración del nitrógeno en forma de nitratos, en nuestro sistema de tratamiento implica el funcionamiento del proceso biológico aerobio.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 73 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Importancia: Como en el caso anterior su importancia radica en controlar la eficiencia del proceso aerobio (tanque de aeración) referido a la transformación a nitrógeno en forma de nitratos.

Forma de medición: Su medición es mediante procedimiento de laboratorio el cual podría demorar 3 horas aproximadamente.

9.7.1.10 Nitrógeno total

Definición: Este parámetro indica la concentración del nitrógeno en forma total esto implica la suma de orgánico, amoniacal, nitritos y nitratos, en nuestro sistema de tratamiento implica el funcionamiento del proceso biológico aerobio y anóxico.

Importancia: Como en el caso anterior su importancia radica en controlar la eficiencia del proceso aerobio y anóxico.

Forma de medición: Su medición es mediante procedimiento de laboratorio el cual podría demorar 3 horas aproximadamente.

9.7.1.11 Coliformes fecales o termotolerantes

Definición: Este parámetro indica la presencia de patógenos en el agua residual. La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

Importancia: Es un parámetro de control de calidad microbiológica referida a patógenos.

Forma de medición: Su medición es mediante procedimiento de laboratorio el cual podría demorar 24 horas aproximadamente.

9.7.2 Frecuencia de medición

A continuación se enumeran los parámetros que deben de medirse de forma diaria:

- Caudal
- PH
- Oxígeno disuelto (tanque de aeración y anóxico)

Estos parámetros son de gran importancia para controlar que los procesos de tratamiento biológico sean óptimos lo cual se verá reflejado en la calidad de agua residual tratada.

Los parámetros a medir quincenalmente son:

- Demanda bioquímica de oxígeno – DBO₅

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 74 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

- Demanda química de oxígeno – DQO
- Nitrógeno amoniacal – NH₄⁺
- Nitratos NO₃
- Nitrógeno total
- Coliformes fecales

Estos parámetros son de gran importancia para controlar que los procesos de tratamiento biológico sean óptimos lo cual se verá reflejado en la calidad de agua residual tratada.

En aguas residuales domésticas no es común encontrar metales y compuestos orgánicos, por lo que este laboratorio no tiene contemplado una infraestructura para realizar dichos ensayos. Se sugiere que esos ensayos sean subcontratados a un laboratorio especializado.

9.7.3 Principales Características y especificaciones

El laboratorio tendrá un área mínima de 64 m² (8m x 8m), con un área exclusiva para desarrollar los ensayos de microbiología. El área de microbiología tendrá un área mínima de 14 m² (4,1m x 3,40m). El laboratorio tendrá como mínimo (sin limitarse a las mismas) las siguientes especificaciones:

- El laboratorio debe tener una altura entre 2,70 y 3 m.
- El mayor requerimiento de área es para la recepción de muestras se necesita un mostrador amplio para depositar las muestras y realizar las actividades de manipulación y registro. Esta será denominada Área de Recepción de Muestras. Es necesario que el material de la sobremesa permita su fácil limpieza y desinfección, pues los vertidos son frecuentes, especialmente si la recepción se acumula en un tiempo corto. Además, debe preverse espacio para una pila de agua, generalmente aprovechando esquinas.
- Las mesas de trabajo serán de un material liso resistente a la corrosión, a la humedad y a deterioro en general.
- Las superficies interiores como suelos, paredes, techos y mesas de trabajo deben ser impermeables al agua y resistentes a diferentes productos químicos para permitir una fácil limpieza a fondo y una posterior descontaminación.
- Por la naturaleza de las operaciones el piso del laboratorio debe ser de un material antideslizante.
- Es aconsejable que el sistema de ventilación proporcione una entrada de aire sin recirculación a áreas externas al laboratorio.
- El área de bacteriología debe ser un área aséptica y de circulación restringida. Por ello es absolutamente necesario que ocupe un espacio físico exclusivo, sin compartir espacios destinados a otros tipos de ensayos.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 75 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

- Por tratarse de un laboratorio destinado a la realización de ensayos bacteriológicos, basados en cultivos de microorganismos, es deseable contar con sistemas de mantención de la temperatura ambiental, de manera de evitar que las fluctuaciones de máximas y mínimas afecten el funcionamiento de las incubadoras. En la zona donde se ubiquen estos equipos la temperatura debe mantenerse entre 20 y 24 °C.

9.8 Edificios de Administración, Operación, Talleres y Paisajismo

Estos edificios albergaran las oficinas, los reactivos y materiales necesarios para la operación de la planta, además de otros enceres necesarios para el mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura de la Planta.

Dentro de la funcionalidad del Proyecto existen factores que se relacionan entre si debido a las distintas actividades que se desarrollaran.

Las Partidas Centrales que se desarrollaran serán:

- Actividades Administrativas
- Actividades Financieras
- Actividades de Salud y Medio Ambiente
- Operación
- Mantenimiento de la PTAR
- Mantenimiento de Redes
- Actividades de Reforestación y Participación Ciudadana.

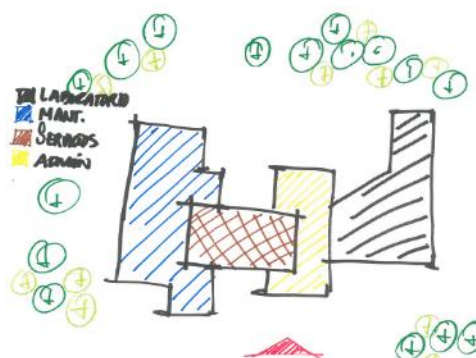
Las cuales se describirán más adelante citando áreas necesarias para su servicio.

9.8.1 Concepto Arquitectónico

9.8.1.1 Funcionalidad

La funcionalidad de los edificios es primordial para llevar un buen manejo del sistema, para lo cual se diseñó un concepto Integral analizando cada una de las funciones que se desempeñaran y personal activo, así como actividades de los mismos.

La actividad que ejercerán algunas personas es en torno a elementos delicados como lo son los residuos sólidos, por tal motivo se vio en la necesidad de establecer elementos de servicio centrales y que a su vez no se combinen las actividades. Partiendo de un bosquejo inicial en donde se trata de unificar y tratar de centralizar los espacios.



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 76 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

9.8.2 Descripción del Proyecto de Edificios dentro de la Planta de Tratamiento

Teniendo como Objetivo el Diseñar elementos que ayuden a realizar actividades cotidianas dentro de la planta para lo cual se han desarrollado Edificaciones las cuales se detallan a continuación:

9.8.2.1 Edificaciones Diseñadas

- **Edificio A:** Mantenimiento PTAR &Ebs y Operaciones.
- **Edificio B:** Administración, Finanzas, Operación, Salud, Seguridad y Medio Ambiente.
- **Edificio C:** Laboratorio
- **Edificio Talleres:** Talleres Mecánico y Eléctrico y Bodegas de equipo de Redes.
- **Edificio D:** Planta Eléctrica
- **Local E:** Contenedores de Desechos.
- **Edificio U:** Administración UCP

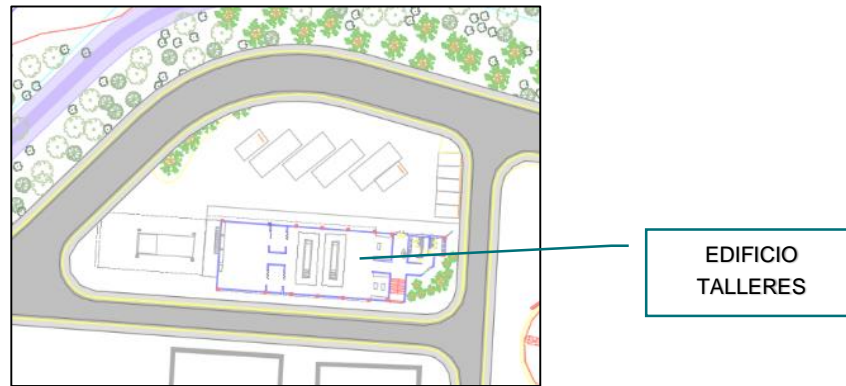
Figura 9.4: Planta General de Edificios de Administración



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 77 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Figura 9.5: Planta de Talleres



9.8.2.1.1 Edificio A

Las actividades dentro del edificio A será el Mantenimiento de la PTAR y Redes, ver cuadro adjunto con las diferentes áreas:

Planta Baja: Diseñado básicamente para actividades de servicio común.

Tabla 9.1: Cuadro de Areas Edificio A Planta Baja

EDIFICIO	NIVEL	CÓDIGO	ÁREA
A	Planta Baja	A.0	Recepción
		A.1	Telefonista
		A.2	Jefe de Atención de Reclamos
		A.3	Área de Tecnicos Mecánicos y Eléctricos
		A.4	Comedor
		A.5	Cocina
		A.6	Bodega
		A.7	Sanitarios y Duchas Mujeres
		A.8	Sanitarios y Duchas Mantenimiento
		A.9	Sanitarios y Duchas Operación
		A.10	Área de Lavandería
		A.11	Área de Ropa Limpia
		A.12	Área de Maquinas AA
		M2	347

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 78 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Figura 9.6 Planta Baja



Planta Primer Nivel: Se encuentra el Personal de Gerencia de Mantenimiento de la PTAR y Redes, así como personal técnico.

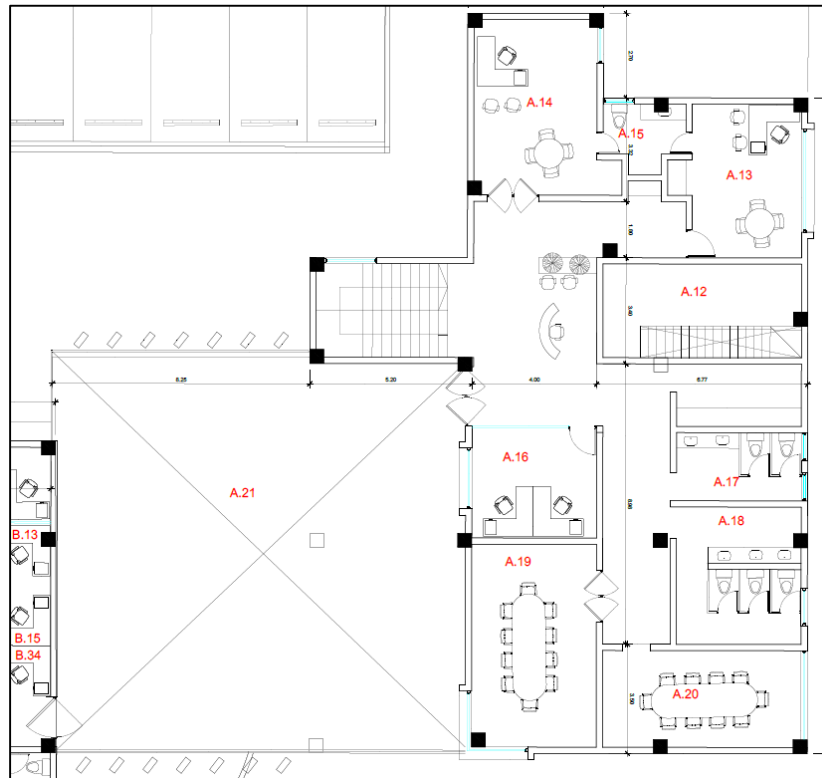
Tabla 9.2 Cuadro de Areas Edificio A Planta Primer Nivel

EDIFICIO	NIVEL	CÓDIGO	ÁREA
A	Planta Alta	A.13	Gerente de Mantenimiento de Redes
		A.14	Gerente de Mantenimiento
		A.15	Sanitario
		A.16	Jefe de Mantenimiento y Ayudantes
		A.17	Sanitarios Mujeres
		A.18	Sanitarios Hombres
		A.19	Sala de Reuniones 1
		A.20	Sala de Reuniones 2
		A.21	Terraza
		M2	264

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 79 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Figura 9.7 Planta Primer Nivel



9.8.2.1.2 Edificio B

Diseñado para realizar actividades de tipo Gerenciales y brindar servicio de Salud, Seguridad, Operación General, y Mantenimiento describiendo los niveles.

En su Planta Baja se encuentran las siguientes áreas:

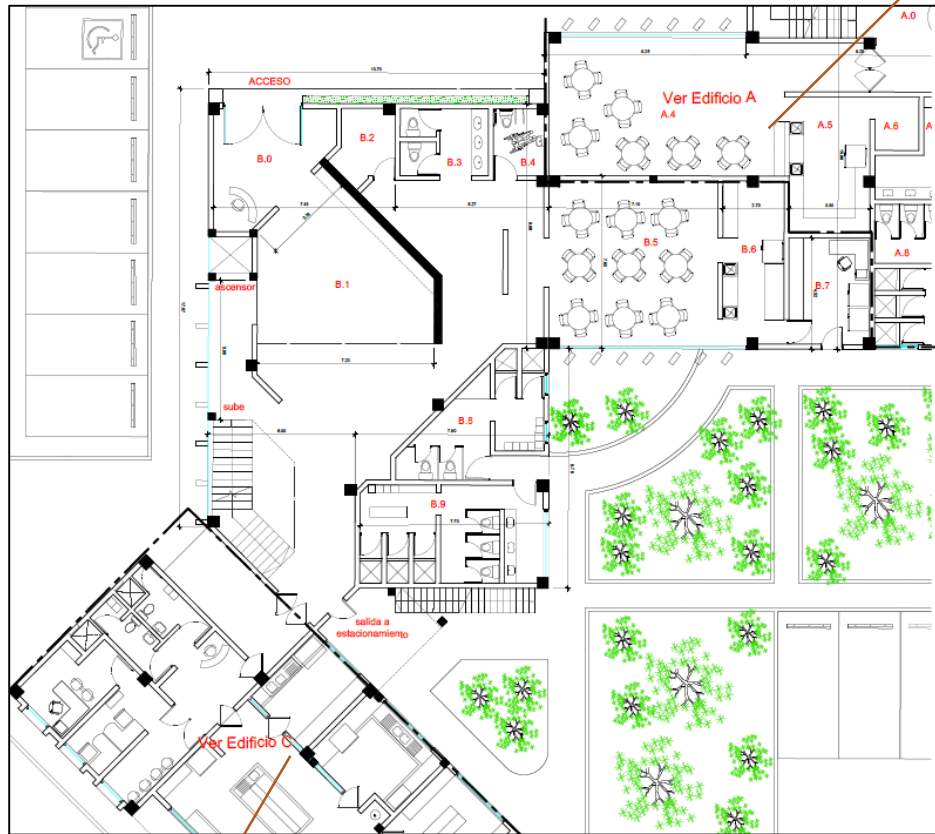
Tabla 9.3 Cuadro de Areas

EDIFICIO	NIVEL	CÓDIGO	ÁREA
B	Planta Baja	B.0	Recepción
		B.1	Lobby de Recepción
		B.2	Bodega de Presentaciones
		B.3	Sanitarios Hombres y Mujeres
		B.4	Sanitarios para Personas con Discapacidad
		B.5	Comedor
		B.6	Cocina
		B.7	Bodega de Insumos
		B.8	Sanitarios y Duchas Mujeres
		B.9	Sanitarios y Duchas Hombres
		M2	374

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 80 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Figura 9.8 Planta Baja



VER EDIFICIO A

VER EDIFICIO C

En la Planta Primer Nivel:

Tabla 9.4 Cuadro de Areas de Primer Nivel

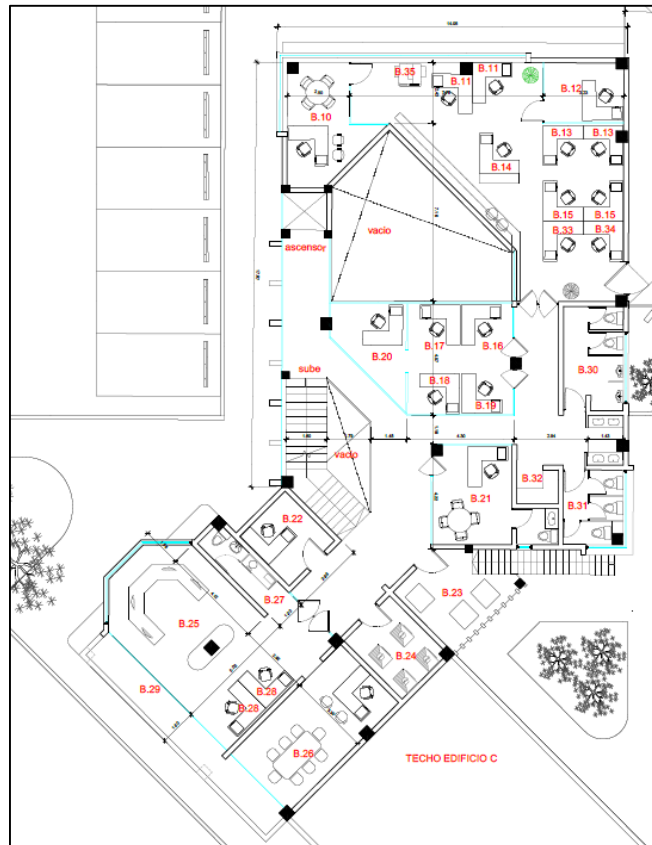
EDIFICIO	NIVEL	CÓDIGO	ÁREA
B	Planta Primer Nivel	B.10	Gerente de Administración y Finanzas
		B.11	Asistente Contable
		B.12	Asistente en RR&HH
		B.13	Auxiliar de Compras
		B.14	Recepcionista
		B.15	Asistente Administrativo
		B.16	Asistente Social
		B.17	Asistente H&S
		B.18	Asistente Ambiental
		B.19	Jefe de Seguridad
B.20	Jefe de Atención de Conflictos		

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 81 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

EDIFICIO	NIVEL	CÓDIGO	ÁREA
		B.21	Gerente de HS&E
		B.22	Jefe de Operación Scada
		B.23	Área de máquinas Condensadoras de AA
		B.24	Área de Racks IT
		B.25	Área de Operadores del Sistema
		B.26	Gerente de Operaciones
		B.27	Sanitario
		B.28	Asistentes Técnicos IT
		B.29	Terraza
		B.30	Sanitarios Hombres
		B.31	Sanitarios Mujeres
		B.32	Bodega
		B.33	Asesor Legal
		B.34	Auditor
		B.35	Área de Copiado
		M2	405

Figura 9.9 Planta Primer Nivel



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 82 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

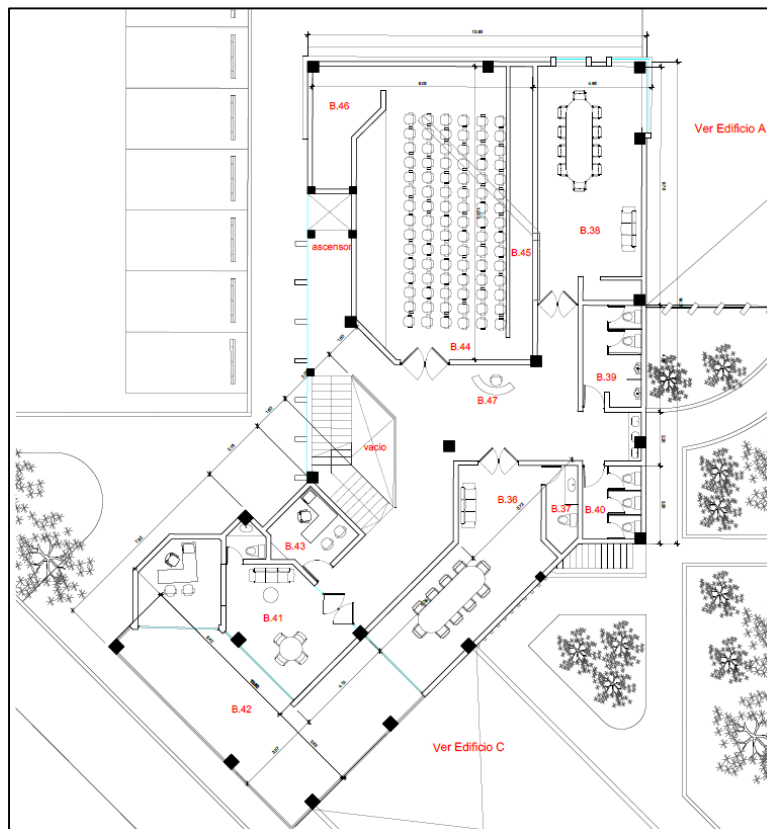
TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

En la Planta Segundo Nivel:

Esta Planta está enfocada en dos secciones una de ellas en la parte Gerencial y Área de visitantes, está diseñado un Auditorio con capacidad de 90 a 100 lugares, de esta manera podrá cubrir visitas de grandes grupos.

EDIFICIO	NIVEL	CÓDIGO	ÁREA
B	Planta Segundo Nivel	B.36	Sala de Reuniones
		B.37	Sanitario
		B.38	Sala de Reuniones
		B.39	Sanitarios Hombres
		B.40	Sanitarios Mujeres
		B.41	Gerente General
		B.42	Terraza
		B.43	Asistente Ejecutiva
		B.44	Auditorio
		B.45	Área para Proyección
		B.46	Bodega
		B.47	Recepcionista
		M2	405

Figura 9.10 Planta Segundo Nivel



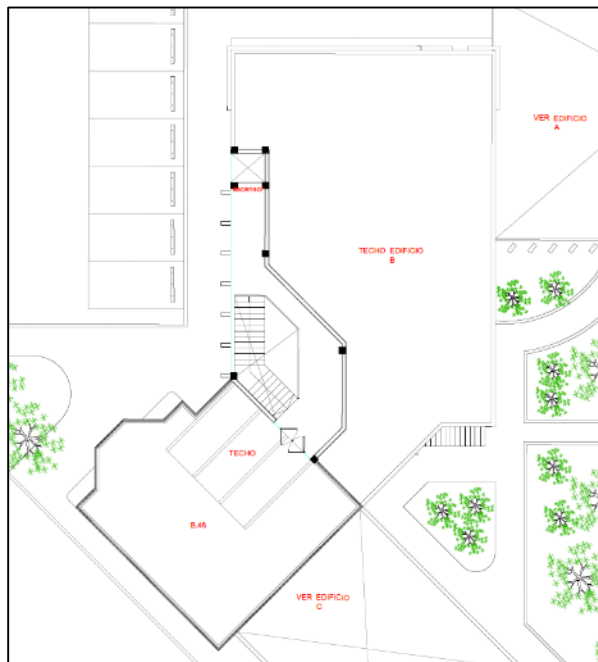
Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 83 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Este edificio tiene la finalidad de Mostrar a sus visitantes el funcionamiento de la Planta de Tratamiento en cada una de sus funciones, por lo que se ha diseñado una terraza que tendrá la función de ser un mirador. Es importante mencionar que la seguridad es básica e imprescindible, la accesibilidad será interna y no tendrán que salir del edificio para llegar al mirador, de esta forma, está abierta a personas con capacidades diferentes ya que el ascensor planteado cubrirá las necesidades. Planteándose de la siguiente forma:

EDIFICIO	NIVEL	CÓDIGO	ÁREA
B	Planta	B.48	Terraza
	Tercer Nivel	M2	85

Figura 9.11 Planta Tercer Nivel Mirador



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 84 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

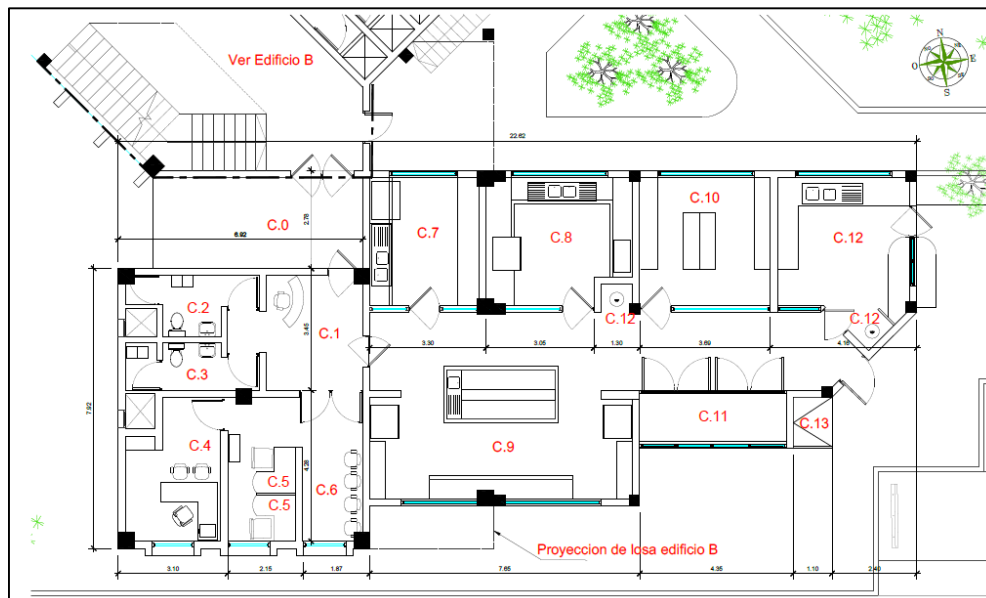
9.8.2.1.3 Edificio C

El edificio C destinado a Laboratorio de la Planta y se realizaran diversas actividades, se ha diseñado un área con el espacio necesario para cada función. El mobiliario tanto en acero inoxidable y mesas de trabajo espaciosas, de igual forma la altura del antepecho de las ventanas más alto ya que se requiere que instalaciones especiales. Pisos antideslizantes y fácil lavado. En su Planta Baja se encuentran las siguientes áreas:

Tabla 9.5 Cuadro de Áreas de Laboratorio

EDIFICIO	NIVEL	CÓDIGO	ÁREA
C	Planta Baja	C.0	Ingreso
		C.1	Lobby de Recepción
		C.2	Sanitarios y Duchas Mujeres
		C.3	Sanitarios y Duchas Hombres
		C.4	Jefe de Laboratorio
		C.5	Oficinas de Laboratoristas
		C.6	Sala de Capacitación
		C.7	Área de Esterilización
		C.8	Área de Microbiología
		C.9	Área de Físico Química
		C.10	Área de Almacén de Reactivos y materiales
		C.11	Cámara de Extracción de Gases
		C.12	Lavado de ojos
C.11	Almacenamiento de Residuos Peligrosos		
M2	185		

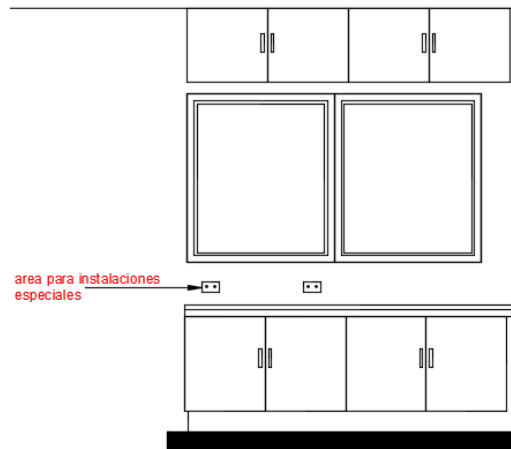
Figura 9.12 Distribución de Áreas en Edificio C



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 85 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Figura 9.13 Recomendaciones modulares



9.8.2.1.4 Edificio Talleres

Este edificio contempla las áreas para las siguientes necesidades descritas en la tabla adjunta, contara con la suficiente área de circulación para camiones tipo Vector (4), Camionetas 4X4 y camiones de menor tamaño sin obstruir la vía principal.

Las áreas de Lavado contarán con rejillas recolectoras para dirigir los líquidos.

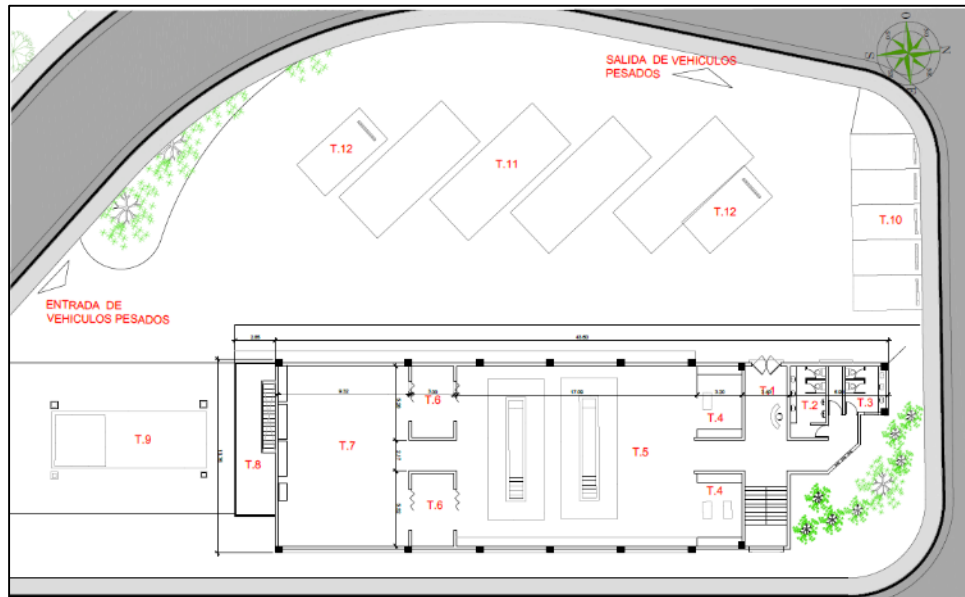
Tabla 9.6 Areas de Planta Baja de Taller

EDIFICIO	NIVEL	CÓDIGO	ÁREA
TALLERES Y EQUIPO DE REDES	Planta Baja	T.1	Asistente Telefonista
		T.2	Sanitarios Hombres
		T.3	Sanitarios Mujeres
		T.4	Área de Guarda de Equipos
		T.5	Taller Mecánico
		T.6	Área de Equipos Menores
		T.7	Taller Eléctrico
		T.8	Área de Equipo de Lavado de Camiones
		T.9	Área de Lavado de Camiones
		T.10	Parqueo de Camionetas Oficiales (5)
		T.11	Parqueo de Vectores (4)
		T.12	Parqueo de Camiones Pequeños
		M2	576

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 86 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Figura 9.14 Planta de Distribución Talleres

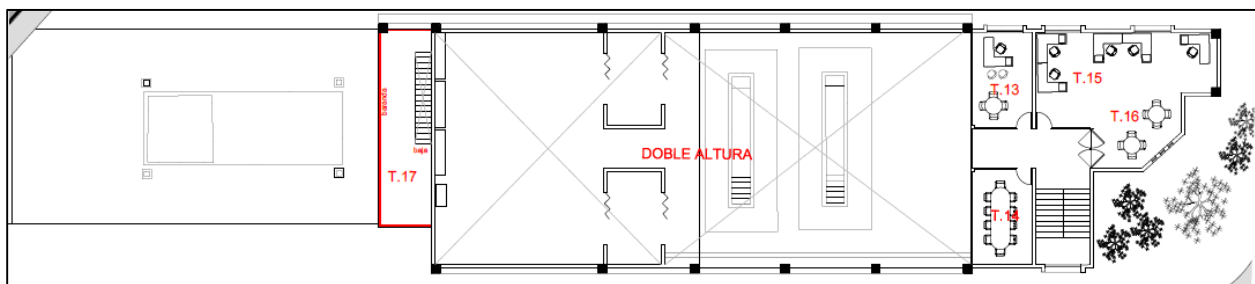


Planta Primer Nivel

Tabla 9.7 Área de Planta Primer Nivel

EDIFICIO	NIVEL	CÓDIGO	ÁREA
TALLERES Y EQUIPO DE REDES	Planta Alta	T.13	Gerente de Mantenimiento de Redes
		T.14	Sala De reuniones
		T.15	Área de Técnicos Mecánicos y Eléctricos
		T.16	Área de Choferes
		T.17	Terraza de lavado de Camiones
		M2	168

Figura 9.15 Distribución de Planta Primer Nivel



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 87 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Foto 8 Talleres



9.8.2.2 Edificio U

Este edificio está destinado a UCP (Unidad Coordinadora de Proyectos), el cual es meramente administrativo cuenta con los servicios en la planta baja como se describe en la tabla adjunta.

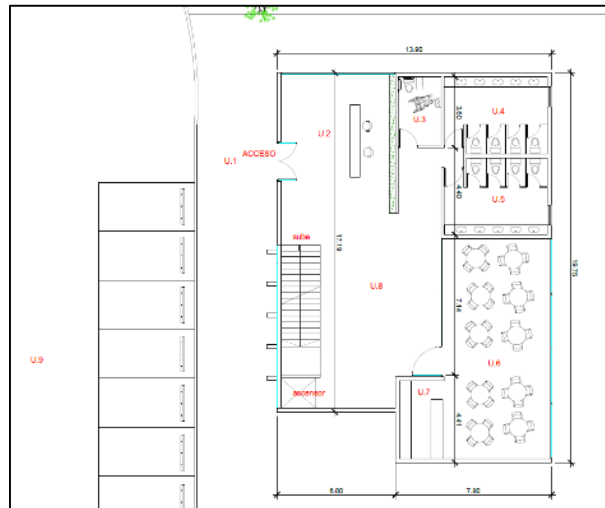
Tabla 9.8 Areas de Planta Baja

EDIFICIO	NIVEL	CÓDIGO	ÁREA
UCP	Planta Baja	U.1	Plaza de Acceso
		U.2	Lobby de Recepción
		U.3	Sanitarios para Personas con Discapacidad
		U.4	Sanitarios Hombres
		U.5	Sanitarios Mujeres
		U.6	Comedor
		U.7	Cocina
		U.8	Área de exposición
		U.9	Estacionamiento (16)
		M2	260

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 88 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Figura 9.16 Planta Baja

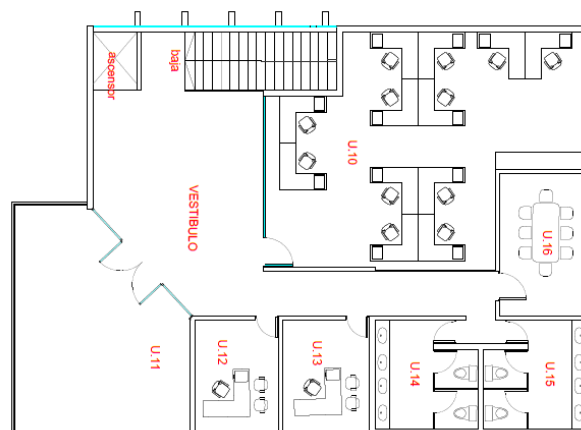


Planta Baja

Tabla 9.9 Areas UCP Planta Primer Nivel

EDIFICIO	NIVEL	CÓDIGO	ÁREA
UCP	Planta Baja	U.10	Área de Trabajo
		U.11	Terraza
		U.12	Oficina 1
		U.13	Oficina 2
		U.14	Sanitarios Mujeres
		U.15	Sanitarios Hombres
		U.16	Sala de Reuniones
		M2	218

Figura 9.17 Planta Primer Nivel



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 89 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Foto 9 Edificio UCP

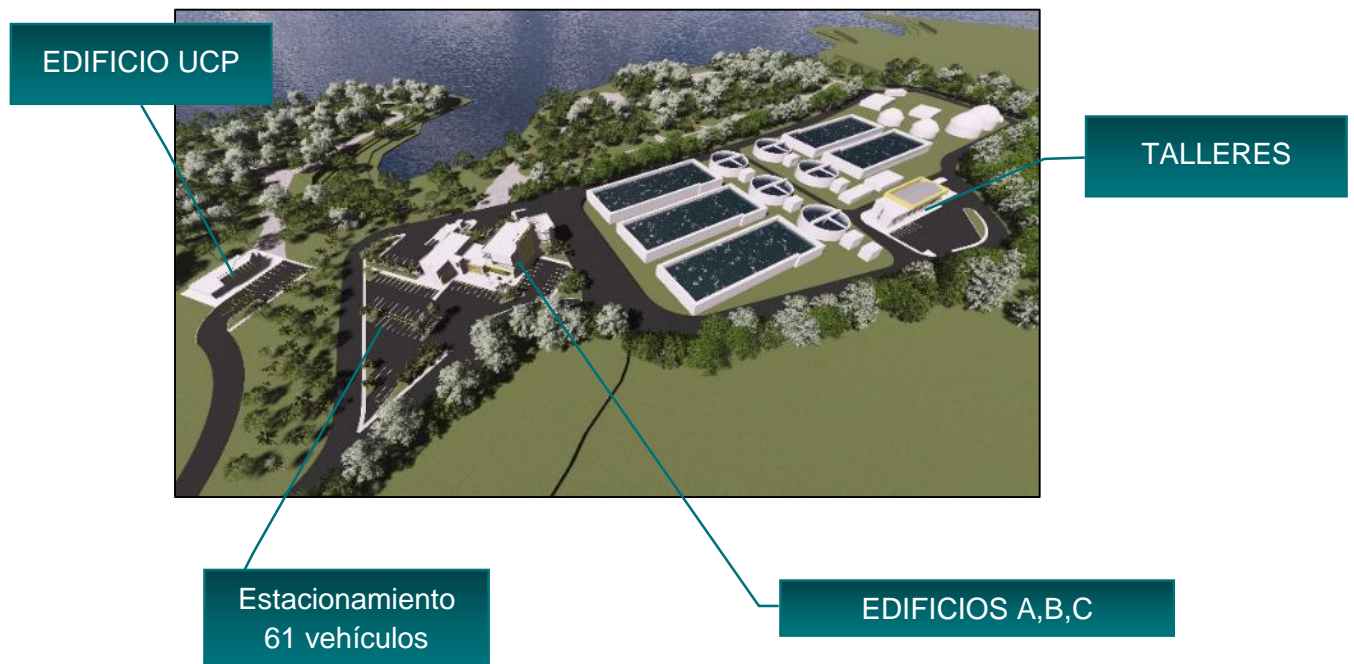


9.8.3 El Planteamiento General del Proyecto

Los edificios de Administración planteados e manera que se pueda centralizar las funciones y visualizar el conjunto de los elementos dentro de la planta de tratamiento.

9.8.3.1 Perspectivas

Foto 10 Planta General



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 90 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Foto 11 Planta General vista 2



Foto 12 Edificio Principal



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 91 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Foto 13 Fachada Administración



MUROS VERDES

Foto 14 Fachada Servicios



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 92 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

9.8.3.2 Materiales

Los materiales empleados en cuanto al diseño arquitectónico podemos mostrar los muros verdes.

Foto 15 Muro Verde



Foto 16 Idea en Fachada Principal



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 93 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

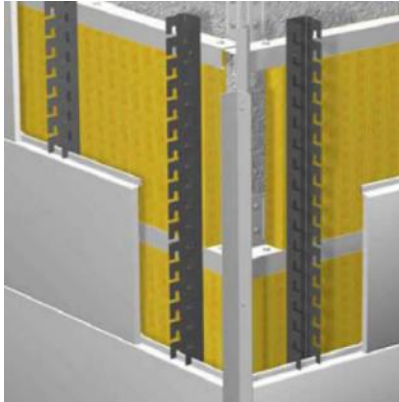


Foto 17 Paneles de Revestimiento



9.8.4 Concepto Paisajístico

El Concepto se enfoca en amurallar, logrando el mismo mediante la reforestación y Plantación de especies nativas por medio de una Cortina o Muralla Verde.

Conceptualizando se le denomina al sistema **Cortina Rompe Vientos descrito en el ítem** con la finalidad que al mismo tiempo sirva de barrera, aísle la instalación de la comunidad, actúe de pantalla visual, evite el paso de olores a las comunidades circundantes y disminuya los impactos sobre el paisaje. En el Ítem 7.8 se hace una descripción detallada de este elemento que forma parte del concepto paisajístico.

9.8.4.1 Planteamiento

El planteamiento es la Reforestación de especies nativas que se describen en el informe de Impacto Ambiental donde se detallara cada una de las especies en su característica y función que desempeñara.

Se ha Diseñado una área denominada Sendero Interpretativo destinada a la Reforestación en la Zona de Amortiguamiento, creando andadores que se comunicaran entre si y se tendrá un área para que visitantes puedan tener un rato de descanso.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 94 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

9.8.4.2 Proyecto

Foto 18 Ubicación del Sendero Interpretativo



Foto 19 Propuesta



Foto 20 Imágenes internas del Sendero



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 95 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

En el Anexo C se encuentra el detalle estructural de todos los elementos arquitectónicos descritos en los ítems anteriores.

10. DESECHOS PRODUCIDOS

10.1 Desechos a producirse durante la fase de construcción

Durante la fase de construcción se producirán dos (2) tipos de desechos en términos generales: los desechos generados por el personal humano involucrado en la construcción de las diferentes obras (trabajadores, inspectores, ingenieros, administradores, etc.); y los desperdicios de la construcción.

Tanto los desechos de origen doméstico como desperdicios de construcción serán llevado al Vertedero controlado de La Chorrera o al Nuevo Relleno Sanitario en Construcción para su confinamiento y disposición final. Se procurará recuperar aquellas partes de los desechos que tengan algún valor comercial para el reuso o como materia prima en la industria.

10.2 Desechos a producirse durante la fase de operación

Los desechos sólidos a producirse durante la fase de operación serán de tres tipos:

- Domestico tipo I: producidos por el personal en las oficinas administrativas y de operaciones (administradores, trabajadores, ingenieros, etc).
- Domestico tipo II:

En los tamices de la entrada de la planta de tratamiento se colectarán los sólidos que fueron conducidos a través de las tuberías de recolección. El material que se retendrá en los tamices en el pretratamiento consistirá principalmente en telas delgadas, papel, plásticos, arenas, materiales delgados y materia orgánica. El material removido en los tamices será conducido a través de un tornillo sin fin, lavado y compactado y dispuesto en un contenedor para ser posteriormente recogido por camiones recolectores de basura.

Las arenas recolectadas en el desarenador aireado igualmente pasarán por un proceso de lavado, secado para su posterior disposición.

- Lodos Biológicos:

En la planta se tendrán áreas para almacenamiento de lodos deshidratados y secados; específicamente la zona contigua a los digestores anaerobios al final de la planta. Los lodos pueden permanecer en la instalación hasta 15 días para después ser llevados al relleno sanitario, actualmente operado por una empresa privada bajo la modalidad de concesión.

11. EMISIONES GASEOSAS

En la planta se generarán gases producto del tratamiento en los diferentes procesos unitarios. El diseño de la planta contempla tres sitios para el control de olores, es decir de las emanaciones



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 96 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

gaseosas: la primera corresponde a las instalaciones de la estación de bombeo donde llega las aguas residuales crudas faltas de oxígeno, otro punto importante es en el edificio de pretratamiento, debido a movimiento y manipulación de residuos sólidos contaminados y en proceso de descomposición (material de cribado y arenas) y por ultimo otro punto corresponde al área de deshidratación y secado de lodos.

Los largos periodos de retención hidráulica en el sistema de alcantarillado y las altas temperaturas del agua residual son factores que acelerarán la generación de gas sulfhídrico así como de otros gases malolientes, como amoníaco y mercaptanos en el pre-tratamiento. En consecuencia dos medidas de control de olores han sido consideradas: contención y tratamiento químico.

La contención mantendrá un sistema de ventilación con presión negativa dentro de la infraestructura. El desagüe se hará a través de tuberías soterradas. Los gases serán atrapados y tratados mediante un sistema de lavado de gases y/o biofiltro.

El sistema de ventilación en áreas donde habrá personal deberá proveer de al menos 12 cambios de aire por hora y en las zonas donde normalmente no hay personal, el sistema de ventilación proveerá de seis cambios de aire por hora. La cantidad de aire que ingresará los edificios y/o casetas será igual a la cantidad de aire tratada por el sistema de control de olores. Los ductos de extracción de aire estarán ubicados sobre los puntos de origen de los olores y serán colectados y tratados.

La otra fuente de olor será el proceso de deshidratación, donde los lodos provenientes de los digestores secundarios serán descargados en las centrífugas. Estos lodos contendrán altas concentraciones de sulfuros; sin embargo, las centrífugas consistirán en unidades cerradas que contendrán los olores. Además de la contención de los gases dentro de los equipos, se ha propuesto el tratamiento Lavado de los gases de manera similar al empleado en el edificio de pre-tratamiento.



Louis Berger

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 97 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

ANEXOS



Louis Berger

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 98 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

ANEXO A: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS EXISTENTES



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 99 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE



WATER & WASTEWATER TREATMENT, S.A

Calle 111 este Los Pinos
 Casa 9A Parque Lefevre
 R.U.C. 1236290-1-590012 DV 12
 e-mail: w_wwt@hotmail.com
wwtsa@cwpanama.net
www.wwtso.net

Teléfonos: (507) 214 – 6712
 Fax: (507) 214 – 4501
 Celular: 6734-0573 o 6624-9148



IE-021

Nuestra Referencia: *No. 1007-15/RM 1088@1091-15*
Cot.966-15
 Asunto: *Reporte de Calidad*
 Panamá, 21 de noviembre de 2015.

Ingeniera
 Cinthia Puga
THE LOUIS BERGER GROUP
 E. S. D.

De su mayor consideración:

Adjunto encontrará el reporte de calidad del muestreo realizado de acuerdo a los parámetros requeridos. Se incluye original de la cadena de custodia y fotos del muestreo en sitio.

Atentamente,


 Lic. Rogelio Parris.

Rogelio E. Parris
 Director Técnico

c. – Archivos



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 100 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE



WATER & WASTEWATER TREATMENT, S.A

Calle 111 este Los Pinos
Casa 9A Parque Lefevre
R.U.C. 1236290-1-590012 DV 12

e-mail: w_wwt@hotmail.com

wwwtsa@cwpanama.net

www.wwtso.net

Teléfonos: (507) 214 – 6712

Fax: (507) 214 – 4501

Celular: 6734-0573 o 6624-9148

IE-021

Nuestra Referencia: *No. 1007-15/RM 1088@1091-15*
Cot.966-15

Asunto: *Reporte de Calidad*

Panamá, 21 de noviembre de 2015.

Parámetro Acreditado por CNA

REPORTE #: 1174/15
 Fecha de Colecta: 29 de octubre de 2015
 Fecha de Recepción: 29 de octubre de 2015 (OT 1088-15)
 Fecha de Análisis: 29 de octubre a 18 de noviembre de 2015
 Empresa: THE LOUIS BERGER GROUP
 Colectada por: Geneva Parris/Genoveva de Parris
 Tipo de Agua: Agua Residual/ Muestra compuesta y simple
 Fuente: Alcantarillado Urbanización Altos de Cáceres
 Sitio de Colección: Alcantarillado

ROGELIO PARRIS EDWARDS
QUÍMICO
CÉDULA: 9-72-466 IDONEIDAD: 0017

Dic. Jorge De Obaldia
Químico
Ced. 9-813-3045
Idoneidad No. 0534

Parámetros	Unidades	Metodología	Valor	U
Coliformes Totales*	NMP/100 mL	9223B	>2,4•10 ⁹	De 1,4•10 ⁸ a infinito
pH@°C	Unidades	4500-11 B	ver cadena de custodia	±0,12
Temperatura	°C	2550 B		±0,3
Conductividad@°C	µSiemens/cm	2510B		±5
Aceites y Grasas	mg/L	5520B	18,9	±0,3
DBO ₅	mg/L	5210B	126,9	±7,6
DQO	mg/L	5220C	221,7	±5,8
DQO/ DBO ₅	NA	NA	1,7	NA
Fósforo total	mg/L	Hach 8190	3,4	±0,1
Sólidos Totales	mg/L	2540B	292	±4
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540D	136	±1
Turbiedad	UNT	2130B	74,9	±0,6
Nitrato – NO ₃	mg/L	4500 NO ₃ D	3,7	±0,3
Nitrógeno Orgánico	mg/L	4500 Norg	8,6	±0,4
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	4500NH ₃ C	15,4	±0,7
Detergentes	mg/L	5540C	5,28	±0,04

NMP: Número Más Probable

NA: No Aplica

UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad

T.N.: Temperatura normal del sitio

U: Incertidumbre expandida con un factor K = 2 que corresponde a un nivel de confianza de 95%.

*Este parámetro esta fuera del alcance de esta acreditación.

Procedimientos utilizados: En donde no se hace referencia a la metodología, se ha utilizado el "Standard Methods for Examination of Water and Waste Water", APHA–AWWA–WEF 22nd edition, 2012. Este informe no será reproducido, excepto completamente, sin la autorización escrita de "Water & Wastewater Treatment, S.A". El muestreo se realizó de acuerdo al procedimiento PTO-05 colecta, identificación, preservación, almacenamiento y transporte de muestras de agua, y los instructivos ITO-05-01 e ITO-05-02.



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 101 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE



WATER & WASTEWATER TREATMENT, S.A

Calle 111 este Los Pinos
 Casa 9A Parque Lefevre
 R.U.C. 1236290-1-590012 DV 12
 e-mail: w_wwt@hotmail.com
 wwwtsa@cwpanama.net
 www.wwttsa.net

Teléfonos: (507) 214 - 6712
 Fax: (507) 214 - 4501
 Celular: 6734-0573 o 6624-9148



IE-021

Nuestra Referencia: No. 1007-15/RM 1088@1091-15

Cot.966-15

Asunto: Reporte de Calidad

Panamá, 21 de noviembre de 2015.



N°. Recepción de Muestras 1088-14

Cadena de Custodia

Firma del cliente _____

Laboratorio Subcontratado:

Fecha: 29-10-15 Cliente/Código: 79-291015ARPS Recibido por: _____
 Colectada por: J. Lopez Hora: 7:00am a 2:00pm Hora: _____
 Entregada por: J. Lopez Hora: 4:00pm Hora: _____
 Recibida por: J. Lopez Hora: 4:00pm Hora: _____

Descripción	Parámetros	Parámetros	Parámetros	Parámetros	Parámetros
id Muestra	79-291015ARPS	79-291015ARPS	79-291015ARPS	79-291015ARPS	79-291015ARPS
Hora	7:00am a 2:00pm	7:00am a 2:00pm	9:00am	11:00am	
Fuente	del centro de la casa	del centro de la casa	del centro de la casa	del centro de la casa	
Tipo de Agua	AR	AR	AR	AR	
Sitio de Muestreo	del centro de la casa	del centro de la casa	del centro de la casa	del centro de la casa	
Tipo de Muestra	Composita	Composita	Simple	Simple	
Tipo de Envase	P/Plástico	P/Plástico	P/Plástico	P/Plástico	
Volumen muestra (mL)	1000	1000	1000	200	
Preservativo	≤ 6°C	Formol 1% SW	HCl 0.1% SW	≤ 6°C	
Condición de la muestra	Fresh	Chilled	Chilled	Fresh	
	PH	DO	A/C	OT	
	T	Nitrogeno			
	N	NH4			
	ST	P			
	SS				
	N+X				
	DBO				
	DBO/DBP				
	NO3				
	Nitrogeno				

Transportada por vía: terrestre
 Conductor Responsable: J. Lopez
 Preclina de Custodia: NO
 Temperatura Nevea: 3,8°C
 Condición Ambiental: Frio
 OBSERVACIONES:
 7:00am 9:00am 11:00am 1:00pm
 PH 7,88 PH 7,87 PH 7,60 PH 7,58
 T 29,0°C T 30,2°C T 30,3°C T 31,3°C
 DO 3,50mg/L DO 3,74mg/L DO 2,24mg/L DO 2,03mg/L



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 102 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE



WATER & WASTEWATER TREATMENT, S.A

Calle 111 este Los Pinos
 Casa 9A Parque Lefevre
 R.U.C. 1236290-1-590012 DV 12
 e-mail: w_wwt@hotmail.com
wwwtsa@cwpanama.net
www.wwtsa.net

Teléfonos: (507) 214 – 6712
 Fax: (507) 214 – 4501
 Celular: 6734-0573 o 6624-9148



I.E-021

Nuestra Referencia: *No. 1007-15/RM 1088@1091-15*
Cot.966-15

Asunto: *Reporte de Calidad*

Panamá, 21 de noviembre de 2015.

Parámetro Acreditado por CNA

REPORTE #: 1175/15
 Fecha de Colecta: 29 de octubre de 2015
 Fecha de Recepción: 29 de octubre de 2015 (OT 1089-15)
 Fecha de Análisis: 29 de octubre a 19 de noviembre de 2015
 Empresa: THE LOUIS BERGER GROUP
 Colectada por: Géneva Parris/Genoveva de Parris
 Tipo de Agua: Agua Residual/ Muestra compuesta y simple
 Fuente: Alcantarillado Urbanización Fundavico
 Sitio de Colección: Alcantarillado

ROGELIO PARRIS EDWARDS
 QUÍMICO
 CÉDULA: 9-72-468 IDONEIDAD: 0017

Dic. Jorge De Obaldia
 Químico
 Céd. 9-813-1035
 Idoneidad No. 0534

Parámetros	Unidades	Metodología	Valor	U
Coliformes Totales*	NMP/100 mL	9222B	>2,4•10 ⁶	De 1,4•10 ⁶ a infinito
pH@°C	Unidades	4500-H ¹ B	ver cadena de custodia	±0,13
Temperatura	°C	2550 B		±0,3
Conductividad@°C	µSiemens/cm	2510B		±4
Accites y Grasas	mg/L	5520B	38,6	±0,5
DBO ₅	mg/L	5210B	145,4	±8,7
DQO	mg/L	5220C	231,3	±6,0
DQO/ DBO ₅	NA	NA	1,6	NA
Fósforo total	mg/L	Hach 8190	3,0	±0,1
Sólidos Totales	mg/l.	2540B	352	±4
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540D	113	±1
Turbiedad	UNT	2130B	90,7	±0,7
Nitrato – NO ₃	mg/L	4500 NO ₃ D	6,4	±0,4
Nitrógeno Orgánico	mg/L	4500 Norg	9,1	±0,4
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	4500NH ₃ C	14,4	±0,7
Detergentes	mg/l.	5540C	15,0	±0,1

NMP: Número Más Probable NA: No Aplica UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad
 T.N.: Temperatura normal del sitio U: Incertidumbre expandida con un factor K = 2 que corresponde a un nivel de confianza de 95%
 *Este parámetro esta fuera del alcance de esta acreditación.

Procedimientos utilizados: En donde no se hace referencia a la metodología, se ha utilizado el “Standard Methods for Examination of Water and Waste Water”, APHA-AWWA-WEF 22nd edition, 2012. Este informe no será reproducido, excepto completamente, sin la autorización escrita de “Water & Wastewater Treatment, S.A”. El muestreo se realizó de acuerdo al procedimiento P10-05 colecta, identificación, preservación, almacenamiento y transporte de muestras de agua, y los instructivos ITO 05 01 e ITO 05 02.



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 103 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAJÁN ESTE



WATER & WASTEWATER TREATMENT, S.A



Calle 111 este Los Pinos
 Casa 9A Parque Lefevre
 R.U.C. 1236290-1-590012 DV 12

Teléfonos: (507) 214 - 6712
 Fax: (507) 214 - 4501
 Celular: 6734-0573 o 6624-9148

LE-021

e-mail: w_wwt@hotmail.com
wwwtsa@cwpanama.net
www.wwtsa.net

Nuestra Referencia: No. 1007-15/RM 1088@1091-15
 Col.966-15

Asunto: Reporte de Calidad
 Panamá, 21 de noviembre de 2015.



Nº. Recepción de Muestras 1088@15

Cadena de Custodia

Firma del cliente _____

Laboratorio Subcontratado: _____

Fecha: 29-10-15 Ciente/Código: WWT-HID-Fuente Burunga Recibido por: _____
 Colectada por: M. J. J. Hora: 7:30am a 1:30pm Hora: _____
 Entregada por: M. J. J. Hora: 7:10pm Hora: _____
 Recibida por: M. J. J. Hora: 4:00pm

Descripción	Parámetros	Parámetros	Parámetros	Parámetros	Parámetros
idMuestra	79-291015AR1	79-291015AR2	79-291015AR3	79-291015AR4	79-291015AR5
Hora	7:30am	9:30am	11:30am	1:30pm	3:30pm
Fuente	Alcantarillado	Alcantarillado	Alcantarillado	Alcantarillado	Alcantarillado
Tipo de Agua	AR	AR	AR	AR	AR
Sitio de Muestra	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente
Tipo de Muestra	Compuesta	Compuesta	Simple	Simple	Simple
Tipo de Envase	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico
Volumen muestra (ml.)	1000	1000	1000	1000	1000
Preservativo	≤ 6°C	PH3: H2SO4	PH3: H2SO4	≤ 6°C	≤ 6°C
Condición de la muestra	Seal	Seal	Seal	Seal	Seal
	PH	PH	PH	PH	PH
	T	T	T	T	T
	ST	ST	ST	ST	ST
	SS	SS	SS	SS	SS
	NTN	NTN	NTN	NTN	NTN
	D.O.	D.O.	D.O.	D.O.	D.O.
	DSO	DSO	DSO	DSO	DSO
	ALO	ALO	ALO	ALO	ALO
	Detergente	Detergente	Detergente	Detergente	Detergente

Transportada por vía: Muestra
 Conductor Responsable: M. J. J.
 Precinto de Custodia: NO
 Temperatura Nevera: 5°C
 Condición Ambiental: Lento
 OBSERVACIONES: 7:30am 9:30am 11:30am 1:30pm
 PH 8.00 PH 7.60 PH 8.12 PH 9.30
 T 29.2°C T 30.4°C T 30.8°C T 31.4°C
 FTO-05-01 v3.0 M. J. J. M. J. J. M. J. J. M. J. J.
 Página 1 de 1



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 104 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE



WATER & WASTEWATER TREATMENT, S.A

Calle 111 este Los Pinos
 Casa 9A Parque Lefevre
 R.U.C. 1236290-1-590012 DV 12
 e-mail: w_wwt@hotmail.com
wwtsa@cwpanama.net
www.wwtsa.net

Telefonos: (507) 214 - 6712
 Fax: (507) 214 - 4501
 Celular: 6734-0573 o 6624-9148 LE-021

Nuestra Referencia: No. 1007-15/RM 1088@1091-15

Cot.966-15

Asunto: Reporte de Calidad

Panamá, 21 de noviembre de 2015.

Parámetro Acreditado por CNA

REPORTE #: 1176/15
 Fecha de Colecta: 29 de octubre de 2015
 Fecha de Recepción: 29 de octubre de 2015 (OT 1090-15)
 Fecha de Análisis: 29 de octubre a 19 de noviembre de 2015
 Empresa: THE LOUIS BERGER GROUP
 Colectada por: Geneva Parris/Genoveva de Parris
 Tipo de Agua: Agua Residual/ Muestra compuesta y simple
 Fuente: Alcantarillado Urbanización Nuevo Chorrillo
 Sitio de Colectación: Alcantarillado

ROGELIO PARRIS EDWARDS
 QUÍMICO
 CÉDULA: 3-72-466 IDONEIDAD: 8017

Dic. Jorge De Obaldia
 Químico
 Céd. 9-013-1035
 Idoneidad No. 0534

Parámetros	Unidades	Metodología	Valor	U
Coliformes Totales*	NMP/100 mL	9222B	>2,4●10 ⁶	De 1,4●10 ⁶ a infinito
pH@°C	Unidades	4500-H B	ver cadena de custodia	±0,10
Temperatura	°C	2550 B		±0,3
Conductividad@°C	µSiemens/cm	2510B		±2
Aceites y Grasas	mg/L	5520B	18,4	±0,3
DBO ₅	mg/L	5210B	95,8	±5,7
DQO	mg/L	5220C	139,8	±3,6
DQO/ DBO ₅	NA	NA	1,5	NA
Fósforo total	mg/L	Hach 8190	2,2	±0,04
Sólidos Totales	mg/L	2540B	255	±3
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540D	48,0	±0,5
Turbiedad	UNT	2130B	46,0	±0,4
Nitrato – NO ₃	mg/L	4500 NO ₃ D	8,6	±0,6
Nitrógeno Orgánico	mg/L	4500 Norg	5,7	±0,2
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	4500NH ₃ C	7,7	±0,4
Detergentes	mg/L	5540C	11,5	±0,1

NMP: Número Más Probable NA: No Aplica UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad
 T.N.: Temperatura normal del sitio U: Incertidumbre expandida con un factor K = 2 que corresponde a un nivel de confianza de 95%.
 *Este parámetro está fuera del alcance de esta acreditación.

Procedimientos utilizados: En donde no se hace referencia a la metodología, se ha utilizado el "Standard Methods for Examination of Water and Waste Water", APHA-AWWA-WEF 22nd edition, 2012. Este informe no será reproducido, excepto completamente, sin la autorización escrita de "Water & Wastewater Treatment, S.A.". El muestreo se realizó de acuerdo al procedimiento PTO-05 colecta, identificación, preservación, almacenamiento y transporte de muestras de agua, y los instructivos ITO-05-01 e ITO-05-02.



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 106 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAJÁN ESTE



WATER & WASTEWATER TREATMENT, S.A

Calle 111 este Los Pinos
 Casa 9A Parque Lefevre
 R.U.C. 1236290-1-590012 DV 12
 e-mail: w_wwt@hotmail.com
 wwwtsa@cwpanama.net
 www.wwtso.net

Teléfonos: (507) 214 – 6712
 Fax: (507) 214 – 4501
 Celular: 6734-0573 o 6624-9148



LE-021

Nuestra Referencia: No. 1007-15/RM 1088@1091-15
 Cot.966-15

Asunto: Reporte de Calidad

Panamá, 21 de noviembre de 2015.

Parámetro Acreditado por CNA

REPORTE #: 1177/15
 Fecha de Colecta: 29 de octubre de 2015
 Fecha de Recepción: 29 de octubre de 2015 (OT 1091-15)
 Fecha de Análisis: 29 de octubre a 20 de noviembre de 2015
 Empresa: THE LOUIS BERGER GROUP
 Colectada por: Geneva Parris/Genoveva de Parris
 Tipo de Agua: Agua Superficial/ Muestra simple
 Fuente: Río Aguacate
 Sitio de Colección: Aguas abajo Río Aguacate

ROGELIO PARRIS EDWARDS
 QUÍMICO
 CÉDULA: 3-72-465 (DOMINIO: 0017)

Lic. Jorge De Obaldia
 Químico
 Céd. 9-813-1045
 Idoneidad No. 0534

Parámetros	Unidades	Metodología	Valor	U
Coliformes Totales*	UFC/100 mL	9222B	8,9•10 ⁷	±0,8•10 ⁷
pH@°C	Unidades	4500-11 ⁺ B		±0,11
Temperatura	°C	2550 B	ver cadena de custodia	±0,3
Conductividad@°C	µSiemens/cm	2510B		±1
Aceites y Grasas	mg/L	5520B	< 10	NA
DBO ₅	mg/L	5210B	4,1	±0,2
DQO	mg/L	5220C	< 40	NA
DQO/ DBO ₅	NA	NA	< 9,8	NA
Fósforo total	mg/L	Hach 8190	0,39	±0,01
Sólidos Totales	mg/L	2540B	177	±2
Sólidos Suspendedos	mg/L	2540D	27,0	±0,3
Turbiedad	UNT	2130B	46,3	±0,4
Nitrato – NO ₃	mg/L	4500 NO ₃ D	4,5	±0,3
Nitrógeno Orgánico	mg/L	4500 NOrgB 4500 NH ₃ D ⁻	1,968	NA
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	4500 NH ₃ C 4500 NH ₃ D ⁻	1,816	NA
Detergentes	mg/L	5540C	< 0,15	NA

UFC: Unidades Formadoras de Colonias NA: No Aplica UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad
 T.N.: Temperatura normal del sitio U: Incertidumbre expandida con un factor k = 2 que corresponde a un nivel de confianza de 95%.
 *Este parámetro esta fuera del alcance de esta acreditación. Esta metodología está fuera del alcance de esta acreditación

Procedimientos utilizados: En donde no se hace referencia a la metodología, se ha utilizado el "Standard Methods for Examination of Water and Waste Water", APHA-AWWA-WEF 22nd edition 2012. Este informe no será reproducido, excepto completamente, sin la autorización escrita de "Water & Wastewater Treatment, S.A". El muestreo se realizó de acuerdo al procedimiento PTO-05 colecta, identificación, preservación, almacenamiento y transporte de muestras de agua, y los instructivos ITO-05-01 e ITO-05-02.



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 107 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE



WATER & WASTEWATER TREATMENT, S.A
 Calle 111 este Los Pinos
 Casa 9A Parque Lefevre
 R.U.C. 1236290-1-590012 DV 12
 e-mail: w_wwt@hotmail.com
 wwwtsa@cwpanama.net
 www.wwtso.net

Teléfonos: (507) 214 - 6712
 Fax: (507) 214 - 4501
 Celular: 6734-0573 o 6624-9148



Nuestra Referencia: No. 1007-15/RM 1088@1091-15
 Cot.966-15
 Asunto: Reporte de Calidad
 Panamá, 21 de noviembre de 2015.



Nº. Recepción de Muestras 1001-1

Cadena de Custodia

Firma del cliente _____
 Laboratorio Subcontratado: _____
 Fecha: 29-10-15 Cliente/Código: 79-1015-1550-1550 Recibido por: _____
 Colectada por: G. Lopez Hora: 8:30am
 Entregada por: G. Lopez Hora: 9:00pm
 Recibida por: G. Lopez Hora: 4:00pm

Descripción	Parámetros	Parámetros	Parámetros	Parámetros	Parámetros
idMuestra	79-291015-1550	79-291015-1550	79-291015-1550	79-291015-1550	79-291015-1550
Hora	8:30am	8:30am	8:30am	8:30am	8:30am
Fuente	Arroyo	Arroyo	Arroyo	Arroyo	Arroyo
Tipo de Agua	AS	AS	AS	AS	AS
Sitio de Muestreo	Arroyo abajo - rd Arraján	Arroyo abajo - rd Arraján	Arroyo abajo - rd Arraján	Arroyo abajo - rd Arraján	Arroyo abajo - rd Arraján
Tipo de Muestra	simple	simple	simple	simple	simple
Tipo de Envase	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico
Volumen muestra (mL)	2000	1000	1000	200	200
Preservativo	5°C	NaOH 4.50%	HCl 1.5%	5°C	5°C
Condición de la muestra	Churn	Churn	Churn	Churn	Churn
PH	T	D&W	A/C	OT	
T	N/A	N/A			
ST					
SS					
NPK					
DBP					
DBO/DBP					
NO ₃					
Nitrogeno					

Transportada por vía: Terrestre
 Conductor Responsable: G. Lopez
 Precinto de Custodia: No
 Temperatura Neveira: 5.8°C
 Condición Ambiental: Caliente
 OBSERVACIONES: 8:30am
 PA 7.53
 T 27.6°C
 M 193,145/m³



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 108 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE



WATER & WASTEWATER TREATMENT, S.A

Calle 111 este Los Pinos
 Casa 9A Parque Lefevre
 R.U.C. 1236290-1-590012 DV 12
 e-mail: w_wwt@hotmail.com
 wwwtsa@cwpanama.net
 www.wwtso.net

Teléfonos: (507) 214 – 6712
 Fax: (507) 214 – 4501
 Celular: 6734-0573 o 6624-9148



LE-021

Nuestra Referencia: No. 1007-15/RM 1088@1091-15

Cot. 966-15

Asunto: Reporte de Calidad

Panamá, 21 de noviembre de 2015.

FOTOS DEL MUESTREO EN SITIO

ALTOS DE CACERES - ALCANTARILLADO



FUNDAVICO – ALCANTARILLADO





Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 109 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE



WATER & WASTEWATER TREATMENT, S.A

Calle 111 este Los Pinos
 Casa 9A Parque Lefevre
 R.U.C. 1236290-1-590012 DV 12
 e-mail: w_wwt@hotmail.com
 wwtsa@cwpanama.net
 www.wwtsa.net

Teléfonos: (507) 214 – 6712
 Fax: (507) 214 – 4501
 Celular: 6734-0573 o 6624-9148



LE-021

Nuestra Referencia: No. 1007-15/RM 1088@1091-15
 Cot.966-15

Asunto: Reporte de Calidad

Panamá, 21 de noviembre de 2015.

NUEVO CHORRILLO – ALCANTARILLADO



RIO AGUACATE -



FIN DE INFORME



Louis Berger

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 110 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

ANEXO B: RESUMEN DE CALCULOS

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 111 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

PRE-TRATAMIENTO

Cámara de rejás

Fase	Primera	Segunda	Unidad
Caudal de diseño	0.383	0.454	m ³ /s
Número de canales	2	1	
Tirante (Y _{max})	0.42	0.5	m
Abertura entre Barras	10	10	mm
Espesor de Barra	8 (*)	8 (*)	mm
Altura del canal	1.1	1.15	m
Ancho del canal	1.6	1.6	m
Velocidad entre las rejás limpias	0.75	0.75	m/s
Inclinación de las rejás	75	75	°

Nota:

(*): El grosor de perfil de barras deberá ser de forma de lágrima 8x5x60 mm

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 112 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE
Datos de diseño del desarenador
Primera fase

DESCRIPCION	Símbolo	Unidad	Valor	Comentario
ZONA DE DESARENADO				
Numero de desarenadores	Nd	unid	2	Caudal máximo horario en cada canal (Qpromedio = 395 l/s c/u)
Caudal unitario	Cu	m ³ /h	1379	
Periodo de retención - zona arena	Td	min	5	Para el caudal máximo horario
Volumen de desarenado	Vd	m ³	115	
Ancho del canal	ad	m	3.00	
Altura útil de agua	Hd	m	3.80	
Área total	At	m ²	11.4	
Longitud de desarenador	Ld	m	12.0	calculada
Longitud total (asumida)	Ld	m	13.00	
Periodo de retención (Qpromedio)	Tdp	min	4.85	Para el caudal promedio

ZONA DE GRASAS				
Tasa de flotación de grasas	Tg	m/h	32	Para Qpromedio*
Área zona de grasas	Ag	m ²	22.22	
ancho zona de grasas	ag	m	2.00	
Longitud total	Lg	m	11.11	calculado
Longitud total (asumida)	Lf	m	13.00	
Altura útil de agua	Hg	m	2.35	
Ancho tolva de almacenamiento grasas	atv	m	2.00	
Largo tolva de almacenamiento grasas	ltv	m	2.00	
Altura tolva de grasas	Htv	m	1.87	
Volumen tolva de grasas	Vtv	m ³	5.20	

SUMINISTRO DE AIRE	Símbolo	Unidad	Valores	comentario
Numero de sopladores por desarenador	Sp	unid	1	
Tasa de aire	Ta	m ³ /min.m	0.35	Rango 0,27-0,74 (típico 0,35)**

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 113 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE
Segunda fase

DESCRIPCION	Símbolo	Unidad	Valor	Comentario
ZONA DE DESARENADO				
Numero de desarenadores	Nd	unid	1	Caudal máximo horario en cada canal (Qpromedio = 229 l/s)
Caudal unitario	Cu	m3/h	817	
Periodo de retención - zona arena	Td	min	5	Para el caudal máximo horario
Volumen de desarenado	Vd	m3	136	
Ancho del canal	ad	m	3.00	
Altura útil de agua	Hd	m	3.80	
Área total	At	m2	11.4	
Longitud de desarenador	Ld	m	11.9	calculada
Longitud total (asumida)	Ld	m	13.00	
Periodo de retención (Qpromedio)	Tdp	min	9.90	Para el caudal promedio

ZONA DE GRASAS				
Tasa de flotación de grasas	Tg	m/h	32	Para Qpromedio*
Área zona de grasas	Ag	m2	25.80	
ancho zona de grasas	ag	m	2.00	
Longitud total	Lg	m	12.90	calculado
Longitud total (asumida)	Lf	m	13.00	
Altura útil de agua	Hg	m	2.35	
Ancho tolva de almacenamiento grasas	atv	m	2.00	
Largo tolva de almacenamiento grasas	ltv	m	2.00	
Altura tolva de grasas	Htv	m	1.87	
Volumen tolva de grasas	Vtv	m3	5.20	

SUMINISTRO DE AIRE	Símbolo	Unidad	Valores	comentario
Numero de sopladores por desarenador	Sp	unid	1	
Tasa de aire	Ta	m3/min.m	0.35	Rango 0,27-0,74 (tipico 0,35)**



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 114 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

BATERÍA DE LODOS ACTIVADOS

Bases de diseño

Caudal	3600	m ³ /h
	86400	m ³ /día
L _{COD} =	0.22	kgCOD/m ³
L _{BOD} =	0.13	kgBOD/m ³
NH ₄ + organic N=K _j =	0.026	KgN/m ³
Temperatura	25	C

Tanque aerobio

Carga de DBO	Kg/d	6999.8
Carga de TKN	Kg/d	1884.6
Edad del lodo	d	7.8
Volumen total de tanques de aireación	m ³	14084
Cantidad de tanques de aireacion		6
Volumen unitario del tanque de aireación	m ³	27751.68
Altura de agua en el tanque	m	4
Tiempo de retención hidráulico	h	7.7
Xat MLSS	Kg MLSS/m ³	3
Xat MLVSS	Kg MLVSS/m ³	2.39
Bx=F/M=	KgBOD	0.134
	KgMLVSS.d	
Carga volumetrica de DBO	Kg DBO/m ³	0.49702499
Produccion de lodos	Kg SST/dia	5387.03026
Yx observado=	Kg SST	0.72535394



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 115 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Kg DBO

Oxígeno requerido	Kg O2/hora	571.17
Flujo de aire requerido	m3/min	71
Flujo de aire para un difusor con SOTE=35%	m3/min	202.3
SOTE		0.35
Tasa de recirculación (R)		0.6
Concentración de lodos en la recirculación	Kg MLSS/m3	7.83
Caudal de lodo desechado	m3/dia	478.6

Tanque anóxico

Sólidos Suspendedos Totales	2	kgMLSS/m3
Volumen	7927.633663	m3
Tiempo de retención hidráulico (HRT)	2.202120462	h
Nitrato efluente	2	mg/L
Altura de reactor	4	m
Área de reactor	1981.9	m 2
Producción de lodos	1900	MLVSS/dia

Sedimentador

Tasa de aplicación en el clarificador	m3/m2.d	23
Numero de clarificadores		3
Diámetro de cada clarificador	m	32

TRATAMIENTO DE LODOS

Numero de espesadores	1	
Area de cada espesador	187.4	m2
Diámetro del espesador escogido	14	m
Área real del espesador	153.9	



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 116 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Profundidad del agua	3	m
Tiempo de retención hidráulico	<24	h

Digestor de lodos

Volumen del digestor primario	= 2227.1 m3
Volumen del digestor	= 1936.6 m3
Volumen reservado para la acumulación de biogás	= 290.5 m3
Volumen del biogás	= 1007.0 m3/día
Poder calorífico de lodo crudo que ingresa al digestor=	= 73296.3 MJ/día
Poder calorífico del biogás	= 23463.7 MJ/día
Poder calorífico del lodo digerido	= 25064.2 MJ/día
Volumen del digestor secundario	= 1258.8 m3



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 117 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Calidad de lodo y sobrenadante

Descripción	Lodo		
	Carga SST	Caudal	concentración
	Kg SST/d	KgMLVSS/m3	%
Lodo secundario (del tratamiento biológico aerobio)	3749.17	478.62	0.78
Efluente de Espesador por gravedad	3186.80	61.88	5.00
Efluente del digestor primario	1928.01	61.88	3.12
Efluente del digestor secundario	1831.61	44.46	4.00
Efluente del deshidratador (con centrifuga sin químicos)	1648.45	6.22	25.00

Descripción	Sobrenadante/drenado		
	Carga SST	Caudal	concentración
	Kg SST/d	KgMLVSS/m3	mg/L
Lodo secundario (del tratamiento biológico aerobio)			
Efluente de Espesador por gravedad	562.38	416.74	1349.45
Efluente del digestor primario			
Efluente del digestor secundario	96.40	17.42	5532.96
Efluente del deshidratador (con centrifuga sin químicos)	183.16	38.24	4790.28



Louis Berger

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 118 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

ANEXO C: CÁLCULOS ESTRUCTURALES



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 119 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

1. Descripción Estructural del Edificio de Administración

En este apartado se describirá la estructura definida para resolver el diseño arquitectónico planteado para el edificio de Administración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Burunga.

El análisis de las solicitaciones se realiza mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formado por todos los elementos que definen las estructuras, como columnas, muros, vigas y losas.

La estructura consiste en un sistema de columnas y losas de concreto armado dispuestas de forma ordenada con el uso y las distribuciones planteadas en el interior de la edificación.

La estructura tiene 4 niveles, planta baja, y niveles desde el 1 al 3, y una ultimo nivel de cubierta en la zona de salida a la terraza del nivel 3, siendo las alturas entre plantas consideradas de 3.9m de cara superior de losa a cara superior de losa, obteniendo una altura final en la parte más elevada, de 15.50m aproximadamente.

La estructura se ha dividido en 3 partes por dos juntas de dilatación, que separan por un lado, parte de los laboratorios, del núcleo principal, y por otro lado, otra junta que separa el núcleo principal en 2 partes.

Las losas de concreto están definidas con espesores de 30 cm y concreto de 28 Mpa, y reforzadas con armaduras pasivas de acero Grado 60.

Las columnas se han planteado cuadradas y de dos tamaños típicos, siendo de 45cm de lado en niveles inferiores, y reduciéndose a 35cm en niveles superiores. La separación entre las columnas varía desde 5 a 8m. Los materiales empleados son concreto de 28 Mpa y acero de refuerzo de Grado 60.

También se ha planteado un muro portante, que soporta una parte de las losas de concreto cercanas al lobby definido en todos los niveles, y del mismo material que losas y columnas.

Las fundaciones se han planteado mediante zapatas aisladas, de dimensiones varias en función de las solicitaciones de cada columna. Todas ellas están unidas mediante vigas de atado en dos direcciones, haciendo coincidir en lo posible, la propia viga de atado, con la alineación del cerramiento exterior del edificio.

Las fundaciones deberán apoyar sobre un material que asegure una capacidad portante de al menos 2 Kg/cm².

A continuación se muestran imágenes de la modelación de la estructura.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 120 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

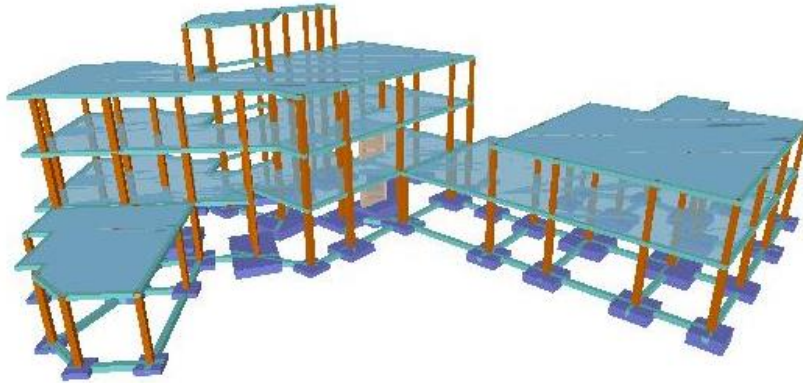


Figura 1 Vista 1

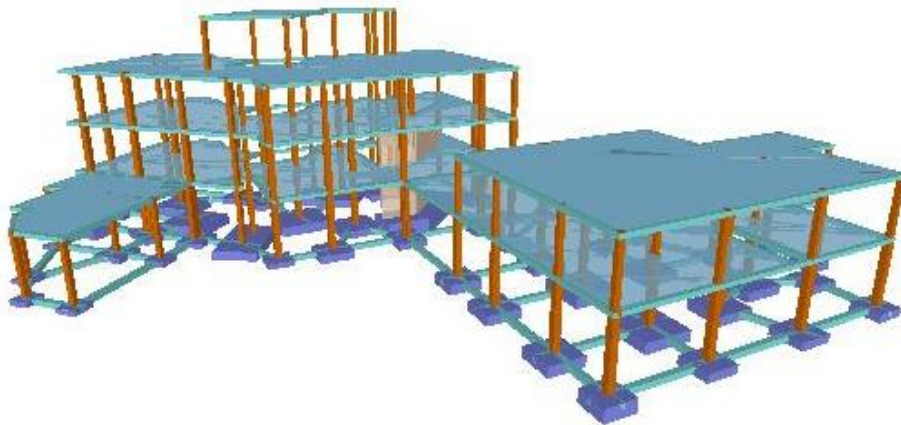


Figura 2 Vista 2

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 121 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

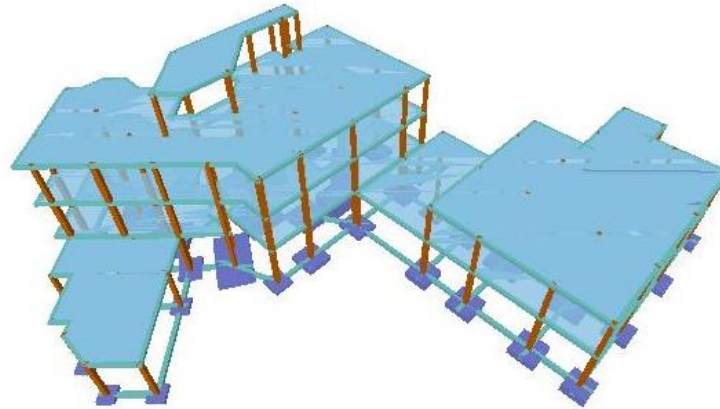


Figura 3 Vista 3

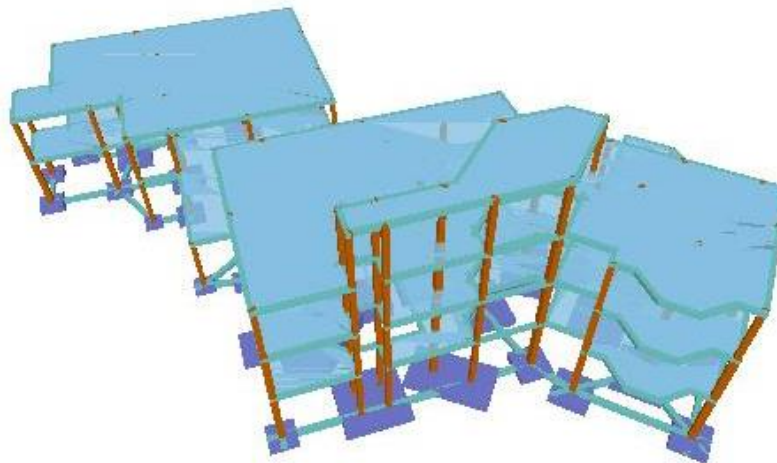


Figura 4 Vista 4



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 122 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

2. Descripción Estructural de Edificio de Talleres

En este apartado se describirá la estructura definida para resolver el diseño arquitectónico planteado para el edificio de Talleres de la planta de tratamiento de aguas residuales de Burunga.

El análisis de las solicitaciones se realiza mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formado por todos los elementos principales que definen las estructuras, como columnas, vigas y losas.

La estructura está formada por dos zonas bien definidas.

Por un lado se encuentra la zona propiamente de talleres, la cual está resuelta estructuralmente por pórticos rígidos a dos aguas, con alturas de columna de 7.1+0.5m hasta nivel de cimentación, y vigas que cierran el pórtico con inclinación de 10° y longitudes de aproximadamente 6.70m. La luz libre entre columnas de los pórticos es de 13.26 m, y la altura en el centro de los mismos, alcanza los 9.00m, siendo la separación entre pórticos sucesivos de aproximadamente 5m. Los perfiles laminados utilizados principalmente, han sido tipo W12x30, tanto en columnas como en vigas, siendo de acero tipo A992-Fy50. La cubierta elegida para esta parte, es de tipo ligera, asumiendo por ello cargas pequeñas en el cálculo. En la parte trasera de esta estructura, se define una terraza a una altura de 3.30m aproximadamente, la cual está formada por una losa colaborante (tipo metaldeck) de concreto armado de 14 cm de espesor, de hormigón de 28 Mpa y acero de refuerzo grado 60, y por columnas y vigas tipo W8x15 y W10x19 sucesivamente, del mismo material definido anteriormente. Para cubrir dicha terraza, se vuela parte de la cubierta de la estructura principal, hasta cubrirla por completo.

Por otro lado, se encuentra la zona de oficinas, la cual se resuelve estructuralmente mediante estructuras también aperticadas, formando marcos rígidos. Estas oficinas cuentan con un primer nivel a una altura de 3.50m, y el nivel de cubierta, a una altura final de 7.10m. Para el primer nivel, se define una losa colaborante (tipo metaldeck) de concreto armado de 14 cm de espesor, de hormigón de 28 Mpa y acero de refuerzo grado 60. Esta ira apoyada sobre vigas metálicas tipo W8x15 de acero laminado A992-Fy50, que a su vez estarán soportadas por columnas del mismo material y de tipo W8x21 y W10x19. La cubierta también es tipo ligera y con pendiente mínima para evacuar el agua.

Las fundaciones se han planteado mediante zapatas aisladas, de dimensiones varias en función de las solicitaciones de cada columna. Todas ellas están unidas mediante vigas de atado en dos direcciones en oficinas, y en una única dirección en los pórticos principales de la parte de talleres, haciendo coincidir en lo posible, la propia viga de atado, con la alineación del cerramiento exterior del edificio.

Las fundaciones deberán apoyar sobre un material que asegure una capacidad portante de al menos 2 Kg/cm²

A continuación se muestran imágenes de la modelación de la estructura.

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

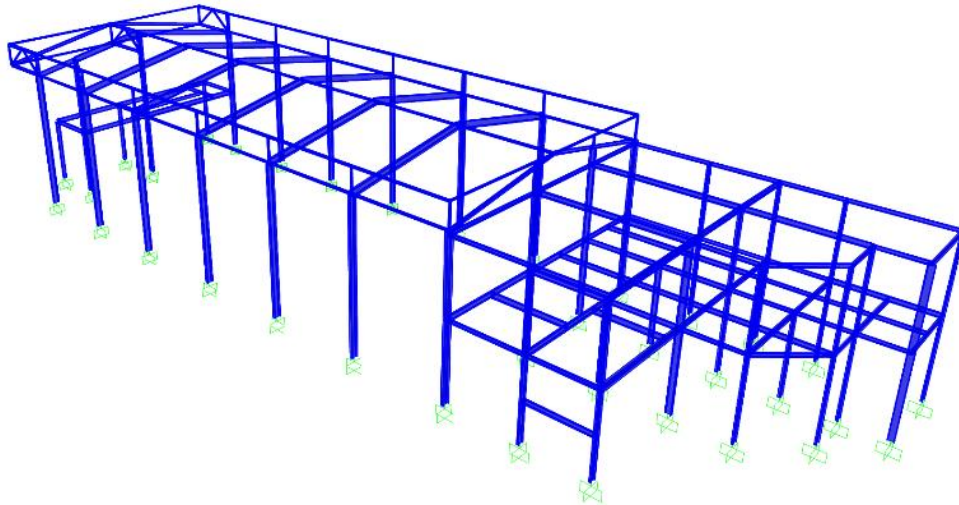


Figura 5 Vista 1

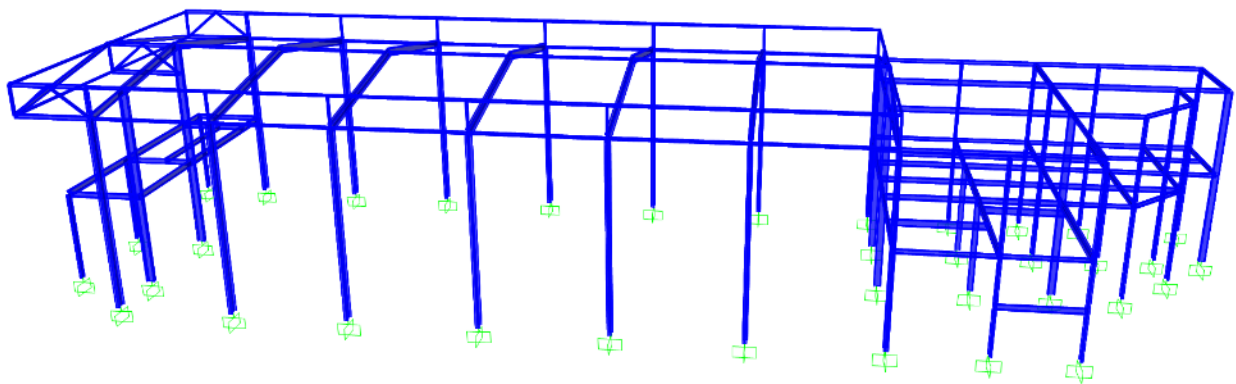


Figura 6 Vista 2

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

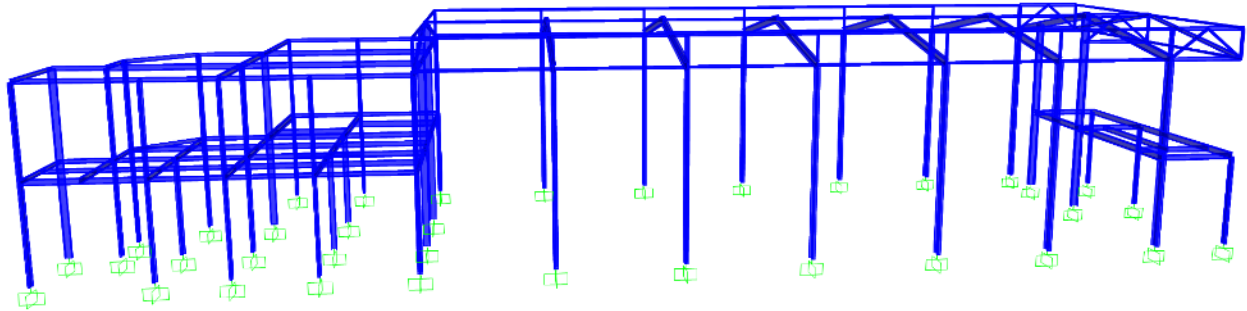


Figura 7 Vista 3

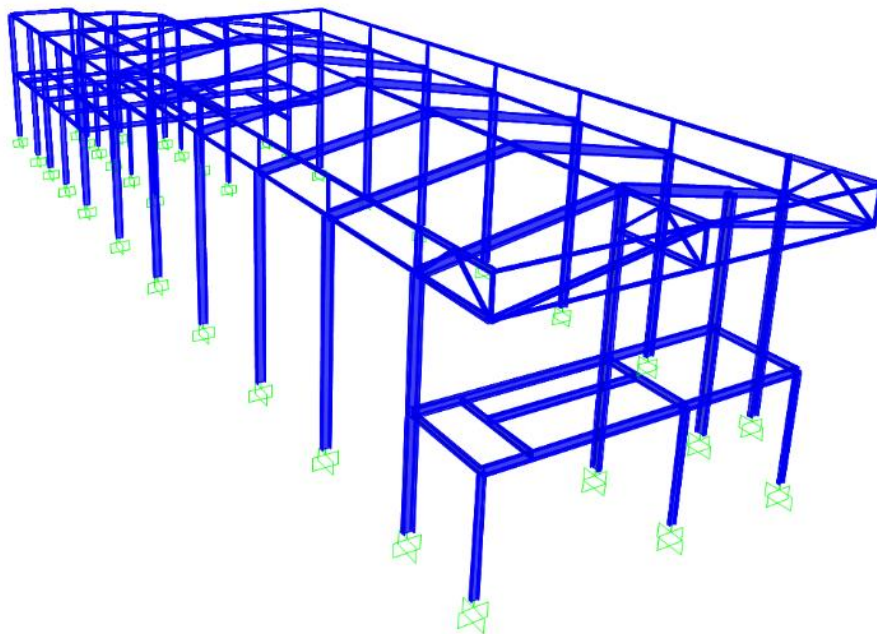


Figura 8 Vista 4

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 125 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAJÁN ESTE

3. Memoria de Cálculo Estructural Reactores Biológicos

1. Introducción

En este documento se presenta el diseño estructural de los Reactores Biológicos de Lodos activados de Burunga, englobada dentro de la Sección 1 del Proyecto “SERVICIOS DE GERENCIA DE PROYECTO, SUPERVISIÓN Y ASESORÍA TÉCNICA PARA EL SANEAMIENTO DEL SECTOR DE BURUNGA”.

Por los parámetros hidráulicos que la conciben, la misma debe desplantarse a una elevación de 28 msnm.

El Reactor biológico, esta formado por un sistema de 3 tanques, dos serán de aireación y uno anóxico, según se detalla en planos.

La presente memoria de cálculo pretende describir brevemente las consideraciones generales del diseño, los cálculos analíticos y los resultados de diseño que soportan el dimensionamiento y detallado de cada uno de los elementos del sistema estructural.

En las siguientes figuras se observa una planta y una sección del Reator biológico proyectado:

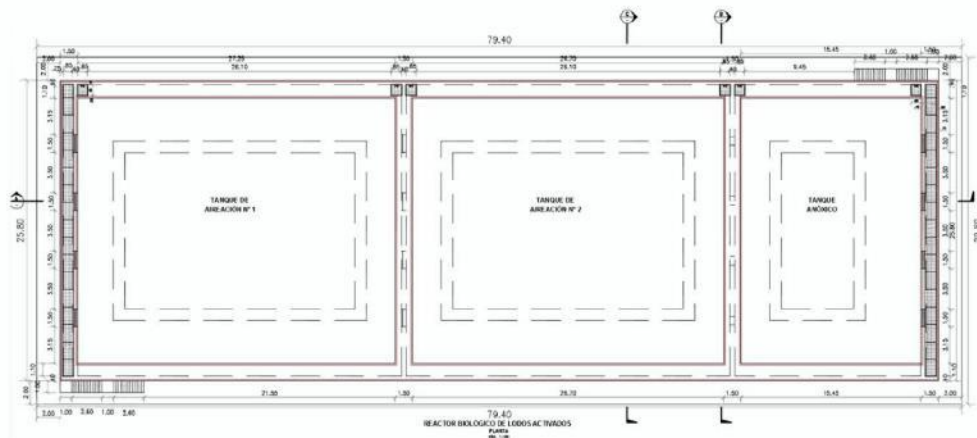


Figura 1 Planta Reactor Biológico

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 126 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE



Figura 2 Sección longitudinal Reactor Biológico

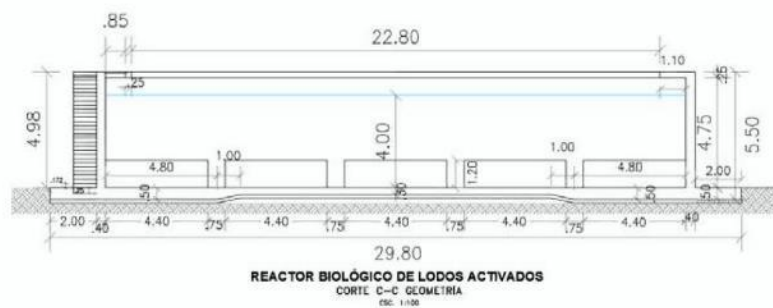


Figura 3 Sección transversal Reactor Biológico

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 127 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

2. Consideraciones generales de diseño

La estructura definida, esta formada principalmente por muros de contención perimetrales y transversales de hormigón armado que separan los tanques de aireación del tanque anóxico, y una losa de cimentación como fundación. La geometría se describe a continuación:

- Reactor biológico:
 - Longitud total: 73.20m
 - Ancho total: 25.80m
 - Ancho libre tanque de aireación: 25.00m
 - Longitud libre tanque de aireación: 27.80m
 - Ancho libre tanque anóxico: 25.00m
 - Longitud libre tanque anóxico: 16.00m
 - Alto libre interior: 5.00m
 - Espesor de muros perimetrales: 0.40m
 - Espesor de muros internos: 0.40m
 - Espesor de losa inferior: 0.50 a 0.30m

3. Normativa y metodología de cálculo

Para el diseño de la estación de bombeo, se han aplicado las directivas de las siguientes normas de diseño para el dimensionamiento de las estructuras:

- ACI 318 – 2011 Building Code Requirements for Structural Concrete (American Concrete Institute).
- AASHTO LRFD 2012 Design specification .

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 128 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

- ACI 318 – 2006 Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary (American Concrete Institute).
- Reglamento para el diseño estructural en la República de Panamá (REP-04).

Los cálculos realizados pueden ser comprobados en los diferentes anexos al final del documento.

4. Materiales

Para el diseño del Reactor Biológico, se han especificado los siguientes materiales para los diferentes elementos estructurales:

- Hormigón estructural de resistencia a la compresión a los 28 días igual a $F_c=35\text{MPa}$.
- Aceros de refuerzo de límite de fluencia $f_y=420\text{MPa}$ (Grado 60) conforme a ASTM A615.

5. Cargas y combinaciones de cargas

5.1 Cargas

Carga Muerta (DC): incluye el peso propio de todos los elementos del Reactor Biológico, tales como:

- Losas y muros: en base a sus dimensiones y una densidad del hormigón armado de 24.5kN/m^3

Empuje Hidrostático (FL): se considera el empuje horizontal del fluido a contener.

Carga vertical del fluido (FL): se considera el peso propio del fluido a contener.

5.2 Estados límite

- Service I (SER-I): se refiere al estado normal de operación y será de utilidad en el control de deflexiones y fisuración, así como para análisis tensional.

$$1.00xDC+1.00xFL$$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 129 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

- Strength I (STR-I): fuerzas extremas factorizadas para comprobación en estado limite último.

$$1.40 \times DC + 1.40 \times FL$$

6. Consideraciones Geotécnicas

El estudio geotécnico del lugar estuvo a cargo de Ingeniería Palort S.A. A continuación presentamos un extracto del mismo. Para mayores detalles sobre las características físico mecánicas referirse al documento mencionado.

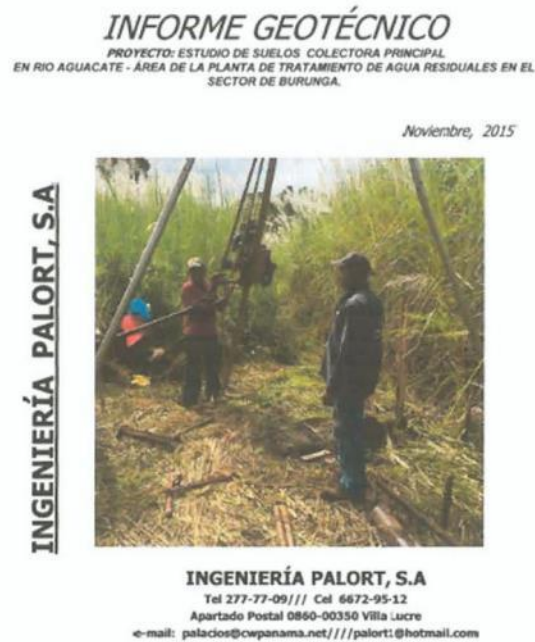


Figura 4 Portada Estudio de Suelos

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 130 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Perforación PTAR-1:

El subsuelo donde está localizado la perforación **PTAR-1** está compuesto en primer lugar por una capa vegetal de cinco centímetros de espesor constituida por un limo arcilloso, color negro, contaminado con material orgánico, mezclado con pequeñas partículas pétreas. Posterior a esta capa vegetal se pudo observar un limo arcilloso, color chocolate claro 10YR 4/4 (Dark Yellowish Brown) entre (0.05-0.20) metros bajo el nivel actual del terreno. Después de este estrato se pudo observar un limo arcilloso, color chocolate con amarillo, 10 YR 5/6 (Yellowish Brown), consistencia media entre (0.20-0.50) metros bajo el nivel actual del terreno. A partir de 0.50 metros se pudo detectar un limo arcilloso, color amarillo con vetas de color crema, 10YR 5/8 (Yellowish Brown), posee una consistencia media a firme entre (0.50-4.15) metros. Posterior a este estrato localizamos un limo ligeramente arcilloso, color chocolate con vetas de color amarillo, 10 YR 5/6 (Yellowish Brown), consistencia firme entre (4.15-6.10) metros bajo el nivel actual del terreno. A partir de 6.10 metros se pudo apreciar un limo, color amarillo, 10 YR 5/6 (Yellowish Brown), compacidad media entre (6.10-7.20) metros. Seguido a este estrato se pudo observar un limo con partículas de roca meteorizadas, compacidad compacta entre (7.20-7.50) metros bajo el nivel actual del terreno. Después de 7.50 metros se pudo observar una roca fracturada, meteorizada, "Meteorización". La perforación PTAR-1 finalizó a una profundidad de 8.00 metros observando la misma roca meteorizada "meteorización" detectada a 7.50 metros bajo el nivel actual del terreno.

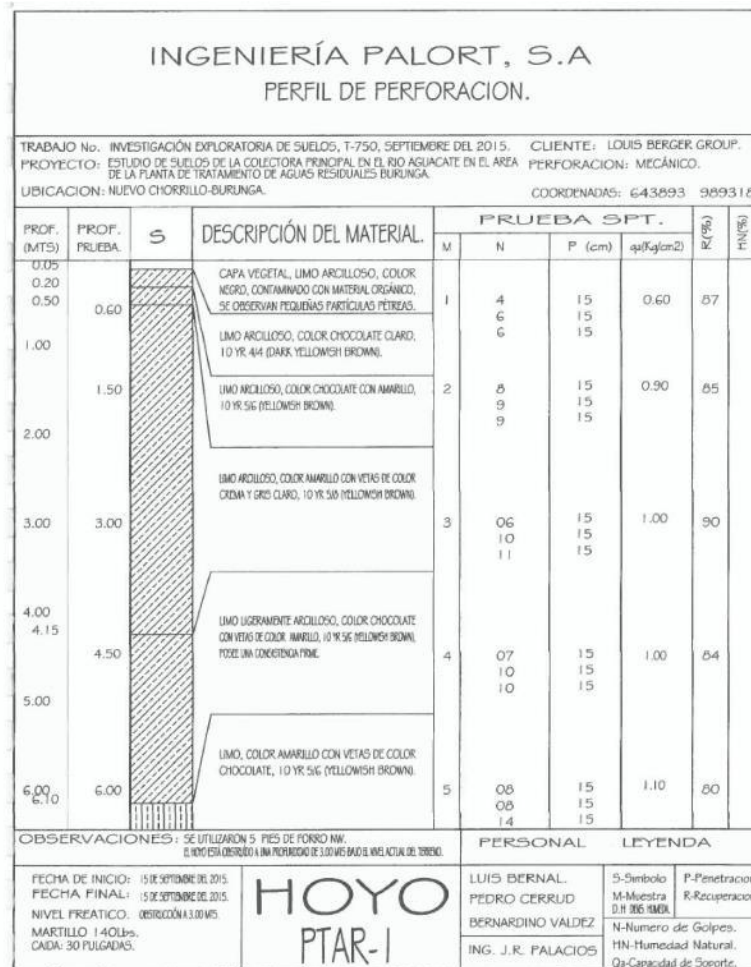


Figura 5 Perfil de Perforación

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 131 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

7. Modelo de cálculo y obtención de esfuerzos

Para la obtención de los esfuerzos, se utiliza el programa Sap2000, donde se modela la estructura con las cargas consideradas. Se introducen cargas en los muros laterales de empuje del fluido.

A continuación se muestra la modelación del Reactor Biológico, las cargas introducidas en el modelo de cálculo, los esfuerzos obtenidos y la deformada de la estructura.

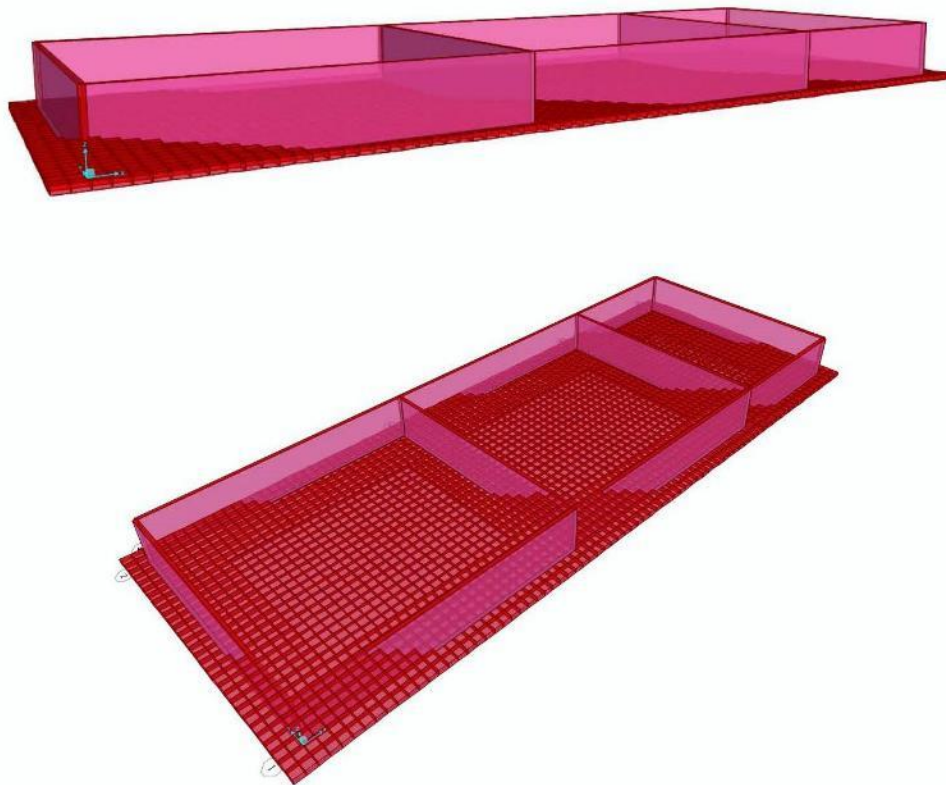


Figura 6 Vista 3D del modelo de cálculo del Reactor Biológico

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 132 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

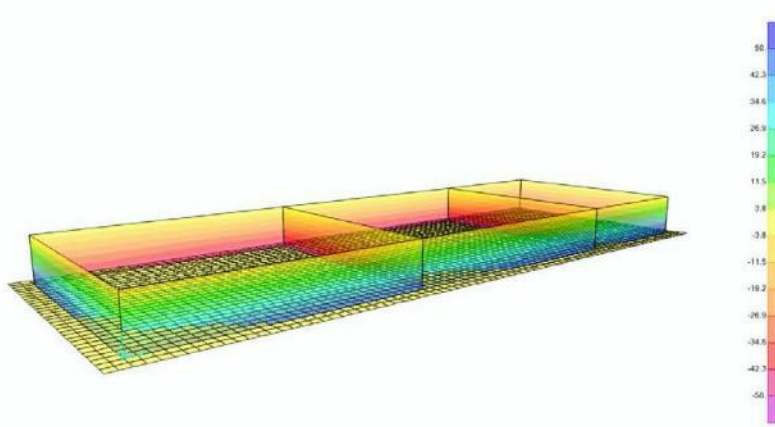


Figura 7 Empuje hidrostático debido al agua (FL)

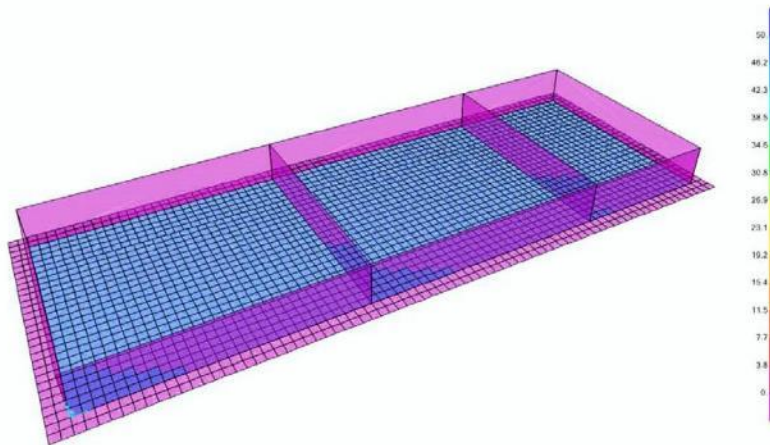


Figura 8 Cargas verticales del fluido (FL)

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 133 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

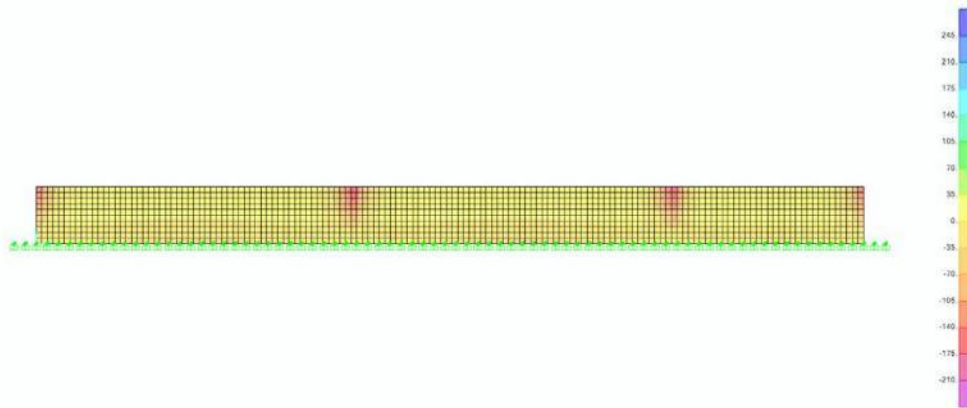


Figura 9 Envolvente de Momentos M11 en Strength

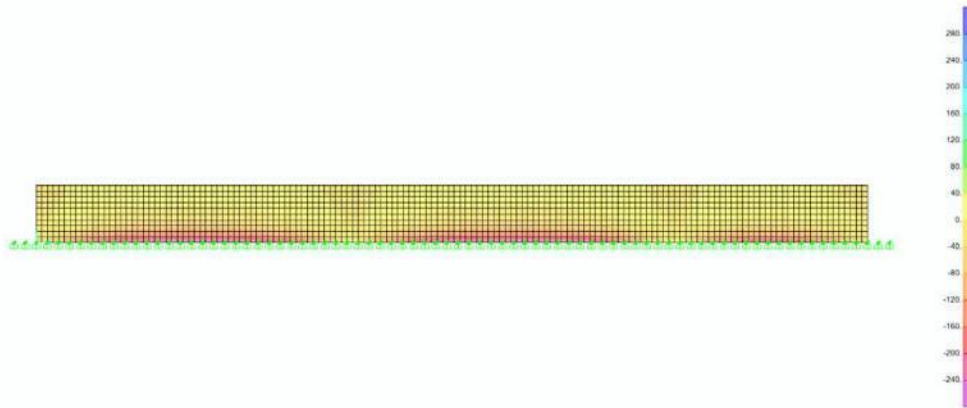


Figura 10 Envolvente de Momentos M22 en Strength

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 134 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

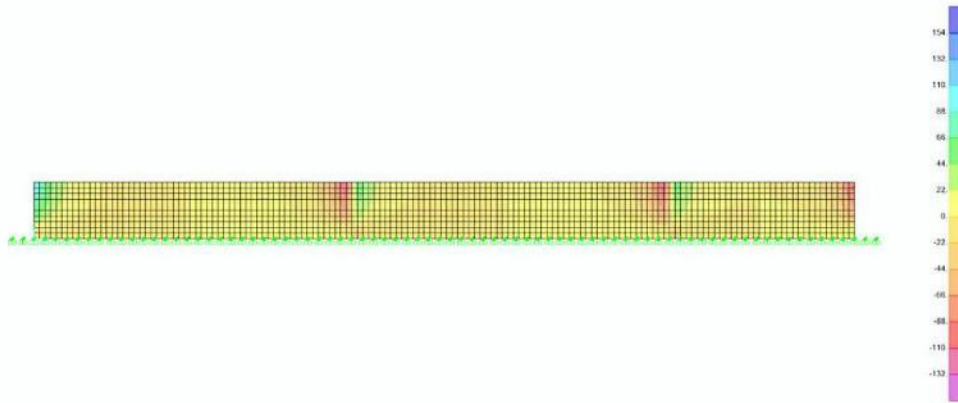


Figura 11 Envolverte de Cortantes V13 en Strength

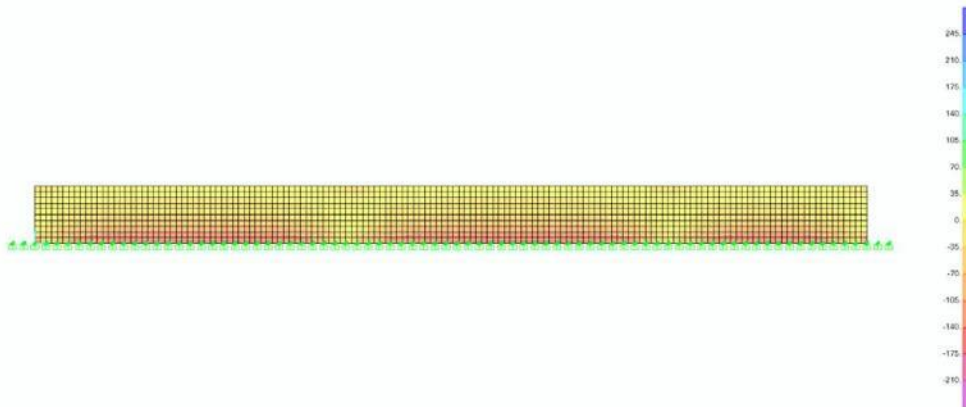


Figura 12 Envolverte de Cortantes V23 en Strength

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

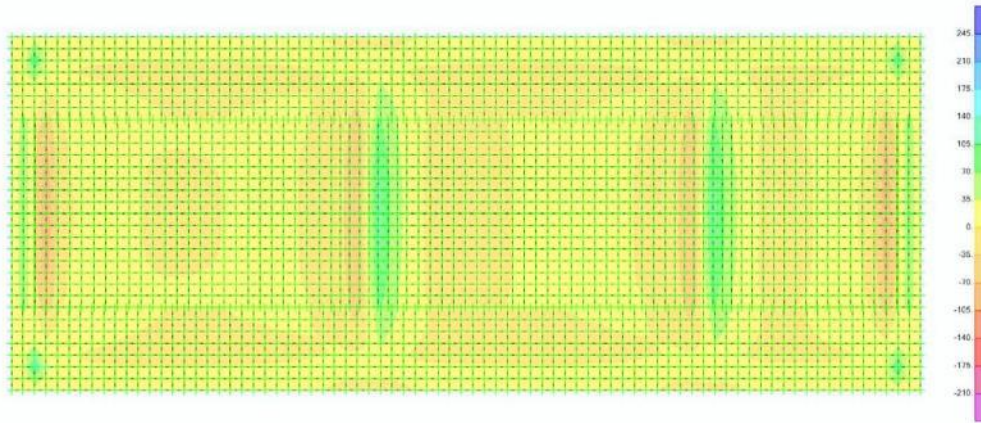


Figura 13 Envolvente de Momentos M11 en Strength

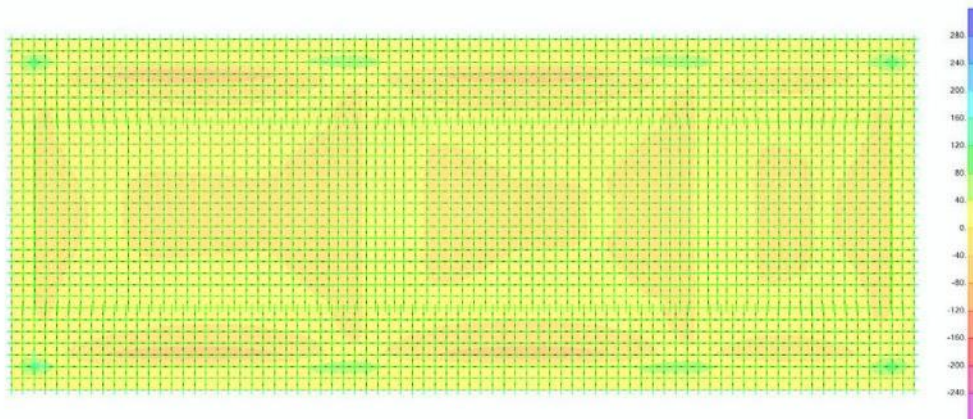


Figura 14 Envolvente de Momentos M22 en Strength

Tipo: INFORME TÉCNICO

Código: 130-HID-MD-0001

Revisión N°:1

Hoja N°: 136 de 251

Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

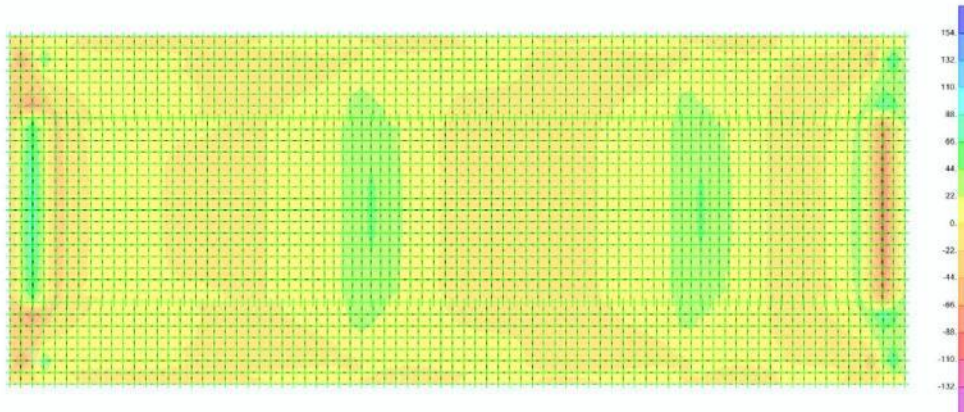


Figura 15 Envolvente de Cortantes V13 en Strength

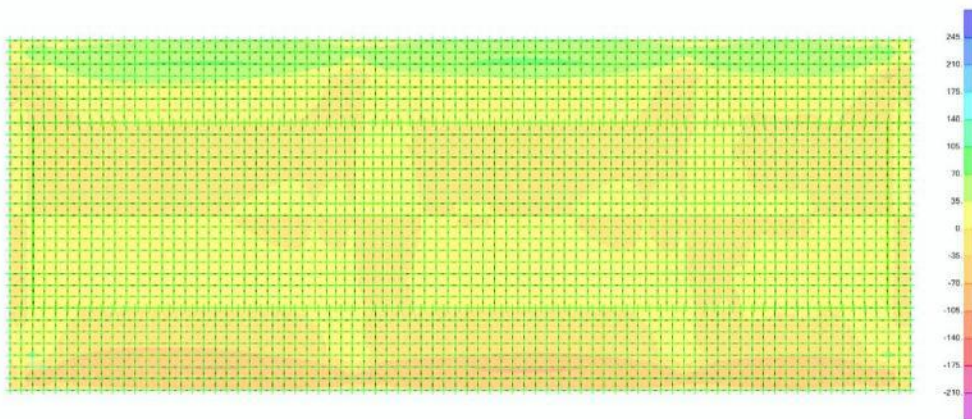


Figura 16 Envolvente de Cortantes V23 en Strength

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 137 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

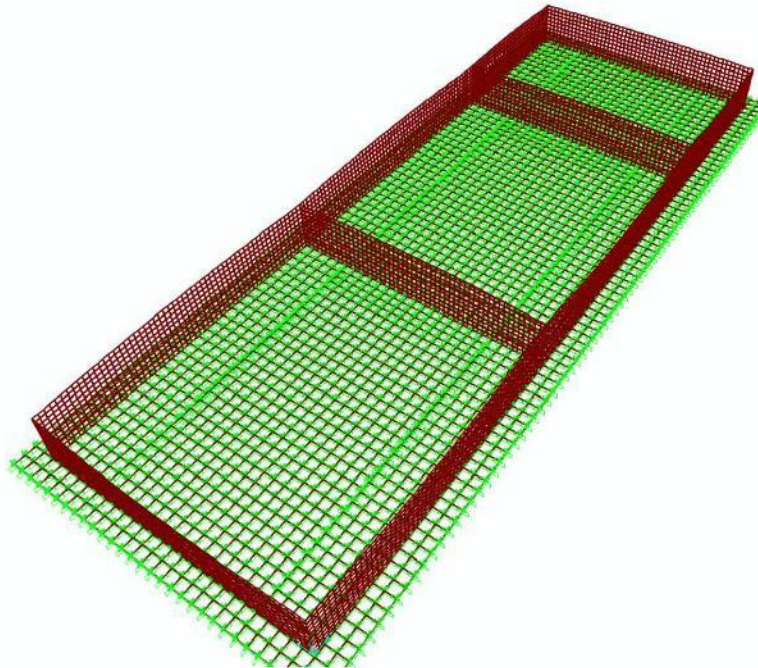


Figura 17 Deformada de la estructura en Servicio

8. Cálculo de armaduras en el Reactor Biológico

En el anexo se presentan las comprobaciones de las armaduras definidas en los planos del Reactor Biológico, para las cargas de diseño y esfuerzos mostrados en el punto anterior.

A continuación se muestran algunos detalles la armadura definitiva propuesta en el Reactor Biológico.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 138 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

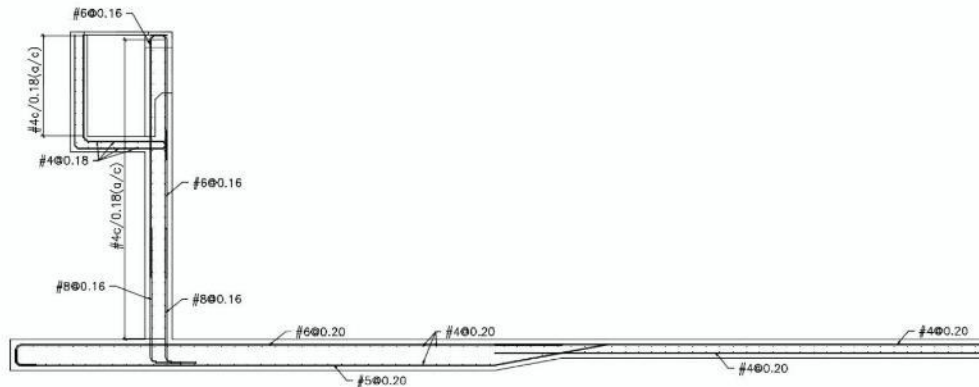


Figura 18 Armadura tipo, losa y muro perimetral

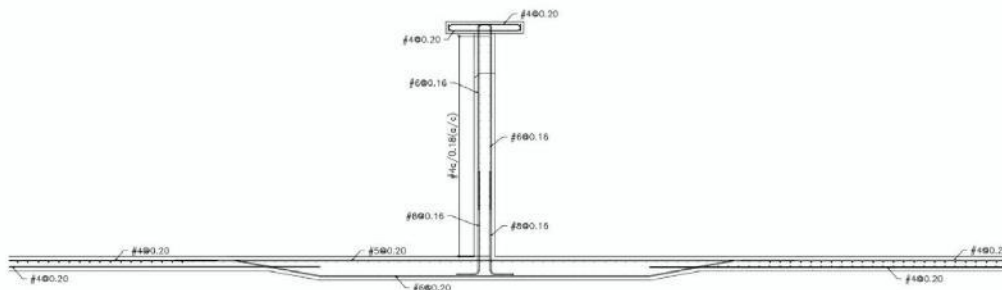


Figura 19 Armadura tipo, losa y muro transversal

CÁLCULO ARMADURA REACTOR BIOLÓGICO:

- Armadura vertical muros
- Armadura horizontal muros
 - Armadura losa

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 139 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura muros

Armadura vertical muros

Ingreso de Datos

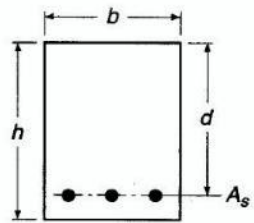
Verificacion de Condiciones

Propiedades de Materiales

$f_y = 420 \text{ MPa}$	Steel Strength
$E_s = 200000 \text{ MPa}$	Modulo de Elasticidad de Acero AASHTO LRFD 5.4.3.2)
$f_c = 35 \text{ MPa}$	Concrete Strength
$K_1 = 1.0$	(AASHTO LRFD 5.4.2.4)
$\rho_c = 2320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Densidad del Concreto Para Ec
$E_c = 0.043 \cdot K_1 \cdot \left(\frac{\rho_c}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{1.5} \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$	$E_c = 28427.2242 \text{ MPa}$ Modulo de Elasticidad del Concret (AASHTO LRFD Eq. 5.4.2.4-1)
$\lambda = 1.0$	Factor para Tipo de Concreto (ACI 318-11 8.6.1)
$\beta_1 = \begin{cases} \text{if } f_c \leq 28 \text{ MPa} \\ 0.85 \\ \text{else} \\ \max \left(0.85 - \left(\frac{f_c - 28 \text{ MPa}}{7 \text{ MPa}} \cdot 0.05 \right), 0.65 \right) \end{cases}$	$\beta_1 = 0.8$ Factor para Bloque de Esfuerzo Equivalente (AASHTO LRFD 5.7.2.2)
$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$	Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

A) Calculo armadura vertical a positivos:

Propiedades Geometricas

Diametro = 13	b = 1 m	Rec = 0.075 m	
Espaciamiento = 20 cm	h = 0.40 m		

1. Armadura pasiva:

$\phi_b = 12.7 \text{ mm}$
 $A_b = 1.29 \text{ cm}^2$
 $A_s = 6.45 \text{ cm}^2$



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 140 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura muros

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\phi b}{2}\right)$$

$$d = 31.865 \text{ cm}$$

Canto util

2. Momento Resistente:

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 2.709 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\beta_1 = 0.8$$

$$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$$

$$c = 0.0114 \text{ m}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$a = 0.0091 \text{ m}$$

$$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right)$$

$$M_n = 85.0889 \text{ m kN}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{0.003}{c}\right) \cdot (d - c)$$

$$\epsilon_s = 0.081$$

```

epsilon_check := if epsilon_s > 0.005
                "OK"
                else
                "NG, Controlado por Compresion"

```

epsilon_check = "OK"

$$\phi_{flex} = 0.9$$

$$\phi M_n = M_n \cdot \phi_{flex}$$

$$\phi M_n = 76.58 \text{ m kN}$$

$$M_u = 13 \text{ m kN}$$

¿es $\phi M_n > M_u$?

```

Mu_check := if phi Mn > Mu
            "OK"
            else
            "NG"

```

Mu_check = "OK"

3. Armadura mínima:

$$S_c = b \cdot \frac{h^2}{6}$$

$$S_c = 0.0267 \text{ m}^3$$

Modulo de Seccion

$$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}}$$

$$f_r = 5.7386 \text{ MPa}$$

Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

$$M_{cr} = f_r \cdot S_c$$

$$M_{cr} = 153.0293 \text{ kN m}$$

Momento de Fisuracion (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)

$$M_f = \min\left(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u\right)$$

$$M_f = 17.29 \text{ m kN}$$

Momento Minimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

¿es $\phi M_n > M_f$?

```

Mu_check := if phi Mn > Mf
            "OK"
            else
            "NG"

```

Mu_check = "OK"

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 141 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Ms = 10 kN m

Armadura muros

Momento en servicio

dc = h - d

dc = 0.0814 m

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$\rho = 0.002$ Cuantía de acero

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$n = 7.0355$ Ratio de módulos de elasticidad

$$K = \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n$$

$K = 0.1551$

$$j = 1 - \left(\frac{K}{3} \right)$$

$j = 0.9483$

$$f_{ss} = \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$$

$f_{ss} = 51.3079 \text{ MPa}$ Tensión acero en servicio

$$\beta_s = \left(1 + \left(\frac{dc}{0.7 \cdot (n - dc)} \right) \right)$$

$\beta_s = 1.3647$

$\gamma_e = 0.75$

Factor de exposición

$$S_{max} = \left(\frac{(123000 \cdot \gamma_e)}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{\text{MPa}}} \right) \text{ mm} - (2 \cdot dc)$$

$S_{max} = 1.1548 \text{ m}$ Separación máxima permitida entre barras

Espaciamiento = 20 cm

¿es $S_{max} > \text{Espaciamiento}$? $S_{check} = \text{if } S_{max} > \text{Espaciamiento}$

$S_{check} = \text{"OK"}$
 $S_{check} = \text{"NG"}$

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.8)

$$A_{shtemp} = \min \left(\max \left(\left(0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \cdot \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b+h) \cdot \frac{f_y}{\text{MPa}}} \right), 1.27 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \right) \right)$$

$A_{shtemp} = 0.255 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$

$$A_{sprov} = \frac{A_s}{b} \quad A_{sprov} = 0.645 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

¿es $A_{sprov} > A_{shtemp}$? $Asht_{check} = \text{if } A_{sprov} > A_{shtemp}$

$Asht_{check} = \text{"OK"}$
 $Asht_{check} = \text{"NG"}$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 142 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

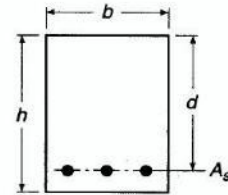
Armadura muros

(C) Calculo armadura vertical a negativos en muros perimetrales:

Propiedades Geometricas

▣

Diametro= 25 b:= 1 m Rec:= 0.075 m
 Espaciamiento= 16 cm h:= 0.40 m



▣

1. Armadura pasiva:

$\Phi b = 25.4 \text{ mm}$
 $A_b = 5.09 \text{ cm}^2$
 $A_s = 31.8125 \text{ cm}^2$
 $f_y = 420 \text{ MPa}$

$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\Phi b}{2}\right)$ $d = 31.23 \text{ cm}$ Canto util

2. Momento Resistente:

$T = A_s \cdot f_y$ $T = 1.3361 \cdot 10^6 \text{ N}$

$\beta_1 = 0.8$

$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$ $c = 0.0561 \text{ m}$

$a = \beta_1 \cdot c$ $a = 0.0449 \text{ m}$

$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right)$ $M_n = 387.268 \text{ m kN}$

$\epsilon_s = \left(\frac{.003}{c}\right) \cdot (d - c)$ $\epsilon_s = 0.0137$

```

epsilon_check = if epsilon_s > 0.005
                "OK"
            else
                "NG, Controlado por Compresion"
    epsilon_check = "OK"
    
```

$\phi_{flex} = 0.9$

$\Phi M_n = M_n \cdot \phi_{flex}$ $\Phi M_n = 348.5412 \text{ m kN}$ $M_u = 270 \text{ m kN}$

```

¿es ΦMn > Mu?
    Mu_check = if ΦMn > M_u
                "OK"
            else
                "NG"
    Mu_check = "OK"
    
```

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 143 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAJÁN ESTE

Armadura muros

3. Armadura mínima:

$$S_c = b \cdot \frac{h^2}{6} \quad S_c = 0.0267 m^3 \quad \text{Modulo de Seccion}$$

$$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{MPa}} \quad MPa \quad f_r = 5.7386 MPa \quad \text{Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)}$$

$$M_{cr} = f_r \cdot S_c \quad M_{cr} = 153.0293 kN m \quad \text{Momento de Fisuración (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)}$$

$$M_f = \min \left(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u \right) \quad M_f = 183.6351 m kN \quad \text{Momento Minimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)}$$

```
¿es ΦMn>Mf? Mu_check = if ΦMn>Mf Mu_check = "OK"
                    "OK"
                    else
                    "NG"
```

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

Ms = 170 kNm Momento en servicio

$$dc = h - d \quad dc = 0.0877 m$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \quad \rho = 0.0102 \quad \text{Cuantía de acero}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad n = 7.0355 \quad \text{Ratio de modulos de elasticidad}$$

$$K = \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n \quad K = 0.3137$$

$$j = 1 - \left(\frac{K}{3} \right) \quad j = 0.8954$$

$$f_{ss} = \frac{Ms}{j \cdot d \cdot A_s} \quad f_{ss} = 191.0901 MPa \quad \text{Tensión acero en servicio}$$

$$\beta_s = \left(1 + \left(\frac{dc}{0.7 \cdot (h - dc)} \right) \right) \quad \beta_s = 1.4012$$

$\gamma_e = 0.75$ Factor de exposición

$$S_{max} = \left(\frac{(123000 \cdot \gamma_e)}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{MPa}} \right) mm - (2 \cdot dc) \quad S_{max} = 0.1691 m \quad \text{Separación máxima permitida entre barras}$$

Espaciamiento = 16 cm

```
¿es Smax>Espaciamiento? S_check = if Smax>Espaciamiento S_check = "OK"
                        "OK"
                        else
                        "NG"
```

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 144 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura muros

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.8)

$$A_{s\text{temp}} = \min \left(\max \left(0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b+h) \cdot \frac{f_y}{\text{MPa}}} \right), 1.27 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \right) \quad A_{s\text{temp}} = 0.255 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

$$A_{s\text{prov}} = \frac{A_s}{b} \quad A_{s\text{prov}} = 3.181 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

¿es $A_{s\text{prov}} > A_{s\text{temp}}$?

$A_{s\text{check}} = \text{if } A_{s\text{prov}} > A_{s\text{temp}}$
"OK"
else
"NG"

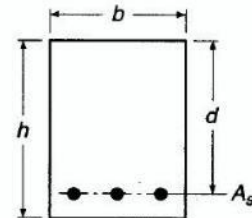
$A_{s\text{check}} = \text{"OK"}$

C) Cálculo armadura vertical a negativos en muros transversales

Propiedades Geométricas



Diametro = 25 b = 1 m Rec = 0.075 m
Espaciamiento = 16 cm h = 0.40 m



1. Armadura pasiva:

$\phi_b = 25.4 \text{ mm}$
 $A_b = 5.09 \text{ cm}^2$
 $A_s = 31.8125 \text{ cm}^2$
 $f_y = 420 \text{ MPa}$

$$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\phi_b}{2} \right)$$

$d = 31.23 \text{ cm}$

Canto util

2. Momento Resistente:

$$T = A_s \cdot f_y \quad T = 1.3361 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$\beta_1 = 0.8$

$$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$$

$c = 0.0561 \text{ m}$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$a = 0.0449 \text{ m}$

$$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right)$$

$M_n = 387.268 \text{ m kN}$

6/8

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 145 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura muros

$$\epsilon_s := \left(\frac{.003}{c} \right) \cdot (d - c)$$

$$\epsilon_s = 0.0137$$

$$\epsilon_{check} := \text{if } \epsilon_s > 0.005$$

"OK"

else

"NG, Controlado por Compresion"

$\epsilon_{check} = \text{"OK"}$

$$\phi_{flex} := 0.9$$

$$\phi M_n := M_n \cdot \phi_{flex}$$

$$\phi M_n = 348.5412 \text{ m kN}$$

$$M_u := 243 \text{ m kN}$$

$$\text{¿es } \phi M_n > M_u?$$

$$M_u_{check} := \text{if } \phi M_n > M_u$$

"OK"

else

"NG"

$M_u_{check} = \text{"OK"}$

3. Armadura mínima:

$$S_c := b \cdot \frac{h^2}{6}$$

$$S_c = 0.0267 \text{ m}^3$$

Modulo de Seccion

$$f_r := 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$$

$$f_r = 5.7386 \text{ MPa}$$

Modulo de Ruptura del Con (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

$$M_{cr} := f_r \cdot S_c$$

$$M_{cr} = 153.0293 \text{ kN m}$$

Momento de Fisuracion (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)

$$M_f := \min(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u)$$

$$M_f = 183.6351 \text{ m kN}$$

Momento Minimo Para Diseñ (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

$$\text{¿es } \phi M_n > M_f?$$

$$M_u_{check} := \text{if } \phi M_n > M_f$$

"OK"

else

"NG"

$M_u_{check} = \text{"OK"}$

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$$M_s := 175 \text{ kN m}$$

Momento en servicio

$$dc := h - d$$

$$dc = 0.0877 \text{ m}$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$\rho = 0.0102$$

Cuantia de acero

$$n := \frac{E_s}{E_c}$$

$$n = 7.0355$$

Ratio de modulos de elasticidad

$$K := \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n$$

$$K = 0.3137$$

$$j := 1 - \left(\frac{K}{3} \right)$$

$$j = 0.8954$$

$$f_{ss} := \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$$

$$f_{ss} = 196.7104 \text{ MPa}$$

Tensión acero en servic

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 146 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura muros

$$\beta_s = \left[1 + \left(\frac{dc}{0.7 \cdot (h - dc)} \right) \right]$$

$$\beta_s = 1.4012$$

$$\gamma_c = 0.75$$

Factor de exposición

$$S_{max} = \left[\frac{(123000 \cdot \gamma_c)}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{MPa}} \right]^{1/3} - (2 \cdot dc)$$

$$S_{max} = 0.1593 \text{ m}$$

Separación máxima perm entre barras

Espaciamiento = 16 cm

```
¿es Smax>Espaciamiento? S_check = if Smax>Espaciamiento
                        "OK"
                        else
                        "NG"
```

S_check = "NG"

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.8)

$$A_{shtemp} = \min \left(\max \left(0.233 \frac{mm^2}{mm} \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b+h) \cdot \frac{f_y}{MPa}} \right), 1.27 \frac{mm^2}{mm} \right)$$

$$A_{shtemp} = 0.255 \frac{mm^2}{mm}$$

$$A_{sprov} = \frac{A_s}{b} \quad A_{sprov} = 3.181 \frac{mm^2}{mm}$$

```
¿es Asprov>Ashtemp? Asht_check = if A_sprov>A_shtemp
                        "OK"
                        else
                        "NG"
```

Asht_check = "OK"

Cortante Muro

$$V_u = 170 \text{ kN}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$h = 0.40 \text{ m}$$

$$\phi_v = 0.9$$

$$\beta = 2$$

$$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\phi_c}{2} \right) = 0.3123 \text{ m}$$

$$d_v = \max \left(\begin{array}{l} 0.72 \cdot h_f \\ 0.9 \cdot d_s \\ d_e \end{array} \right)$$

$$d_v = d$$

$$\phi V_{c_B} = \phi_v \cdot 0.83 \cdot \beta \cdot \sqrt{\frac{f_c}{MPa}} \cdot L \cdot d_v$$

$$\phi V_{c_B} = 276.03 \text{ kN}$$

```
V_ul_check = if phi V_c_B > V_u
                "OK"
            else
                "NG, Falla en Cortante"
```

V_ul_check = "OK"

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 147 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa superior

Armadura Horizontal Muro

Ingreso de Datos

Verificación de Condiciones

Propiedades de Materiales

$f_y = 420 \text{ MPa}$	Steel Strength
$E_s = 200000 \text{ MPa}$	Modulo de Elasticidad de Acero (AASHTO LRFD 5.4.3.2)
$f_c = 35 \text{ MPa}$	Concrete Strength
$K_1 = 1.0$	(AASHTO LRFD 5.4.2.4)
$\rho_c = 2320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Densidad del Concreto Para Ec
$E_c = 0.043 \cdot K_1 \cdot \left(\frac{\rho_c}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{1.5} \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$	$E_c = 28427.2242 \text{ MPa}$
	Modulo de Elasticidad del Concret (AASHTO LRFD Eq. 5.4.2.4-1)
$\lambda = 1.0$	Factor para Tipo de Concreto (ACI 318-11 8.6.1)
$\beta_1 = \begin{cases} \text{if } f_c \leq 28 \text{ MPa} \\ 0.85 \\ \text{else} \\ \max \left(0.85 - \left(\frac{f_c - 28 \text{ MPa}}{7 \text{ MPa}} \cdot 0.05 \right), 0.65 \right) \end{cases}$	$\beta_1 = 0.8$
	Factor para Bloque de Esfuerzo Equivalente (AASHTO LRFD 5.7.2.2)
$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$	Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

A) Calculo armadura horizontal en esquinas de conexion:

Propiedades Geometricas

Diametro = 25	b = 1 m	Rec = 0.075 m	
Espaciamiento = 15 cm	h = 0.4 m		

1. Armadura pasiva:

$\Phi_b = 25.4 \text{ mm}$
 $A_{s_b} = 5.09 \text{ cm}^2$



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 148 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa superior

$$A_s = 33.9333 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\Phi b}{2}\right)$$

$$d = 31.23 \text{ cm}$$

Canto util

2. Momento Resistente:

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 1.4252 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$\beta_1 = 0.8$$

$$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$$

$$c = 0.0599 \text{ m}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$a = 0.0479 \text{ m}$$

$$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right)$$

$$M_n = 410.9522 \text{ m kN}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{0.003}{c}\right) \cdot (d - c)$$

$$\epsilon_s = 0.0126$$

$$\epsilon_{\text{check}} = \text{if } \epsilon_s > 0.005$$

"OK"

else
"NG, Controlado por Compresion"

$\epsilon_{\text{check}} = \text{"OK"}$

$$\phi_{\text{flex}} = 0.9$$

$$\Phi M_n = M_n \cdot \phi_{\text{flex}}$$

$$\Phi M_n = 369.857 \text{ m kN}$$

$$M_u = 270 \text{ m kN}$$

$$\text{¿es } \Phi M_n > M_u?$$

$$M_{u_check} = \text{if } \Phi M_n > M_u$$

"OK"

else

"NG"

$M_{u_check} = \text{"OK"}$

3. Armadura mínima:

$$S_c = b \cdot \frac{h^2}{6}$$

$$S_c = 0.0267 \text{ m}^3$$

Modulo de Seccion

$$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$$

$$f_r = 5.7386 \text{ MPa}$$

Modulo de Ruptura del Concreto
(AASHTO LRFD 5.4.2.6)

$$M_{cr} = f_r \cdot S_c$$

$$M_{cr} = 153.0293 \text{ kN m}$$

Momento de Fisuración
(AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)

$$M_f = \min\left(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u\right)$$

$$M_f = 183.6351 \text{ m kN}$$

Momento Minimo Para Diseño
(AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

$$\text{¿es } \Phi M_n > M_f?$$

$$M_{u_check} = \text{if } \Phi M_n > M_f$$

"OK"

else

"NG"

$M_{u_check} = \text{"OK"}$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 149 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa superior

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$M_s = 193 \text{ kN m}$

Momento en servicio

$d_c = h - d$

$d_c = 0.0877 \text{ m}$

$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$

$\rho = 0.0109$

Cuántia de acero

$n = \frac{E_s}{E_c}$

$n = 7.0355$

Ratio de modulos de elasticidad

$K = \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n$

$K = 0.322$

$j = 1 - \left(\frac{K}{3} \right)$

$j = 0.8927$

$f_{ss} = \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$

$f_{ss} = 204.0161 \text{ MPa}$

Tensión acero en servicio

$\beta_s = \left[1 + \left(\frac{d_c}{0.7 \cdot (h - d_c)} \right) \right]$

$\beta_s = 1.4012$

Factor de exposición

$\gamma_e = 0.75$

$S_{max} = \left(\frac{123000 \cdot \gamma_e}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{\text{MPa}}} \right)^{.5} - (2 \cdot d_c)$

$S_{max} = 0.1473 \text{ m}$

Separación máxima permitida entre barras

Espaciamiento = 15 cm

```
¿es Smax>Espaciamiento? S_check = if Smax>Espaciamiento
                        "OK"
                        else
                        "NG"
```

S_check = "NG"

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.8)

$A_{shtemp} = \min \left(\max \left(\left(0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \cdot \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b+h) \cdot \frac{f_y}{\text{MPa}}} \right), 1.27 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \right) \right)$

$A_{shtemp} = 0.255 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$

$A_{sprov} = \frac{A_s}{b} \quad A_{sprov} = 3.393 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$

```
¿es A_sprov>A_shtemp? Asht_check = if A_sprov>A_shtemp
                        "OK"
                        else
                        "NG"
```

Asht_check = "OK"

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 150 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

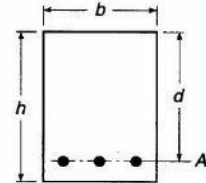
TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa superior

D) Calculo armadura horizontal a positivos:

Propiedades Geometricas

Diametro= 13 b:= 1 m
 Espaciamiento= 18 cm h:= 0.40 m Rec:= 0.075 m



1. Armadura pasiva:

$\Phi b = 12.7 \text{ mm}$

$A_b = 1.29 \text{ cm}^2$

$A_s = 7.1667 \text{ cm}^2$

$f_y = 420 \text{ MPa}$

$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\Phi b}{2}\right)$ $d = 31.865 \text{ cm}$

Canto util

2. Momento Resistente:

$T = A_s \cdot f_y$ $T = 3.01 \cdot 10^5 \text{ N}$

$\beta_1 = 0.8$

$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$ $c = 0.0126 \text{ m}$

$a = \beta_1 \cdot c$ $a = 0.0101 \text{ m}$

$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right)$ $M_n = 94.3909 \text{ m kN}$

$\epsilon_s = \left(\frac{0.003}{c}\right) \cdot (d - c)$ $\epsilon_s = 0.0726$

```

epsilon_check := if epsilon_s > 0.005
                "OK"
            else
                "NG, Controlado por Compresion"
    epsilon_check = "OK"
    
```

$\phi_{flex} = 0.9$

$\Phi M_n = M_n \cdot \phi_{flex}$

$\Phi M_n = 84.9518 \text{ m kN}$

$M_u = 55 \text{ m kN}$

```

¿es ΦMn > Mu?
    Mu_check := if ΦMn > M_u
                "OK"
            else
                "NG"
    Mu_check = "OK"
    
```

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 151 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa superior

3. Armadura mínima:

$$S_c = b \cdot \frac{h^2}{6} = 0.0267 \text{ m}^3 \quad \text{Modulo de Seccion}$$

$$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} = 5.7386 \text{ MPa} \quad \text{Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)}$$

$$M_{cr} = f_r \cdot S_c = 153.0293 \text{ kNm} \quad \text{Momento de Fisuración (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)}$$

$$M_f = \min(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u) = 73.15 \text{ m kN} \quad \text{Momento Mínimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)}$$

```
¿es ΦMn>Mf? Mu_check := if ΦMn>Mf Mu_check = "OK"
                    "OK"
                    else
                    "NG"
```

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

Ms = 40 kNm Momento en servicio

$$dc = h - d = 0.0814 \text{ m}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.0022 \quad \text{Cuantía de acero}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 7.0355 \quad \text{Ratio de modulos de elasticidad}$$

$$K = \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n = 0.1628$$

$$j = 1 - \left(\frac{K}{3} \right) = 0.9457$$

$$f_{ss} = \frac{Ms}{j \cdot d \cdot A_s} = 185.2065 \text{ MPa} \quad \text{Tensión acero en servicio}$$

$$\beta_s = \left(1 + \left(\frac{dc}{0.7 \cdot (h - dc)} \right) \right) = 1.3647$$

γ_e = 0.75 Factor de exposición

$$S_{max} = \left(\frac{(123000 \cdot \gamma_e)}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{\text{MPa}}} \right) \text{ mm} - (2 \cdot dc) = 0.2023 \text{ m}$$

Espaciamiento = 18 cm

```
¿es Smax>Espaciamiento? S_check := if Smax>Espaciamiento S_check = "OK"
                    "OK"
                    else
                    "NG"
```

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 152 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

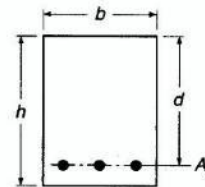
TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa superior

D) Calculo armadura horizontal a negativos:

Propiedades Geometricas

Diametro:= 13 b:= 1 m
 Espaciamiento:= 18 cm h:= 0.40 m Rec:= 0.075 m



1. Armadura pasiva:

$\phi_b = 12.7 \text{ mm}$
 $A_b = 1.29 \text{ cm}^2$
 $A_s = 7.1667 \text{ cm}^2$
 $f_y = 420 \text{ MPa}$

$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\phi_b}{2}\right)$ $d = 31.865 \text{ cm}$ Canto util

2. Momento Resistente:

$T = A_s \cdot f_y$ $T = 3.01 \cdot 10^5 \text{ N}$
 $\beta_1 = 0.8$
 $c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$ $c = 0.0126 \text{ m}$
 $a = \beta_1 \cdot c$ $a = 0.0101 \text{ m}$
 $M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right)$ $M_n = 94.3909 \text{ m kN}$
 $\epsilon_s = \left(\frac{.003}{c}\right) \cdot (d - c)$ $\epsilon_s = 0.0726$

$\epsilon_{\text{check}} = \text{if } \epsilon_s > 0.005$
 "OK"
 else
 "NG, Controlado por Compresion" $\epsilon_{\text{check}} = \text{"OK"}$

$\phi_{\text{flex}} := 0.9$
 $\phi M_n := M_n \cdot \phi_{\text{flex}}$ $\phi M_n = 84.9518 \text{ m kN}$ $M_u := 43 \text{ m kN}$

¿es $\phi M_n > M_u$? $M_{u \text{ check}} = \text{if } \phi M_n > M_u$ $M_{u \text{ check}} = \text{"OK"}$
 "OK"
 else
 "NG"
 6/7

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 153 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa superior
"NG"

3. Armadura mínima:

$$S_c := b \cdot \frac{h^2}{6} \quad S_c = 0.0267 m^3 \quad \text{Modulo de Seccion}$$

$$f_r := 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{MPa}} \quad MPa \quad f_r = 5.7386 MPa \quad \text{Modulo de Ruptura del Conc. (AASHTO LRFD 5.4.2.6)}$$

$$M_{cr} := f_r \cdot S_c \quad M_{cr} = 153.0293 kNm \quad \text{Momento de Fisuración (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)}$$

$$M_f := \min((1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u)) \quad M_f = 57.19 m kN \quad \text{Momento Mínimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)}$$

¿es $\Phi M_n > M_f$? $M_{u_check} := \text{if } \Phi M_n > M_f \text{ then "OK" else "NG"}$ M_u check = "OK"

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$M_s := 30 kNm$ Momento en servicio

$$d_c := h - d \quad d_c = 0.0814 m$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} \quad \rho = 0.0022 \quad \text{Cuantía de acero}$$

$$n := \frac{E_s}{E_c} \quad n = 7.0355 \quad \text{Ratio de modulos de elasticidad}$$

$$K := (2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2)^{.5} - \rho \cdot n \quad K = 0.1628$$

$$j := 1 - \left(\frac{K}{3}\right) \quad j = 0.9457$$

$$f_{ss} := \frac{M_s}{j \cdot \rho \cdot A_s} \quad f_{ss} = 138.9049 MPa \quad \text{Tensión acero en servicio}$$

$$\beta_s := \left(1 + \left(\frac{d_c}{0.7 \cdot (h - d_c)}\right)\right) \quad \beta_s = 1.3647$$

$\gamma_e := 0.75$ Factor de exposición

$$S_{max} := \left(\frac{(123000 \cdot \gamma_e)}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{MPa}}\right)^{.75} - (2 \cdot d_c) \quad S_{max} = 0.3239 m$$

Espaciamiento = 18 cm

¿es $S_{max} > \text{Espaciamiento}$? $S_{check} := \text{if } S_{max} > \text{Espaciamiento then "OK" else "NG"}$ S check = "OK"

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 154 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

Diseño de Losa inferior

Ingreso de Datos

Verificación de Condiciones

Propiedades de Materiales

$f_y = 420 \text{ MPa}$	Steel Strength
$E_s = 200000 \text{ MPa}$	Modulo de Elasticidad de Acero AASHTO LRFD 5.4.3.2)
$f_c = 35 \text{ MPa}$	Concrete Strength
$K_1 = 1.0$	(AASHTO LRFD 5.4.2.4)
$\rho_c = 2320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Densidad del Concreto Para Ec
$E_c = 0.043 \cdot K_1 \cdot \left(\frac{\rho_c}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{1.5} \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa} \quad E_c = 28427.2242 \text{ MPa}$	Modulo de Elasticidad del Concret (AASHTO LRFD Eq. 5.4.2.4-1)
$\lambda = 1.0$	Factor para Tipo de Concreto (ACI 318-11 8.6.1)
$\beta_1 = \begin{cases} \text{if } f_c \leq 28 \text{ MPa} \\ 0.85 \\ \text{else} \\ \max \left(0.85 - \left(\frac{f_c - 28 \text{ MPa}}{7 \text{ MPa}} \cdot 0.05 \right), 0.65 \right) \end{cases}$	$\beta_1 = 0.8$ Factor para Bloque de Esfuerzo Equivalente (AASHTO LRFD 5.7.2.2)
$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$	Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

A) Calculo armadura longitudinal inferior en sección de 50cm:

Propiedades Geometricas

Diametro $\phi = 19$	$b = 1 \text{ m}$	Rec: $= 0.075 \text{ m}$	
Espaciamiento $\phi = 20 \text{ cm}$	$h = 0.5 \text{ m}$		

1. Armadura pasiva:

$\phi_b = 19.05 \text{ mm}$
 $A_{b1} = 2.84 \text{ cm}^2$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 155 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

$$A_s = 14.2 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\Phi b}{2}\right)$$

$$d = 41.5475 \text{ cm}$$

Canto util

2. Momento Resistente:

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 5.964 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\beta_1 = 0.8$$

$$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$$

$$c = 0.0251 \text{ m}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$a = 0.02 \text{ m}$$

$$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right)$$

$$M_n = 241.8113 \text{ m kN}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{0.003}{c}\right) \cdot (d - c)$$

$$\epsilon_s = 0.0467$$

$$\epsilon_{\text{check}} = \text{if } \epsilon_s > 0.005$$

"OK"

else

"NG, Controlado por Compresion"

$\epsilon_{\text{check}} = \text{"OK"}$

$$\phi_{\text{flex}} = 0.9$$

$$\Phi M_n = M_n \cdot \phi_{\text{flex}}$$

$$\Phi M_n = 217.6301 \text{ m kN}$$

$$M_u = 115 \text{ m kN}$$

Momento en extremo de losa

$$\text{¿es } \Phi M_n > M_u?$$

$$M_{u_check} = \text{if } \Phi M_n > M_u$$

"OK"

else

"NG"

$M_{u_check} = \text{"OK"}$

3. Armadura mínima:

$$S_c = b \cdot \frac{h^2}{6}$$

$$S_c = 0.0417 \text{ m}^3$$

Modulo de Seccion

$$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$$

$$f_r = 5.7396 \text{ MPa}$$

Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

$$M_{cr} = f_r \cdot S_c$$

$$M_{cr} = 239.1082 \text{ kN m}$$

Momento de Fisuración (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)

$$M_f = \min\left(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u\right)$$

$$M_f = 152.95 \text{ m kN}$$

Momento Mínimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

$$\text{¿es } \Phi M_n > M_f?$$

$$M_{f_check} = \text{if } \Phi M_n > M_f$$

"OK"

else

"NG"

$M_{f_check} = \text{"OK"}$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 156 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$M_s = 75 \text{ kN.m}$

Momento en servicio

$d_c = h - d$

$d_c = 0.0845 \text{ m}$

$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$

$\rho = 0.0034$

Cuántia de acero

$n = \frac{E_s}{E_c}$

$n = 7.0355$

Ratio de módulos de elasticidad

$K = \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n$

$K = 0.1966$

$j = 1 - \left(\frac{K}{3} \right)$

$j = 0.9345$

$f_{ss} = \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$

$f_{ss} = 136.0376 \text{ MPa}$

Tensión acero en servicio

$\beta_s = \left[1 + \left(\frac{d_c}{0.7 \cdot (h - d_c)} \right) \right]$

$\beta_s = 1.2906$

Factor de exposición

$\gamma_e = 0.75$

$S_{max} = \left(\frac{123000 \cdot \gamma_e}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{MPa}} \right) \text{ mm} - (2 \cdot d_c)$

$S_{max} = 0.3564 \text{ m}$

Separación máxima permitida entre barras

Espaciamiento = 20 cm

```
¿es Smax>Espaciamiento? S_check = if Smax>Espaciamiento
                             "OK"
                             else
                             "NG"
```

S_check = "OK"

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.8)

$A_{shtemp} = \min \left(\max \left(0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b+h) \cdot \frac{f_y}{MPa}} \right) 1.27 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \right)$

$A_{shtemp} = 0.298 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$

$A_{sprov} = \frac{A_s}{b} \quad A_{sprov} = 1.42 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$

```
¿es A_sprov>A_shtemp? Asht_check = if A_sprov>A_shtemp
                             "OK"
                             else
                             "NG"
```

Asht_check = "OK"

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 157 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

B) Calculo armadura transversal inferior:

2. Armadura minima de distribucion secundaria en capa inferior: (AASHTO 9.7.3.2)

$$A_{shtemp} = \min \left(\max \left(0.233 \frac{mm^2}{mm} \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b+h) \cdot \frac{f_y}{MPa}}, 1.27 \frac{mm^2}{mm} \right) \right)$$

$$A_{shtemp} = 0.298 \frac{mm^2}{mm}$$

$$\phi_{bar} = \frac{1}{2} in \quad A_{bar} = 0.20 in^2 \quad S_{bar} = 0.20 m$$

$$A_{shtemp} = 0.46 \frac{in^2}{m}$$

$$A_{sprov} = \frac{A_{bar}}{S_{bar}} \quad A_{sprov} = 0.645 \frac{mm^2}{mm}$$

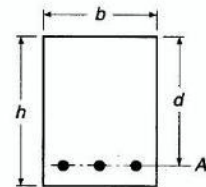
¿es $A_{sprov} > A_{shtemp}$? $Asht_{check} = \text{if } A_{sprov} > A_{shtemp}$
 "OK"
 else
 "NG"

$Asht_{check} = \text{"OK"}$

C) Calculo armadura longitudinal superior para sección 30cm:

Propiedades Geometricas

Diametro= 13 b= 1 m
 Espaciamiento= 20 cm h= 0.30 m Rec= 0.075 m



1. Armadura pasiva:

$$\phi_b = 12.7 mm$$

$$A_b = 1.29 cm^2$$

$$A_s = 6.45 cm^2$$

$$f_y = 420 MPa$$

$$d = h - Rec - \left(\frac{\phi_b}{2} \right)$$

$$d = 21.865 cm$$

Canto util

2. Momento Resistente:

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 2.709 \cdot 10^5 N$$

$$\beta_1 = 0.8$$

$$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$$

$$c = 0.0114 m$$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 158 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

$$a = \beta_1 \cdot c \quad a = 0.0091 \text{ m}$$

$$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \quad M_n = 57.9989 \text{ m kN}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{0.003}{c} \right) \cdot (d - c) \quad \epsilon_s = 0.0546$$

```

epsilon_check := if epsilon_s > 0.005
                "OK"
                else
                "NG, Controlado por Compresion"
    
```

$\epsilon_{check} = \text{"OK"}$

$\phi_{flex} = 0.9$

$\Phi M_n = M_n \cdot \phi_{flex} \quad \Phi M_n = 52.199 \text{ m kN} \quad M_u = 15 \text{ m kN}$

¿es $\Phi M_n > M_u$? $M_u_{check} = \text{if } \Phi M_n > M_u \text{ "OK" else "NG"}$ $M_u_{check} = \text{"OK"}$

Momento en centro de losa

3. Armadura mínima:

$$S_c = b \cdot \frac{h^2}{6} \quad S_c = 0.015 \text{ m}^3 \quad \text{Modulo de Seccion}$$

$$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa} \quad f_r = 5.7386 \text{ MPa} \quad \text{Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)}$$

$$M_{cr} = f_r \cdot S_c \quad M_{cr} = 86.079 \text{ kN m} \quad \text{Momento de Fisuracion (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)}$$

$$M_f = \min \left(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u \right) \quad M_f = 19.95 \text{ m kN} \quad \text{Momento Mínimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)}$$

```

¿es Phi Mn > Mf?   Mu_check := if Phi Mn > Mf
                    "OK"
                    else
                    "NG"
    
```

$M_u_{check} = \text{"OK"}$

4. Espaciamiento máximo: (AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$M_s = 13 \text{ kN m}$ Momento en servicio

$$dc = h - d \quad dc = 0.0814 \text{ m}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \quad \rho = 0.0029 \quad \text{Cuantia de acero}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad n = 7.0355 \quad \text{Ratio de modulos de elasticidad}$$

$$K = \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n \quad K = 0.184$$

5/9

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 159 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armatura losa inferior

$$j := 1 - \left(\frac{k}{3}\right)$$

$$j = 0.9387$$

$$f_{ss} = \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$$

$$f_{ss} = 98.2038 \text{ MPa}$$

Tensión acero en servicio

$$\beta_s = \left[1 + \left(\frac{d_c}{0.7 \cdot (h - d_c)} \right) \right]$$

$$\beta_s = 1.5315$$

$$\gamma_e = 0.75$$

Factor de exposición

$$S_{max} = \left(\frac{123000 \gamma_e}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{\text{MPa}}} \right) \text{ mm} - (2 \cdot d_c)$$

$$S_{max} = 0.4507 \text{ m}$$

Separación máxima permitida entre barras

Espaciamiento = 20 cm

¿es Smax > Espaciamiento? $S_{check} := \text{if } S_{max} > \text{Espaciamiento}$
 "OK"
 else
 "NG"

$S_{check} = \text{"OK"}$

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.8)

$$A_{shtemp} := \min \left(\max \left(0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \cdot \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b + h) \cdot \frac{f_y}{\text{MPa}}}, 1.27 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \right) \right)$$

$$A_{shtemp} = 0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

$$A_{sprov} := \frac{A_s}{b} \quad A_{sprov} = 0.645 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

¿es A_sprov > A_shtemp? $Asht_{check} := \text{if } A_{sprov} > A_{shtemp}$
 "OK"
 else
 "NG"

$Asht_{check} = \text{"OK"}$

C) Calculo armadura longitudinal para sección 50cm para barras del 13:

Propiedades Geometricas

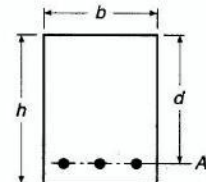
$$\text{Diametro} = 16$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$\text{Espaciamiento} = 20 \text{ cm}$$

$$h = 0.50 \text{ m}$$

$$\text{Rec} = 0.075 \text{ m}$$



1. Armadura pasiva:

$$\phi_b = 15.875 \text{ mm}$$

$$A_p = 2 \text{ cm}^2$$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 160 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

$$A_s = 10 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\phi b}{2} \right)$$

$$d = 41.7062 \text{ cm}$$

Canto util

2. Momento Resistente:

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 4.2 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\beta_1 = 0.8$$

$$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$$

$$c = 0.0176 \text{ m}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$a = 0.0141 \text{ m}$$

$$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 172.2015 \text{ m kN}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{0.003}{c} \right) \cdot (d - c)$$

$$\epsilon_s = 0.0679$$

$$\epsilon_{\text{check}} = \text{if } \epsilon_s > 0.005$$

"OK"

else

"NG, Controlado por Compresion"

$\epsilon_{\text{check}} = \text{"OK"}$

$$\phi_{\text{flex}} = 0.9$$

$$\phi M_n = M_n \cdot \phi_{\text{flex}}$$

$$\phi M_n = 154.9814 \text{ m kN}$$

$$M_u = 70 \text{ m kN}$$

Momento en centro de l

$$\text{¿es } \phi M_n > M_u?$$

$$M_{u \text{ check}} = \text{if } \phi M_n > M_u$$

"OK"

else

"NG"

$M_{u \text{ check}} = \text{"OK"}$

3. Armadura mínima:

$$S_c = b \cdot \frac{h^2}{6}$$

$$S_c = 0.0417 \text{ m}^3$$

Modulo de Seccion

$$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$$

$$f_r = 5.7386 \text{ MPa}$$

Modulo de Ruptura del Con. (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

$$M_{cr} = f_r \cdot S_c$$

$$M_{cr} = 239.1092 \text{ kN m}$$

Momento de Fisuracion (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)

$$M_f = \min \left(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u \right)$$

$$M_f = 93.1 \text{ m kN}$$

Momento Minimo Para Diseñ (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

$$\text{¿es } \phi M_n > M_f?$$

$$M_{u \text{ check}} = \text{if } \phi M_n > M_f$$

"OK"

else

"NG"

$M_{u \text{ check}} = \text{"OK"}$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 161 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$M_s = 67 \text{ kNm}$

Momento en servicio

$d_c = h - d$

$d_c = 0.0829 \text{ m}$

$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$

$\rho = 0.0024$

Cuantía de acero

$n = \frac{E_s}{E_c}$

$n = 7.0355$

Ratio de modulos de elasticidad

$K = \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n$

$K = 0.1676$

$j = 1 - \left(\frac{K}{3} \right)$

$j = 0.9441$

$f_{ss} = \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$

$f_{ss} = 170.1523 \text{ MPa}$

Tensión acero en servicio

$\beta_s = \left(1 + \left(\frac{d_c}{0.7 \cdot (h - d_c)} \right) \right)$

$\beta_s = 1.2841$

$\gamma_e = 0.75$

Factor de exposición

$S_{max} = \left(\frac{123000 \cdot \gamma_e}{\beta_s \cdot f_{ss}} \right) \text{ mm} - (2 \cdot d_c)$

$S_{max} = 0.2563 \text{ m}$

Separación máxima permitida entre barras

Espaciamiento = 20 cm

¿es $S_{max} > \text{Espaciamiento}$? $S_{check} = \text{if } S_{max} > \text{Espaciamiento}$
"OK"
else
"NG"

$S_{check} = \text{"OK"}$

5. Armadura minima por retraccion y temperatura: (AASHTO 5.10.6)

$A_{shtemp} = \min \left(\max \left(0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \cdot \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b+h) \cdot \frac{f_y}{\text{MPa}}}, 1.27 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \right) \right)$

$A_{shtemp} = 0.298 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$

$A_{sprov} = \frac{A_s}{b}$ $A_{sprov} = 1 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$

¿es $A_{sprov} > A_{shtemp}$? $A_{shtcheck} = \text{if } A_{sprov} > A_{shtemp}$
"OK"
else
"NG"

$A_{shtcheck} = \text{"OK"}$



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 162 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

Cortante Losa

$V_u := 100 \text{ kN}$

$L := 1 \text{ m}$

$h := 0.50 \text{ m}$

$\phi_v := 0.9$

$\beta := 2$

$d := h - \text{Rec} - \left(\frac{\phi\beta}{2}\right) = 0.4171 \text{ m}$

$d_v := \max \left(\begin{matrix} 0.72 \cdot h_f \\ 0.9 \cdot d_s \\ d_e \end{matrix} \right)$

$d_v := d$

$\phi V_{c_B} := \phi_v \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa} \cdot L \cdot d_v$

$\phi V_{c_B} = 368.63 \text{ kN}$

```
V_u1_check = if  $\phi V_{c_B} > V_u$ 
  "OK"
else
  "NG, Falla en Cortante"
```

V_u1_check = "OK"

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 163 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

4. Memoria de Cálculo Estructural Espesador

1. Introducción

En este documento se presenta el diseño estructural del Espesador de Lodos de la PTAR de Burunga, englobada dentro de la Sección 1 del Proyecto “SERVICIOS DE GERENCIA DE PROYECTO, SUPERVISIÓN Y ASESORÍA TÉCNICA PARA EL SANEAMIENTO DEL SECTOR DE BURUNGA”.

El Espesador de Lodos consiste en un depósito de concreto armado, de planta circular de 14.00 m de diámetro interior, y 2 tramos en alzado, el primero tronco cónico de 0.55m de altura y el otro cilíndrico de 4.00 m.

La presente memoria de cálculo pretende describir brevemente las consideraciones generales del diseño, los cálculos analíticos y los resultados de diseño que soportan el dimensionamiento y detallado de cada uno de los elementos del sistema estructural.

En las siguientes figuras se observa una planta y una sección del espesador de lodos proyectado:

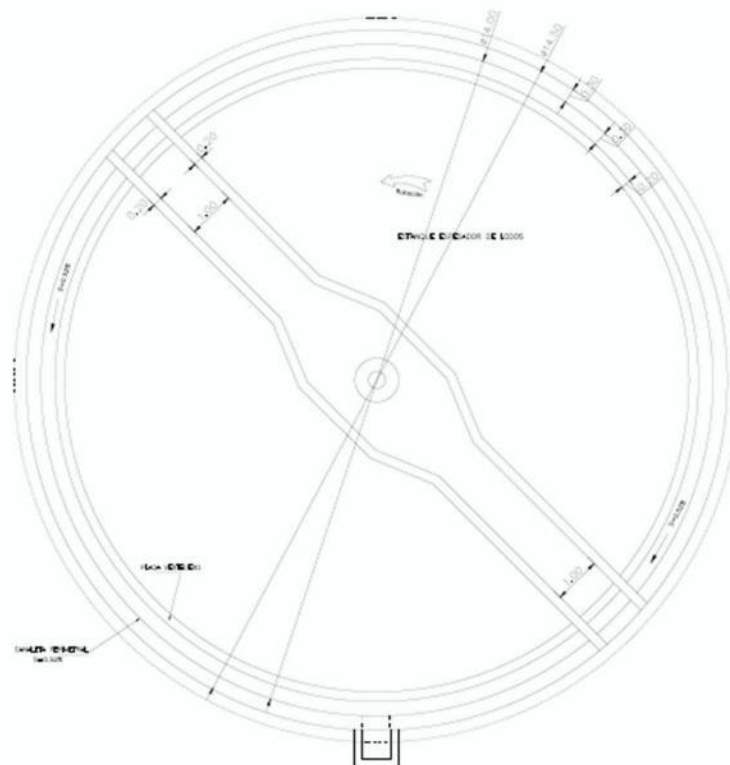


Figura 1 Planta Espesador de lodos

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 164 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

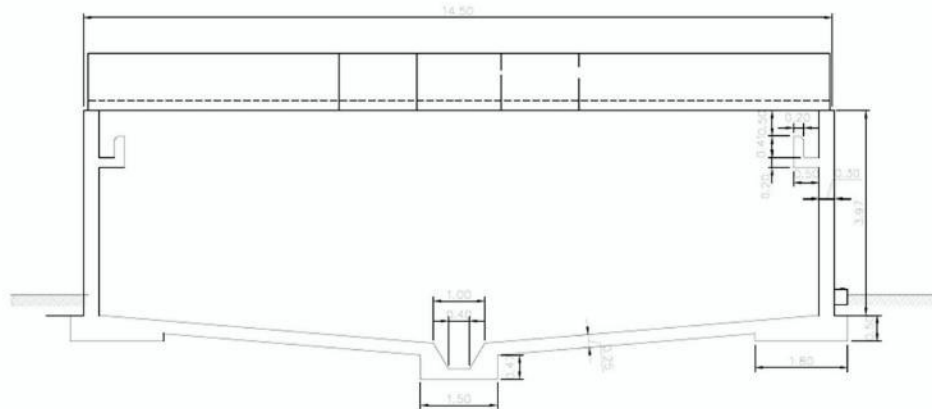


Figura 2 Sección Espesador de Lodos

2. Consideraciones generales de diseño

La estructura definida es un depósito formado por losa y muro de hormigón armado con geometrías según se describe a continuación:

- Diámetro libre interior: 14.00m
- Altura libre interior: 4.50m (0.50m tronco cónico y 4.00m cilíndrico)
- Espesor de muros: 0.30m
- Espesor de zapata de muro: 0.40m
- Longitud de zapata de muro: 2.05m
- Espesor de losa inferior: 0.25m

Adicionalmente existe una estructura en forma de canal en la coronación del muro.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 165 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

3. Normativa y metodología de cálculo

Para el diseño del Espesador de Lodos, se han aplicado las directivas de las siguientes normas de diseño para el dimensionamiento de las estructuras:

- ACI 318 – 2011 Building Code Requirements for Structural Concrete (American Concrete Institute).
- ACI 350 – 2006 Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary (American Concrete Institute).
- Reglamento para el diseño estructural en la República de Panamá (REP-04).

Los cálculos realizados pueden ser comprobados en los diferentes anexos al final del documento.

4. Materiales

Para el diseño de la Estación de Bombeo, se han especificado los siguientes materiales para los diferentes elementos estructurales:

- Hormigón estructural de resistencia a la compresión a los 28 días igual a $f_c=28\text{MPa}$.
- Aceros de refuerzo de límite de fluencia $f_y=420\text{MPa}$ (Grado 60) conforme a ASTM A615.

5. Cargas y combinaciones de cargas

5.1 Cargas

Carga Muerta (DC): incluye el peso propio de todos los elementos del Espesador de Lodos, así como el de la viga puente de concreto armado que se apoya en 2 puntos del muro:

- Losas y muros: en base a sus dimensiones y una densidad del hormigón armado de 24.5kN/m^3
- Viga puente de concreto: 110 KN en cada punto de apoyo de la viga puente:

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 166 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Carga Viva (LL):

- Carga viva sobre de operación y mantenimiento: 200 kg/m² en viga puente (equivale a 14.2 kN en cada punto de apoyo de la viga puente.

Carga de tierras (EH): se considera el empuje horizontal del terreno sobre el muro del espesador de lodos.

Empuje Hidrostático (FL): se considera el empuje vertical y horizontal del agua en el interior del espesador de lodos.

5.2 Estados límite

- Service I (SER-I): se refiere al estado normal de operación y será de utilidad en el control de deflexiones y fisuración, así como para análisis tensional.

$$1.00 \times DC + 1.00 \times FL$$

$$1.00 \times DC + 1.00 \times EH + 1.00 \times LL + 1.00 \times FL$$

$$1.00 \times DC + 1.00 \times EH + 1.00 \times FL$$

$$0.60 \times DC + 0.6 \times EH$$

- Strength I (STR-I): fuerzas extremas factorizadas para comprobación en estado límite último.

$$1.40 \times DC + 1.40 \times FL$$

$$1.20 \times DC + 1.60 \times EH + 1.20 \times FL + 1.60 \times LL$$

$$1.20 \times DC + 1.00 \times LL$$

6. Consideraciones Geotécnicas

El estudio geotécnico del lugar estuvo a cargo de Ingeniería Palort S.A. A continuación presentamos un extracto del mismo. Para mayores detalles sobre las características físico mecánicas referirse al documento mencionado.

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 167 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

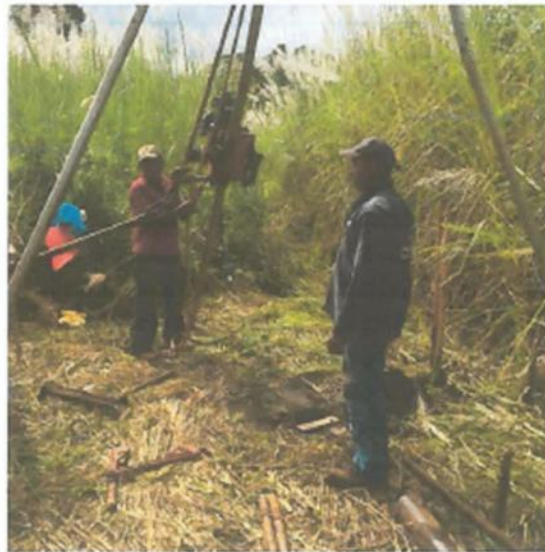
TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

INFORME GEOTÉCNICO

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS COLECTORA PRINCIPAL
EN RIO AGUACATE - ÁREA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES EN EL
SECTOR DE BURUNGA.

Noviembre, 2015

INGENIERÍA PALORT, S.A



INGENIERÍA PALORT, S.A

Tel 277-77-09/// Cel 6672-95-12

Apartado Postal 0860-00350 Villa Lucre

e-mail: palacios@cwpanama.net///palort1@hotmail.com

Figura 3 Portada Estudio de Suelos

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 168 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Perforación PTAR-7:

El subsuelo donde está localizado la perforación PTAR-7 está compuesto en primer lugar por un limo arcilloso, color chocolate oscuro, contaminado con material orgánico, 5 YR 3/4 (Dark reddish Brown) entre (0.00-0.10) metros. A partir de 0.10 metros se pudo observar un limo arcilloso, color chocolate, 5YR 5/4 (Reddish Brown), consistencia media entre (0.10-2.90) metros bajo el nivel actual del terreno. Después de este estrato se pudo observar un limo arcilloso, color chocolate claro con vetas de color gris claro y puntos de color negro, 5 YR 5/6, consistencia media entre (2.90-6.50) metros bajo el nivel actual del terreno. A partir de 6.50 metros se pudo detectar un limo arcilloso, color gris claro, 10YR 6/2 (Light Brownish Gray), posee una consistencia media entre (6.50-6.64) metros. Posterior a este estrato localizamos un limo arcilloso, color gris claro, mezclado con pequeñas partículas de roca meteorizadas entre (6.64-7.40) metros bajo el nivel actual del terreno. A partir de 7.40 metros se pudo apreciar un limo arcilloso, color gris claro con vetas de color chocolate, 10 YR 5/2, (Grayish Brown), consistencia firme entre (7.40-8.53) metros. Seguido a este estrato se pudo observar un limo ligeramente arcilloso, color gris claro, mezclado con partículas de roca meteorizadas, 10 YR 5/2, (Grayish Brown), compactidad compacta entre (8.53-8.70) metros. Después de 8.70 metros se pudo observar una roca meteorizada "Meteorización". La perforación PTAR-7 finalizó a una profundidad de 9.00 metros observando la misma roca meteorizada, detectada a 8.70 metros bajo el nivel actual del terreno.

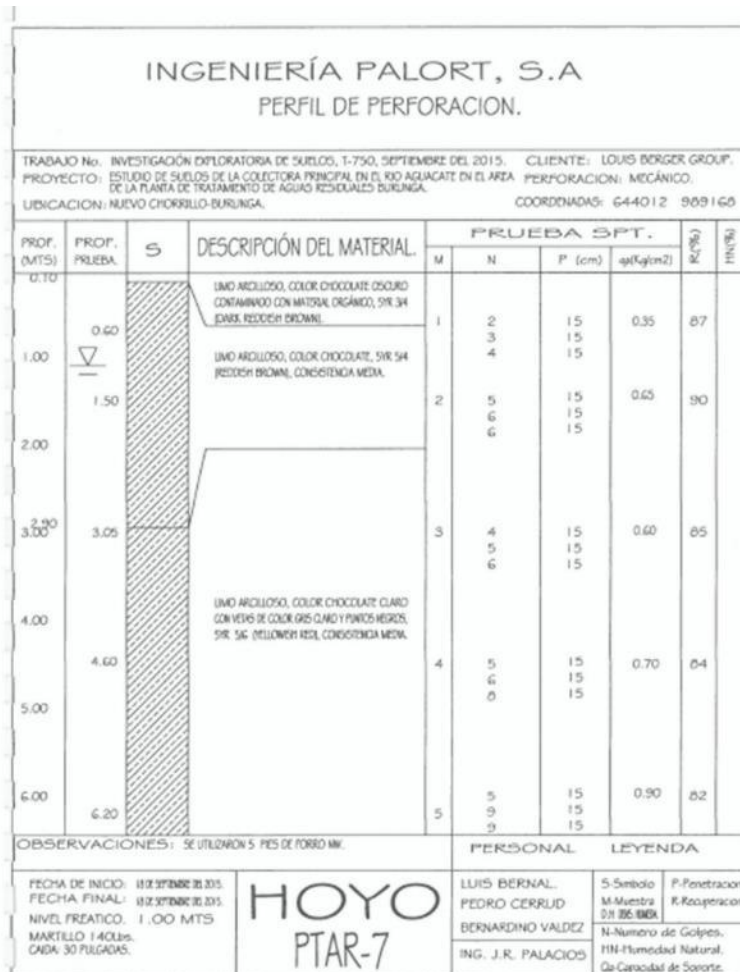


Figura 4 Perfil de Perforación

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 169 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

7. Modelo de cálculo y obtención de esfuerzos

Para la obtención de los esfuerzos, se utiliza el programa Sap2000, donde se modela la estructura con las cargas consideradas. Se introducen cargas en los muros laterales de empuje del terreno, al igual que por empuje debido al agua contenida en el tanque, y se introducen las cargas vivas y muertas.

A continuación se muestra la modelación del Espesador de Lodos, las cargas introducidas en los modelos de cálculo, los esfuerzos obtenidos y la deformada de la estructura.

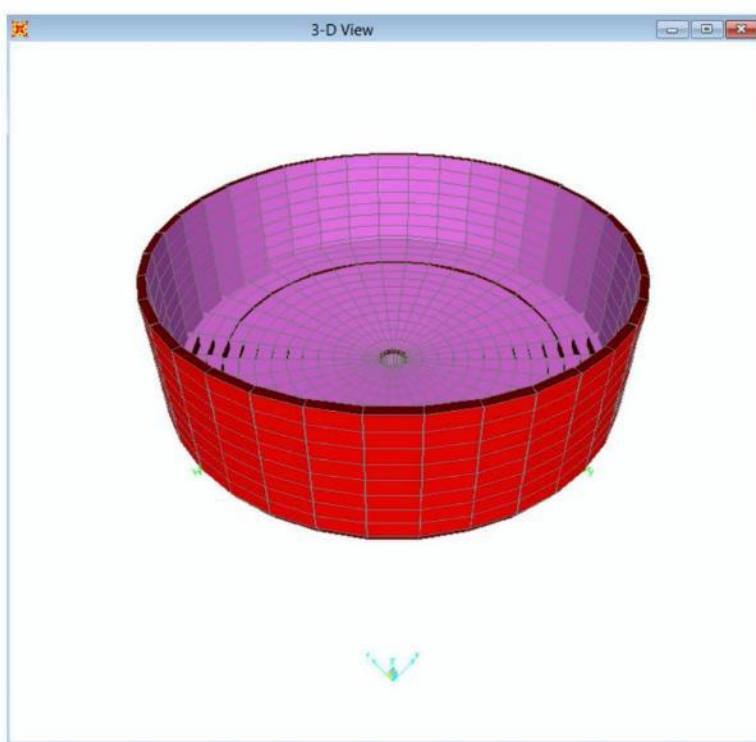


Figura 5 Vista 3D del modelo de cálculo de la Estación de Bombeo

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 170 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

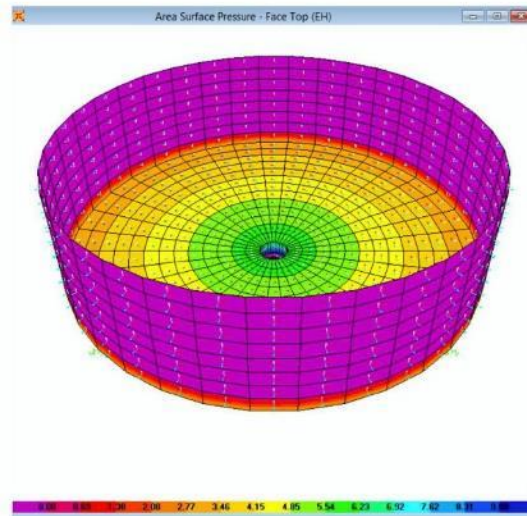


Figura 6 Empuje horizontal debido al terreno (EH)

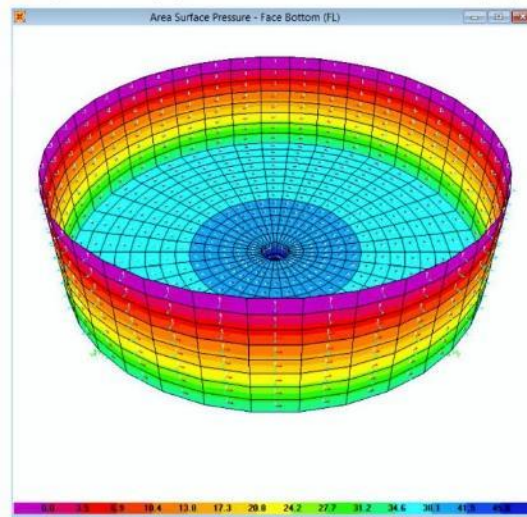


Figura 7 Empuje hidrostático debido al agua (FL)

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 171 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

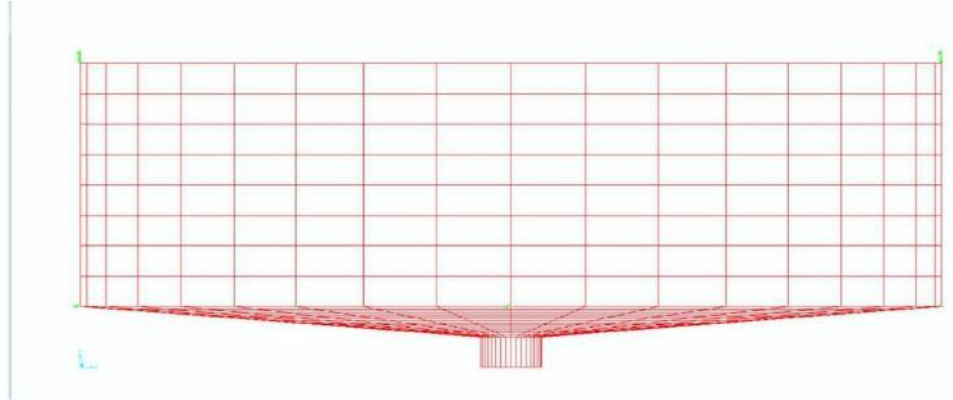


Figura 8 Cargas Vivas de uso y mantenimiento (LL)

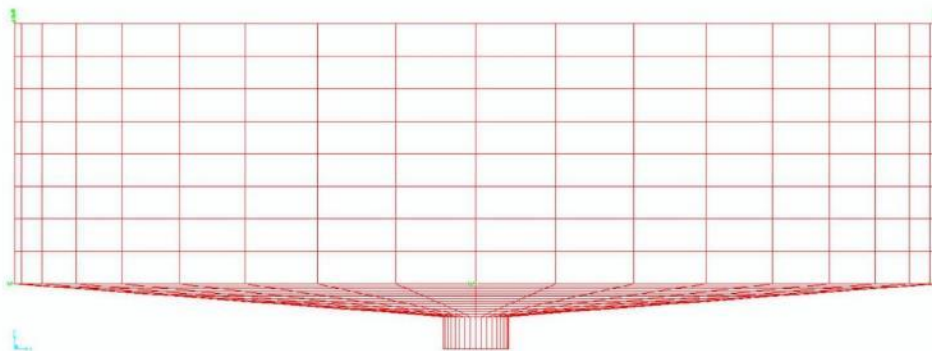


Figura 9 Cargas Muertas (DC)

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 172 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

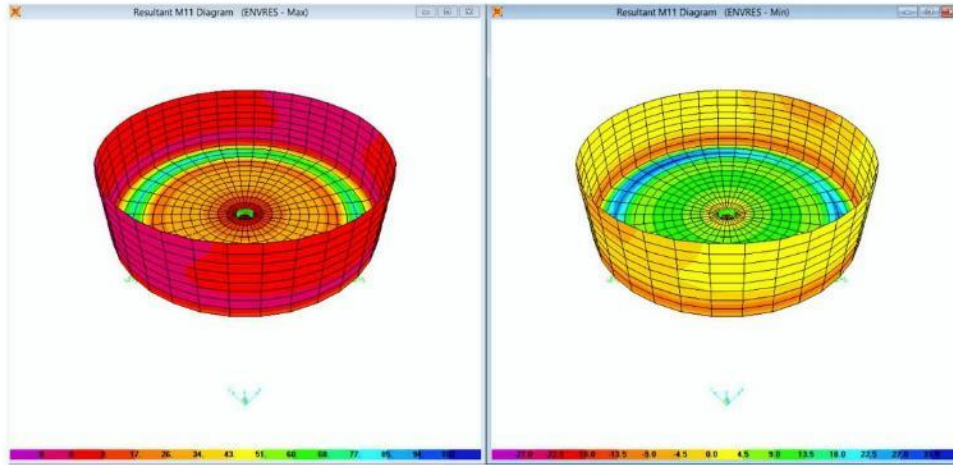


Figura 10 Envolvere de Momentos M11 en Strength

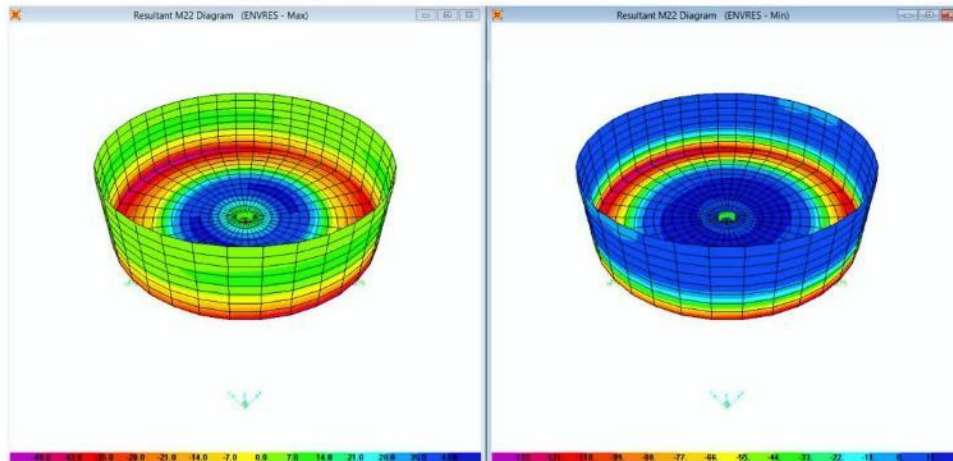


Figura 11 Envolvere de Momentos M22 en Strength

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 173 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

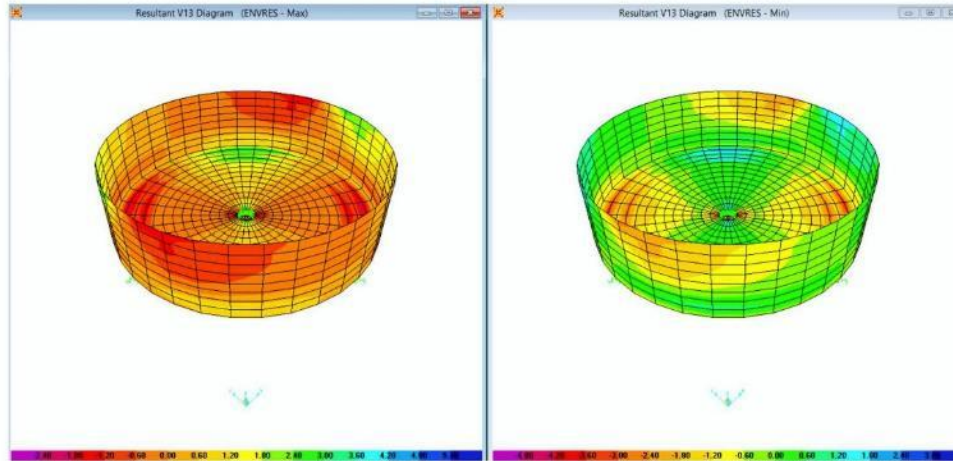


Figura 12 Envolverte de Cortantes V13 en Strength

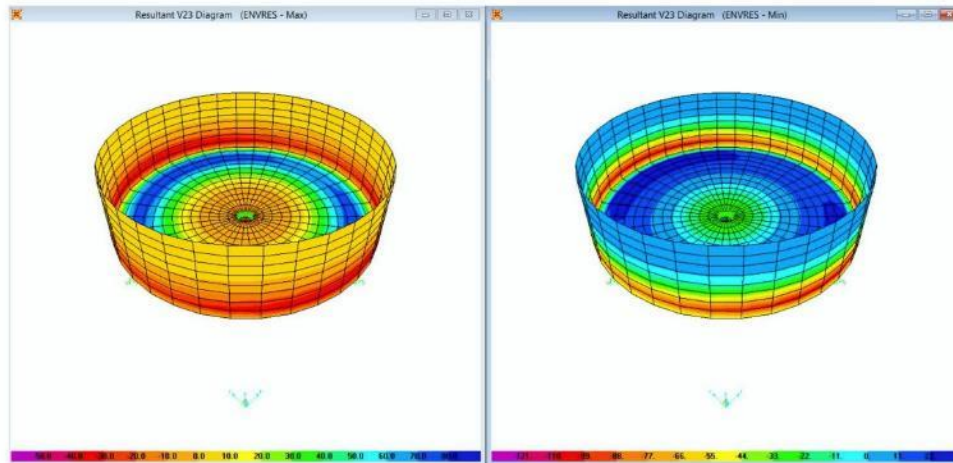


Figura 13 Envolverte de Cortantes V23 en Strength

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 174 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

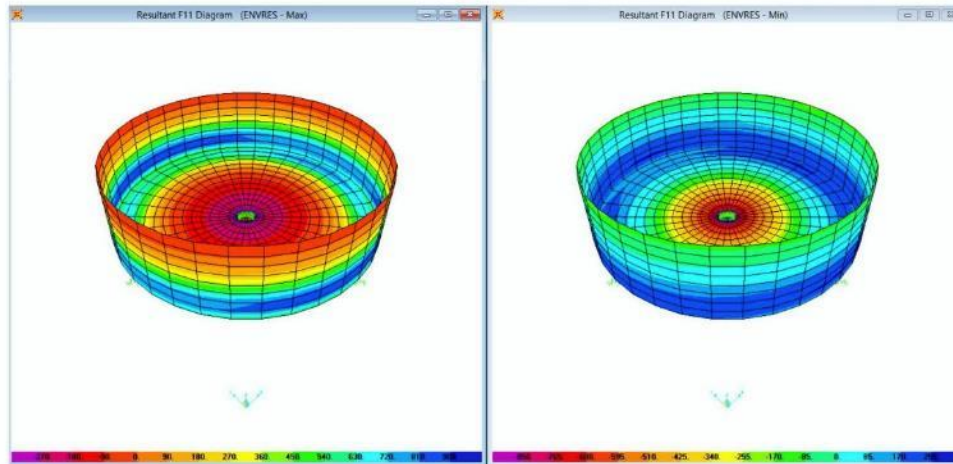


Figura 14 Envolverte de Tensiones anulares F11 en Strength

Tipo: INFORME TÉCNICO

Código: 130-HID-MD-0001

Revisión N°:1

Hoja N°: 175 de 251

Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

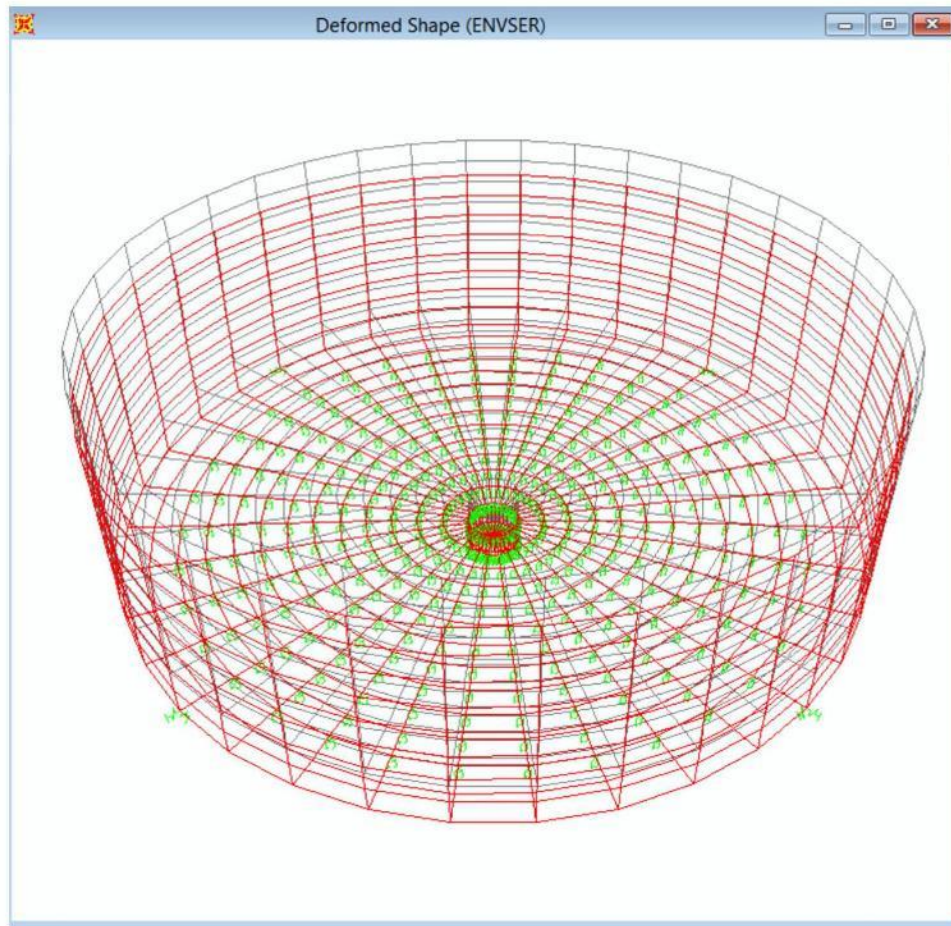


Figura 15 Deformada de la estructura en Servicio

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 176 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

8. Cálculo de armaduras en el Espesador de Lodos

En el anexo se presentan las comprobaciones de las armaduras definidas en los planos del Espesador de Lodos, para las cargas de diseño y esfuerzos mostrados en el punto anterior.

A continuación se muestran algunos detalles la armadura definitiva propuesta en el Espesador de Lodos.

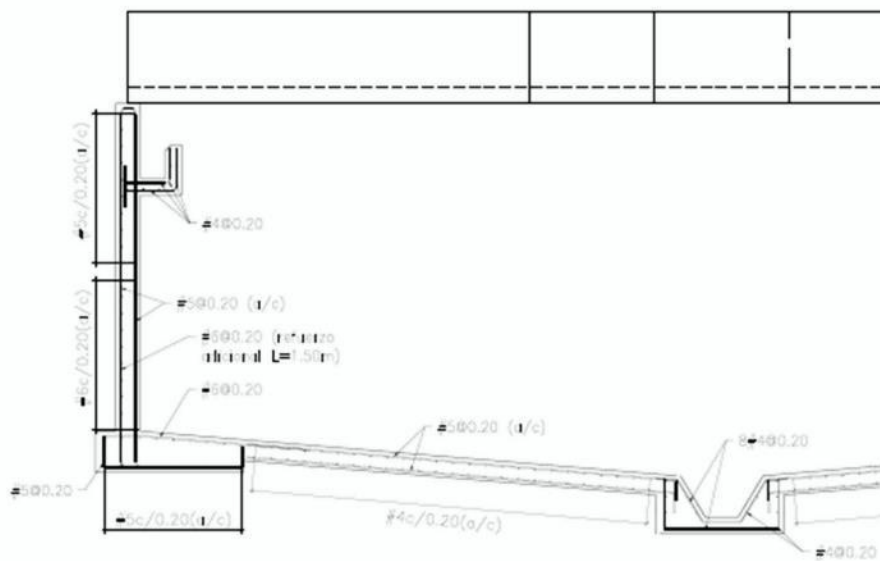


Figura 16 Armadura Espesador de lodos

CÁLCULO ARMADURA ESPESADOR DE LODOS:

- Zapata de Muro
- Tensión Anular en Muro y Losa
- Losa inferior

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 177 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

Diseño de Losa Espesador

Ingreso de Datos

Verificación de Condiciones

Propiedades de Materiales

$f_y := 420 \text{ MPa}$	Steel Strength
$E_s := 200000 \text{ MPa}$	Módulo de Elasticidad de Acero AASHTO LRFD 5.4.3.2)
$f_c := 28 \text{ MPa}$	Concrete Strength
$K_1 := 1.0$	(AASHTO LRFD 5.4.2.4)
$\rho_c := 2320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Densidad del Concreto Para Ec
$E_c := 0.043 \cdot K_1 \cdot \left(\frac{\rho_c}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{1.5} \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$ $E_c = 25426.0823 \text{ MPa}$	Módulo de Elasticidad del Concreto (AASHTO LRFD Eq. 5.4.2.4-1)
$\lambda := 1.0$	Factor para Tipo de Concreto (ACI 318-11 8.6.1)
$\beta_1 := \text{if } f_c \leq 28 \text{ MPa}$ 0.85 else $\max \left(0.85 - \left(\frac{f_c - 28 \text{ MPa}}{7 \text{ MPa}} \cdot 0.05 \right), 0.65 \right)$	$\beta_1 = 0.85$ Factor para Bloque de Esfuerzo Equivalente (AASHTO LRFD 5.7.2.2)
$f_r := 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$	Módulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

A) Cálculo armadura flexión:

Propiedades Geometricas

Diametro = 19	b = 1 m	Rec = 0.05 m	
Espaciamiento = 20 cm	h = 0.40 m		

1. Armadura pasiva:

$\Phi_b = 19.05 \text{ mm}$
 $A_b = 2.84 \text{ cm}^2$



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 178 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

$$A_s = 14.2 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\phi b}{2}\right)$$

$$d = 34.0475 \text{ cm}$$

Canto util

2. Momento Resistente:

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 5.964 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$$

$$c = 0.0295 \text{ m}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$a = 0.0251 \text{ m}$$

$$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right)$$

$$M_n = 195.5867 \text{ m kN}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{0.003}{c}\right) \cdot (d - c)$$

$$\epsilon_s = 0.0316$$

$$\epsilon_{\text{check}} := \text{if } \epsilon_s > 0.005$$

"OK"

else

"NG, Controlado por Compresion"

$\epsilon_{\text{check}} = \text{"OK"}$

$$\phi_{\text{flex}} = 0.9$$

$$\Phi M_n = M_n \cdot \phi_{\text{flex}}$$

$$\Phi M_n = 176.0261 \text{ m kN}$$

$$M_u = 138 \text{ m kN}$$

Momento en extremo de losa

3. Armadura mínima:

$$S_c = b \cdot \frac{h^2}{6}$$

$$S_c = 0.0267 \text{ m}^3$$

Módulo de Sección

$$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$$

$$f_r = 5.1328 \text{ MPa}$$

Módulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

$$M_{cr} = f_r \cdot S_c$$

$$M_{cr} = 136.8735 \text{ kN m}$$

Momento de Fisuración (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)

$$M_f = \min\left(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u\right)$$

$$M_f = 164.2482 \text{ m kN}$$

Momento Mínimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

¿es $\Phi M_n > M_f$?

$$M_u_{\text{check}} := \text{if } \Phi M_n > M_f$$

"OK"

else

"NG"

$M_u_{\text{check}} = \text{"OK"}$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 179 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$M_s = 96 \text{ KN.m}$

Momento en servicio

$d_c = h - d$

$d_c = 0.0595 \text{ m}$

$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$

$\rho = 0.0042$

Cuántia de acero

$n = \frac{E_s}{E_c}$

$n = 7.8659$

Ratio de módulos de elasticidad

$K = \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n$

$K = 0.2254$

$j = 1 - \left(\frac{K}{3} \right)$

$j = 0.9249$

$f_{ss} = \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$

$f_{ss} = 219.1688 \text{ MPa}$

Tensión acero en servicio

$\beta_s = \left[1 + \left(\frac{d_c}{0.7 \cdot (h - d_c)} \right) \right]$

$\beta_s = 1.2498$

Factor de exposición

$\gamma_e = 0.75$

$S_{max} = \left(\frac{123000 \cdot \gamma_e}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{\text{MPa}}} \right)^{.5} - (2 \cdot d_c)$

$S_{max} = 0.2177 \text{ m}$

Separación máxima permitida entre barras

Espaciamiento = 20 cm

```
¿es Smax > Espaciamiento? S_check = if Smax > Espaciamiento
                             "OK"
                             else
                             "NG"
```

S_check = "OK"

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.8)

$A_{sh temp} = \min \left(\max \left(\left(0.233 \frac{\text{mm}}{\text{mm}} \right)^2 \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b+h) \cdot \frac{f_y}{\text{MPa}}} \right), 1.27 \frac{\text{mm}}{\text{mm}} \right)^2$

$A_{sh temp} = 0.285 \frac{\text{mm}}{\text{mm}}^2$

$A_{s prov} = \frac{A_s}{b} \quad A_{s prov} = 1.42 \frac{\text{mm}}{\text{mm}}^2$

```
¿es A_s prov > A_sh temp? A_sh temp_check = if A_s prov > A_sh temp
                             "OK"
                             else
                             "NG"
```

A_sh temp_check = "OK"

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 180 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

Cortante box culvert en losas

$$V_u := 86 \text{ kN} \quad M_u := 138 \text{ kNm} \quad A_{s2} := 0 \text{ in}^2 \cdot \frac{100}{15} \quad A_{s2} = 0 \text{ mm}^2$$

$$V_{c1} \leq V_{c2}$$

$$\frac{V_u \cdot d}{M_u} \leq 1 \quad x := \frac{V_u \cdot d}{M_u} \quad x = 0.2122$$

$$A_{s1} := A_s + A_{s2} \quad A_{s1} = 1420 \text{ mm}^2$$

$$V_{c1} := \left(0.178 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} + 32 \cdot \frac{A_{s1}}{b \cdot d} \cdot \min \left(1, \frac{V_u \cdot d}{M_u} \right) \right) \cdot b \cdot d \text{ mm}^{-2} \cdot N \quad V_{c1} = 330.3306 \text{ kN}$$

$$V_r := 0.9 \cdot V_{c1} \quad V_r = 297.2975 \text{ kN}$$

¿es Vu > Vr?
 Vu_check := if Vr > Vu
 "OK"
 else
 "NG"

Vu_check = "OK"

$$V_c := \left(0.178 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \right) \cdot b \cdot d \text{ mm}^{-2} \cdot N \cdot 0.9 \quad V_c = 288.6202 \text{ kN} \quad \text{Lo que aporta el hormigón}$$

$$V_s := 32 \cdot \frac{A_{s1}}{b \cdot d} \cdot \min \left(1, \frac{V_u \cdot d}{M_u} \right) \cdot b \cdot d \text{ mm}^{-2} \cdot N \cdot 0.9 \quad V_s = 8.6773 \text{ kN} \quad \text{Lo que aporta el acero}$$



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 181 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAJÁN ESTE

1. Tensión Directa

Envolvente de tensión arular	H (m)	4.00
	0.1H	0.40
	0.2H	0.80
	0.3H	1.20
	0.4H	1.60
	0.5H	2.00
	0.6H	2.40
	0.7H	2.80
	0.8H	3.20
	0.9H	3.60
	1H	4.00

Tensión directa en condiciones últimas	Nu (kg)	
Refuerzo necesario en condiciones últimas	As(cm ² /m)	Nu / 0.9 x fy
	N(sin factorar)	Nu / (Ff x Kstd)
	fs (kg/cm ²)	1,400.00
Refuerzo necesario con esfuerzos de trabajo	As(cm ² /m)	N(sin factorar) / fs

H (m)	4.00
0.1H	0.40
0.2H	0.80
0.3H	1.20
0.4H	1.60
0.5H	2.00
0.6H	2.40
0.7H	2.80
0.8H	3.20
0.9H	3.60
1H	4.00

Asmax(cm²/m)

2. Revisión del agrietamiento (ACI318)

Envolvente de momentos	H (m)	4.00
	0.1H	0.40
	0.2H	0.80
	0.3H	1.20
	0.4H	1.60
	0.5H	2.00
	0.6H	2.40
	0.7H	2.80
	0.8H	3.20
	0.9H	3.60
	1H	4.00

Momentos para revisión por agrietamiento sin factorar	M+ (kg.m/m)	Mmax / (Ff x Ksf)
	M- (kg.m/m)	Mmin / (Ff x Ksf)

Revisión para cara exterior

	d(cm)	rec*9/2
	dc(cm)	b(cm)
	p	As / (o x c)
	n	Es / Ec
	k	{(2pn+ppnn) ^{0.5} +pn} / (1-k/3)
	fs (kg/cm ²)	M / (As x j x d)
(#5_exposición: severa, grieta 0.2 mm anchura)	Z (kg/cm ²)	16,980.00
	smax(cm)	(0.5 / d*o) * ((Z/fs)*3)

s efec (cm)

As efec = smax Z

F1	Envolvente
77,786.00	77,786.00
86,279.00	86,279.00
86,928.00	86,928.00
71,507.00	71,507.00
46,626.00	46,626.00
29,445.00	29,445.00
16,686.00	16,686.00
6,722.00	6,722.00
98.00	98.00
	0.00

Nu (kg)	86,928.00
As(cm ² /m)	23.00
N(sin factorar)	30,990.37
fs (kg/cm ²)	1,400.00
As(cm ² /m)	22.14

As req(cm ² /m)	Acero de tensión	As efec (cm ² /m)
20.58	#6 @ 20 cm a.c.	28.50
22.83	#6 @ 20 cm a.c.	28.50
23.00	#6 @ 20 cm a.c.	28.50
18.92	#6 @ 20 cm a.c.	28.50
12.33	#6 @ 20 cm a.c.	28.50
7.79	#5 @ 20 cm a.c.	19.80
4.41	#5 @ 20 cm a.c.	19.80
1.78	#5 @ 20 cm a.c.	19.80
0.03	#5 @ 20 cm a.c.	19.80
0.00	#5 @ 20 cm a.c.	19.80

Asmax(cm²/m) 28.50

ENV.RES.MAX	ENV.RES.MIN
7.40	21.00
264.80	176.00
846.50	387.00
929.60	479.00
670.00	405.00
59.60	-644.00
-891.00	-3,164.00
-2,099.30	-5,355.00
-4,242.80	-10,086.00
-6,450.00	-16,343.00

M+ (kg.m/m)	420.63
M+ (kg.cm/m)	42,063.35
M- (kg.m/m)	-7,395.02
M- (kg.cm/m)	-739,502.26

#5 @ 20 cm + #6 @ 20 CM

As,efec (cm ² /m)	24.15
d(cm)	24.37
dc(cm)	5.79
b(cm)	100.00
p	0.0099
n	8.96
k	0.3470
j	0.8860
fs (kg/cm ²)	1,418.45
Z (kg/cm ²)	16,980.00

smax(cm)	25.55
----------	-------

s efec (cm) 15

As efec = Asmax Z



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 182 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

3. Tensión Directa Losa

Tensión directa en condiciones últimas	F11 (kg)		
Refuerzo necesario en condiciones últimas	As(cm ² /m)	$F11 / 0.9 \times fy$	
	fs (kg/cm ²)		1,400.00
acero de refuerzo en flexión	fy (kg/cm ²)		4,200.00

F11 (kg)	72,011.00	
As(cm ² /m)	19.05	
fs (kg/cm ²)	1,400.00	
fy (kg/cm ²)	4200	
As req(cm ² /m)	Acero de tensión	As efec (cm ² /m)
19.05	#5 @ 20 cm a.c.	19.80

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 183 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

Diseño de Losa Espesador

Ingreso de Datos

Verificación de Condiciones

Propiedades de Materiales

$f_y := 420 \text{ MPa}$	Steel Strength
$E_s := 200000 \text{ MPa}$	Módulo de Elasticidad de Acero (AASHTO LRFD 5.4.3.2)
$f_c := 28 \text{ MPa}$	Concrete Strength
$K_1 := 1.0$	(AASHTO LRFD 5.4.2.4)
$\rho_c := 2320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Densidad del Concreto Para Ec
$E_c := 0.043 \cdot K_1 \cdot \left(\frac{\rho_c}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{1.5} \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$	$E_c = 25426.0823 \text{ MPa}$ Módulo de Elasticidad del Concreto (AASHTO LRFD Eq. 5.4.2.4-1)
$\lambda := 1.0$	Factor para Tipo de Concreto (ACI 318-11 8.6.1)
$\beta_1 := \text{if } f_c \leq 28 \text{ MPa} \text{ then } 0.85 \text{ else } \max \left(0.85 - \left(\frac{f_c - 28 \text{ MPa}}{7 \text{ MPa}} \cdot 0.05 \right), 0.65 \right)$	$\beta_1 = 0.85$ Factor para Bloque de Esfuerzo Equivalente (AASHTO LRFD 5.7.2.2)
$f_r := 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$	Módulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

A) Cálculo armadura flexión inferior:

Propiedades Geometricas

Diametro:= 16	b:= 1 m	Rec:= 0.05 m	
Espaciamiento:= 20 cm	h:= 0.25 m		

1. Armadura pasiva:

$\Phi b = 15.875 \text{ mm}$

$A_b = 2 \text{ cm}^2$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 184 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAJÁN ESTE

Armadura losa inferior

$$A_s = 10 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\Phi b}{2}\right)$$

$$d = 19.2062 \text{ cm}$$

Canto útil

2. Momento Resistente:

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 4.2 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$$

$$c = 0.0208 \text{ m}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$a = 0.0176 \text{ m}$$

$$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right)$$

$$M_n = 76.9604 \text{ m kN}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{0.003}{c}\right) \cdot (d - c)$$

$$\epsilon_s = 0.0248$$

$$\epsilon_{\text{check}} = \text{if } \epsilon_s > 0.005$$

"OK"

else

"NG, Controlado por Compresion"

$\epsilon_{\text{check}} = \text{"OK"}$

$$\phi_{\text{flex}} = 0.9$$

$$\Phi M_n = M_n \cdot \phi_{\text{flex}}$$

$$\Phi M_n = 69.2643 \text{ m kN}$$

$$M_u = 44 \text{ m kN}$$

Momento en extremo de losa

$$\text{¿es } \Phi M_n > M_u?$$

$$M_u_{\text{check}} = \text{if } \Phi M_n > M_u$$

"OK"

else

"NG"

$M_u_{\text{check}} = \text{"OK"}$

3. Armadura mínima:

$$S_c = b \cdot \frac{h^2}{6}$$

$$S_c = 0.0104 \text{ m}^3$$

Modulo de Seccion

$$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}}$$

$$f_r = 5.1328 \text{ MPa}$$

Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

$$M_{cr} = f_r \cdot S_c$$

$$M_{cr} = 53.4662 \text{ m kN}$$

Momento de Fisuración (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)

$$M_f = \min \left((1.2 \cdot M_{cr} \quad 1.33 \cdot M_u) \right)$$

$$M_f = 58.52 \text{ m kN}$$

Momento Mínimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

$$\text{¿es } \Phi M_n > M_f?$$

$$M_u_{\text{check}} = \text{if } \Phi M_n > M_f$$

"OK"

else

"NG"

$M_u_{\text{check}} = \text{"OK"}$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 185 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$M_s = 32 \text{ kN m}$

Momento en servicio

$d_c = h - d$

$d_c = 0.0579 \text{ m}$

$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$

$\rho = 0.0052$

Cuantía de acero

$n = \frac{E_s}{E_c}$

$n = 7.8659$

Ratio de módulos de elasticidad

$K = \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n$

$K = 0.2482$

$j = 1 - \left(\frac{K}{3} \right)$

$j = 0.9173$

$f_{ss} = \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$

$f_{ss} = 181.6375 \text{ MPa}$

Tensión acero en servicio

$\beta_s = \left(1 + \left(\frac{d_c}{0.7 \cdot (h - d_c)} \right) \right)$

$\beta_s = 1.4309$

Factor de exposición

$\gamma_e = 0.75$

$S_{max} = \left(\frac{123000 \cdot \gamma_e}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{\text{MPa}}} \right)^{mm} - (2 \cdot d_c)$

$S_{max} = 0.2391 \text{ m}$

Separación máxima permitida entre barras

Espaciamiento = 20 cm

¿es Smax > Espaciamiento? $S_{check} = \text{if } S_{max} > \text{Espaciamiento}$
"OK"
else
"NG"

$S_{check} = \text{"OK"}$

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.8)

$A_{shtemp} = \min \left(\max \left(\left(0.233 \frac{mm}{mm} \right)^2 \cdot \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b+h) \cdot \frac{f_y}{\text{MPa}}} \right), 1.27 \frac{mm}{mm} \right)^2$

$A_{shtemp} = 0.233 \frac{mm}{mm}^2$

$A_{sprov} = \frac{A_s}{b} \quad A_{sprov} = 1 \frac{mm}{mm}^2$

¿es A_sprov > A_shtemp? $A_{sht_check} = \text{if } A_{sprov} > A_{shtemp}$
"OK"
else
"NG"

$A_{sht_check} = \text{"OK"}$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 186 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

B) Cálculo armadura flexión superior:

Propiedades Geométricas

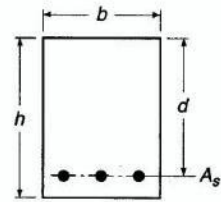
Diametro= 16

Espaciamiento= 20 cm

b= 1 m

h= 0.25 m

Rec= 0.05 m



1. Armadura pasiva:

$$\Phi_b = 15.875 \text{ mm}$$

$$A_b = 2 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 10 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$d_i = h - \text{Rec} - \left(\frac{\Phi_b}{2}\right)$$

$$d = 19.2062 \text{ cm}$$

Canto útil

2. Momento Resistente:

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 4.2 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$$

$$c = 0.0208 \text{ m}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$a = 0.0176 \text{ m}$$

$$M_n = T \cdot \left[d - \left(\frac{a}{2}\right) \right]$$

$$M_n = 76.9604 \text{ m kN}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{0.003}{c}\right) \cdot (d - c)$$

$$\epsilon_s = 0.0248$$

$$\epsilon_{\text{check}} := \text{if } \epsilon_s > 0.005$$

"OK"

else

"NG, Controlado por Compresion"

$\epsilon_{\text{check}} = \text{"OK"}$

$$\phi_{\text{flex}} := 0.9$$

$$\Phi M_n = M_n \cdot \phi_{\text{flex}}$$

$$\Phi M_n = 69.2643 \text{ m kN}$$

$$M_u = 56 \text{ m kN}$$

Momento en extremo de losa

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 187 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

```

¿es ΦMn>Mu? Mu_check = if ΦMn>Mu_u Mu_check = "OK"
                        "OK"
                        else
                        "NG"
    
```

3. Armadura mínima:

$S_c := b \cdot \frac{h^2}{6}$	$S_c = 0.0104 m^3$	Módulo de Sección
$f_r := 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{MPa}} MPa$	$f_r = 5.1328 MPa$	Módulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)
$M_{cr} := f_r \cdot S_c$	$M_{cr} = 53.4662 kNm$	Momento de Fisuración (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)
$M_f := \min((1.2 \cdot M_{cr} \quad 1.33 \cdot M_u))$	$M_f = 64.1595 m kN$	Momento Mínimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

```

¿es ΦMn>Mf? Mu_check = if ΦMn>M_f Mu_check = "OK"
                        "OK"
                        else
                        "NG"
    
```

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$M_s = 35 kNm$		Momento en servicio
$dc = h - d$	$dc = 0.0579 m$	
$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$	$\rho = 0.0052$	Cuantía de acero
$n = \frac{E_s}{E_c}$	$n = 7.8659$	Ratio de módulos de elasticidad
$K = (2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2)^{.5} - \rho \cdot n$	$K = 0.2482$	
$j = 1 - \left(\frac{K}{3}\right)$	$j = 0.9173$	
$f_{ss} = \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$	$f_{ss} = 198.666 MPa$	Tensión acero en servicio

$\beta_s = \left(1 + \left(\frac{dc}{0.7 \cdot (h - dc)}\right)\right)$	$\beta_s = 1.4309$	Factor de exposición
---	--------------------	----------------------

$\gamma_c = 0.75$

$S_{max} = \left(\frac{123000 \cdot \gamma_c}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{MPa}}\right)^{.33} - (2 \cdot dc)$	$S_{max} = 0.2086 m$	Separación máxima permitida entre barras
--	----------------------	--

Espaciamiento = 20 cm

```

¿es Smax>Espaciamiento? S_check = if Smax>Espaciamiento S_check = "OK"
                        "OK"
                        else
                        "NG"
    
```

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 188 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armatura losa inferior
 else
 "NG"

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.8)

$$A_{shtemp} = \min \left(\max \left(0.233 \frac{mm}{mm} \cdot \frac{2 \cdot \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{f_y}}{2 \cdot (b+h) \cdot \frac{f_y}{MPa}}, 1.27 \frac{mm}{mm} \right) \right)$$

$$A_{shtemp} = 0.233 \frac{mm}{mm} \cdot \frac{2}{mm}$$

$$A_{sprov} = \frac{A_s}{b} \quad A_{sprov} = 1 \frac{mm}{mm} \cdot \frac{2}{mm}$$

¿es $A_{sprov} > A_{shtemp}$?
 Asht_check = if $A_{sprov} > A_{shtemp}$
 "OK"
 else
 "NG"

Asht_check = "OK"

Cortante box culvert en losas

$$V_u = 78 \text{ kN}$$

$$M_u = 56 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} = 0 \text{ in } \frac{2 \cdot 100}{15}$$

$$A_{s2} = 0 \text{ mm}^2$$

$$V_{c1} \leq V_{c2}$$

$$\frac{V_u \cdot d}{M_u} \leq 1 \quad x = \frac{V_u \cdot d}{M_u} \quad x = 0.2675$$

$$A_{s1} = A_s + A_{s2} \quad A_{s1} = 1000 \text{ mm}^2$$

$$V_{c1} = \left(0.178 \sqrt{\frac{f_c}{MPa}} + 32 \cdot \frac{A_{s1}}{b \cdot d} \cdot \min \left(1, \frac{V_u \cdot d}{M_u} \right) \right) \cdot b \cdot d \text{ mm}^{-2} \cdot N$$

$$V_{c1} = 189.4618 \text{ kN}$$

$$V_r = 0.9 \cdot V_{c1}$$

$$V_r = 170.5156 \text{ kN}$$

¿es $V_u > V_r$?
 Vu_check = if $V_r > V_u$
 "OK"
 else
 "NG"

Vu_check = "OK"

$$V_c = \left(0.178 \sqrt{\frac{f_c}{MPa}} \right) \cdot b \cdot d \text{ mm}^{-2} \cdot N \cdot 0.9$$

$$V_c = 162.8111 \text{ kN}$$

Lo que aporta el hormigón

$$V_s = 32 \cdot \frac{A_{s1}}{b \cdot d} \cdot \min \left(1, \frac{V_u \cdot d}{M_u} \right) \cdot b \cdot d \text{ mm}^{-2} \cdot N \cdot 0.9$$

$$V_s = 7.7044 \text{ kN}$$

Lo que aporta el acero

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 189 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

5. Menoría de Cálculo Estructural Sedimentadores Secundarios

1. Introducción

En este documento se presenta el diseño estructural del Sedimentador de la PTAR de Burunga, englobada dentro de la Sección 1 del Proyecto “SERVICIOS DE GERENCIA DE PROYECTO, SUPERVISIÓN Y ASESORÍA TÉCNICA PARA EL SANEAMIENTO DEL SECTOR DE BURUNGA”.

El Sedimentador consiste en un depósito de concreto armado, de planta circular de 22.00 m de diámetro interior, y 2 tramos en alzado, el primero tronco cónico de 1.27m de altura y el otro cilíndrico de 3.80 m.

La presente memoria de cálculo pretende describir brevemente las consideraciones generales del diseño, los cálculos analíticos y los resultados de diseño que soportan el dimensionamiento y detallado de cada uno de los elementos del sistema estructural.

En las siguientes figuras se observa una planta y una sección del sedimentador proyectado:

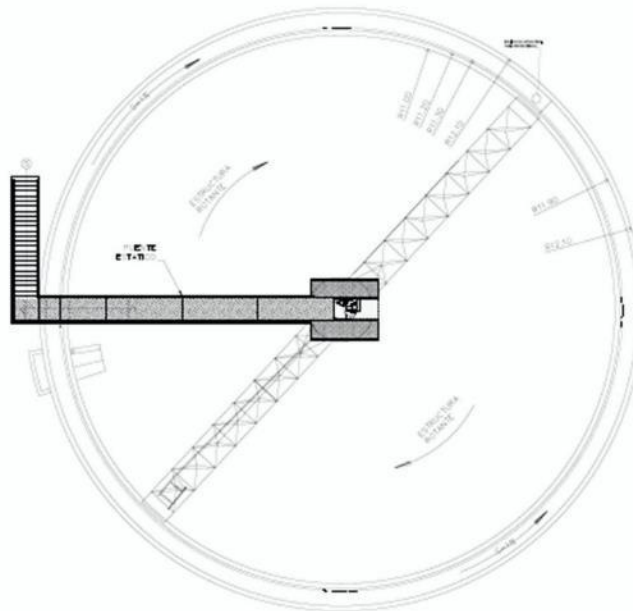


Figura 1 Planta Sedimentador

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 190 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

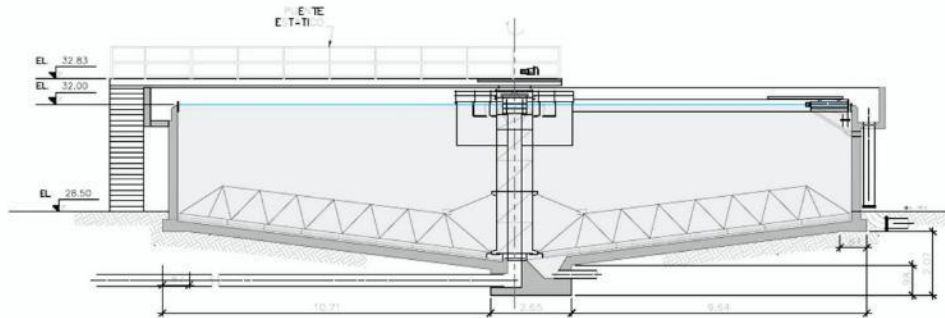


Figura 2 Sección Sedimentador

2. Consideraciones generales de diseño

La estructura definida es un depósito formado por losa y muro de hormigón armado con geometrías según se describe a continuación:

- Diámetro libre interior: 22.00m
- Altura libre interior: 5.07m (1.27m tronco cónico y 3.80m cilíndrico)
- Espesor de muros: 0.30m
- Espesor de losa inferior: 0.30m

Adicionalmente existe una estructura en forma de canal en la coronación del muro.

3. Normativa y metodología de cálculo

Para el diseño del sedimentador, se han aplicado las directivas de las siguientes normas de diseño para el dimensionamiento de las estructuras:

- ACI 318 – 2011 Building Code Requirements for Structural Concrete (American Concrete Insitute).
- ACI 350 – 2006 Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary (American Concrete Insitute).

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 191 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

- Replamento para el diseño estructural en la República de Panamá (REP-04).

Los cálculos realizados pueden ser comprobados en los diferentes anexos al final del documento.

4. Materiales

Para el diseño de la Estación de Bombeo, se han especificado los siguientes materiales para los diferentes elementos estructurales:

- Hormigón estructural de resistencia a la compresión a los 28 días igual a $f'c=28\text{MPa}$.
- Aceros de refuerzo de límite de fluencia $f_y=420\text{MPa}$ (Grado 60) conforme a ASTM A615.

5. Cargas y combinaciones de cargas

5.1 Cargas

Carga Muerta (DC): incluye el peso propio de todos los elementos del Sedimentador:

- Losas y muros: en base a sus dimensiones y una densidad del hormigón armado de $24.5\text{kN}/\text{m}^3$

Carga de tierras (EH): se considera el empuje horizontal del terreno sobre el muro del espesador de lodos.

Empuje Hidrostático (FL): se considera el empuje vertical y horizontal del agua en el interior del espesador de lodos.

5.2 Estados límite

- Service I (SER-I): se refiere al estado normal de operación y será de utilidad en el control de deflexiones y fisuración, así como para análisis tensional.

$$1.00xDC+1.00xFL$$

$$1.00xDC+1.00xEH+1.00xLL+1.00xFL$$

$$1.00xDC+1.00xEH+1.00xFL$$

$$0.60xDC+0.60xEH$$



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 192 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

- Strength I (STR-I): fuerzas extremas factorizadas para comprobación en estado límite último.

$$1.40 \times DC + 1.40 \times FL$$

$$1.20 \times DC + 1.60 \times EH - 1.20 \times FL - 1.60 \times LL$$

$$1.20 \times DC + 1.00 \times LL$$

6. Consideraciones Geotécnicas

El estudio geotécnico del lugar estuvo a cargo de Ingeniería Palort SA. A continuación presentamos un extracto del mismo. Para mayores detalles sobre las características físico mecánicas referirse al documento mencionado.

Perforación PTAR-7:

El subsuelo donde está localizado la perforación PTAR-7 está compuesto en primer lugar por un limo arcilloso, color chocolate oscuro, contaminado con material orgánico, 5 YR 3/4 (Dark reddish Brown) entre (0.00-0.10) metros. A partir de 0.10 metros se pudo observar un limo arcilloso, color chocolate, 5YR 5/4 (Reddish Brown), consistencia media entre (0.10-2.90) metros bajo el nivel actual del terreno. Después de este estrato se pudo observar un limo arcilloso, color chocolate claro con vetas de color gris claro y puntos de color negro, 5 YR 5/6, consistencia media entre (2.90-6.50) metros bajo el nivel actual del terreno. A partir de 6.50 metros se pudo detectar un limo arcilloso, color gris claro, 10YR 6/2 (Light Brownish Gray), posee una consistencia media entre (6.50-6.64) metros. Posterior a este estrato localizamos un limo arcilloso, color gris claro, mezclado con pequeñas partículas de roca meteorizadas entre (6.64-7.40) metros bajo el nivel actual del terreno. A partir de 7.40 metros se pudo apreciar un limo arcilloso, color gris claro con vetas de color chocolate, 10 YR 5/2, (Grayish Brown), consistencia firme entre (7.40-8.53) metros. Seguido a este estrato se pudo observar un limo ligeramente arcilloso, color gris claro, mezclado con partículas de roca meteorizadas, 10 YR 5/2, (Grayish Brown), compacidad compacta entre (8.53-8.70) metros. Después de 8.70 metros se pudo observar una roca meteorizada "Meteorización". La perforación PTAR-7 finalizó a una profundidad de 9.00 metros observando la misma roca meteorizada, detectada a 8.70 metros bajo el nivel actual del terreno.



Louis Berger

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 193 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

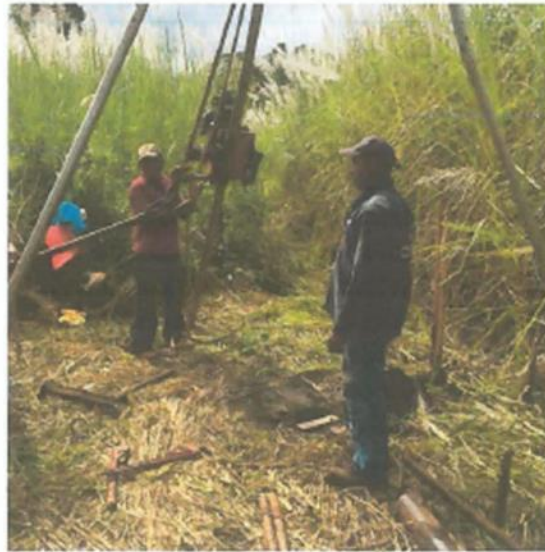
TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

INFORME GEOTÉCNICO

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS COLECTORA PRINCIPAL
EN RIO AGUACATE - ÁREA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES EN EL
SECTOR DE BURUNGA.

Noviembre, 2015

INGENIERÍA PALORT, S.A



INGENIERÍA PALORT, S.A

Tel 277-77-09/// Cel 6672-95-12

Apartado Postal 0860-00350 Villa Lucre

e-mail: palacios@cwpanama.net///palort1@hotmail.com

Figura 3 Portada Estudio de Suelos

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 194 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

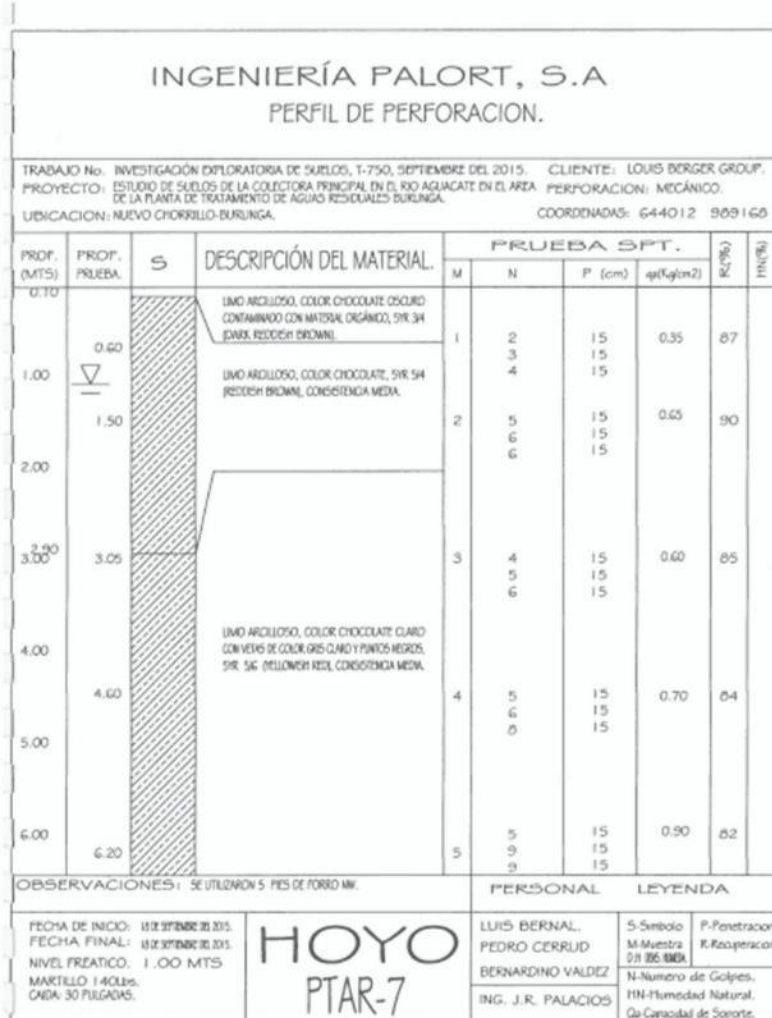


Figura 4 Perfil de Perforación

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 195 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

7. Modelo de cálculo y obtención de esfuerzos

Para la obtención de los esfuerzos, se utiliza el programa Sap2000, donde se modela la estructura con las cargas consideradas. Se introducen cargas en los muros laterales de empuje del terreno, al igual que por empuje debido al agua contenida en el tanque, y se introducen las cargas vivas y muertas.

A continuación se muestra la modelación del Sedimentador, las cargas introducidas en los modelos de cálculo, los esfuerzos obtenidos y la deformada de la estructura.

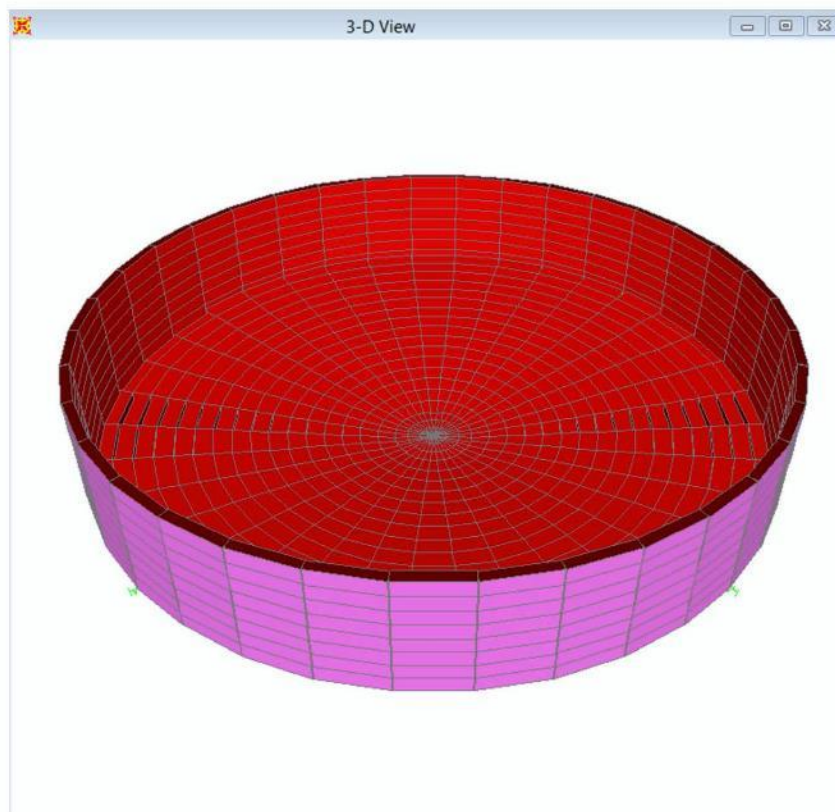


Figura 5 Vista 3D del modelo de cálculo de la Estación de Bombeo

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 196 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

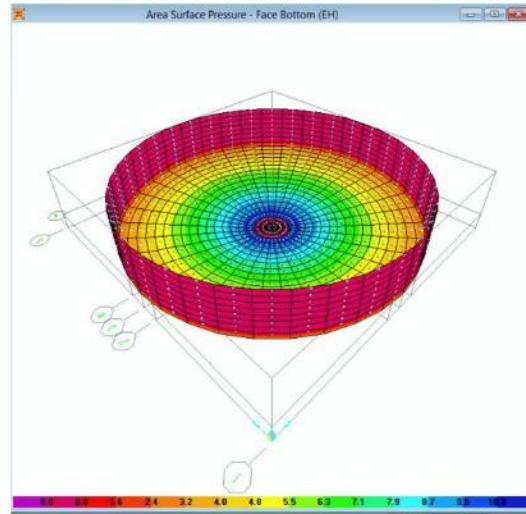


Figura 6 Empuje horizontal debido al terreno (EH)

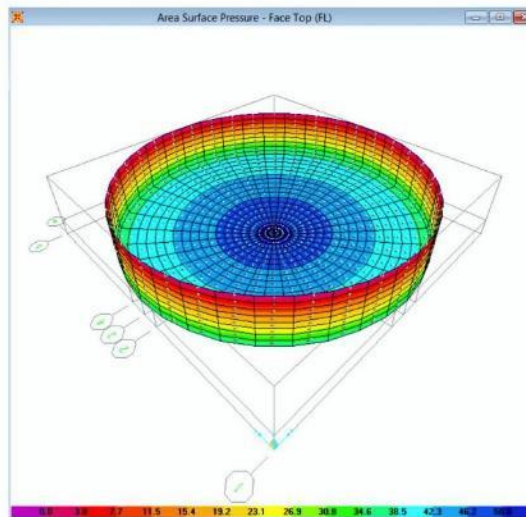


Figura 7 Empuje hidrostático debido al agua (FL)

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 197 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

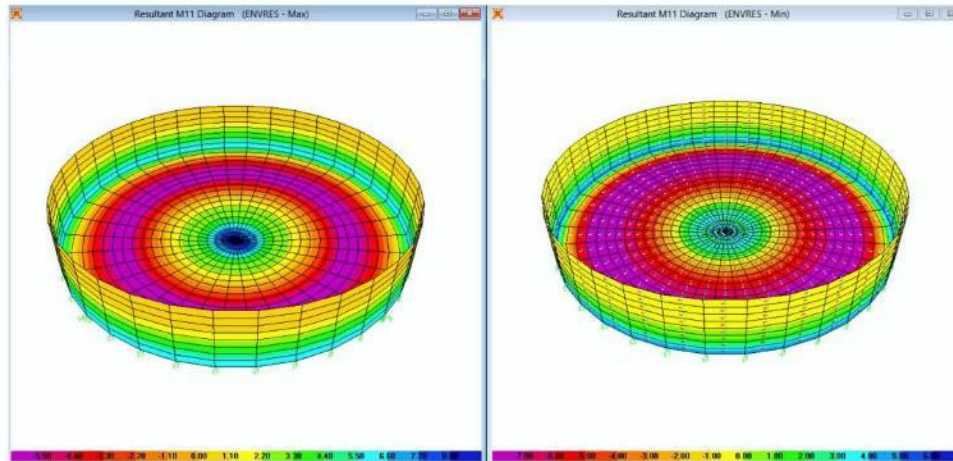


Figura 8 Envolvente de Momentos M11 en Strength

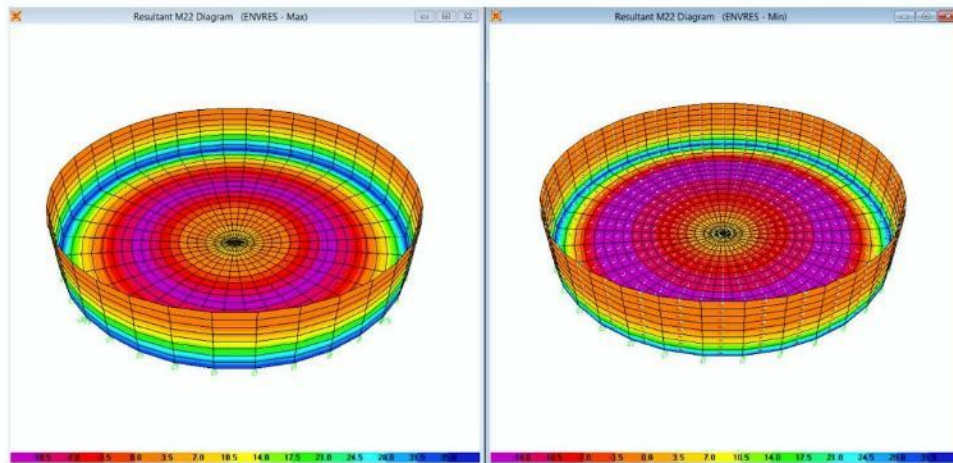


Figura 9 Envolvente de Momentos M22 en Strength

Tipo: INFORME TÉCNICO

Código: 130-HID-MD-0001

Revisión N°:1

Hoja N°: 198 de 251

Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

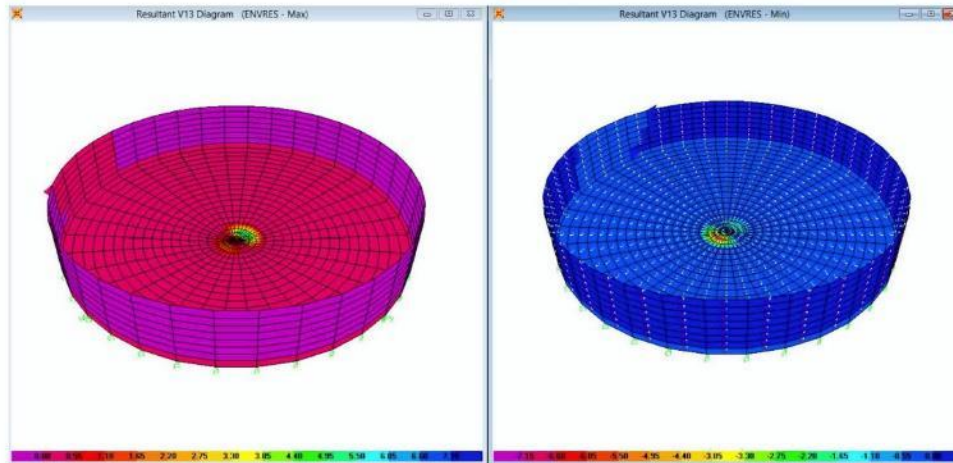


Figura 10 Envolvente de Cortantes V13 en Strength

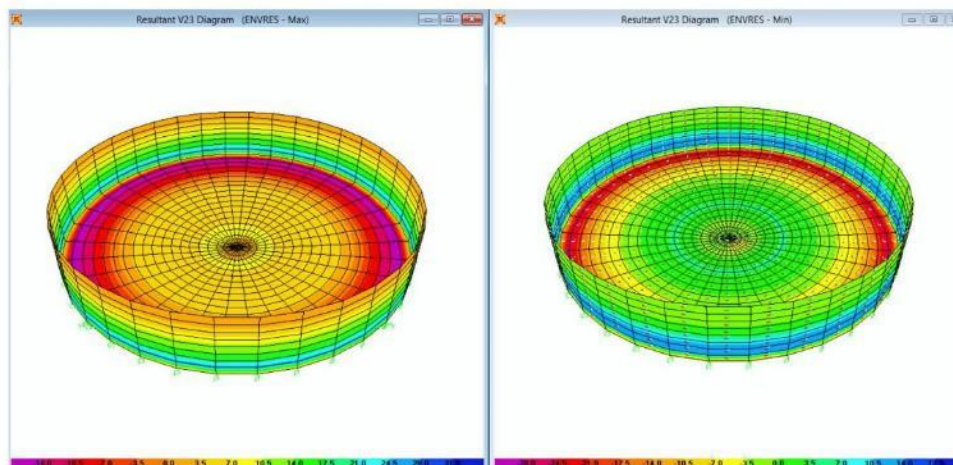


Figura 11 Envolvente de Cortantes V23 en Strength

Tipo: INFORME TÉCNICO

Código: 130-HID-MD-0001

Revisión N°:1

Hoja N°: 199 de 251

Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

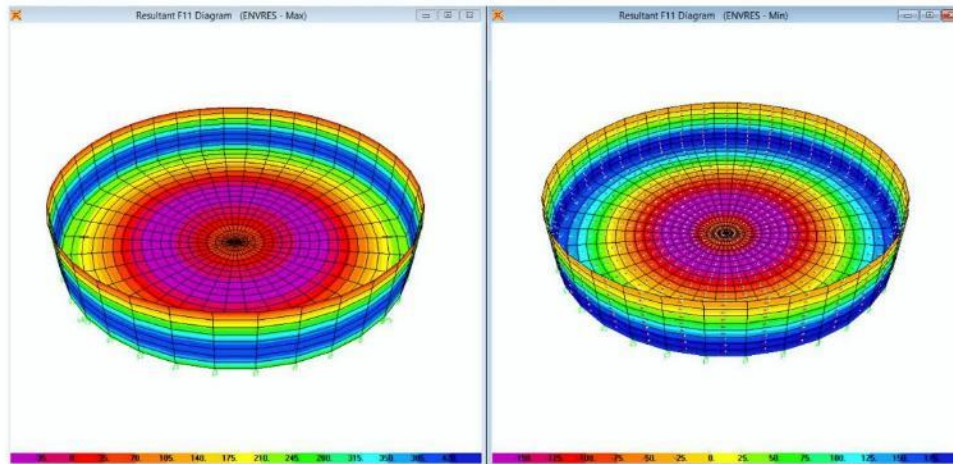


Figura 12 Envolverte de Tensiones anulares F11 en Strength

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 200 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

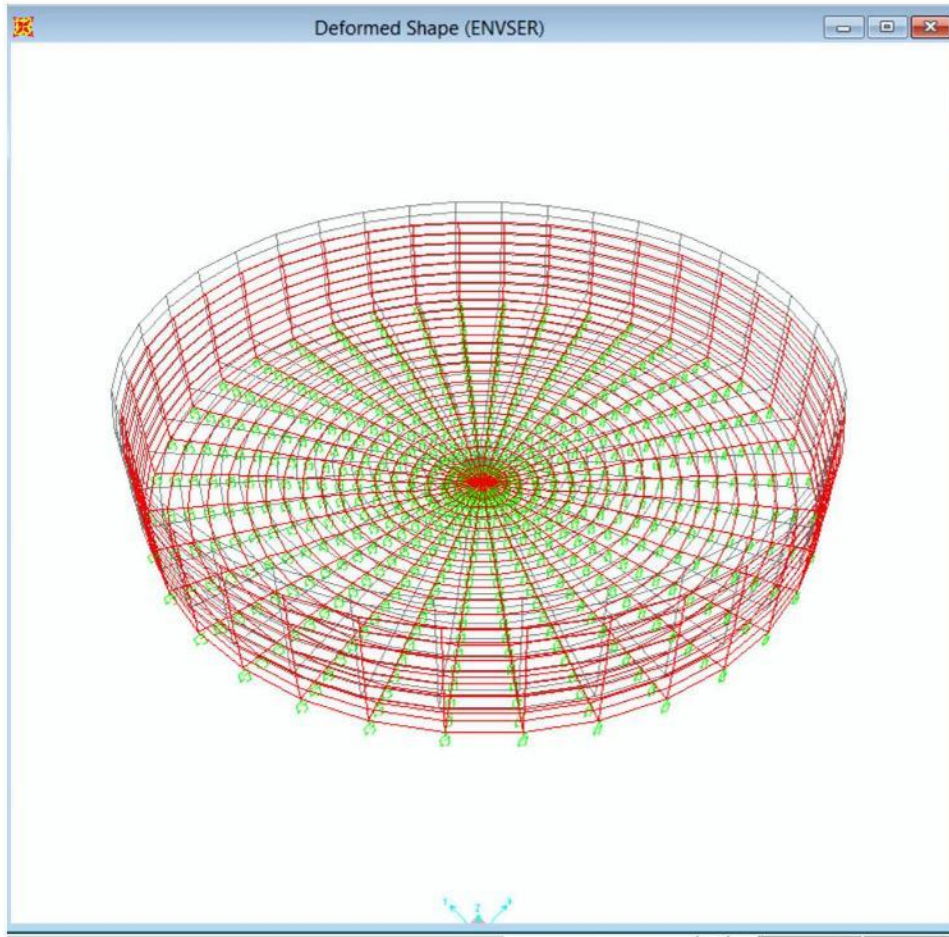


Figura 13 Deformada de la estructura en Servicio

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 201 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

8. Cálculo de armaduras en el Sedimentador

En el anexo se presentan las comprobaciones de las armaduras definidas en los planos del Sedimentador, para las cargas de diseño y esfuerzos mostrados en el punto anterior.

A continuación se muestran algunos detalles la armadura definitiva propuesta en el Sedimentador.

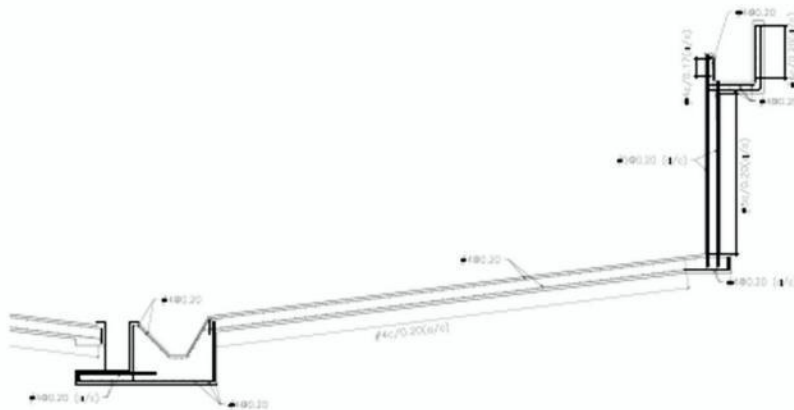


Figura 14 Armadura Sedimentador

CÁLCULO ARMADURA SEDIMENTADOR:

- Tensión Anular en Muro y Losa
 - Losa inferior

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 202 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

Diseño de Losa Decantador

Ingreso de Datos

Verificación de Condiciones

Propiedades de Materiales

$f_y := 420 \text{ MPa}$	Steel Strength
$E_s := 200000 \text{ MPa}$	Módulo de Elasticidad de Acero (AASHTO LRFD 5.4.3.2)
$f_c := 28 \text{ MPa}$	Concrete Strength
$K_1 := 1.0$	(AASHTO LRFD 5.4.2.4)
$\rho_c := 2320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Densidad del Concreto Para Ec
$E_c := 0.043 \cdot K_1 \cdot \left(\frac{\rho_c}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{1.5} \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$ $E_c = 25426.0823 \text{ MPa}$	Módulo de Elasticidad del Concreto (AASHTO LRFD Eq. 5.4.2.4-1)
$\lambda := 1.0$	Factor para Tipo de Concreto (ACI 318-11 8.6.1)
$\beta_1 := \text{if } f_c \leq 28 \text{ MPa}$ $\quad 0.85$ else $\quad \max \left(\left[0.85 - \left(\frac{f_c - 28 \text{ MPa}}{7 \text{ MPa}} \right) \cdot 0.05 \right], 0.65 \right)$	$\beta_1 = 0.85$ Factor para Bloque de Esfuerzo Equivalente (AASHTO LRFD 5.7.2.2)
$f_r := 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$	Módulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

A) Cálculo armadura flexión inferior:

Propiedades Geometricas

Diametro= 13	b= 1 m	Rec:= 0.05 m	
Espaciamiento= 20 cm	h:= 0.30 m		

1. Armadura pasiva:

$\phi_b = 12.7 \text{ mm}$
 $A_b = 1.29 \text{ cm}^2$



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 203 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armatura losa inferior

$$A_s = 6.45 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$d = h - Rec - \left(\frac{\Phi b}{2}\right)$$

$$d = 24.365 \text{ m}$$

Canto util

2. Momento Resistente:

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 2.709 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$$

$$c = 0.0134 \text{ m}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$a = 0.0114 \text{ m}$$

$$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right)$$

$$M_n = 64.463 \text{ m kN}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{0.003}{c}\right) \cdot (d - c)$$

$$\epsilon_s = 0.0516$$

```

epsilon_check := if epsilon_s > 0.005
                "OK"
                else
                "NG, Controlado por Compresion"

```

epsilon_check = "OK"

$$\phi_{flex} = 0.9$$

$$\Phi M_n = M_n \cdot \phi_{flex}$$

$$\Phi M_n = 58.0167 \text{ m kN}$$

$$M_u = 34 \text{ m kN}$$

Momento en extremo de losa

¿es $\Phi M_n > M_u$?

```

Mu_check := if Phi Mn > Mu
            "OK"
            else
            "NG"

```

Mu_check = "OK"

3. Armadura mínima:

$$S_c = b \cdot \frac{h^2}{6}$$

$$S_c = 0.015 \text{ m}^3$$

Modulo de Seccion

$$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$$

$$f_r = 5.1328 \text{ MPa}$$

Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

$$M_{cr} = f_r \cdot S_c$$

$$M_{cr} = 76.9914 \text{ kN m}$$

Momento de Fisuración (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)

$$M_f = \min\left(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u\right)$$

$$M_f = 45.22 \text{ m kN}$$

Momento Mínimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

¿es $\Phi M_n > M_f$?

```

Mu_check := if Phi Mn > Mf
            "OK"
            else
            "NG"

```

Mu_check = "OK"

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 204 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armatura losa inferior

4. Espaciamiento máximo: (AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$M_s := 27 \text{ kNm}$

Momento en servicio

$d_c := h - d$

$d_c = 0.0564 \text{ m}$

$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d}$

$\rho = 0.0026$

Cuantía de acero

$n := \frac{E_s}{E_c}$

$n = 7.8659$

Ratio de módulos de elasticidad

$K := \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n$

$K = 0.1843$

$j := 1 - \left(\frac{K}{3} \right)$

$j = 0.9386$

$f_{ss} := \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$

$f_{ss} = 183.0518 \text{ MPa}$

Tensión acero en servicio

$\beta_s := \left(1 + \left(\frac{d_c}{0.7 \cdot (h - d_c)} \right) \right)$

$\beta_s = 1.3304$

Factor de exposición

$\gamma_c := 0.75$

$S_{max} := \left(\frac{(123000 \cdot \gamma_c)}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{\text{MPa}}} \right) \text{ mm} - (2 \cdot d_c)$

$S_{max} = 0.2661 \text{ m}$

Separación máxima permitida entre barras

Espaciamiento = 20 cm

```
¿es Smax>Espaciamiento? S_check := if Smax>Espaciamiento
                        "OK"
                        else
                        "NG"
```

S_check = "OK"

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.8)

$A_{shTemp} := \min \left(\max \left(\left(0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \cdot \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b+h)} \cdot \frac{f_y}{\text{MPa}} \right), 1.27 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \right) \right)$

$A_{shTemp} = 0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$

$A_{sprov} := \frac{A_s}{b} \quad A_{sprov} = 0.645 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$

```
¿es Asprov>Ashtemp? Asht_check := if Asprov>Ashtemp
                    "OK"
                    else
                    "NG"
```

Asht_check = "OK"

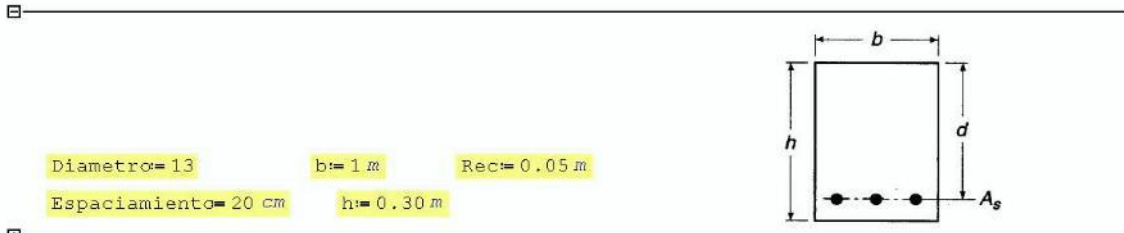
B) Cálculo armadura flexión inferior:

Propiedades Geométricas

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 205 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior



Diametro= 13 b:= 1 m Rec:= 0.05 m
 Espaciamiento= 20 cm h:= 0.30 m

1. Armadura pasiva:

$\Phi_b = 12.7 \text{ mm}$

$A_b = 1.29 \text{ cm}^2$

$A_s = 6.45 \text{ cm}^2$

$f_y = 420 \text{ MPa}$

$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\Phi_b}{2}\right)$

$d = 24.365 \text{ cm}$

Canto útil

2. Momento Resistente:

$T = A_s \cdot f_y$

$T = 2.709 \cdot 10^5 \text{ N}$

$\beta_1 = 0.85$

$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$

$c = 0.0134 \text{ m}$

$a = \beta_1 \cdot c$

$a = 0.0114 \text{ m}$

$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right)$

$M_n = 64.463 \text{ m kN}$

$\epsilon_s = \left(\frac{.003}{c}\right) \cdot (d - c)$

$\epsilon_s = 0.0516$

$\epsilon_{\text{check}} := \text{if } \epsilon_s > 0.005$

"OK"

else

"NG, Controlado por Compresion"

$\epsilon_{\text{check}} = \text{"OK"}$

$\Phi_{\text{flex}} := 0.9$

$\Phi M_n := M_n \cdot \Phi_{\text{flex}}$

$\Phi M_n = 58.0167 \text{ m kN}$

$M_u := 17 \text{ m kN}$

Momento en extremo de losa

$\text{¿es } \Phi M_n > M_u? \quad \mu_{\text{check}} := \text{if } \Phi M_n > M_u$

"OK"

else

"NG"

$\mu_{\text{check}} = \text{"OK"}$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 206 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

3. Armadura mínima:

$$S_c = b \cdot \frac{h^2}{6} \quad S_c = 0.015 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo de Sección}$$

$$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \quad f_r = 5.1328 \text{ MPa} \quad \text{Módulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)}$$

$$M_{cr} = f_r \cdot S_c \quad M_{cr} = 76.9914 \text{ kNm} \quad \text{Momento de Fisuración (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)}$$

$$M_f = \min\left(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u\right) \quad M_f = 22.61 \text{ kNm} \quad \text{Momento Mínimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)}$$

¿es $\Phi M_n > M_f$? $M_{u_check} = \text{if } \Phi M_n > M_f \text{ "OK" else "NG"}$ M_{u check} = "OK"

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$M_s = 13 \text{ kNm}$ Momento en servicio

$$dc = h - d \quad dc = 0.0564 \text{ m}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \quad \rho = 0.0026 \quad \text{Cuantía de acero}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad n = 7.8659 \quad \text{Ratio de módulos de elasticidad}$$

$$K = \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2\right)^{.5} - \rho \cdot n \quad K = 0.1843$$

$$j = 1 - \left(\frac{K}{3}\right) \quad j = 0.9386$$

$$f_{ss} = \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s} \quad f_{ss} = 88.1361 \text{ MPa} \quad \text{Tensión acero en servicio}$$

$$\beta_s = \left(1 + \left(\frac{dc}{0.7 \cdot (h - dc)}\right)\right) \quad \beta_s = 1.3304 \quad \text{Factor de exposición}$$

$\gamma_e = 0.75$

$$S_{max} = \left(\frac{123000 \cdot \gamma_e}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{\text{MPa}}}\right)^{.33} - (2 \cdot dc) \quad S_{max} = 0.674 \text{ m} \quad \text{Separación máxima permitida entre barras}$$

Espaciamiento = 20 cm

¿es $S_{max} > \text{Espaciamiento}$? $S_{check} = \text{if } S_{max} > \text{Espaciamiento "OK" else "NG"}$ S_{check} = "OK"

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 207 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.8)

$$A_{shtemp} := \min \left(\max \left(\left(0.233 \frac{mm^2}{mm} \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b+h) \cdot \frac{f_y}{MPa}} \right), 1.27 \frac{mm^2}{mm} \right) \right)$$

$$A_{shtemp} = 0.233 \frac{mm^2}{mm}$$

$$A_{sprov} := \frac{A_s}{b} \quad A_{sprov} = 0.645 \frac{mm^2}{mm}$$

¿es $A_{sprov} > A_{shtemp}$? $A_{sht_check} := \text{if } A_{sprov} > A_{shtemp} \text{ then "OK" else "NG"}$

$A_{sht_check} = \text{"OK"}$

Cortante box culvert en losas

$$V_u := 30 \text{ kN}$$

$$M_u := 34 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} := 0 \text{ in } \frac{2 \cdot 100}{15}$$

$$A_{s2} = 0 \text{ mm}^2$$

$$V_{c1} \leq V_{c2}$$

$$\frac{V_u \cdot d}{M_u} \leq 1 \quad x := \frac{V_u \cdot d}{M_u} \quad x = 0.215$$

$$A_{s1} := A_s + A_{s2} \quad A_{s1} = 645 \text{ mm}^2$$

$$V_{c1} := \left(0.178 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{MPa}} \right) + 32 \cdot \frac{A_{s1}}{b \cdot d} \cdot \min \left(1, \frac{V_u \cdot d}{M_u} \right) \cdot b \cdot d \text{ mm}^{-2} \cdot N$$

$$V_{c1} = 233.9282 \text{ kN}$$

$$V_r := 0.9 \cdot V_{c1}$$

$$V_r = 210.5354 \text{ kN}$$

¿es $V_u > V_r$? $V_u_check := \text{if } V_r > V_u \text{ then "OK" else "NG"}$

$V_u_check = \text{"OK"}$

$$V_c := \left(0.178 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{MPa}} \right) \cdot b \cdot d \text{ mm}^{-2} \cdot N \cdot 0.9$$

$$V_c = 206.5418 \text{ kN}$$

Lo que aporta el hormigón

$$V_s := 32 \cdot \frac{A_{s1}}{b \cdot d} \cdot \min \left(1, \frac{V_u \cdot d}{M_u} \right) \cdot b \cdot d \text{ mm}^{-2} \cdot N \cdot 0.9$$

$$V_s = 3.9936 \text{ kN}$$

Lo que aporta el acero

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 208 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAJÁN ESTE

0. Datos			SEDIMENTADOR t=0.30m	
Resistencia concreto	f_c (kg/cm ²)	280.00	D (m)	22.00
acero de refuerzo en flexión	f_y (kg/cm ²)	4,200.00	H (m)	3.75
acero para la tensión directa	f_s (kg/cm ²)	1,400.00		
Módulo de elasticidad del acero	E_s (kg/cm ²)	2,100,000.00		29,000,000.00
Módulo de elasticidad del concreto	E_c (kg/cm ²)	234,264.81		3,630,000.00
Relación de módulos	$n=E_s/E_c$	8.96		7.99
1. Espesor necesario pared depósito				
Se limita la tensión anular al 10% de la resistencia del concreto				
Espesor pared	t (m)	0.30	t (m)	0.30
$H^2H/2^3t$			$H^2H/2^3t$	2.13
Disposiciones contenidas en el informe del Comité 350 de ACI				
Factor de carga hidrostática	FF	1.70		
Coefficiente sanitario tensión directa	K_{std}	1.65		
Coefficiente sanitario flexión	K_{sf}	1.30		
Coefficiente sanitario cortante	K_{sc}	1.00		
Carga última tensión directa	w_{utd} (kg/m ³)	$K_{std} \times FF \times w$	w_{utd} (kg/m ³)	2,805.00
Carga última flexión	w_{uf} (kg/m ³)	$K_{sf} \times FF \times w$	w_{uf} (kg/m ³)	2,210.00
Carga última cortante	w_{uc} (kg/m ³)	$K_{sc} \times FF \times w$	w_{uc} (kg/m ³)	1,700.00
Peso volumétrico del licuipo	w (kg/m ³)	1,000.00		
Tabla A.5 de la PCA (coeficientes para determinar la tensión anular) (base del depósito empotrada y el borde superior libre)				
Máximo coeficiente Tabla A.1 de la PCA	C_{5max}	0.295	$0.4H$	0.295
Tensión anular máxima	N_{max} (kg)	$C_{5max} \times w_{utd} \times H \times R$	N_{max} (kg)	34,133.34
2. Verificar que el espesor supuesto para la pared es el adecuado				
Coefficiente de contracción del concreto	C	0.0003	C	0.0003
Esfuerzo permisible	$10\% f_c$	28.00 (kg/cm ²)	$10\% f_c$	28.00
Área acero	A_s (cm ² /m)	$N_{max}/(0.9 \times f_y)$	A_s (cm ² /m)	9.03
Área concreto	A_c (cm ² /m)	$10000^2/t$ (m)	A_c (cm ² /m)	3,000.00
$N_{max}/(\sin factor) \times (kg)$	$N_{max}/(FF \times K_{std})$		$N_{max}/(FF \times K_{std})$	12,168.75
Resistencia sección f_c (kg/cm ²)	$f_c = [(C \times (S \times A_s) + N_{max}(\sin factor))]/(A_c + n \times A_s)$		f_c (kg/cm ²)	5.80
	$\& f_c < 10\% f_c ?$		Espesor adecuado	
3. Determinación de las fuerzas de tensión anular y los momentos flexionantes producidos por la presión hidrostática interna del líquido (condición de carga No. 1).				
Tabla A.5 de la PCA (coeficientes para determinar la tensión anular) (base del depósito articulada y el borde superior libre)				
Tensión anular máxima	N_{max} (kg)	$C_{5max} \times w_{utd} \times H \times R$	N_{max} (kg)	51,489.28
	0.1	0.1H	$C_{coef A.5}$	N
	0.2	0.2H	0.25	28,926.56
	0.3	0.3H	0.315	36,447.47
	0.4	0.4H	0.373	43,158.43
	0.5	0.5H	0.417	48,249.51
	0.6	0.6H	0.445	51,489.28
	0.7	0.7H	0.432	49,985.10
	0.8	0.8H	0.376	43,505.55
	0.9	0.85H	0.291	33,670.52
	1	0.9H	0.16	18,513.00
	1.1	0.95H		
	1.2	1H		0.00
Tabla A.7 de la PCA (coeficientes para determinar los momentos flexionantes) (base del depósito articulada y el borde superior libre)				
Máximo coeficiente Tabla A.7 de la PCA	C_{7max}		$0.7H$	0.0210
Momento flexionante máximo	M_{max} (kg.m/m)	$C_{7max} \times w_{uf} \times H \times H \times H$	M_{max} (kg.m/m)	2,447.40
			$C_{coef A.7}$	

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 209 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

		0.1H	0.0008	99.23
		0.2H	0.0031	361.28
		0.3H	0.0068	792.49
		0.4H	0.0107	1,247.01
		0.5H	0.0148	1,724.84
		0.6H	0.0189	2,202.66
		0.7H	0.021	2,447.40
		0.8H	0.0197	2,295.90
		0.85H		
		0.9H	0.014	1,631.60
		0.95H		
		1H	0	0.00
4. Revisión de cortante para la condición de carga No. 1				*#5 (cm) 1,5875
Ancho del elemento	b (cm)	100.00	b	100.00
Peralte efectivo	d (cm)	l-recubrimiento libre - ϕ / 2 (#)	d	24.05
Cortante	Vc (Kg)	$0.5 \times (f_c \times 0.5) \times b \times d$	Vc (Kg)	20,221.67
Factor reductor del esfuerzo cortante	ϕ	$\phi = 0.85$	$\phi \times Vc$	17,103.42
Tabla A.12 de la PCA (coeficientes para determinar el esfuerzo cortante) (carga triangular, base articulada y borde superior libre)				
Coefficiente Tabla A.12 de la PCA	C12a	0.184	C12a	0.184
Esfuerzo cortante máximo	Vmaxe (Kg)	$C12a \times wuc \times H \times H$ $\checkmark Vmaxe < \phi \times Vc ?$	Vmaxe (Kg)	4,398.75 OK
(carga triangular, base empotrada y borde superior libre)				
Coefficiente Tabla A.12 de la PCA	C12e	0.294	C12e	0.294
Esfuerzo cortante máximo	Vmaxe (Kg)	$C12e \times wuc \times H \times H$ $\checkmark Vmaxe < \phi \times Vc ?$	Vmaxe (Kg)	7,028.44 OK
5. Comparación con la suposición base empotrada con el borde superior libre				
Tabla A.1 de la PCA (coeficientes para determinar la tensión anular) (base del depósito empotrada y el borde superior libre)				
Máximo coeficiente Tabla A.1 de la PCA	C1max		0.4H	0.295
Tensión anular máxima	Nmax (Kg)	$C1max \times wutd \times H \times R$	Nmax (Kg) Coef A.1	34,133.34 0.00
		0.0H		0.00
		0.1H	0.245	28,348.03
		0.2H	0.272	31,472.10
		0.3H	0.29	33,554.81
		0.4H	0.295	34,133.34
		0.5H	0.285	32,976.28
		0.6H	0.245	28,348.03
		0.7H	0.181	20,942.83
		0.75H	0	
		0.8H	0.11	12,727.69
		0.85H	0	
		0.9H	0.034	3,934.01
		0.95H		
		1H	0	0.00
Tabla A.2 de la PCA (coeficientes para determinar los momentos flexionantes) (base del depósito empotrada y el borde superior libre)				
Máximo coeficiente Tabla A.2 de la PCA	C2max		0.5H	0.0105
Momento flexionante máximo	Mmax (Kg.m/m)	$C2max \times wuf \times H \times H \times H$	Mmax (Kg.m/m)	1,223.70
Coefficiente Tabla A.2 de la PCA II-1	C2min		1H	-0.0423
Momento flexionante mínimo	Mmin (Kg.m/m)	$C2min \times wuf \times H \times H \times H$	Mmin (Kg.m/m) Coef A.2	-4,929.77 0
		0.0H	0	0.00
		0.1H	0.0096	1,118.81
		0.2H	0.0033	384.59
		0.3H	0.0066	769.18
		0.4H	0.0096	1,118.81
		0.5H	0.0105	1,223.70
		0.6H	0.01	1,165.43
		0.7H	0.0075	874.07
		0.8H	-0.0016	-186.47
		0.85H		
		0.9H	-0.0177	-2,062.81
		0.95H		



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 210 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

9. Diseño para las resultantes de los momentos flexionantes			1H	-0.0423	-4,929.77
9.1 Refuerzo en la cara exterior					
Momento flexionante máximo	Mu (Kg.m/m)	Mmax (Kg.m/m)	Mu (kg.m/m)	2,447.40	
	Mu (Kg.cm/m)		Mu (kg.cm/m)	244,740.23	
Factor reductor del esfuerzo cortante	Fr	0.90			
Resistencia concreto	Fc (kg/cm2)	280.00	#4	1.27	
Ancho del elemento	b (cm)		b	100.00	
Peralte efectivo	d (cm)	t-recubrimiento libre - # / 2 (#)	d	24.4	
Espesor pared	t (m)		t (m)	0.30	
Espesor pared	t (cm)		t (cm)	30	
		Mu / (Fr x Fc x b x d x c)		0.0164	
Tabla A.20 CPA	ω	0.008	ω	0.008	
Área de refuerzo en flexión					
Área necesaria de refuerzo	As (cm2/m)	ω x (Fc / fy) x b x d	As (cm2/m)	1.33	
9.1.1 Refuerzo mínimo (refuerzo vertical exterior)					
	As,min (cm2/m)	0.8 x ((Fc*0.5) x bw x d / fy)	As,min (cm2/m)	7.77	
		14 x bw x d / fy	As,min (cm2/m)	8.12	
		max(0.8 x ((Fc*0.5) x bw x d / fy, 14 x bw x d / fy)	As,min (cm2/m)	8.12	
Área efectiva	As,efec (cm2/m)		#5 @ 20 cm		
			As,efec (cm2/m)	9.90	
El área calculada deberá colocarse en la cara exterior desde H=0 hasta H					
9.1.2 Momento que resiste el refuerzo mínimo					
	Mr (kg.cm)	ρ x fy / Fc = (As,efec/b x c)x(fy/fc)	ω	0.0609	
	Mr (ton.m)	ω x (1-0.59ω) x Fr x Fc x b x d x d	Mr (kg.cm)	878,999.74	
			Mr (ton.m)	8.79	
9.2 Refuerzo en la cara interior (refuerzo vertical interior)					
Tanque apoyado. No existe presión externa que genere tensión en fibra anterior					
Armadura mínima (base articulada)	Asmin (cm2/m)	ρ min x b x d	ρ min	0.0033	
			Asmin (cm2/m)	8.04	
Área efectiva	As,efec (cm2/m)		#5 @ 20 cm		
			As,efec (cm2/m)	9.90	
El área calculada deberá colocarse en la cara interior desde H=0 hasta H					
9.3 Base empotrada					
Refuerzo vertical exterior. Momentos menores que los que produce la carga hidrostática con base articulada					
			#5 @ 20 cm		
			As,efec (cm2/m)	9.90	
Refuerzo vertical interior					
Momento flexionante máximo	Mmax (Kg.m/m)	C2max x wuf x H x H x H	Mmax (Kg.m/m)	1,223.70	
Momento flexionante mínimo	Mmin (Kg.m/m)	C2min x wuf x H x H x H	Mmin (Kg.m/m)	-4,929.77	
Momento flexionante máximo absoluto	Mu (Kg.m/m)		M (Kg.m/m)	4,929.77	
		Mu / (Fr x Fc x b x d x d)		0.0330	
Tabla A.20 CPA	ω		ω	0.0324	
Área necesaria de refuerzo base empotrada	As emp (cm2/m)	ω x (Fc / fy) x b x d	As emp (cm2/m)	5.26	
Área necesaria de refuerzo	As (cm2/m)	max(As art, As emp)	As (cm2/m)	8.04	
Refuerzo vertical interior					
Área efectiva	As,efec (cm2/m)		#5 @ 20 cm		
			As,efec (cm2/m)	9.90	
As correcta					
10. Tensión Directa					
Envolvente de tensión anular:	H (m)	3.75	Base		
	0.1H	0.38	Articulada		
	0.2H	0.75	Base empotrada		
	0.3H	1.13	Envolvente		
	0.4H	1.50			
	0.5H	1.88			
	0.6H	2.25			
	0.7H	2.63			
	0.8H	3.00			
	0.9H	3.38			
	1H	3.75			
Tensión directa en condiciones últimas	Nu (kg)		Nu (kg)	51,489.28	
Refuerzo necesario en condiciones últimas	As (cm2/m)	Nu / 0.9 x fy	As (cm2/m)	13.62	
	N (sin factorar)	Nu / (Ff x Kstd)	N (sin factorar)	18,356.25	



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 211 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Refuerzo necesario con esfuerzos de trabajo	fs (kg/cm ²)	1,400.00	fs (kg/cm ²)	1,400.00	
	As(cm ² /m)	N(s/in factorar) / fs	As(cm ² /m)	13.11	
	H (m)	3.75	As rec(cm ² /m)	Acero de tensión	As efec (cm ² /m)
	0.1H	0.38	7.65	#5 @ 20 cm a.c.	19.80
	0.2H	0.75	9.64	#5 @ 20 cm a.c.	19.80
	0.3H	1.13	11.42	#5 @ 20 cm a.c.	19.80
	0.4H	1.50	12.76	#5 @ 20 cm a.c.	19.80
	0.5H	1.88	13.62	#5 @ 20 cm a.c.	19.80
	0.6H	2.25	13.22	#5 @ 20 cm a.c.	19.80
	0.7H	2.63	11.51	#5 @ 20 cm a.c.	19.80
	0.8H	3.00	8.91	#5 @ 20 cm a.c.	19.80
	0.9H	3.38	4.90	#5 @ 20 cm a.c.	19.80
	1H	3.75	0.00	#5 @ 20 cm a.c.	19.80
			Asmax(cm ² /m)	19.80	
11. Revisión del agrietamiento (ACI318)		Asmax(cm ² /m)			
Envolvente de momentos	H (m)	3.75	Base		
	0.1H	0.38	Articulada	Base empujada	Envolvente
	0.2H	0.75	93.23	1,118.81	1,118.81
	0.3H	1.13	361.28	384.59	384.59
	0.4H	1.50	792.49	769.18	792.49
	0.5H	1.88	1,247.01	1,118.81	1,247.01
	0.6H	2.25	1,724.84	1,223.70	1,724.84
	0.7H	2.63	2,202.66	1,165.43	2,202.66
	0.8H	3.00	2,447.40	874.57	2,447.40
	0.9H	3.38	2,295.90	-186.47	2,295.90
	1H	3.75	1,631.60	-2,062.81	1,631.60
			0.00	-4,929.77	0.00
Momentos para revisión por agrietamiento sin factorar	M+ (kg.m/m)	Mmax / (Ff x Ksf)	M+ (kg.m/m)	1,107.42	
	M- (kg.m/m)	Mmin / (Ff x Ksf)	M+ (kg.m/m)	110,742.19	
			M- (kg.m/m)	-2,730.66	
			M- (kg.m/m)	-223,066.41	
Revisión para cara exterior			#5 @ 20 cm		
	d(cm)	rec*2/2	As,efec (cm ² /m)	9.90	
	cc(cm)	b(cm)	d(cm)	24.37	
	p	As / (b x d)	dc(cm)	5.79	
	n	Es / Ec	b(cm)	100.00	
	k	((2pn+ppn)*0.5)-pn	p	0.0041	
	j	1 - k / 3	n	8.96	
	fs (kg/cm ²)	M / (As x j x d)	k	0.2359	
#5, exposición severa, grieta 0.2 mm anchura	Z (kg/cm ²)	16,980.00	j	0.9214	
	smax(cm)	(0.5 / d*d) * ((Z/fs)*3)	fs (kg/cm ²)	1,003.70	
			Z (kg/cm ²)	16,980.00	
			smax(cm)	72.12	
			s efec (cm)	15	
		cs efec < smax ?			CUMPLE AGRIETAMIENTO

3. Tensión Directa Losa					
Tensión directa en condiciones últimas	F11 (kg)		F11 (kg)	42,337.00	
Refuerzo necesario en condiciones últimas	As(cm ² /m)	F11 / 0.9 x fy	As(cm ² /m)	11.20	
acero de refuerzo en flexión	fs (kg/cm ²)	1,400.00	fs (kg/cm ²)	1,400.00	
	fy (kg/cm ²)	4,200.00	fy (kg/cm ²)	4200	
			As rec(cm ² /m)	Acero de tensión	As efec (cm ² /m)
			19.05	#5 @ 20 cm a.c.	19.80

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 212 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

1. Memoria de Cálculo Estructural Tanque de Cloración

1. Introducción

En este documento se presenta el diseño estructural del tanque de cloración de Burunga, englobada dentro de la Sección 1 del Proyecto “SERVICIOS DE GERENCIA DE PROYECTO, SUPERVISIÓN Y ASESORÍA TÉCNICA PARA EL SANEAMIENTO DEL SECTOR DE BURUNGA”.

El Tanque de Cloración, esta formado por un sistema de canales en forma de S por los que conduce el fluido hasta la salida por el otro extremo.

La presente memoria de cálculo pretende describir brevemente las consideraciones generales del diseño, los cálculos analíticos y los resultados de diseño que soportan el dimensionamiento y detallado de cada uno de los elementos del sistema estructural.

En las siguientes figuras se observa una planta y una sección del Tanque de Cloración proyectado:

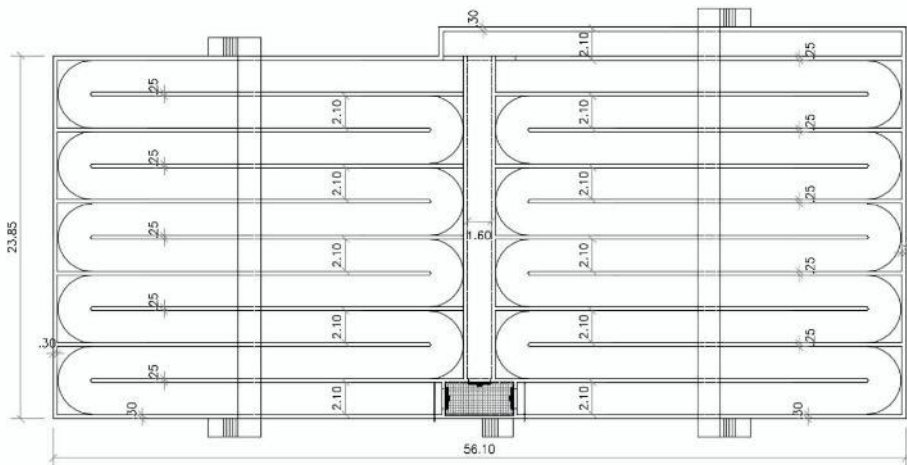


Figura 1 Planta Tanque de Cloración

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°: 1	Hoja N°: 213 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

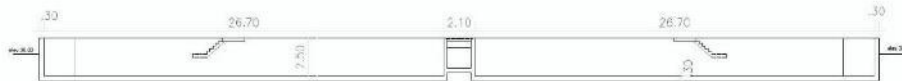


Figura 2 Sección longitudinal Tanque de Cloración

2. Consideraciones generales de diseño

La estructura definida, esta formada principalmente por muros de contención perimetrales, y muros internos para la formación de los canales de conducción del fluido de hormigón armado, y una losa de cimentación como fundación. La geometría se describe a continuación:

- Tanque de cloración:
 - Longitud total: 56.10m
 - Ancho total: 23.85m
 - Alto libre interior: 2.50m
 - Espesor de muros perimetrales: 0.30m
 - Espesor de muros internos: 0.25m
 - Espesor de losa inferior: 0.30m

3. Normativa y metodología de cálculo

Para el diseño del Tanque de Cloración, se han aplicado las directivas de las siguientes normas de diseño para el dimensionamiento de las estructuras:

- ACI 318 – 2011 Building Code Requirements for Structural Concrete (American Concrete Institute).

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 214 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

- AASHTO LRFD 2012 Design specification.
- ACI 318 – 2006 Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary (American Concrete Institute).
- Reglamento para el diseño estructural en la República de Panamá (REP-04).

Los cálculos realizados pueden ser comprobados en los diferentes anexos al final del documento.

4. Materiales

Para el diseño del Tanque de Cloración, se han especificado los siguientes materiales para los diferentes elementos estructurales:

- Hormigón estructural de resistencia a la compresión a los 28 días igual a $f_c=28\text{MPa}$.
- Aceros de refuerzo de límite de fluencia $f_y=420\text{MPa}$ (Grado 60) conforme a ASTM A615.

5. Cargas y combinaciones de cargas

5.1 Cargas

Carga Muerta (DC): incluye el peso propio de todos los elementos del Tanque de Cloración, tales como:

- Losas y muros: en base a sus dimensiones y una densidad del hormigón armado de 24.5kN/m^3

Empuje Hidrostático (FL): se considera el empuje horizontal del fluido a contener.

Carga vertical del fluido (FL): se considera el peso propio del fluido a contener.

5.2 Estados límite

- Service I (SER-I): se refiere al estado normal de operación y será de utilidad en el control de deflexiones y fisuración, así como para análisis tensional.

$$1.00xDC+1.00xFL$$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 215 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

- Strength I (STR-I): fuerzas extremas factorizadas para comprobación en estado límite último.

$$1.40xDC+1.40xFL$$

6. Consideraciones Geotécnicas

El estudio geotécnico del lugar estuvo a cargo de Ingeniería Palort S.A. A continuación presentamos un extracto del mismo. Para mayores detalles sobre las características físico mecánicas referirse al documento mencionado.

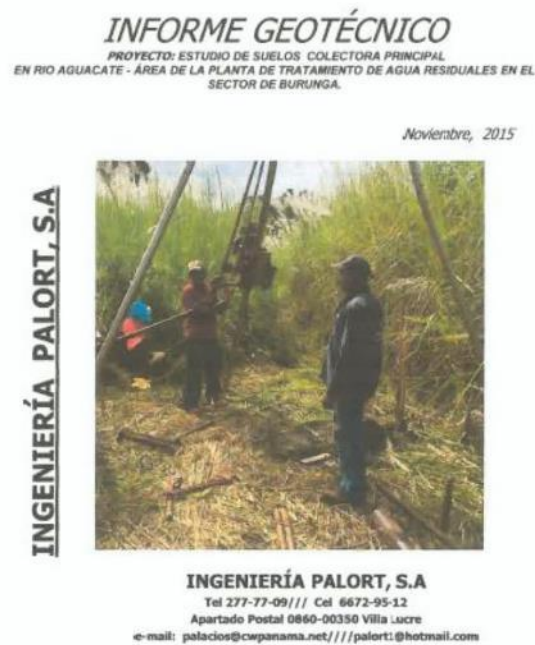


Figura 3 Portada Estudio de Suelos

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 216 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Perforación PTAR-2:

El subsuelo donde está localizado la perforación **PTAR-2** está compuesto en primer lugar por una capa vegetal de siete centímetros de espesor. Posterior a esta capa vegetal se pudo observar un limo arcilloso, color chocolate claro entre (0.07-0.20) metros bajo el nivel actual del terreno. Después de este estrato se pudo observar un limo arcilloso, color chocolate con vetas de color gris claro, consistencia blanda entre (0.20-1.20) metros bajo el nivel actual del terreno. A partir de 1.20 metros se pudo detectar un limo arcilloso, color chocolate claro con vetas de color gris claro, 7.5 YR 5/4 (Yellowish Brown), posee una consistencia media entre (1.20-4.00) metros. Posterior a este estrato localizamos un limo arcilloso, color chocolate claro con vetas de color gris, consistencia media entre (4.00-4.75) metros bajo el nivel actual del terreno. A partir de 4.75 metros se pudo apreciar un limo arcilloso, color gris claro, se observan partículas de roca meteorizadas, 7.5 YR 6/0 (Yellowish Brown), compacidad media entre (4.75-5.94) metros. Seguido a este estrato se pudo observar un limo, color amarillo con vetas de color gris claro de compacidad muy compacto. La perforación PTAR-2 finalizó a una profundidad de 6.40 metros observando el mismo estrato de limo, color amarillo de compacidad compacta detectado a 5.94 metros bajo el nivel actual del terreno.

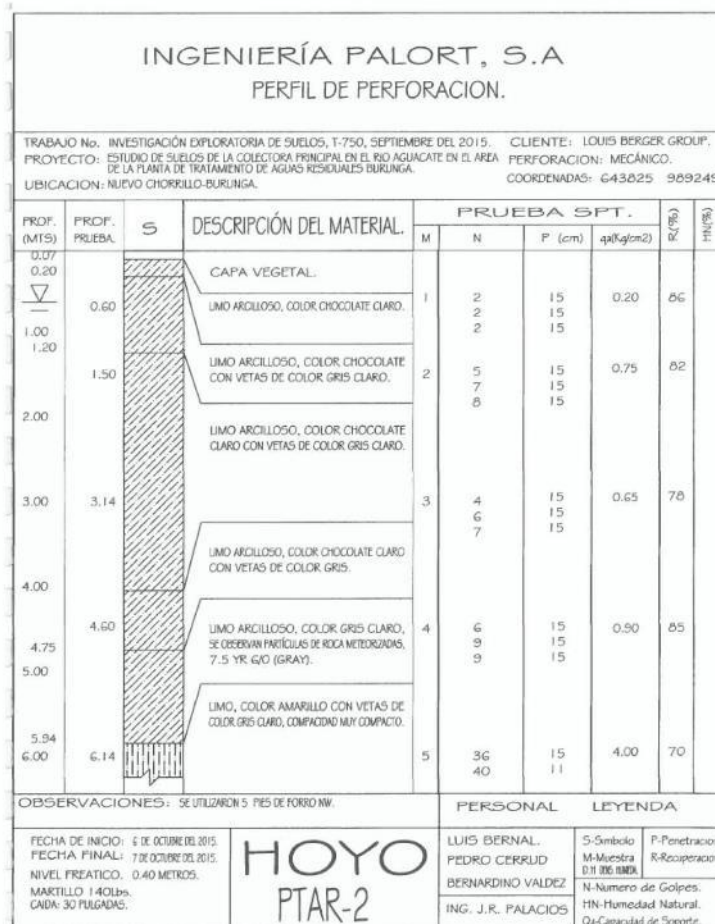


Figura 4 Perfil de Perforación

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 217 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

7. Modelo de cálculo y obtención de esfuerzos

Para la obtención de los esfuerzos, se utiliza el programa Sap2000, donde se modela la estructura con las cargas consideradas. Se introducen cargas en los muros laterales de empuje del fluido.

A continuación se muestra la modelación del Tanque de Cloración, las cargas introducidas en el modelo de cálculo, los esfuerzos obtenidos y la deformada de la estructura.



Figura 5 Vista 3D del modelo de cálculo del Tanque de Cloración

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

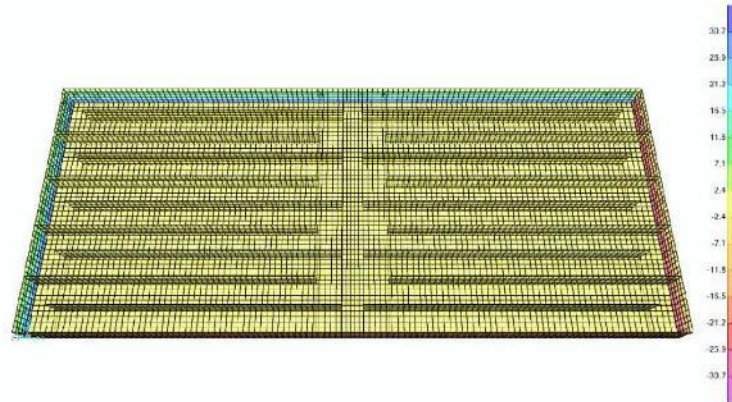


Figura 6 Empuje hidrostático debido al agua (FL)

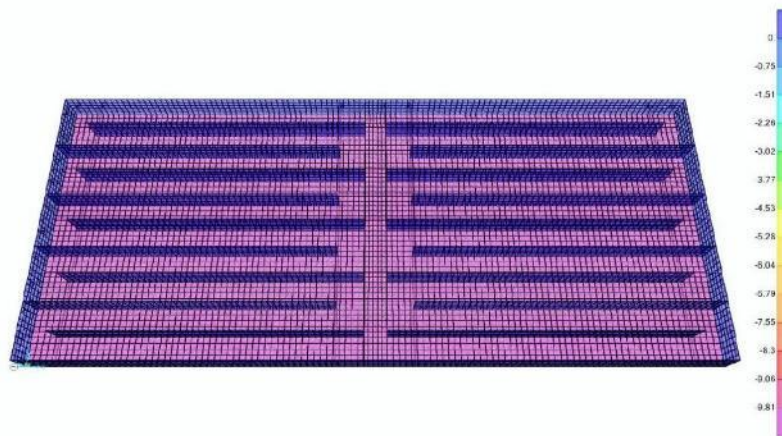


Figura 7 Cargas verticales del fluido (FL)

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 219 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

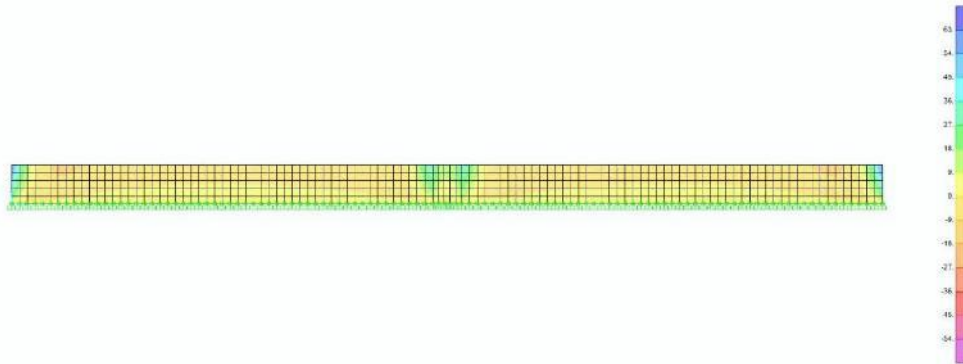


Figura 8 Envolvente de Momentos M1 en Strength

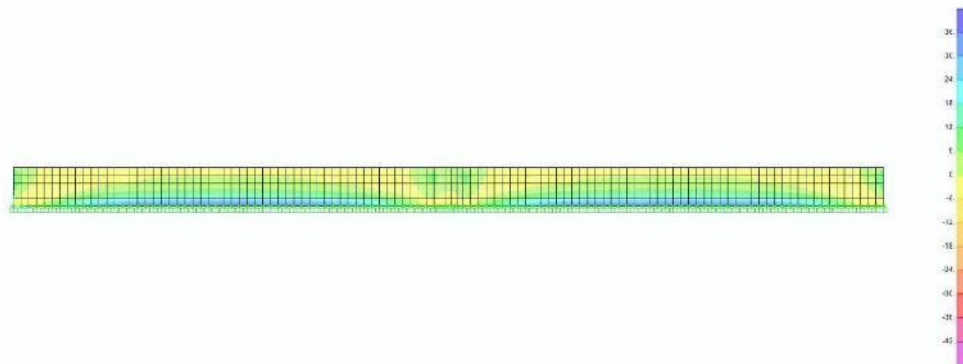


Figura 9 Envolvente de Momentos M22 en Strength

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 220 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

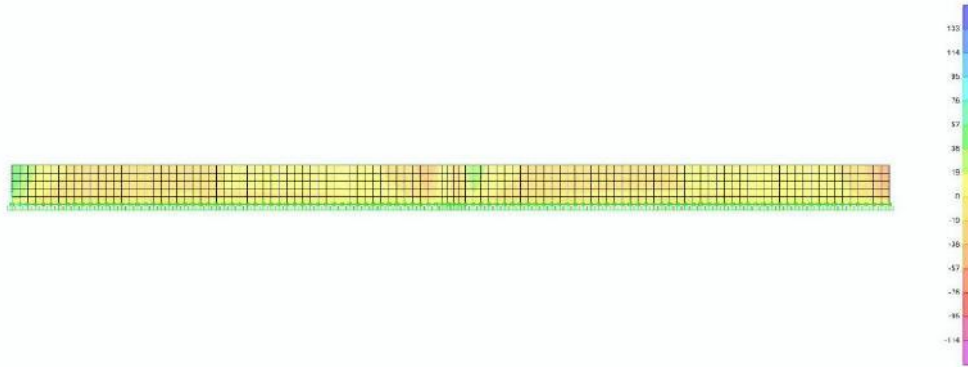


Figura 10 Envolvente de Cortantes V13 en Strength

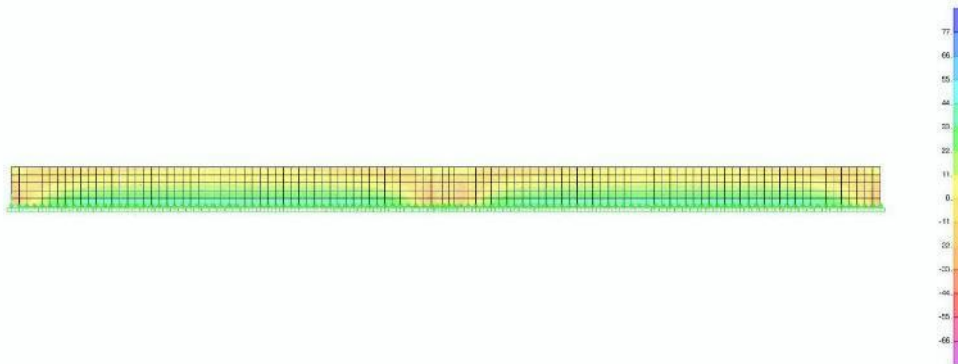


Figura 11 Envolvente de Cortantes V23 en Strength

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 221 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

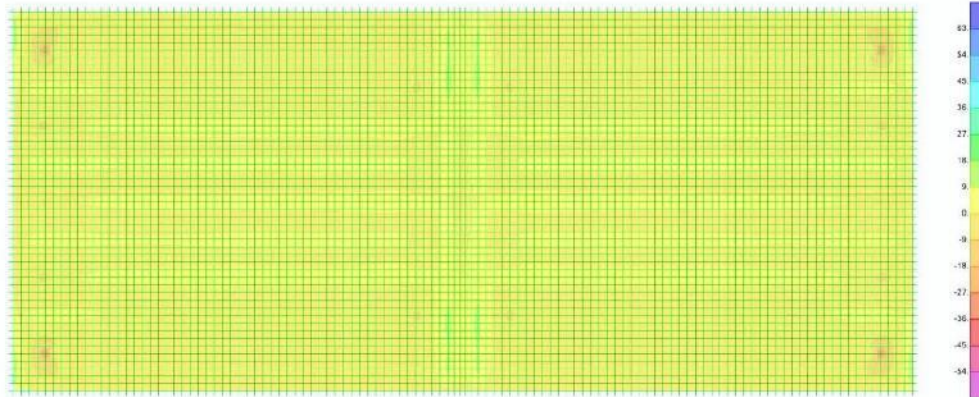


Figura 12 Envolvente de Momentos M11 en Strength

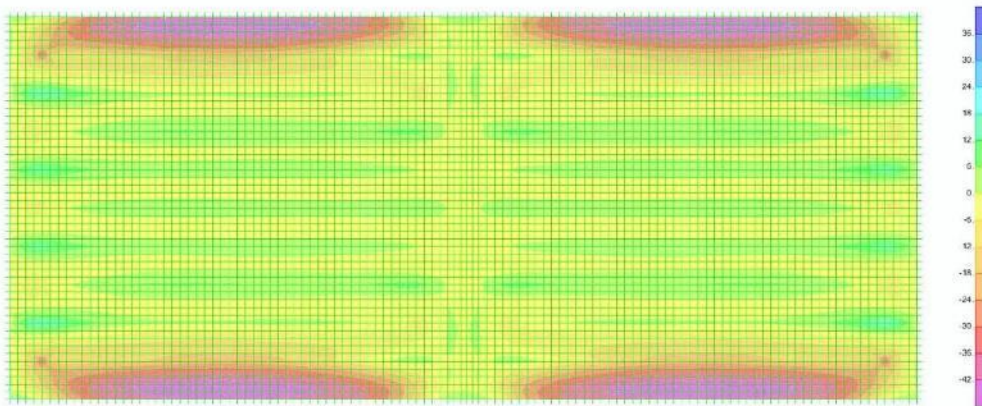


Figura 13 Envolvente de Momentos M22 en Strength

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 222 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

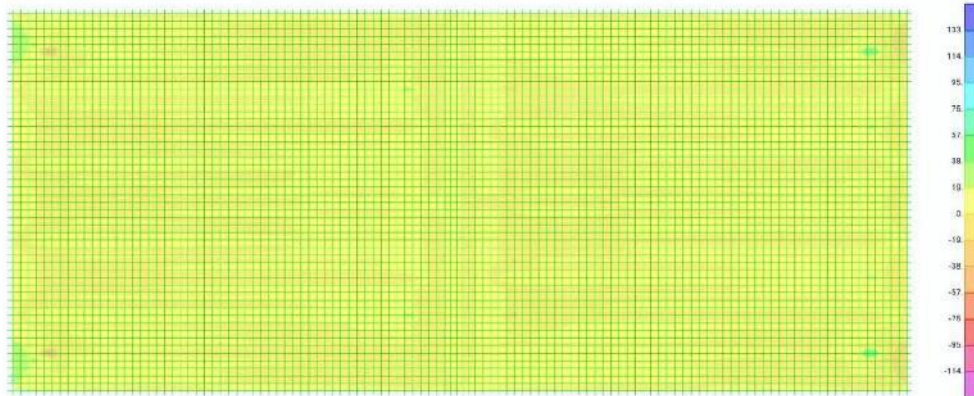


Figura 14 Envolvente de Cortantes V13 en Strength

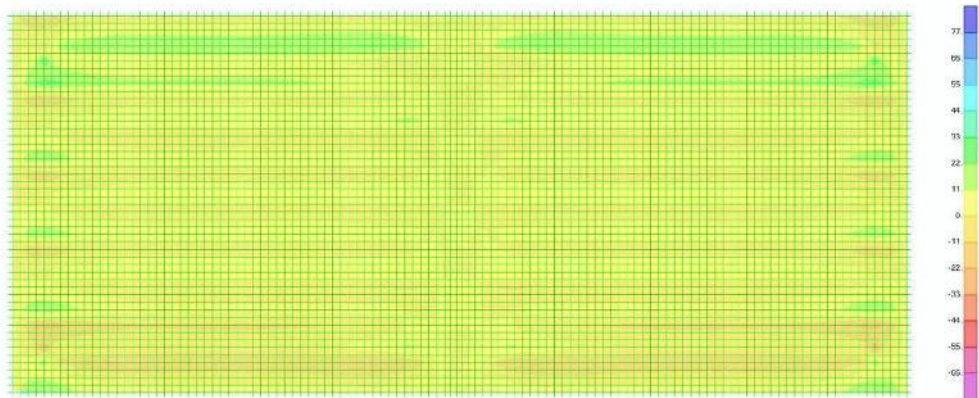


Figura 15 Envolvente de Cortantes V23 en Strength

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 223 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

8. Cálculo de armaduras en el Tanque de Cloración

En el anexo se presentan las comprobaciones de las armaduras definidas en los planos del Tanque de Cloración, para las cargas de diseño y esfuerzos mostrados en el punto anterior.

A continuación se muestran algunos detalles la armadura definitiva propuesta en el Tanque de Cloración.

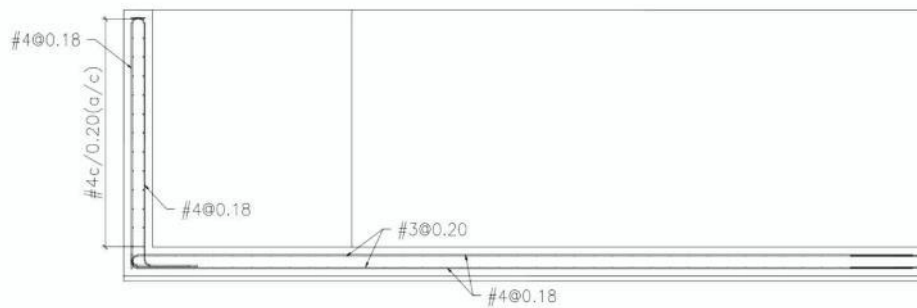


Figura 16 Armadura tipo, losa y muro perimetral

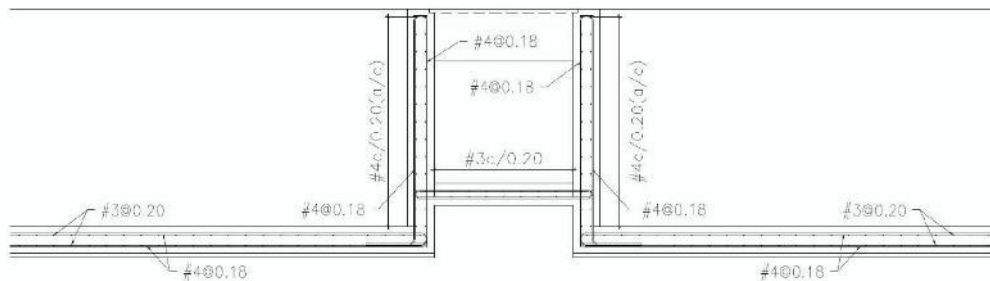


Figura 17 Armadura tipo, losa y muros interiores

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 224 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

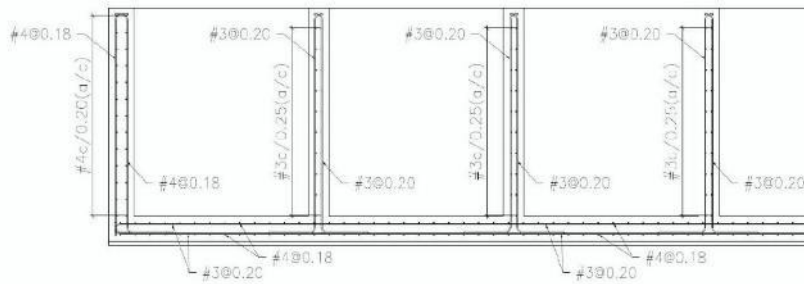


Figura 18 Armadura tipo, losa y muros internos

CÁLCULO ARMADURA TANQUE DE CLORACIÓN:

- Armadura vertical muros
- Armadura horizontal muros
 - Armadura losa

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 225 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura muros

Armadura vertical muros

Ingreso de Datos

Verificacion de Condiciones

Propiedades de Materiales

$f_y = 420 \text{ MPa}$	Steel Strength
$E_s = 200000 \text{ MPa}$	Modulo de Elasticidad de Acero AASHTO LRFD 5.4.3.2)
$f_c = 28 \text{ MPa}$	Concrete Strength
$K_1 = 1.0$	(AASHTO LRFD 5.4.2.4)
$\rho_c = 2320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Densidad del Concreto Para Ec
$E_c = 0.043 \cdot K_1 \cdot \left(\frac{\rho_c}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{1.5} \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$	$E_c = 25426.0823 \text{ MPa}$ Modulo de Elasticidad del Concret (AASHTO LRFD Eq. 5.4.2.4-1)
$\lambda = 1.0$	Factor para Tipo de Concreto (ACI 318-11 8.6.1)
$\beta_1 = \begin{cases} \text{if } f_c \leq 28 \text{ MPa} \\ 0.85 \\ \text{else} \\ \max \left(0.85 - \left(\frac{f_c - 28 \text{ MPa}}{7 \text{ MPa}} \cdot 0.05 \right), 0.65 \right) \end{cases}$	$\beta_1 = 0.85$ Factor para Bloque de Esfuerzo Equivalente (AASHTO LRFD 5.7.2.2)
$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$	Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

A) Calculo armadura vertical a positivos en muros perimetrales:

Propiedades Geometricas

Diametro= 13	b= 1 m	Rec= 0.075 m	
Espaciamiento= 18 cm	h= 0.30 m		

1. Armadura pasiva:

$\phi_b = 12.7 \text{ mm}$
 $A_b = 1.29 \text{ cm}^2$
 $A_s = 7.1667 \text{ cm}^2$



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 226 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura muros

f_y = 420 MPa

d := h - Rec - (Φh / 2)

d = 21.865 m

Canto util

2. Momento Resistente:

T := A_s · f_y

T = 3.01 · 10⁵ N

β₁ = 0.85

c := T / (0.85 · f_c · b · β₁)

c = 0.0149 m

a := β₁ · c

a = 0.0126 m

M_n := T · (d - (a / 2))

M_n = 63.9103 m kN

ε_s := (0.003 / c) · (d - c)

ε_s = 0.0411

ε_{check} := if ε_s > 0.005
"OK"
else
"NG, Controlado por Compresion"

ε_{check} = "OK"

φ_{flex} := 0.9

ΦM_n := M_n · φ_{flex}

ΦM_n = 57.5192 m kN

M_u := 15.00 m kN

¿es ΦM_n > M_u?

M_{u check} := if ΦM_n > M_u
"OK"
else
"NG"

M_{u check} = "OK"

3. Armadura mínima:

S_c := b · h² / 6

S_c = 0.015 m³

Modulo de Seccion

f_r := 0.97 · √(f_c / MPa) MPa

f_r = 5.1328 MPa

Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

M_{cr} := f_r · S_c

M_{cr} = 76.9914 kN.m

Momento de Fisuracion (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)

M_f := min((1.2 · M_{cr} 1.33 · M_u))

M_f = 19.95 m kN

Momento Minimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

¿es ΦM_n > M_f?

M_{u check} := if ΦM_n > M_f
"OK"
else
"NG"

M_{u check} = "OK"

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD {5.7.3.4})



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 227 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura muros

Ms:= 10.80 kN.m Momento en servicio

dc:= h-d dc= 0.0814 m

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d}$$

ρ:= 0.0033 Cuantía de acero

$$m := \frac{E_s}{E_c}$$

n= 7.8659 Ratio de modulos de elasticidad

$$K := \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n$$

K= 0.2028

$$j := 1 - \left(\frac{K}{3} \right)$$

j= 0.9324

$$f_{ss} := \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$$

fss= 73.9176 MPa Tensión acero en servicio

$$\beta_s := \left(1 + \left(\frac{dc}{0.7 \cdot (h-dc)} \right) \right)$$

β_s= 1.5315

γ_e:= 0.75 Factor de exposición

$$S_{max} := \left(\frac{(123000 \cdot \gamma_e)}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{MPa}} \right) \text{ mm} - (2 \cdot dc)$$

Smax= 0.6522 m Separación máxima permitida entre barras

Espaciamento= 18 cm

¿es Smax>Espaciamento? S_{check}:= if Smax>Espaciamento "OK" else "NG" S_{check} = "OK"

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.8)

$$A_{shtemp} := \min \left(\max \left(\left(0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \cdot \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b+h) \cdot \frac{f_y}{MPa}} \right), 1.27 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \right) \right)$$

A_{shtemp} = 0.233 $\frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$

$$A_{sprov} := \frac{A_s}{b} \quad A_{sprov} = 0.717 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

¿es A_{sprov}>A_{shtemp}? A_{sht}_{check}:= if A_{sprov}>A_{shtemp} "OK" else "NG" A_{sht}_{check} = "OK"

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 228 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

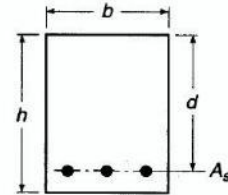
Armadura muros

B) Calculo armadura vertical a negativos en muros perimetrales:

Propiedades Geometricas

☐

Diametro= 13 b:= 1 m Rec:= 0.075 m
 Espaciamento= 18 cm h:= 0.30 m



☐

1. Armadura pasiva:

$\Phi b = 12.7 \text{ mm}$

$A_b = 1.29 \text{ cm}^2$

$A_s = 7.1667 \text{ cm}^2$

$f_y = 420 \text{ MPa}$

$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\Phi b}{2}\right)$

$d = 21.865 \text{ cm}$

Canto util

2. Momento Resistente:

$T = A_s \cdot f_y$

$T = 3.01 \cdot 10^5 \text{ N}$

$\beta_1 = 0.85$

$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$

$c = 0.0149 \text{ m}$

$a = \beta_1 \cdot c$

$a = 0.0126 \text{ m}$

$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right)$

$M_n = 63.9103 \text{ m kN}$

$\epsilon_s = \left(\frac{-0.003}{c}\right) \cdot (d - c)$

$\epsilon_s = 0.0411$

$\epsilon_{\text{check}} = \text{if } \epsilon_s > 0.005$

"OK"

else

"NG, Controlado por Compresion"

$\epsilon_{\text{check}} = \text{"OK"}$

$\phi_{\text{flex}} = 0.9$

$\Phi M_n = M_n \cdot \phi_{\text{flex}}$

$\Phi M_n = 57.5192 \text{ m kN}$

$M_u = 40 \text{ m kN}$

¿es $\Phi M_n > M_u$?

$Mu_{\text{check}} = \text{if } \Phi M_n > M_u$

"OK"

else

"NG"

$Mu_{\text{check}} = \text{"OK"}$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 229 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura muros

3. Armadura mínima:

$S_c := b \cdot \frac{h^2}{6}$	$S_c = 0.015 \text{ m}^3$	Modulo de Seccion
$f_r := 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}}$ MPa	$f_r = 5.1328 \text{ MPa}$	Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)
$M_{cr} := f_r \cdot S_c$	$M_{cr} = 76.9914 \text{ kN m}$	Momento de Fisuración (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)
$M_f := \min(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u)$	$M_f = 53.2 \text{ m kN}$	Momento Minimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

```
¿es ΦMn>Mf? Mu_check := if ΦMn>Mf, Mu_check = "OK", "OK"
else "NG"
```

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$M_s := 25.5 \text{ kN m}$		Momento en servicio
$dc := h - d$	$dc = 0.0814 \text{ m}$	
$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d}$	$\rho = 0.0033$	Cuantía de acero
$n := \frac{E_s}{E_c}$	$n = 7.8659$	Ratio de modulos de elasticidad
$K := (2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2)^{.5} - \rho \cdot n$	$K = 0.2028$	
$j := 1 - \left(\frac{K}{3}\right)$	$j = 0.9324$	
$f_{ss} := \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$	$f_{ss} = 174.5276 \text{ MPa}$	Tensión acero en servicio
$\beta_s := \left(1 + \left(\frac{dc}{0.7 \cdot (h - dc)}\right)\right)$	$\beta_s = 1.5315$	
$v_e := 0.75$		Factor de exposición
$S_{max} := \left(\frac{123000 \cdot v_e}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{\text{MPa}}}\right) \text{ mm} - (2 \cdot dc)$	$S_{max} = 0.1824 \text{ m}$	Separación máxima permitida entre barras
Espaciamento = 18 cm		
¿es Smax>Espaciamento? S_check := if Smax>Espaciamento, "OK", "OK"		S_check = "OK"
		else "NG"
		"NG"

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 231 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura muros

$$\epsilon_s := \left(\frac{.003}{c}\right) \cdot (d - c) \quad \epsilon_s = 0.0663$$

$$\epsilon_{check} := \text{if } \epsilon_s > 0.005 \text{ then "OK" else "NG, Controlado por Compresion"} \quad \epsilon_{check} = \text{"OK"}$$

$$\phi_{flex} := 0.9$$

$$\Phi Mn := Mn \cdot \phi_{flex}$$

$$\Phi Mn = 22.4238 \text{ m kN}$$

$$M_u := 5.00 \text{ m kN}$$

$$\text{¿es } \Phi Mn > M_u? \quad \mu_{check} := \text{if } \Phi Mn > M_u \text{ then "OK" else "NG"} \quad \mu_{check} = \text{"OK"}$$

3. Armadura mínima:

$$S_c := b \cdot \frac{h^2}{6}$$

$$S_c = 0.0104 \text{ m}^3$$

Modulo de Seccion

$$f_r := 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$$

$$f_r = 5.1328 \text{ MPa}$$

Modulo de Ruptura del Con. (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

$$M_{cr} := f_r \cdot S_c$$

$$M_{cr} = 53.4662 \text{ kN m}$$

Momento de Fisuración (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)

$$M_f := \min(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u)$$

$$M_f = 6.65 \text{ m kN}$$

Momento Minimo Para Diseñ (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

$$\text{¿es } \Phi Mn > M_f? \quad \mu_{check} := \text{if } \Phi Mn > M_f \text{ then "OK" else "NG"} \quad \mu_{check} = \text{"OK"}$$

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$$M_s := 3.60 \text{ kN m}$$

Momento en servicio

$$dc := h - d$$

$$dc = 0.0798 \text{ m}$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$\rho = 0.0021$$

Cuantia de acero

$$n := \frac{E_s}{E_c}$$

$$n = 7.8659$$

Ratio de modulos de elasticidad

$$K := \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2\right)^{.5} - \rho \cdot n$$

$$K = 0.1655$$

$$j := 1 - \left(\frac{K}{3}\right)$$

$$j = 0.9448$$

$$f_{ss} := \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$$

$$f_{ss} = 63.0461 \text{ MPa}$$

Tensión acero en servic

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 232 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura muros

$$\beta_s = \left[1 + \left(\frac{dc}{0.7 \cdot (h - dc)} \right) \right]$$

$$\beta_s = 1.6693$$

$$\gamma_e = 0.75$$

Factor de exposición

$$S_{max} = \left(\frac{123000 \cdot \gamma_e}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{MPa}} \right) mm - (2 \cdot dc)$$

$$S_{max} = 0.717m$$

Separación máxima perm entre barras

Espaciamiento= 20 cm

¿es Smax>Espaciamiento? $S_{check} = \begin{cases} \text{if } S_{max} > \text{Espaciamiento} \\ \text{"OK"} \\ \text{else} \\ \text{"NG"} \end{cases}$

$S_{check} = \text{"OK"}$

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.8)

$$A_{shtemp} = \min \left(\max \left(0.233 \frac{mm^2}{mm} \cdot \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b+h) \cdot \frac{f_y}{MPa}}, 1.27 \frac{mm^2}{mm} \right) \right)$$

$$A_{shtemp} = 0.233 \frac{mm^2}{mm}$$

$$A_{sprov} = \frac{A_s}{b} \quad A_{sprov} = 0.355 \frac{mm^2}{mm}$$

¿es A_{sprov}>A_{shtemp}? $A_{shcheck} = \begin{cases} \text{if } A_{sprov} > A_{shtemp} \\ \text{"OK"} \\ \text{else} \\ \text{"NG"} \end{cases}$

$A_{shcheck} = \text{"OK"}$

D) Cálculo armadura vertical a negativos en muros internos:

Propiedades Geometricas

☐

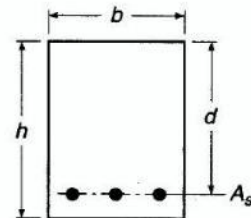
$$\text{Diametro} = 10$$

$$b = 1m$$

$$Rec = 0.075m$$

$$\text{Espaciamiento} = 20cm$$

$$h = 0.25m$$



☐

1. Armadura pasiva:

$$\phi_b = 9.525mm$$

$$A_b = 0.71cm^2$$

$$A_s = 3.55cm^2$$

$$f_v = 420MPa$$



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 233 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura muros

$$d := h - \text{Rec} - \left(\frac{\Phi b}{2} \right) \quad d = 17.0238 \text{ cm} \quad \text{Canto util}$$

2. Momento Resistente:

$$T := A_s \cdot f_y \quad T = 1.491 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$c := \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1} \quad c = 0.0074 \text{ m}$$

$$a := \beta_1 \cdot c \quad a = 0.0063 \text{ m}$$

$$M_n := T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \quad M_n = 24.9154 \text{ m kN}$$

$$\epsilon_s := \left(\frac{.003}{c} \right) \cdot (d - c) \quad \epsilon_s = 0.0663$$

```

epsilon_check := if epsilon_s > 0.005
                "OK"
                else
                "NG, Controlado por Compresion"
epsilon_check = "OK"

```

$$\phi_{flex} = 0.9$$

$$\Phi M_n := M_n \cdot \phi_{flex} \quad \Phi M_n = 22.4238 \text{ m kN} \quad M_u := 5.00 \text{ m kN}$$

```

¿es ΦMn > Mu? Mu_check := if ΦMn > M_u Mu_check = "OK"
                "OK"
                else
                "NG"

```

3. Armadura mínima:

$$S_c := b \cdot \frac{h^2}{6} \quad S_c = 0.0104 \text{ m}^3 \quad \text{Modulo de Seccion}$$

$$f_r := 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa} \quad f_r = 5.1328 \text{ MPa} \quad \text{Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)}$$

$$M_{cr} := f_r \cdot S_c \quad M_{cr} = 53.4662 \text{ kNm} \quad \text{Momento de Fisuracion (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)}$$

$$M_f := \min \left(\left[1.2 \cdot M_{cr} \quad 1.33 \cdot M_u \right] \right) \quad M_f = 6.65 \text{ m kN} \quad \text{Momento Minimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)}$$

```

¿es ΦMn > Mf? Mu_check := if ΦMn > M_f Mu_check = "OK"
                "OK"
                else
                "NG"

```

4. Espaciamiento máximo: (AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$$M_s := 3.60 \text{ kN m} \quad \text{Momento en servicio}$$



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 234 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAJÁN ESTE

Armadura muros

$dc := h - d$ $dc = 0.0798 \text{ m}$

$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d}$ $\rho = 0.0021$ Cuantía de acero

$n := \frac{E_s}{E_c}$ $n = 7.8659$ Ratio de modulos de elasticidad

$K := \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n$ $K = 0.1655$

$j := 1 - \left(\frac{K}{3} \right)$ $j = 0.9448$

$f_{ss} := \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$ $f_{ss} = 63.0461 \text{ MPa}$ Tensión acero en servicio

$\beta_s := \left(1 + \left(\frac{dc}{0.7 \cdot (h - dc)} \right) \right)$ $\beta_s = 1.6693$

$\gamma_c := 0.75$ Factor de exposición

$S_{max} := \left(\frac{(123000 \cdot \gamma_c)}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{\text{MPa}}} \right) \text{ mm} - (2 \cdot dc)$ $S_{max} = 0.717 \text{ m}$ Separación máxima permitida entre barras

Espaciamiento = 20 cm

`¿es Smax>Espaciamiento? S_check := if Smax>Espaciamiento "OK" else "NG"` **S_check = "OK"**

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.8)

$A_{shtemp} := \min \left(\max \left(0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b + h)} \cdot \frac{f_y}{\text{MPa}}, 1.27 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \right) \right)$ $A_{shtemp} = 0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$

$A_{sprov} := \frac{A_s}{b}$ $A_{sprov} = 0.355 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$

`¿es Asprov>Ashtemp? Asht_check := if Asprov>Ashtemp "OK" else "NG"` **Asht_check = "OK"**

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 235 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura muros

Cortante Muro

$V_u = 50 \text{ kN}$ $L = 1 \text{ m}$ $h = 0.25 \text{ m}$ $\phi_v = 0.9$ $\beta = 2$ $d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\Phi b}{2}\right) = 0.1702 \text{ m}$

$$d_v := \max \left(\begin{array}{l} 0.72 \cdot h_f \\ 0.9 \cdot d_s \\ d_e \end{array} \right)$$

$d_v = d$

$\phi V_{c_B} = \phi_v \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \cdot \text{MPa} \cdot L \cdot d_v$ $\phi V_{c_B} = 134.58 \text{ kN}$

```

V_u1_check := if  $\phi V_{c_B} > V_u$ 
               "OK"
             else
               "NG, Falla en Cortante"
V_u1_check = "OK"
    
```

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 236 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAJÁN ESTE

Armadura losa superior

Armadura Horizontal Muro

Ingreso de Datos

Verificación de Condiciones

Propiedades de Materiales

$f_y := 420 \text{ MPa}$	Steel Strength
$E_s := 200000 \text{ MPa}$	Modulo de Elasticidad de Acero (AASHTO LRFD 5.4.3.2)
$f_c := 28 \text{ MPa}$	Concrete Strength
$K_1 := 1.0$	(AASHTO LRFD 5.4.2.4)
$\rho_c := 2320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Densidad del Concreto Para Ec
$E_c := 0.043 \cdot K_1 \cdot \left(\frac{\rho_c}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{1.5} \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$	$E_c = 25426.0823 \text{ MPa}$ Modulo de Elasticidad del Concreto (AASHTO LRFD Eq. 5.4.2.4-1)
$\lambda := 1.0$	Factor para Tipo de Concreto (ACI 318-11 8.6.1)
$\beta_1 := \text{if } f_c \leq 28 \text{ MPa}$ 0.85 else $\max \left(0.85 - \left(\frac{f_c - 28 \text{ MPa}}{7 \text{ MPa}} \cdot 0.05 \right), 0.65 \right)$	$\beta_1 = 0.85$ Factor para Bloque de Esfuerzo Equivalente (AASHTO LRFD 5.7.2.2)
$f_r := 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$	Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

A) Calculo armadura horizontal a negativos en muros perimetrales:

Propiedades Geometricas

Diametro= 13	b= 1 m	Rec:= 0.075 m	
Espaciamiento= 18 cm	h:= 0.30 m		

1. Armadura pasiva:

$\phi_b = 12.7 \text{ mm}$
 $A_{b1} = 1.29 \text{ cm}^2$



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 237 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa superior

$$A_s = 7.1667 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$d = h - Rec - \left(\frac{\Phi b}{2}\right)$$

$$d = 21.865 \text{ cm}$$

Canto util

2. Momento Resistente:

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 3.01 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$$

$$c = 0.0149 \text{ m}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$a = 0.0126 \text{ m}$$

$$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right)$$

$$M_n = 63.9103 \text{ m kN}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{.003}{c}\right) \cdot (d - c)$$

$$\epsilon_s = 0.0411$$

$$\epsilon_{check} = \text{if } \epsilon_s > 0.005$$

"OK"

else

"NG, Controlado por Compresion"

$\epsilon_{check} = \text{"OK"}$

$$\phi_{flex} = 0.9$$

$$\Phi M_n = M_n \cdot \phi_{flex}$$

$$\Phi M_n = 57.5192 \text{ m kN}$$

$$M_u = 40 \text{ m kN}$$

$$\text{¿es } \Phi M_n > M_u?$$

$$M_{u_check} = \text{if } \Phi M_n > M_u$$

"OK"

else

"NG"

$$M_{u_check} = \text{"OK"}$$

3. Armadura mínima:

$$S_c = b \cdot \frac{h^2}{6}$$

$$S_c = 0.019 \text{ m}^3$$

Modulo de Seccion

$$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$$

$$f_r = 5.1328 \text{ MPa}$$

Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

$$M_{cr} = f_r \cdot S_c$$

$$M_{cr} = 76.9914 \text{ kN m}$$

Momento de Fisuracion (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)

$$M_f = \min\left(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u\right)$$

$$M_f = 53.2 \text{ m kN}$$

Momento Minimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

$$\text{¿es } \Phi M_n > M_f?$$

$$M_{u_check} = \text{if } \Phi M_n > M_f$$

"OK"

else

"NG"

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 238 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armatura losa superior

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$M_s = 25.50 \text{ kN.m}$

Momento en servicio

$d_c = h - d$

$d_c = 0.0814 \text{ m}$

$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$

$\rho = 0.0033$

Cuántia de acero

$n = \frac{E_s}{E_c}$

$n = 7.8659$

Ratio de modulos de elasticidad

$K = \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} \cdot \rho \cdot n$

$K = 0.2028$

$j = 1 - \left(\frac{K}{3} \right)$

$j = 0.9324$

$f_{ss} = \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$

$f_{ss} = 174.5276 \text{ MPa}$

Tensión acero en servicio

$\beta_s = \left(1 + \left(\frac{d_c}{0.7 \cdot (n - d_c)} \right) \right)$

$\beta_s = 1.5315$

Factor de exposición

$\gamma_e = 0.75$

$S_{max} = \left(\frac{(123000 \cdot \gamma_e)}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{\text{MPa}}} \right) \text{ mm} - (2 \cdot d_c)$

$S_{max} = 0.1824 \text{ m}$

Separación máxima permitida entre barras

Espaciamiento = 18 cm

```
¿es Smax>Espaciamiento? S_check := if Smax>Espaciamiento
                        "OK"
                        else
                        "NG"
```

S_check = "OK"

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.8)

$A_{shtemp} = \min \left(\max \left(0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \cdot \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b+h) \cdot \frac{f_y}{\text{MPa}}} \right), 1.27 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \right)$

$A_{shtemp} = 0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$

$A_{sprov} = \frac{A_s}{b} \quad A_{sprov} = 0.717 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$

```
¿es A_sprov>A_shtemp? Asht_check := if A_sprov>A_shtemp
                        "OK"
                        else
                        "NG"
```

Asht_check = "OK"

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 239 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

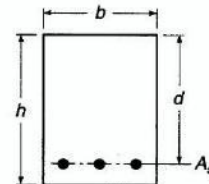
TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa superior

B) Calculo armadura horizontal a positivos en muros perimetrales:

Propiedades Geometricas

Diametro= 13 b= 1 m
 Espaciamiento= 18 cm h= 0,30 m Rec= 0,075 m



1. Armadura pasiva:

$$\Phi b = 12.7 \text{ mm}$$

$$A_b = 1.29 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 7.1667 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\Phi b}{2}\right)$$

$$d = 21.865 \text{ cm}$$

Canto util

2. Momento Resistente:

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 3.01 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$$

$$c = 0.0149 \text{ m}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$a = 0.0126 \text{ m}$$

$$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right)$$

$$M_n = 63.9103 \text{ m kN}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{-0.003}{c}\right) \cdot (d - c)$$

$$\epsilon_s = 0.0411$$

$$\epsilon_{\text{check}} = \text{if } \epsilon_s > 0.005$$

"OK"

else

"NG, Controlado por Compresion"

$\epsilon_{\text{check}} = \text{"OK"}$

$$\phi_{\text{flex}} = 0.9$$

$$\phi M_n = M_n \cdot \phi_{\text{flex}}$$

$$\phi M_n = 57.5192 \text{ m kN}$$

$$M_u = 15 \text{ m kN}$$

¿es $\phi M_n > M_u$?

$$\mu_{\text{check}} = \text{if } \phi M_n > M_u$$

"OK"

else

"NG"

$\mu_{\text{check}} = \text{"OK"}$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 240 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa superior

3. Armadura mínima:

$$S_c = b \cdot \frac{h^2}{6}$$

$$S_c = 0.015 \text{ m}^3$$

Modulo de Seccion

$$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$$

$$f_r = 5.1328 \text{ MPa}$$

Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

$$M_{cr} = f_r \cdot S_c$$

$$M_{cr} = 76.9914 \text{ kN m}$$

Momento de Fisuración (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)

$$M_f = \min(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u)$$

$$M_f = 19.95 \text{ kN}$$

Momento Minimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

```
¿es ΦMn>Mf? Mu_check = if ΦMn>Mf Mu_check = "OK"
                        "OK"
                        else
                        "NG"
```

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$$M_s = 10.80 \text{ kN m}$$

Momento en servicio

$$dc = h - d$$

$$dc = 0.0814 \text{ m}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$\rho = 0.0033$$

Cuantia de acero

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$n = 7.8659$$

Ratio de modulos de elasticidad

$$K = \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n$$

$$K = 0.2028$$

$$j = 1 - \left(\frac{K}{3} \right)$$

$$j = 0.9324$$

$$f_{ss} = \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$$

$$f_{ss} = 73.9176 \text{ MPa}$$

Tensión acero en servicio

$$\beta_s = \left(1 + \left(\frac{dc}{0.7 \cdot (h - dc)} \right) \right)$$

$$\beta_s = 1.5315$$

Factor de exposición

$$\gamma_c = 0.75$$

$$S_{max} = \left(\frac{123000 \cdot \gamma_c}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{\text{MPa}}} \right) \text{ mm} - (2 \cdot dc)$$

$$S_{max} = 0.6522 \text{ m}$$

Separación máxima permitida entre barras

$$\text{Espaciamento} = 18 \text{ cm}$$

```
¿es Smax>Espaciamento? S_check = if Smax>Espaciamento S_check = "OK"
                        "OK"
                        else
                        "NG"
```

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 241 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

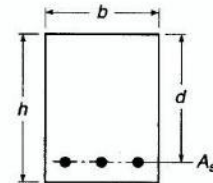
Armadura losa superior

C) Calculo armadura horizontal a negativos en muros internos:

Propiedades Geometricas



Diametro= 10 b:= 1 m
 Espaciamiento= 25 cm h:= 0.25 m Rec:= 0.075 m



1. Armadura pasiva:

$$\Phi b = 9.525 \text{ mm}$$

$$A_b = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 2.84 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\Phi b}{2} \right)$$

$$d = 17.0238 \text{ cm}$$

Canto util

2. Momento Resistente:

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 1.1928 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$$

$$c = 0.0059 \text{ m}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$a = 0.005 \text{ m}$$

$$M_n = T \cdot \left[d - \left(\frac{a}{2} \right) \right]$$

$$M_n = 20.007 \text{ m kN}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{.003}{c} \right) \cdot (d - c)$$

$$\epsilon_s = 0.0836$$

$$\epsilon_{\text{check}} := \text{if } \epsilon_s > 0.005$$

"OK"

else

"NG, Controlado por Compresion"

$\epsilon_{\text{check}} = \text{"OK"}$

$$\phi_{\text{flex}} = 0.9$$

$$\Phi M_n = M_n \cdot \phi_{\text{flex}}$$

$$\Phi M_n = 18.0063 \text{ m kN}$$

$$M_u = 5.00 \text{ m kN}$$

¿es $\Phi M_n > M_u$?

$$M_{u \text{ check}} := \text{if } \Phi M_n > M_u$$

"OK"

else

"NG"

$M_{u \text{ check}} = \text{"OK"}$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 242 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa superior

3. Armadura mínima:

$S_c = b \cdot \frac{h^2}{6}$	$S_c = 0.0104 m^3$	Modulo de Seccion
$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{MPa}}$ MPa	$f_r = 5.1328 MPa$	Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)
$M_{cr} = f_r \cdot S_c$	$M_{cr} = 53.4662 kN m$	Momento de Fisuración (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)
$M_f = \min(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u)$	$M_f = 6.65 m kN$	Momento Minimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

```
¿es ΦMn>Mf? Mu_check := if ΦMn>Mf Mu_check = "OK"
                    "OK"
                    else
                    "NG"
```

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$M_s = 3.60 kN m$		Momento en servicio
$dc = h - d$	$dc = 0.0799 m$	
$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$	$\rho = 0.0017$	Cuantia de acero
$n = \frac{E_s}{E_c}$	$n = 7.8659$	Ratio de modulos de elasticidad
$K = \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{0.5} - \rho \cdot n$	$K = 0.1494$	
$j = 1 - \left(\frac{K}{3} \right)$	$j = 0.9502$	
$f_{ss} = \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$	$f_{ss} = 78.3638 MPa$	Tensión acero en servicio
$\beta_s = \left(1 + \left(\frac{dc}{0.7 \cdot (h - dc)} \right) \right)$	$\beta_s = 1.6693$	

$\gamma_e = 0.75$		Factor de exposición
-------------------	--	----------------------

$S_{max} = \left(\frac{(123000 \cdot \gamma_e)}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{MPa}} \right) mm - (2 \cdot dc)$	$S_{max} = 0.5457 m$	Separación máxima permitida entre barras
---	----------------------	--

Espaciamiento= 25 cm

```
¿es Smax>Espaciamiento? S_check := if Smax>Espaciamiento S_check = "OK"
                    "OK"
                    else
                    "NG"
```

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 243 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

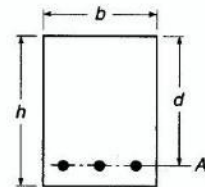
TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa superior

D) Calculo armadura horizontal a positivos en muros internos:

Propiedades Geometricas

Diametro= 10 b:= 1 m
 Espaciamiento= 25 cm h:= 0.25 m Rec:= 0.075 m



1. Armadura pasiva:

$\phi_b = 9.525 \text{ mm}$
 $A_b = 0.71 \text{ cm}^2$
 $A_s = 2.84 \text{ cm}^2$
 $f_y = 420 \text{ MPa}$

$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\phi_b}{2}\right)$

$d = 17.0238 \text{ cm}$

Canto util

2. Momento Resistente:

$T = A_s \cdot f_y$

$T = 1.1928 \cdot 10^5 \text{ N}$

$\beta_1 = 0.85$

$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$

$c = 0.0059 \text{ m}$

$a = \beta_1 \cdot c$

$a = 0.005 \text{ m}$

$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right)$

$M_n = 20.007 \text{ m kN}$

$\epsilon_s = \left(\frac{.003}{c}\right) \cdot (d - c)$

$\epsilon_s = 0.0836$

$\epsilon_{\text{check}} := \text{if } \epsilon_s > 0.005$

"OK"

else

"NG, Controlado por Compresion"

$\epsilon_{\text{check}} = \text{"OK"}$

$\phi_{\text{flex}} := 0.9$

$\phi M_n := M_n \cdot \phi_{\text{flex}}$

$\phi M_n = 18.0063 \text{ m kN}$

$M_u := 5.00 \text{ m kN}$

¿es $\phi M_n > M_u$?

$M_{u\text{check}} := \text{if } \phi M_n > M_u$

"OK"

else

"NG"

$M_{u\text{check}} = \text{"OK"}$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 244 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa superior

3. Armadura mínima:

$S_c := b \cdot \frac{h^2}{6}$	$S_c = 0.0104 m^3$	Modulo de Seccion
$f_r := 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{MPa}} MPa$	$f_r = 5.1328 MPa$	Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)
$M_{cr} := f_r \cdot S_c$	$M_{cr} = 53.4662 kN \cdot m$	Momento de Fisuración (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)
$M_f := \min(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u)$	$M_f = 6.65 m \cdot kN$	Momento Minimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

¿es $\phi M_n > M_f$? $M_{u_check} := \text{if } \phi M_n > M_f \text{ then "OK" else "NG"}$ Mu_check = "OK"

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$M_s := 3.60 kN \cdot m$		Momento en servicio
$d_c := h - d$	$d_c = 0.0798 m$	
$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d}$	$\rho = 0.0017$	Cuantia de acero
$n := \frac{E_s}{E_c}$	$n = 7.8659$	Ratio de modulos de elasticidad
$K := \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n$	$K = 0.1494$	
$j := 1 - \left(\frac{K}{3} \right)$	$j = 0.9502$	
$f_{ss} := \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$	$f_{ss} = 78.3638 MPa$	Tensión acero en servicio
$\beta_s := \left(1 + \left(\frac{d_c}{0.7 \cdot (h - d_c)} \right) \right)$	$\beta_s = 1.6693$	

$\gamma_e := 0.75$ Factor de exposición

$S_{max} := \left(\frac{(123000 \cdot \gamma_e)}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{MPa}} \right) mm - (2 \cdot d_c)$ $S_{max} = 0.5457 m$ Separación máxima permitida entre barras

Espaciamiento = 25 cm

¿es $S_{max} > \text{Espaciamiento}$? $S_{check} := \text{if } S_{max} > \text{Espaciamiento then "OK" else "NG"}$ S_check = "OK"

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 245 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

Diseño de Losa inferior

Ingreso de Datos

Verificación de Condiciones

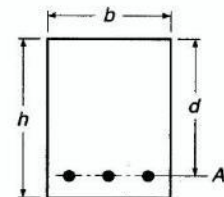
Propiedades de Materiales

$f_y := 420 \text{ MPa}$	Steel Strength
$E_s := 200000 \text{ MPa}$	Modulo de Elasticidad de Acero (AASHTO LRFD 5.4.3.2)
$f_c := 28 \text{ MPa}$	Concrete Strength
$K_1 := 1.0$	(AASHTO LRFD 5.4.2.4)
$\rho_c := 2320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Densidad del Concreto Para Ec
$E_c := 0.043 \cdot K_1 \cdot \left(\frac{\rho_c}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{1.5} \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$ $E_c = 25426.0823 \text{ MPa}$	Modulo de Elasticidad del Concret (AASHTO LRFD Eq. 5.4.2.4-1)
$\lambda := 1.0$	Factor para Tipo de Concreto (ACI 318-11 8.6.1)
$\beta_1 := \text{if } f_c \leq 28 \text{ MPa}$ 0.85 else $\max \left(0.85 - \left(\frac{f_c - 28 \text{ MPa}}{7 \text{ MPa}} \cdot 0.05 \right), 0.65 \right)$	$\beta_1 = 0.85$ Factor para Bloque de Esfuerzo Equivalente (AASHTO LRFD 5.7.2.2)
$f_r := 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$	Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

A) Calculo armadura longitudinal inferior en sección de 50cm:

Propiedades Geometricas

Diametro = 10	b = 1 m	Rec = 0.075 m
Espaciamiento = 20 cm	h = 0.30 m	



1. Armadura pasiva:

$\phi_b = 9.525 \text{ mm}$
 $A_b = 0.71 \text{ cm}^2$



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 246 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa interior

$$A_s = 3.55 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$d = h - \text{Rec} - \left(\frac{\Phi b}{2}\right)$$

$$d = 22.0238 \text{ cm}$$

Canto util

2. Momento Resistente:

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$T = 1.491 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$c = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1}$$

$$c = 0.0074 \text{ m}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$a = 0.0063 \text{ m}$$

$$M_n = T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2}\right)\right)$$

$$M_n = 32.3704 \text{ m kN}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{0.003}{c}\right) \cdot (d - c)$$

$$\epsilon_s = 0.0866$$

$$\epsilon_{\text{check}} := \text{if } \epsilon_s > 0.005$$

"OK"

else

"NG, Controlado por Compresion"

$\epsilon_{\text{check}} = \text{"OK"}$

$$\phi_{\text{flex}} := 0.9$$

$$\Phi M_n = M_n \cdot \phi_{\text{flex}}$$

$$\Phi M_n = 29.1333 \text{ m kN}$$

$$M_u := 10 \text{ m kN}$$

Momento en extremo de losa

$$\text{¿es } \Phi M_n > M_u?$$

$$M_{u_check} := \text{if } \Phi M_n > M_u$$

"OK"

else

"NG"

$M_{u_check} = \text{"OK"}$

3. Armadura mínima:

$$S_c = b \cdot \frac{h^2}{6}$$

$$S_c = 0.015 \text{ m}^3$$

Modulo de Seccion

$$f_r = 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa}$$

$$f_r = 5.1328 \text{ MPa}$$

Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)

$$M_{cr} = f_r \cdot S_c$$

$$M_{cr} = 76.9914 \text{ kN m}$$

Momento de Fisuración (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)

$$M_f = \min\left(1.2 \cdot M_{cr}, 1.33 \cdot M_u\right)$$

$$M_f = 13.3 \text{ m kN}$$

Momento Minimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)

$$\text{¿es } \Phi M_n > M_f?$$

$$M_{u_check} := \text{if } \Phi M_n > M_f$$

"OK"

else

"NG"

$M_{u_check} = \text{"OK"}$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 247 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa interior

4. Espaciamiento máximo:

(AASHTO LRFD (5.7.3.4))

$M_s := 7.5 \text{ kNm}$

Momento en servicio

$d_c := h - d$

$d_c = 0.0798 \text{ m}$

$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d}$

$\rho = 0.0016$

Cuántia de acero

$n := \frac{E_s}{E_c}$

$n = 7.8659$

Ratio de modulos de elasticidad

$K := \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n$

$K = 0.1471$

$j := 1 - \left(\frac{K}{3} \right)$

$j = 0.951$

$f_{ss} := \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$

$f_{ss} = 100.8722 \text{ MPa}$

Tensión acero en servicio

$\beta_s := \left(1 + \left(\frac{d_c}{0.7 \cdot (h - d_c)} \right) \right)$

$\beta_s = 1.5174$

$\gamma_e := 0.75$

Factor de exposición

$S_{max} := \left(\frac{123000 \cdot \gamma_e}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{\text{MPa}}} \right) \text{ mm} - (2 \cdot d_c)$

$S_{max} = 0.4432 \text{ m}$

Separación máxima permitida entre barras

Espaciamiento = 20 cm

```

¿es Smax>Espaciamiento? S_check = if Smax>Espaciamiento
    "OK"
    else
    "NG"
    
```

S_check = "OK"

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.8)

$A_{shtemp} := \min \left(\max \left(\left(0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \cdot \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b+h) \cdot \frac{f_y}{\text{MPa}}} \right), 1.27 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \right) \right)$

$A_{shtemp} = 0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$

$A_{sprov} := \frac{A_s}{b} \quad A_{sprov} = 0.355 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$

```

¿es A_sprov>A_shtemp? Asht_check = if A_sprov>A_shtemp
    "OK"
    else
    "NG"
    
```

Asht_check = "OK"

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 249 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

$$a := \beta_1 \cdot c \quad a = 0.0126 \text{ m}$$

$$M_n := T \cdot \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \quad M_n = 63.9103 \text{ m kN}$$

$$\epsilon_s := \left(\frac{0.003}{c} \right) \cdot (d - c) \quad \epsilon_s = 0.0411$$

```

epsilon_check := if epsilon_s > 0.005
                "OK"
            else
                "NG, Controlado por Compresion"
    
```

epsilon_check = "OK"

phi_flex = 0.9

$$\Phi M_n := M_n \cdot \phi_{flex} \quad \Phi M_n = 57.5192 \text{ m kN} \quad M_u := 40 \text{ m kN}$$

Momento en centro de losa

```

¿es ΦMn > Mu?
    Mu_check := if ΦMn > M_u
                "OK"
            else
                "NG"
    
```

Mu_check = "OK"

3. Armadura mínima:

$$S_c := b \cdot \frac{h^2}{6} \quad S_c = 0.015 \text{ m}^3 \quad \text{Modulo de Seccion}$$

$$f_r := 0.97 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa} \quad f_r = 5.1328 \text{ MPa} \quad \text{Modulo de Ruptura del Concreto (AASHTO LRFD 5.4.2.6)}$$

$$M_{cr} := f_r \cdot S_c \quad M_{cr} = 76.9914 \text{ kNm} \quad \text{Momento de Fisuracion (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2-1)}$$

$$M_f := \min \left(\left(1.2 \cdot M_{cr} \right), \left(1.33 \cdot M_u \right) \right) \quad M_f = 53.2 \text{ m kN} \quad \text{Momento Mínimo Para Diseño (AASHTO LRFD 5.7.3.3.2)}$$

```

¿es ΦMn > Mf?
    Mu_check := if ΦMn > M_f
                "OK"
            else
                "NG"
    
```

Mu_check = "OK"

4. Espaciamiento máximo: (AASHTO LRFD (5.7.3.4))

Ms = 25.50 kNm Momento en servicio

$$dc = h - d \quad dc = 0.0814 \text{ m}$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} \quad \rho = 0.0033 \quad \text{Cantidad de acero}$$

$$n := \frac{E_s}{E_c} \quad n = 7.8659 \quad \text{Ratio de modulos de elasticidad}$$

$$K := \left(2 \cdot \rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2 \right)^{.5} - \rho \cdot n \quad K = 0.2028$$

Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 250 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

$$j := 1 - \left(\frac{K}{3} \right)$$

$$j = 0.9324$$

$$f_{ss} := \frac{M_s}{j \cdot d \cdot A_s}$$

$$f_{ss} = 174.5276 \text{ MPa} \quad \text{Tensión acero en servicio}$$

$$\beta_s := \left(1 + \left(\frac{dc}{0.7 \cdot (h - dc)} \right) \right)$$

$$\beta_s = 1.5315$$

$$Y_e = 0.75$$

Factor de exposición

$$S_{max} := \left(\frac{\left(\frac{123000 \cdot Y_e}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{\text{MPa}}} \right)}{\beta_s \cdot \frac{f_{ss}}{\text{MPa}}} \right) \text{ mm} - (2 \cdot dc)$$

$$S_{max} = 0.1824 \text{ m}$$

Separación máxima permitida entre barras

Espaciamento = 18 cm

$$\text{¿es } S_{max} > \text{Espaciamento?} \quad S_{check} := \text{if } S_{max} > \text{Espaciamento} \\ \text{"OK"} \\ \text{else} \\ \text{"NG"}$$

$S_{check} = \text{"OK"}$

5. Armadura mínima por retracción y temperatura: (AASHTO 5.10.9)

$$A_{shtemp} := \min \left(\max \left(\left(0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \cdot \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b+h) \cdot \frac{f_y}{\text{MPa}}} \right), 1.27 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \right) \right)$$

$$A_{shtemp} = 0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

$$A_{sprov} := \frac{A_s}{b} \quad A_{sprov} = 0.717 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

$$\text{¿es } A_{sprov} > A_{shtemp?} \quad A_{sht_check} := \text{if } A_{sprov} > A_{shtemp} \\ \text{"OK"} \\ \text{else} \\ \text{"NG"}$$

$A_{sht_check} = \text{"OK"}$



Tipo: INFORME TÉCNICO	Código: 130-HID-MD-0001	Revisión N°:1	Hoja N°: 251 de 251
Proyecto: Servicios de Gerencia de Proyecto, Supervisión y Asesoría Técnica para el Saneamiento del Sector de Burunga			

TÍTULO: DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ARRAIJÁN ESTE

Armadura losa inferior

Cortante Losa

$V_u := 25 \text{ kN}$

$L := 1 \text{ m}$

$h := 0.30 \text{ m}$

$\phi_v := 0.9$

$\beta := 2$

$d := h - \text{Rec} \left(\frac{\phi \beta}{2} \right) = 0.2186 \text{ m}$

$$d_v := \max \left(\begin{matrix} 0.72 \cdot h_f \\ 0.9 \cdot d_s \\ d_e \end{matrix} \right)$$

$d_v := d$

$\phi V_{c_B} := \phi_v \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa} \cdot L \cdot d_v$

$\phi V_{c_B} = 172.85 \text{ kN}$

```

V_ul_check := if  $\phi V_{c_B} > V_u$ 
               "OK"
            else
               "NG, Falla en Cortante"

```

$V_{ul_check} = \text{"OK"}$