



Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería Civil

TESIS

Para Obtener el Título de Licenciatura en Ingeniería Civil

Diseño del Monorrelleno de lodos para la planta
potabilizadora de San Luís de la Paz, Gto.

Presenta:

Joaquin Norberto Haro Alejandre

Asesor de Tesis:

M.C. Guillermo Benjamín Pérez Morales

Morelia Michoacán, Mayo de 2011





DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



¡Esta Tesis ha sido para mi persona el alcance de una meta de realización personal! y el punto que me permite cerrar el ciclo de una etapa de mi vida, la vida de estudiante, además es también el punto de salida para ir en busca de ¡nuevos horizontes!, ¡nuevas metas! y ¡sueños por alcanzar!

Para mi resulta importante mencionar que esto no hubiera sido posible sin el apoyo de muchas personas, todas aquellas que de forma directa o indirecta contribuyeron al recorrido de mi camino hasta este punto de mi vida.

Quiero agradecer primero a mis Padres Joaquin Norberto Haro Aguirre y María Eugenia Alejandro Paramo; que han confiado en mí y me han brindado todo su amor y su apoyo de manera incondicional en cada una de las decisiones que he tomado en mi vida, entre ellas la de estudiar Ingeniería Civil, ¡por ello y tantas cosas más Muchas Gracias!

Agradezco a mis hermanas Georgina y Ruth, de quienes he aprendido mucho y a quienes admiro, por su apoyo, sus enseñanzas y su comprensión ¡les doy las Gracias!

Agradezco a Rosa Laura Ortiz Ramírez por todo su apoyo y comprensión, por haber estado ahí en las buenas y en las malas, por todas esas palabras de ánimo y por ser una parte muy importante de mi vida... ¡por todo Muchas Gracias!

M.C. Guillermo Benjamín Pérez Morales por haber confiado en mí, por toda su ayuda, apoyo, paciencia y comprensión, por sus consejos, por su tiempo, por sus enseñanzas y por su amistad, por todo ello ¡Muchas Gracias!

Gracias al Ing. Gildardo Vázquez Tirado por su confianza y apoyo para la realización de esta Tesis, y gracias a todos mis compañeros de trabajo de Seyco por su amistad.

Gracias a la Comisión Estatal del Agua del estado de Guanajuato por su autorización para utilizar el proyecto como mi tema de Tesis.

Gracias a todos los Profesores que a lo largo del camino, poco o mucho me ayudaron a llegar aquí, también agradezco a todos mis compañeros que de igual forma fueron parte de esta aventura y me permitieron ser parte de sus vidas tanto dentro y fuera del salón de clases... de forma especial a Mauricio, Joel, Roberto, Edgar, ¡Muchas Gracias!

Por tantos aquellos que me gustaría nombrar, familia y amigos que han estado ahí en buenos y malos momentos, por su compañía, apoyo, consejos y por ser parte de mi vida ¡les doy las Gracias!

MUCHAS GRACIAS A TODOS.

Joaquin Norberto Haro Alejandro



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



INDICE

CAPITULO 1. ANTECEDENTES	Pg. 5
1.1 Problemática	Pg. 7
1.2 Manejo de lodos en potabilizadores existentes	Pg. 9
1.2.1 Planta potabilizadora Los Berros	Pg. 9
1.2.2 Planta potabilizadora Ciudad del agua Juan Sabines Gutiérrez	Pg. 19
1.2.3 Planta potabilizadora El Florido Tijuana Baja California	Pg. 22
1.2.4 Planta potabilizadora de Santa María, Morelia Mich.	Pg. 28
1.2.5 Planta potabilizadora de la Minzita, Morelia Mich.	Pg. 35
CAPITULO 2. MARCO DE REFERENCIA	Pg. 41
2.1 Recopilación de información	Pg. 46
2.2 Metodología para la determinación de la cantidad de lodos	Pg. 48
2.3 Procesamiento previo de lodos	Pg. 50
2.4 Normatividad	Pg. 55
2.4.1 NOM-083-SEMARNAT-2003	Pg. 56
2.4.2 NOM-052-SEMARNAT-1993	Pg. 64
2.4.3 NOM-004-SEMARNAT-2002	Pg. 65
CAPITULO 3. DATOS DE PROYECTO.	Pg. 69
3.1 Datos de la planta potabilizadora	Pg. 75
3.2 Determinación de la cantidad y características de los lodos	Pg. 79
CAPITULO 4. DEFINICIÓN DEL SITIO MAS ADECUADO PARA LA UBICACIÓN DEL MONORRELLENO DE LODOS	Pg. 85
4.1 Descripción del medio físico	Pg. 85
4.1.1 Localización del sitio	Pg. 85
4.1.2 Rutas de acceso	Pg. 85
4.1.3 Localidades cercanas al sitio	Pg. 86
4.1.4 Orografía	Pg. 87
4.1.5 Hidrografía	Pg. 87
4.1.6 Clima y principales ecosistemas	Pg. 87
4.1.6.1 Clima	Pg. 87
4.1.6.2 Flora	Pg. 87
4.1.6.3 Fauna	Pg. 88
4.2 Estudio de selección del sitio	Pg. 88
4.2.1 Clasificación del sitio de acuerdo al tonelaje recibido por día para su disposición	Pg. 88
4.2.2 Distancia entre el sitio y la pista más cercana de aeródromo o aeropuerto	Pg. 89
4.2.3 Áreas naturales protegidas	Pg. 90
4.2.4 Localidades cercanas	Pg. 91
4.3 Topografía del sitio seleccionado	Pg. 94



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



4.4 Mecánica de suelos del sitio seleccionado	Pg. 96
4.4.1 Estudio de mecánica de suelos elaborado por el laboratorio de mecánica de suelos, resistencia de materiales y asfaltos de la Universidad de Guanajuato	Pg. 97
4.4.1.1 Geología	Pg. 97
4.4.1.2 Trabajos de campo	Pg. 98
4.4.1.3 Pruebas de laboratorio	Pg. 99
4.4.1.3.1 Estratigrafía	Pg. 99
4.4.1.4 Profundidad de desplante y cálculo de la capacidad de carga	Pg. 100
4.4.1.4.1 Profundidad de desplante	Pg. 100
4.4.1.4.2 Capacidad de carga última	Pg. 100
4.4.1.4.3 Capacidad de carga admisible	Pg. 100
4.4.1.5 Conclusiones y recomendaciones del laboratorio de mecánica de suelos, resistencia de materiales y asfaltos de la Universidad de Guanajuato	Pg. 101
4.4.2 Estudio de mecánica de suelos realizado por: Proyectos, supervisión, mecánica de suelos y control de calidad Herna	Pg. 101
4.4.2.1 Trabajos de campo incluyendo el muestreo	Pg. 102
4.4.2.2 Trazo del perfil estratigráfico	Pg. 103
4.4.2.3 Determinación de las propiedades de los materiales	Pg. 105
4.4.2.4 Conclusiones y recomendaciones	Pg. 110
 CAPITULO 5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS	 Pg. 111
5.1 Descripción de alternativas	Pg. 111
5.1.1 Alternativa número 1	Pg. 111
5.1.2 Alternativa número 2	Pg. 113
5.1.3 Alternativa número 3	Pg. 117
5.2 Evaluación de alternativas	Pg. 119
5.3 Selección y justificación de la mejor alternativa	Pg. 120
 CAPITULO 6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	 Pg. 120
6.1 Proyecto de terracerías	Pg. 120
6.1.1 Trazo y nivelación del terreno	Pg. 121
6.1.2 Definición del terreno una vez despalmado y excavado	Pg. 126
6.1.3 Trazo y delimitación del eje de bordos para el monorrelleno	Pg. 129
6.1.4 Determinación de la capacidad del monorrelleno	Pg. 133
6.1.5 Delimitación y nivelación del fondo	Pg. 140
6.1.6 Formación de los bordos del monorrelleno de lodos	Pg. 148
6.1.7 Trazo y formación de plataforma	Pg. 152
6.1.8 Trazo y formación de la rampa de descenso-ascenso del nivel de fondo del monorrelleno	Pg. 158
6.2 Instalaciones auxiliares	Pg. 165
6.3 Equipo de construcción recomendado	Pg. 168
6.3.1 Trazo y nivelación del terreno	Pg. 168



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



6.3.1.1 Trazo del terreno	Pg. 168
6.3.1.2 Nivelación del terreno	Pg. 168
6.3.2 Trazo de los bordos	Pg. 169
6.3.3 Trazo y nivelación del fondo	Pg. 169
6.3.3.1 Trazo del fondo	Pg. 169
6.3.3.2 Nivelación del fondo	Pg. 169
6.3.4 Formación de los bordos	Pg. 170
6.3.5 Trazo y formación de plataforma	Pg. 170
6.3.5.1 Trazo de la plataforma	Pg. 170
6.3.5.2 Formación de la plataforma	Pg. 170
6.3.6 Trazo y formación de rampa	Pg. 171
6.3.6.1 Trazo de rampa	Pg. 171
6.3.6.2 Formación de rampa	Pg. 171
6.4 Etapas de construcción	Pg. 171
6.4.1 Primera etapa	Pg. 171
6.4.2 Segunda etapa	Pg. 173
6.5 Método constructivo	Pg. 173
6.5.1 Localización	Pg. 173
6.5.2 Desmante	Pg. 174
6.5.3 Despalme y excavación preliminar	Pg. 175
6.5.4 Drenaje pluvial	Pg. 176
6.5.5 Formación de bordos	Pg. 178
6.5.6 Formación de plataforma	Pg. 180
6.5.7 Trazo y formación de rampa	Pg. 181
6.5.8 Trazo y nivelación del fondo	Pg. 181
6.5.9 Instalación de geomembrana	Pg. 182
6.5.10 Caseta de vigilancia y bodega	Pg. 184
6.5.11 Cercado de malla ciclónica	Pg. 184
6.6 Manual de operación	Pg. 185
6.6.1 Introducción	Pg. 185
6.6.2 Objetivos y alcances	Pg. 185
6.6.3 Personal de operación y recursos materiales	Pg. 186
6.6.3.1 Personal requerido	Pg. 186
6.6.3.2 Perfil del personal requerido	Pg. 186
6.6.3.3 Recursos materiales	Pg. 189
6.6.3.3.1 Herramientas	Pg. 189
6.6.3.3.2 Artículos de aseo	Pg. 189
6.6.4 Materiales de operación	Pg. 190
6.6.5 Equipo	Pg. 190
6.6.6 Reglamento de trabajo	Pg. 192
6.6.6.1 Responsabilidades del trabajador	Pg. 193
6.6.6.2 Higiene	Pg. 193
6.6.6.3 Normas para el personal de operación	Pg. 194
6.6.6.4 Normas para visitantes	Pg. 194
6.6.7 Proceso de operación	Pg. 194
6.6.8 Horarios de trabajo	Pg. 196



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



6.6.9 Mantenimiento	Pg. 199
CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	Pg. 200
7.1 Conclusiones	Pg. 200
7.2 Recomendaciones	Pg. 201
CAPITULO 8. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	Pg. 203
8.1 Referencias	Pg. 203
8.2 Bibliografía	Pg. 203
ANEXO A. CÁLCULOS	Pg. I
ANEXO B. PLANOS	Pg. XX
ANEXO C. NORMATIVIDAD RELATIVA	Pg. XL



LISTA

FOTOGRAFIAS

1. FOTOGRAFIA 1. Presa Paso de Vaqueros. (JNHA Fotografía “tomada por Joaquín Norberto Haro Alejandre”). Pg. 8
2. FOTOGRAFIA 2. Panorámica de la Planta Potabilizadora Los Berros. (CNA). Pg. 11
3. FOTOGRAFIA 3. Canales Parshall de la planta potabilizadora Los Berros (CNA-2007). Pg. 14
4. FOTOGRAFIA 4. Tanque espesador de la planta potabilizadora Los Berros del Sistema Cutzamala (JNHA). Pg. 16
5. FOTOGRAFIA 5. Disposición de lodos en la represa de lodos de la potabilizadora Los Berros del Sistema Cutzamala (CNA). Pg. 16
6. FOTOGRAFIA 6. Represa de lodos de la planta potabilizadora Los Berros (JNHA). Pg. 17
7. FOTOGRAFIA 7. Tubería de conducción de lodos del dragado a las tarquinas en la potabilizadora Los Berros (JNHA). Pg. 18
8. FOTOGRAFIA 8. Una de las tarquinas de lodos de la potabilizadora de Los Berros (JNHA). Pg. 18
9. FOTOGRAFIA 9. Potabilizadora Ciudad del Agua. Chiapa de Corzo, Chiapas. (SMAPA Tuxtla Gutiérrez). Pg. 20
10. FOTOGRAFIA 10. Disposición de lodos en la planta potabilizadora Ciudad del Agua Juan Sabines Gutiérrez. Chiapa de Corzo, Chiapas). Pg. 21
11. FOTOGRAFIA 11. Plantación de pasto sobre los lodos con uso de relleno en la potabilizadora Ciudad del Agua Juan Sabines Gutiérrez. Chiapa de Corzo, Chiapas. Pg. 21
12. FOTOGRAFIA 12. Áreas verdes realizadas con el relleno a base de los lodos generados en el proceso de potabilización y la plantación de pasto sobre estos en la planta Ciudad del Agua Juan Sabines Gutiérrez. Chiapa de Corzo, Chiapas. Pg. 22
13. FOTOGRAFIA 13. Pulsador del módulo 1, potabilizadora el Florido Tijuana, BCN. (SEYCO “Fotografía proporcionada por La empresa Servicios y Consultores S.C.”). Pg. 23
14. FOTOGRAFIA 14. Purga del manto de lodos de los Pulsadores, potabilizadora el Florido. Tijuana, BCN. (SEYCO). Pg. 24
15. FOTOGRAFIA 15. Limpieza manual del cárcamo de recuperación de agua de lavado de filtros, potabilizadora el Florido. Tijuana, BCN. (SEYCO). Pg. 25
16. FOTOGRAFIA 16. Descarga de los lodos a la barranca en la potabilizadora el Florido. Tijuana BCN. (SEYCO). Pg. 25
17. FOTOGRAFIA 17. Zona a la que se vertían los lodos de la potabilizadora el Florido. Tijuana, BCN (SEYCO). Pg. 26
18. FOTOGRAFIA 18. Rectificación del Cauce del Río Chiquito 1936. (Tomado del libro La agricultura de riego en Michoacán. Martín Sánchez.). Pg. 28
19. FOTOGRAFIA 19. Trabajos realizados en la Presa de Cointzio 1936 (Tomado del libro La agricultura de riego en Michoacán. Martín Sánchez.). Pg. 29



20. FOTOGRAFIA 20. Caja de premezclado de la Potabilizadora de Santa María. Morelia Mich. (JNHA). Pg. 30
21. FOTOGRAFIA 21. Tanques de mezclado de la Potabilizadora de Santa María. Morelia Mich. (JNHA). Pg. 30
22. FOTOGRAFIA 22. Placa localizada en el tanque de aguas claras de la planta potabilizadora de Santa María en Morelia Michoacán, teniendo este una capacidad de 6500 metros cúbicos. Pg. 31
23. FOTOGRAFIA 23. Tubería de descarga de lodos a la loma de Santa María. Pg. 31
24. FOTOGRAFIA 24. Lodos Cayendo por la loma de Santa María a la cuneta del calle que baja hasta la Avenida Camelinas. (JNHA). Pg. 32
25. FOTOGRAFIA 25. Lodos escurriendo por la cuneta del camino a Santa María. (JNHA). Pg. 32
26. FOTOGRAFIA 26. Entrada de los lodos de la cuneta al arroyo que se encuentra dentro del Hotel Real Camelinas. (JNHA). Pg. 33
27. FOTOGRAFIA 27. Descarga de los lodos de la potabilizadora de Santa María al Río Chiquito. Pg. 34
28. FOTOGRAFIA 28. Obra de toma de la potabilizadora de la Minzita. Morelia Mich. (SEYCO). Pg. 37
29. FOTOGRAFIA 29. Floculadores de la potabilizadora de la Minzita. Morelia Mich. (SEYCO). Pg. 37
30. FOTOGRAFIA 30. Sedimentadores de la planta potabilizadora de la Minzita, Morelia Mich. (SEYCO). Pg. 38
31. FOTOGRAFIA 31. Motor del dispositivo Clari-Trac en los tanques sedimentadores de la potabilizadora de la Minzita. Morelia Mich. (SEYCO). Pg. 38
32. FOTOGRAFIA 32. Filtros de tasa declinante de la potabilizadora de la Minzita. Morelia Mich. (SEYCO). Pg. 39
33. FOTOGRAFIA 33. Tanque espesador en la planta potabilizadora de la Minzita. Morelia Mich. (SEYCO). Pg. 39
34. FOTOGRAFIA 34. Tolla de lodos en el edificio de deshidratado por medio de un filtro prensa tipo banda. Pg. 40
35. FOTOGRAFIA 35. Una de las tarquinas de lodos de la potabilizadora de Los Berros (JNHA). Pg. 47
36. FOTOGRAFIA 36. Vista del sitio en estudio. (Fotografía tomada por el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Resistencia de Materiales y Asfaltos de la Universidad de Guanajuato "LMSUG"). Pg. 98
37. FOTOGRAFIA 37. Excavación de pozo a cielo abierto "PCA". (LMSUG). Pg. 99
38. FOTOGRAFIA 38. Localización de un lindero del sitio destinado para el Monorrelleno de lodos y al fondo el Cerro del Burro. (HERNA). Pg. 106
39. FOTOGRAFIA 39. Vista de zona de estudio en dirección hacia PCA 01. (HERNA). Pg. 106
40. FOTOGRAFIA 40. Elaboración del PCA 01 con procedimientos manuales. (HERNA). Pg. 107
41. FOTOGRAFIA 41. Vista de boleos encontrados en el PCA 01 (HERNA). Pg. 107
42. FOTOGRAFIA 42. Vista del PCA 01 (HERNA). Pg. 108
43. FOTOGRAFIA 43. Material encontrado dentro del PCA 01. (HERNA). Pg. 108



- 44. FOTOGRAFIA 44. Elaboración del PCA 02 con procedimientos manuales.
(HERNA). Pg. 109
- 45. FOTOGRAFIA 45. Vista al interior del PCA 02.(HERNA). Pg. 109
- 46. FOTOGRAFÍA 46. Desmante de un terreno. Pg. 175
- 47. FOTOGRAFÍA 47. Mini cargador Frontal Caterpillar 247B montado sobre orugas.
Pg. 191
- 48. FOTOGRAFÍA 48. Compactador manual tipo pisón o bailarina. Pg. 191
- 49. FOTOGRAFÍA 49. Compactador de mono cilindro vibratorio manual. Pg. 192

IMÁGENES

- 1. IMAGEN 1. Localización de la Planta Potabilizadora Los Berros. (Google Earth).
Pg. 10
- 2. IMAGEN 2. Vista satelital de la Planta Potabilizadora Los Berros.(Google Earth).
Pg. 11
- 3. IMAGEN 3. Taque de recepción de aguas crudas y canales parshall de derecha a izquierda. (Google Earth). Pg. 14
- 4. IMAGEN 4. Uno de los cinco módulos de potabilización de la planta Los Berros del Sistema Cutzamala (Google Earth). Pg. 15
- 5. IMAGEN 5. Tanque de recepción de agua de lavado de filtros y tanques espesadores de la planta Los Berros del Sistema Cutzamala (Google Earth). Pg. 15
- 6. IMAGEN 6. Planta Potabilizadora Ciudad del Agua Juan Sabines Gutiérrez. Chiapa de Corzo, Chiapas. (Google Earth). Pg. 19
- 7. IMAGEN 7. Planta potabilizadora el Florido, Tijuana Baja California Norte (Google Earth). Pg. 27
- 8. IMAGEN 8. Planta potabilizadora el Florido, Tijuana Baja California Norte (Google Earth). Pg. 27
- 9. IMAGEN 9. Croquis del proyecto de la Potabilizadora de la Minzita. Pg. 35
- 10. IMAGEN 10. Localización de la planta potabilizadora La Minzita (Google Earth).
Pg. 35
- 11. IMAGEN 11. División Municipal del Estado de Guanajuato y localización del Municipio de San Luís de la Paz. (Imagen obtenida de internet, Wikipedia). Pg. 85
- 12. IMAGEN 12. Principales rutas de acceso a la ciudad de San Luís de la Paz. (Imagen obtenida del sitio web www.sanluisdelapaz.com). Pg. 86
- 13. IMAGEN 13. Aeropuertos cercanos a la Ciudad de San Luís de la Paz, Guanajuato. (Imagen obtenida del sitio web www.sanluisdelapaz.com). Pg. 89
- 14. IMAGEN 14. Áreas naturales protegidas del Estado de Guanajuato. (Imagen obtenida del sitio web <http://ecologia.guanajuato.gob.mx>). Pg. 90
- 15. IMAGEN 15. Ubicación del Sitio de localización del monorrelleno con respecto al área natural protegida como reserva de la biosfera en la Sierra Gorda del Estado de Guanajuato. (Imagen obtenida del sitio web <http://ecologia.guanajuato.gob.mx>).
- 16. IMAGEN 16. Localización del sitio seleccionado para el Monorrelleno de lodos y la localidad de Pueblo Reubicado de Paso de Vaqueros (Imagen tomada de la carta INEGI F14C35). Pg. 92



17. IMAGEN 17. Distancia del sitio seleccionado para el Monorrelleno de lodos al cuerpo de agua de la presa Paso de Vaqueros. (Imagen tomada de la carta INEGI F14C35). Pg. 93
18. IMAGEN 18. Localización del sitio del Monorrelleno en la Carta topográfica de INEGI F14C35. Pg. 94
19. IMAGEN 19. Topografía del sitio seleccionado. Pg. 95
20. IMAGEN 20. Localización del Sitio de estudio (Google Earth). Pg. 97
21. IMAGEN 21. Localización del sitio destinado para el Monorrelleno de lodos. (Google Earth). Pg. 102
22. IMAGEN 22. Localización de los sondeos. (Google Earth). Pg. 103
23. IMAGEN 23. Perfil estratigráfico del Pozo a Cielo Abierto PCA 01 (HERNA). Pg. 104
24. IMAGEN 24. Perfil estratigráfico del Pozo a Cielo Abierto PCA 02 (HERNA). Pg. 104
25. IMAGEN 25. Monorrelleno para el depósito de biosólidos. Proyecto CFE. Pg. 111
26. IMAGEN 26. Cuadro de construcción del predio destinado para la construcción del Depósito de Biosólidos de acuerdo con el proyecto elaborado por la CFE. Pg. 112
27. IMAGEN 27. Localización del Monorrelleno para la disposición de biosólidos, de acuerdo con el proyecto desarrollado por la CFE. (JNHA). Pg. 112
28. IMAGEN 28. Ubicación del sitio designado a la constructora Makro para el desarrollo del Monorrelleno de lodos provenientes de la planta potabilizadora. Pg. 113
29. IMAGEN 29. Ubicación del sitio destinado para el Monorrelleno de lodos con respecto al cerro del Burro, donde se encuentra en construcción la planta potabilizadora. Pg. 114
30. IMAGEN 30. Topografía del sitio designado para el Monorrelleno de lodos. Pg. 114
31. IMAGEN 31. Cuadro de construcción del sitio designado para el Monorrelleno de lodos. Pg. 115
32. IMAGEN 32. Planta general del Monorrelleno de lodos, Alternativa número 2 desarrollada por la empresa constructora Makro. Pg. 116
33. IMAGEN 33. Planta general del Monorrelleno de lodos, Alternativa número 3 desarrollada por Servicios y consultores S.C. Pg. 118
34. IMAGEN 34. Localización del sitio seleccionado para el Monorrelleno de lodos en la carta topográfica de INEGI F14C35 San Luís de la Paz. Pg. 121
35. IMAGEN 35. Eje de trazo para la realización del despalme de 0.60 metros de profundidad. Pg. 122
36. IMAGEN 36. Perfil del terreno natural siguiendo el eje de trazo. Pg. 123
37. IMAGEN 37. Perfil del terreno natural y perfil de la rasante de despalme del terreno. Pg. 124
38. IMAGEN 38. Pantalla de trabajo AutoCad – CivilCaD, en el trazo de las secciones constructivas de despalme. Pg. 125
39. IMAGEN 39. Localización de los puntos de elevación en las secciones trazadas para el despalme del terreno una vez realizado. Pg. 126
40. IMAGEN 40. Perfil de la rasante una vez terminado el despalme y excavación de acuerdo a como se planteo que sería considerado. Pg. 127



41. IMAGEN 41. Triangulación para determinar la topografía del terreno una vez realizado el despalme y excavación. Pg. 127
42. IMAGEN 42. Topografía del terreno una vez completados los trabajos de despalme y excavación. Pg. 128
43. IMAGEN 43. Trazo del eje de los bordos del monorrelleno sobre la triangulación del terreno. Pg. 129
44. IMAGEN 44. Eje de trazo de los bordos ubicado en el terreno. Pg. 130
45. IMAGEN 45. Localización de la zona que será una plataforma para la construcción de las obras auxiliares. Pg. 131
46. IMAGEN 46. Esquema general de los bordos, plataforma y rampa de descenso del monorrelleno. Pg. 132
47. IMAGEN 47. Delimitación de la superficie de fondo. Pg. 133
48. IMAGEN 48. Volumen generado a partir de la forma de la superficie de fondo. Pg. 133
49. IMAGEN 49. Volumen para la recepción y disposición final de lodos. Pg. 134
50. IMAGEN 50. Corte tipo del Monorrelleno de lodos. Pg. 135
51. IMAGEN 51. Volumen generado a partir de la superficie de fondo y la altura de los bordos. Pg. 135
52. IMAGEN 52. Volumen de sección triangular formado entre los taludes y el fondo del monorrelleno considerando de altura la de los bordos. Pg. 136
53. IMAGEN 53. Corte tipo del Monorrelleno de lodos, considerando el volumen formado a partir de la superficie de fondo y la altura de los bordos. Pg. 136
54. IMAGEN 54. . Corte tipo del Monorrelleno de lodos, considerando el volumen formado a partir de los taludes de los bordos y el nivel del fondo del monorrelleno. Pg. 137
55. IMAGEN 55. Definición de las secciones constructivas que serán realizadas para la formación de los bordos. Pg. 140
56. IMAGEN 56. Perfil del terreno natural del eje de trazo de los bordos. Pg. 140
57. IMAGEN 57. Perfil del terreno natural y de subrasante del eje de trazo de los bordos. Pg. 141
58. IMAGEN 58. Localización de la plataforma en el acceso al sitio del monorrelleno. Pg. 142
59. IMAGEN 59. Superficie de fondo y su correspondiente eje de trazo. Pg. 144
60. IMAGEN 60. Eje de trazo del fondo del monorrelleno y sus secciones constructivas. Pg. 145
61. IMAGEN 61. Perfil del terreno y subrasante del nivel del fondo del monorrelleno. Pg. 145
62. IMAGEN 62. Topografía del sitio una vez definido y nivelado el fondo del terreno. Pg. 146
63. IMAGEN 63. Triangulación para el desplante de los bordos. Pg. 147
64. IMAGEN 64. Triangulación de la topografía del sitio y trazo de las secciones constructivas del eje de trazo de los bordos del monorrelleno. Pg. 148
65. IMAGEN 65. Eje de trazo de los bordos. Pg. 150
66. IMAGEN 66. Perfiles de terreno y subrasante de los bordos del monorrelleno. Pg. 151



- 67. IMAGEN 67. Vista de la formación de los bordos del monorrelleno en isométrico. Pg. 152
- 68. IMAGEN 68. Localización de la plataforma en el monorrelleno de lodos. Pg. 153
- 69. IMAGEN 69. Plataforma. Pg. 153
- 70. IMAGEN 70. Secciones constructivas de la plataforma. Pg. 154
- 71. IMAGEN 71. Perfil del terreno en la zona de plataforma. Pg. 155
- 72. IMAGEN 72. Perfiles de terreno y subrasante de la plataforma. Pg. 156
- 73. IMAGEN 73. Monorrelleno de lodos Bordos y plataforma conformados. Pg. 157
- 74. IMAGEN 74. Monorrelleno de lodos conformados los bordos y la plataforma. Pg. 158
- 75. IMAGEN 75. Monorrelleno de lodos Pg. 159
- 76. IMAGEN 76. Localización de la rampa de acceso al nivel de fondo del monorrelleno en la triangulación del sitio del monorrelleno. Pg. 159
- 77. IMAGEN 77. Trazo del eje para la plataforma. Pg. 160
- 78. IMAGEN 78. Trazo de las secciones constructivas de la rampa de acceso al nivel de fondo del monorrelleno. Pg. 161
- 79. IMAGEN 79. Perfil de terreno y subrasante de la plataforma. Pg. 161
- 80. IMAGEN 80. Monorrelleno de lodos visto en planta completamente trazado. Pg. 162
- 81. IMAGEN 81. Monorrelleno de lodos visto en isométrico completamente trazado. Pg. 162
- 82. IMAGEN 82. Monorrelleno de lodos visto en isométrico desde otro ángulo una vez ha sido completamente trazado. Pg. 163
- 83. IMAGEN 83. Zona de maniobras, Caseta de Vigilancia Tanque séptico y Bodega del Monorrelleno de lodos. Pg. 165
- 84. IMAGEN 84. Detalle de la instalación de malla ciclónica. Pg. 166
- 85. IMAGEN 85. Sistema de drenaje pluvial. Pg. 167
- 86. IMAGEN 86. Colocación de rollos de 7 metros de ancho de geomembrana de polietileno de alta densidad de 1.5 mm de espesor. Pg. 168
- 87. IMAGEN 87. Localización del Monorrelleno. Pg. 173
- 88. IMAGEN 88. Tabla de coordenadas de localización del sitio para Monorrelleno. Pg. 174
- 89. IMAGEN 89. Sistema de drenaje Pluvial. Pg. 176
- 90. IMAGEN 90. Sistema de drenaje pluvial. Pg. 177
- 91. IMAGEN 91. Caja desarenadora. Pg. 178
- 92. IMAGEN 92. Tabla 1 correspondiente de la Norma N-CMT-1-01/02. Materiales para terraplen. Pg. 179
- 93. IMAGEN 93. Tabla 1, Correspondiente a la Norma N-CMT-1-03/02. Materiales para subrasante. Pg. 180
- 94. IMAGEN 94. Anclaje de Geomembrana. Pg. 182
- 95. IMAGEN 95. Planta de extendido de rollos de geomembrana HDPE de 1.5 mm de espesor. Pg. 183
- 96. IMAGEN 96. Detalle de instalación de malla ciclónica. Pg. 185



FIGURAS

1. FIGURA 1. Esquema del Sistema Cutzamala. (CNA). Pg. 12
2. FIGURA 2. Tren de tratamiento de la Planta Potabilizadora Los Berros (Sistema Cutzamala). Pg. 13
3. FIGURA 3. Diagrama de proceso de la planta potabilizadora de San Luis de la Paz en el estado de Guanajuato. Pg. 74

TABLAS

1. TABLA No. 1. Categorías de los sitios de disposición Final (NOM-083-SEMARNAT-2003). Pg. 60 y Pg. 88
2. TABLA No. 2. Estudios y análisis previos requeridos para la construcción de sitios de disposición final (NOM-083-SEMARNAT-2003). Pg. 62
3. TABLA No. 3. Requerimientos de compactación (NOM-083-SEMARNAT-2003). Pg. 63
4. TABLA No. 4. Obras complementarias requeridas de acuerdo al tipo de disposición final (NOM-083-SEMARNAT-2003). Pg. 63
5. TABLA 1. Límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos (NOM-004-SEMARNAT-2002). Pg. 67
6. TABLA 2. Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos (NOM-004-SEMARNAT-2002). Pg. 67
7. TABLA 3. Aprovechamiento de biosólidos (NOM-004-SEMARNAT-2002). Pg. 68
8. TABLA 01820-1 - Calidad del agua cruda. Pg. 69
9. TABLA 01820-2 - Calidad de agua tratada. Pg. 70
10. TABLA 01820-3 – Parámetros con problemas. Pg. 72
11. TABLA. Cuadro de construcción. Pg. 96
12. TABLA. Estratigrafía (LMSUG). Pg. 99
13. TABLA. Coordenadas de PCA. Pg. 103
14. TABLA. Resultados de los PCA. Pg. 105
15. TABLA. Resultados de las muestras de corazón de roca. Pg. 105
16. TABLA. Resultados de permeabilidad. Pg. 105
17. TABLA 1.- Requisitos de calidad de materiales para terraplén. (N-CMT-1-01) Pg. 149



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



CAPITULO 1 ANTECEDENTES

La potabilización de aguas superficiales, las aguas superficiales son aquellas que se encuentran circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra, estas masas de agua las podemos apreciar en forma de ríos, lagos, lagunas, pantanos, charcas, humedales y otros similares ya sean naturales o artificiales.

El agua superficial es la que no se alcanza a infiltrar en el subsuelo ni regresa a la atmosfera por evaporación, también es la que proviene de manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas.

Las aguas superficiales se pueden encontrar fluyendo constantemente como en los ríos o encontrarse en reposo como en los lagos y lagunas.

También se pueden formar lagos artificialmente por la construcción de una presa. En ingeniería se denomina presa o represa a un muro grueso de piedra, cemento u otro material que se construye a través de un río, arroyo o canal para almacenar el agua y elevar su nivel con el fin de regular el caudal y de esta manera controlar inundaciones, tener aprovechamientos para riego, agua potable, generación hidroeléctrica e incluso para la combinación de dos o mas usos.

Las aguas superficiales contienen sólidos que son removidos durante el proceso de potabilización, generando así lodos, los cuales representan entre el 0.3% al 1.0% del volumen de agua tratada, actualmente estos lodos son dispuestos sin ningún tratamiento en presas, terrenos o en las mismas fuentes de suministro ocasionando daños al medio ambiente y en ocasiones llegan a ser descargados a los sistemas de alcantarillado y terminan siendo tratados en conjunto con las aguas residuales.

El problema principal que se presenta con estos residuos es su alto contenido de agua, además de su baja capacidad de deshidratación.

La disposición de estos lodos sin tratamiento origina la contaminación de fuentes superficiales y subterráneas

Hasta no muchos años las plantas de tratamiento de agua potable no le prestaban mucha atención a los lodos que en estas se generaban como consecuencia de la potabilización de agua cruda.

Para poder tener una idea de lo que significa la generación de lodos en el proceso de potabilización de aguas superficiales podemos apreciar las siguientes cifras:



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



- En Francia por ejemplo, en 384 plantas potabilizadoras con una producción total de agua potable de 1.2×10^9 m³/año se generan 63,800 ton/año en base seca de lodos (Adler, 2002)¹
- En España la mayor parte del agua potable es proveniente de las aguas superficiales, y su generación de lodos alcanza un producto de 120,000 toneladas de lodos en base seca provenientes de 215 Plantas Potabilizadoras que en un año producen 1.35×10^9 m³/año de agua potable (Armenter J. y Cirstiá J. 2002).¹

En definitiva estos lodos producto de la potabilización de aguas superficiales son sustancias que llevan en suspensión o disueltas en su calidad de aguas naturales o crudas y que generalmente son del tipo inorgánicas como arcillas, arenas finas o limos.

Sin embargo las aguas naturales de hoy en día se han venido degradando por diversas circunstancias, en el proceso de potabilización las sustancias en suspensión así como las disueltas en el agua junto con los residuos de los coagulantes y otros reactivos utilizados en el tratamiento son separados dejando residuos de distinta naturaleza que en un tratamiento convencional pueden ser los siguientes:

1. Residuos de coagulación/floculación generados principalmente en los decantadores y en los filtros.
2. Residuos de posibles procesos de ablandamiento.
3. Residuos de la eliminación de hierro, manganeso y del empleo de permanganato potásico.
4. Residuos de carbón activo (si se emplea carbón activo en el proceso de potabilización).

La variedad en las características de los residuos depende esencialmente de la calidad del agua cruda y del tratamiento aplicado.

Los residuos retenidos son lodos obtenidos mediante la coagulación como lo son los óxidos hidratados de aluminio junto con materias de naturaleza orgánica e inorgánica arrastradas por el agua siendo en su mayoría de los casos estables y no putrescibles.

La descarga de estos lodos en las corrientes naturales de agua llega a plantear problemas, si bien estos residuos son principalmente inorgánicos van formando depósitos en los tramos lentos del cauce a la vez que aumentan la turbiedad y el color de las aguas receptoras más aun si se está empleando carbón, disminuyendo la actividad fotosintética de las plantas acuáticas y en definitiva se plantean problemas medioambientales, razón por la cual se buscan alternativas de aprovechamiento de estos lodos.

En México según la CNA en 1997 existían aproximadamente 256 plantas potabilizadoras, sin embargo se consideraba que solo operaban 205, para el año de 1998 la CNA manejaba la existencia de 372 plantas potabilizadoras y se consideraba que operaban 296 y en las

¹ Aprovechamiento de lodos generados en la Planta Potabilizadora Los Berros, Sistema Cutzamala, primera etapa (Proyecto 7.3.4, 2005-2006. UNAM)



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



cuales se utilizaba algún tipo de coagulante para eliminar los sólidos suspendidos que contiene el agua siendo el sulfato de aluminio el más utilizado.

Como se puede apreciar, en México no se tienen datos precisos sobre la producción de lodos, sin embargo se considera que esta puede ser significativa tomando en cuenta que se reportan 307 plantas potabilizadoras que tratan aguas superficiales según se comenta en el Estudio Innovación en el tratamiento de fangos de un ETAP (Estación de tratamiento de agua potable) realizado por Armenter J. y Cirstiá J. en el año 2002 y donde se maneja una producción de 2, 842, 349,141 m³/año de agua potable.

Según datos de la CNA en nuestro país se producen alrededor de 0.54 m³/s o lo que es lo mismo 46,656 m³/día de lodos, los cuales deben ser manejados y dispuestos adecuadamente.

1.1 PROBLEMÁTICA

En el estado de Guanajuato se encuentra el municipio de San Luís de la Paz, cuya cabecera municipal es la ciudad del mismo nombre, dicha ciudad se encuentra ubicada sobre el acuífero Laguna Seca el cual presenta sobre explotación de agua y presencia de contaminantes en el acuífero.

En el año 2000 se inicio la construcción de la presa Paso de Vaqueros, localizada en el poblado del mismo nombre, el cual fue removido debido a que se encontraba en lo que hoy es el vaso de la presa y es por eso que recibe el nombre de Pueblo Reubicado de Paso de Vaqueros, Municipio de San Luís de la Paz en el estado de Guanajuato, dicha presa fue concluida en el año 2005.

El objetivo de la Presa Paso de Vaqueros es el almacenamiento de agua y el garantizar el suministro de agua a los poblados de San Luís de la Paz, La Ciénega, Misión de Chichimecas y Mineral de Pozos además de Pueblo Reubicado de Paso de Vaqueros, los cuales actualmente se abastecen con la extracción de pozos profundos, teniendo un gasto de 125 l/s.

Para atender la necesidad del abastecimiento de agua potable y cambiar la tendencia de incrementar la explotación de agua del subsuelo de forma tal que la demanda actual y futura pueda satisfacerse principalmente a partir de agua superficial, evitando así la sobre explotación de los pozos existentes la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato “CEAG” emitió la convocatoria a licitación publica nacional para el:

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, PRUEBAS, PUESTA EN SERVICIO, ESTABILIZACIÓN, Y OPERACIÓN TRANSITORIA DE LA PLANTA POTABILIZADORA Y PLANTA DE BOMBEO Y CONSTRUCCIÓN DEL ACUEDUCTO DE LA PRESA PASO DE VAQUEROS A LA CIUDAD DE SAN LUÍS DE LA PAZ.

El agua será captada en una obra de toma junto a la cortina de la Presa Paso de Vaqueros, la cual constituye el inicio del acueducto, luego será bombeada hasta la planta potabilizadora



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



que se localizará en un cerro denominado el Cerro del Burro y a partir de la planta se enviara el agua potable a los poblados de San Luís de la Paz, La Ciénega, Misión de Chichimecas, Mineral de Pozos y Pueblo Reubicado de Paso de Vaqueros

Es pues importante considerar que la operación de la Planta potabilizadora del agua proveniente de la Presa Paso de vaqueros tendrá como cualquier otra Planta Potabilizadora una generación de lodos producto del proceso de potabilización, y es por esto que el CEAG incluye en la licitación pública nacional ya mencionada el estudio, diseño y construcción de un relleno de lodos, al que en estas bases de licitación se le nombro “MONORRELLENO DE LODOS” siendo este un sitio preparado especialmente para llevar a cabo en él la disposición final de los lodos provenientes de la Potabilizadora que forma parte de esta misma licitación publica.

De esta manera se espera dar un tratamiento y destino adecuado a los lodos sin que estos afecten de ninguna manera y forma en el medio ambiente.



FOTOGRAFIA 1. Presa Paso de Vaqueros. (JNHA Fotografía “tomada por Joaquín Norberto Haro Alejandre”)



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



1.2. MANEJO DE LODOS EN POTABILIZADORAS EXISTENTES

1.2.1 PLANTA POTABILIZADORA LOS BERROS.

La Planta Potabilizadora Los Berros del Sistema Cutzamala de la CNA, es actualmente la Planta Potabilizadora de agua superficial más grande del país, la cual esta ubicada en los Berros, Estado de México, a 30 Km. de Valle de Bravo.

Los Berros suministra agua potable a un número aproximado de 5 millones de habitantes de la región metropolitana entre el Distrito Federal y el Estado de México.



IMAGEN 1. Localización de la Planta Potabilizadora Los Berros. (Google Earth)



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



La Potabilizadora Los Berros, tiene una capacidad para procesar 20 m^3 de agua por segundo y se encuentra trabajando normalmente a un 80% de su capacidad



IMAGEN 2. Vista satelital de la Planta Potabilizadora Los Berros.(Google Earth)



FOTOGRAFIA 2. Panorámica de la Planta Potabilizadora Los Berros. (CNA)



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Las características del lodo proveniente de una planta potabilizadora dependen del origen del agua cruda y de los sistemas respectivos usados en el tratamiento del agua y del lodo, diferentes procesos de tratamiento generan diferentes tipos y volúmenes de lodo, en una planta particular las características de lodo pueden variar de manera anual, estacional e incluso diariamente.

El Sistema Cutzamala del que forma parte la Planta Potabilizadora de los Berros inicia en las presas de Michoacán, El bosque y Tuxpan, donde inicia el bombeo para llevar el agua cruda a la presa del Estado de México Colorines y de ahí a la planta potabilizadora, y a partir de esta se lleva a cabo la distribución. Además del agua de la presa de Colorines también se bombea el agua de las presas de Valle de Bravo, Villa Victoria, Ixtapan del Oro y Chilesdo, del Estado de México.

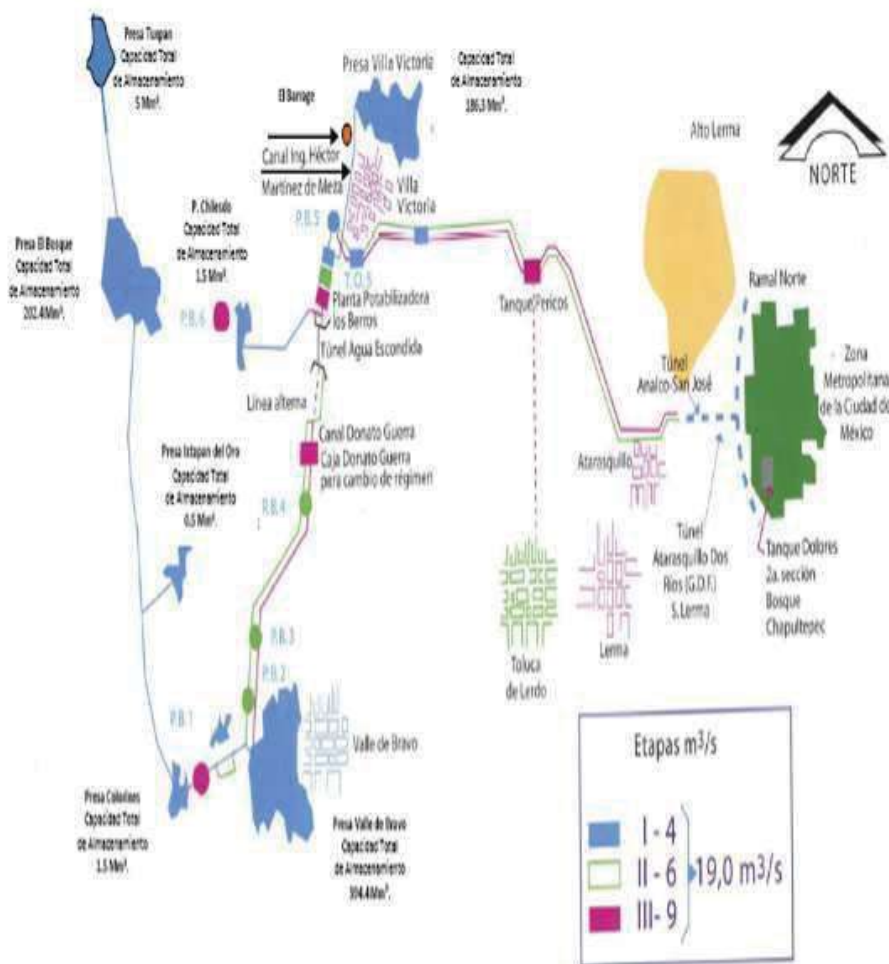


FIGURA 1. Esquema del Sistema Cutzamala. (CNA)

La Planta Potabilizadora de Los Berros cuenta con un tanque para la recepción de aguas crudas y 5 canales Parshall, en este punto se divide en 5 módulos denominados B, C, D, E y F, y cada uno de estos está constituido por dos floculadores, cuatro sedimentadores,



y ocho filtros, también cuenta con dos cárcamos de bombeo de lodos y cuatro tanques espesadores de lodos además de un tanque de recepción de agua de lavado de filtros.

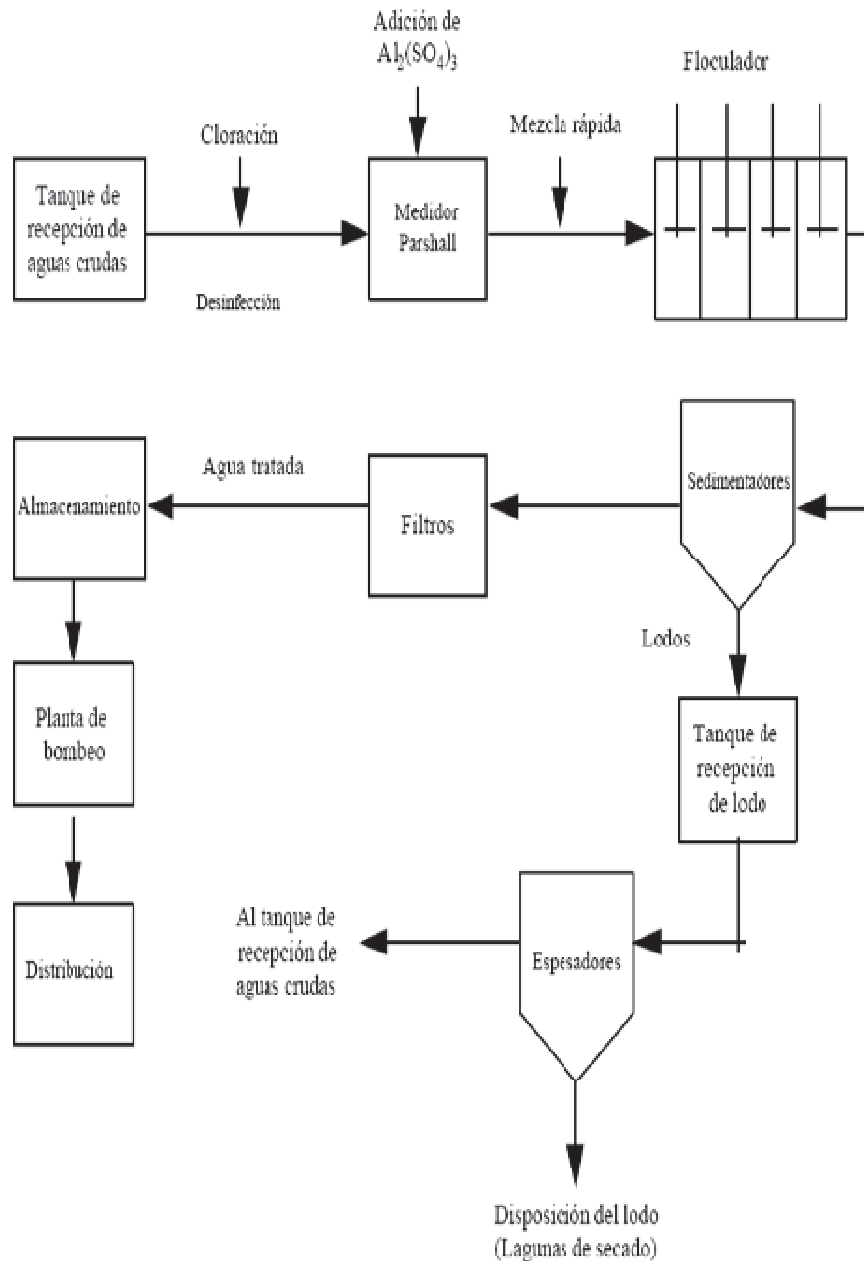


FIGURA 2. Tren de tratamiento de la Planta Potabilizadora Los Berros (Sistema Cutzamala).

Cuando el agua llega a la Planta Los Berros, esta llega al tanque de recepción de aguas crudas, y es a partir de este que el agua es enviada a los canales donde se encuentra el medidor parshall y en el transcurso el agua es clorada, una vez en los canales y el



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



parshall se le agrega Sulfato de aluminio como coagulante llevándose acabo una mezcla rápida.



IMAGEN 3. Taque de recepción de aguas crudas y canales parshall de derecha a izquierda. (Google Earth)



FOTOGRAFIA 3. Canales Parshall de la planta potabilizadora Los Berros (CNA-2007).



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Al pasar por los canales y el parshall el agua es distribuida a los 5 módulos con que cuenta la planta.



IMAGEN 4. Uno de los cinco módulos de potabilización de la planta Los Berros del Sistema Cutzamala (Google Earth)

El agua ingresa a los dos floculadores de cada módulo, para después pasar por los cuatro sedimentadotes, donde de manera continua operan equipos de recolección para los lodos que se generan en los mismos llamados claribac y es en este punto donde se separan los lodos del agua, el agua pasa a través de los sedimentadotes hacia los 8 filtros con que cuenta cada módulo, y los lodos son enviados al tanque de recepción de lodos y de ahí pasan a los tanques espesadores.

En los tanques espesadores el agua es separada de los lodos una vez más, el agua por sobrenadante es enviada de regreso al tanque de aguas crudas, mientras que los lodos son enviados al cárcamo de bombeo de lodos.





DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



IMAGEN 5. Tanque de recepción de agua de lavado de filtros y tanques espesadores de la planta Los Berros del Sistema Cutzamala (Google Earth)



FOTOGRAFIA 4. Tanque espesador de la planta potabilizadora Los Berros del Sistema Cutzamala (JNHA).

El agua después de pasar por los filtros esta lista para ser distribuida para consumo tanto en Toluca como en la Ciudad de México, también está el agua que es captada en el tanque de recepción de agua de lavado de filtros, la cual es bombeada desde aquí hasta el tanque de aguas crudas y los lodos al salir de los tanques espesadores además de los obtenidos por sedimentación el tanque de recepción de agua de lavado de filtros son enviados a un cárcamo de bombeo y de aquí son enviados a la represa de lodos.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



FOTOGRAFIA 5. Disposición de lodos en la represa de lodos de la potabilizadora Los berros del Sistema Cutzamala (CNA)

Actualmente la represa de lodos se encuentra totalmente saturada, lo cual provoca un desbordamiento de lodos hacia otras áreas y por tanto la deshidratación de lodos es ineficiente.



FOTOGRAFIA 6. Represa de lodos de la planta potabilizadora Los Berros (JNHA)

Los lodos compuestos principalmente de materiales removidos del agua cruda, tales como: arcillas, microorganismos y productos de la coagulación química, contienen entre un 93 y 99.5% de agua por lo que constituyen un residuo extremadamente líquido y predominantemente de tipo inorgánico.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Actualmente la planta de Los Berros cuenta con tres tarquinas en las que deposita los lodos, para esto los lodos son enviados a la represa de lodos, donde se lleva a cabo un dragado marino y son bombeados a las tarquinas.



FOTOGRAFIA 7. Tubería de conducción de lodos del dragado a las tarquinas en la potabilizadora Los Berros (JNHA).



FOTOGRAFIA 8. Una de las tarquinas de lodos de la potabilizadora de Los Berros (JNHA).



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Las Tarquinas en la planta potabilizadora Los Berros son rellenos elaborados por medio de una excavación dejando una capacidad de volumen a través de sus bordos libres, el nombre de tarquinas es hasta este momento inexplicable por mi parte ya que en la visita a la planta no supieron darme razón de por qué se les llamo de esa forma.

1.2.2. PLANTA POTABILIZADORA CIUDAD DEL AGUA JUAN SABINES GUTIÉRREZ.

Esta planta se encuentra localizada al margen del río Grijalva, muy cerca del Cañón del Sumidero, con domicilio: Ribera Cahuaré atrás del puente Belisario Domínguez que comunica a Tuxtla Gutiérrez, con Chiapa de Corzo.





DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



IMAGEN 6. Planta Potabilizadora Ciudad del Agua Juan Sabines Gutiérrez. Chiapa de Corzo, Chiapas. (Google Earth).

Esta planta capta el agua directamente del río Grijalva, frente a la isla de Cahuaré aproximadamente a unos 500 metros sobre el puente Belisario Domínguez, cuyo complejo hidráulico fue inaugurado el 4 de septiembre de 2007.

La planta potabilizadora y la línea de conducción son actualmente el complejo hidráulico más importante del sureste del país, equipado con tecnología francesa, la planta potabiliza con una capacidad instalada de 2000 l/s, cuenta con un proceso de pretratamiento dos sedimentadores y un sistema de filtración además de uno de cloración



FOTOGRAFIA 9. Potabilizadora Ciudad del Agua. Chiapa de Corzo, Chiapas. (SMAPA Tuxtla Gutiérrez).

En esta planta el proceso conlleva la floculación y sedimentado, donde el agua sigue por un proceso de filtración y el lodo es separado de la misma y es dispuesto actualmente como relleno donde el terreno no es uniforme dentro de la planta a causa de los trabajos de construcción, en las áreas que actualmente se ha colocado el lodo se ha plantado pasto, el cual se a dado con bastante rapidez y además este presenta muy buena apariencia, por lo que al momento han optado por utilizarlo como relleno y al mismo tiempo para áreas verdes.²

² Ing. Humber Davies Melchor Domínguez. Planta Potabilizadora Ciudad del Agua Juan Sabines Gutiérrez.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



FOTOGRAFIA 10. Disposición de lodos en la planta potabilizadora Ciudad del Agua Juan Sabines Gutiérrez. Chiapa de Corzo, Chiapas).



FOTOGRAFIA 11. Plantación de pasto sobre los lodos con uso de relleno en la potabilizadora Ciudad del Agua Juan Sabines Gutiérrez. Chiapa de Corzo, Chiapas.



FOTOGRAFIA 12. Áreas verdes realizadas con el relleno a base de los lodos generados en el proceso de potabilización y la plantación de pasto sobre estos en la planta Ciudad del Agua Juan Sabines Gutiérrez. Chiapa de Corzo, Chiapas.

1.2.3 PLANTA POTABILIZADORA EL FLORIDO EN TIJUNA BAJA CALIFORNIA

La planta potabilizadora El Florido se localiza en la ciudad de Tijuana a 9 km al Este-Noroeste de la presa Abelardo L. Rodríguez en la elevación 250.00 metros. Dicha planta fue diseñada bajo el esquema de clarificación, filtración y desinfección.

Inicio sus operaciones en septiembre de 1982 con un modulo de capacidad para 2 m³/s y en mayo de 1992 se integro el segundo modulo completando así una capacidad total de 4 m³/s.

El Florido recibe agua del acueducto Río Colorado-Tijuana a través de la presa el Carrizo, y también recibe agua del acueducto Rodríguez-Florido hasta por 2 m³/s.

En septiembre de 2008 El florido inauguro una ampliación con la cual alcanzaría una capacidad total de 5.3 m³/s.

Antes de dicha ampliación la planta trataba caudales del orden de 3.3 m³/s promedio, sin embargo en el verano se alcanzaban picos que llegaban hasta los 4.2 m³/s.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Para ese momento la planta contaba con dos módulos de tratamiento, el módulo I provisto de tanques pulsadores y filtros y el módulo II que opera desde 1993 cuenta solo con filtración directa.

Los tanques Pulsators que se tienen en el módulo I, son equipos de patente Degremont de los que se llaman de contacto de sólidos, su función es flocular y sedimentar en la misma estructura por lo que previamente se dosifica polímero y cloro en la línea de llegada.

Los pulsators de la planta ubicados en el módulo I son cuatro de 15.4 metros de ancho por 20.50 metros de largo. En la entrada tienen una cámara a la que llega el agua y de ahí se reparte por el fondo a todo el tanque para tener un flujo vertical, el agua es recolectada por cuatro canales longitudinales con vertedores triangulares.



FOTOGRAFIA 13. Pulsador del módulo 1, potabilizadora el Florido Tijuana, BCN. (SEYCO "Fotografía proporcionada por La empresa Servicios y Consultores S.C.")

El funcionamiento de estos tanques pulsators es que en fondo se forma un manto de lodos en el que se atrapan los sólidos que trae el agua al entrar por la parte baja del tanque. Para repartir esa agua se tiene un ducto triangular que recorre el tanque en forma longitudinal del cual salen unas tuberías transversales perforadas para repartir el agua en toda la superficie del tanque y tener un flujo vertical dentro del mismo.

Para disminuir las turbulencias de la salida de las tuberías perforadas se tiene sobre estas unos aquietadores, que son en sí dos placas de asbesto cemento unidas longitudinalmente por un lado para formar una cima en la parte alta y una oquedad en la parte baja, con un espacio entre ellas para dejar subir el agua

El agua se recolecta en la parte superior por medio de las canaletas longitudinales ya mencionadas

El caudal teórico de salida en las tuberías perforadas es una parte del tiempo menor que el promedio y otra mayor, en otras palabras el tanque está sujeto a pulsaciones en el manto de lodos y es lo que hace que dentro del mismo se atrapen por absorción la mayor parte de los sólidos floculados aun cuando estos todavía sean muy pequeños.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Cuando el espesor del manto de lodos se ha incrementado demasiado se debe desechar, para lo cual se tiene sobre el ducto de entrada de agua para las tuberías perforadas, un canal interno sobre el extremo lateral del tanque, por el se saca el lodo por medio de cuatro tuberías, las cuales se unen en la galería de tubos que hay entre los pulsators y los filtros. Este lodo era desechado hacia una barranca mediante una tubería por cada dos pulsators.

También se desechaba lodo por medio de desagües de fondo de los pulsators y eran enviados al canal que lleva el agua de lavado de filtros al tanque de recuperación, lo cual les causaba muchos problemas en el sistema de recuperación de agua de lavado de filtros.



FOTOGRAFIA 14. Purga del manto de lodos de los Pulsators, potabilizadora el Florido. Tijuana, BCN. (SEYCO).

En el sistema de recuperación de agua de lavado de filtros se tenía el problema de que además del agua proveniente del proceso de lavado de filtros, que en general presenta pocos sólidos, también llegan los lodos provenientes de los pulsators a través de las líneas de desagües de estos.

Dado el problema y que el cárcamo de recuperación de agua no tiene un adecuado sistema de extracción de lodos esto debe hacerse de manera mensual y de forma manual.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



FOTOGRAFIA 15. Limpieza manual del cárcamo de recuperación de agua de lavado de filtros, potabilizadora el Florido. Tijuana, BCN. (SEYCO)

De igual forma los lodos son descargados a una barranca al igual que los obtenidos por la purga del manto de lodos en los pulsators.



FOTOGRAFIA 16. Descarga de los lodos a la barranca en la potabilizadora el Florido. Tijuana BCN. (SEYCO).



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



FOTOGRAFIA 17. Zona a la que se vertían los lodos de la potabilizadora el Florido. Tijuana, BCN (SEYCO).

En septiembre del año 2008 la planta inauguro una ampliación que incluía todo un modulo de tratamiento con la capacidad $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ el cual incluye un proceso de floculación, sedimentación y filtración además de un sistema de espesado de lodos y deshidratado de los mismos.

Con el sistema de espesado y deshidratado de lodos se corrigieron los problemas en los módulos existentes y se evitó la descarga de los pulsators al sistema de agua de lavado de filtros además de evitar la descarga de los mismos en la barranca.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



IMAGEN 7. Planta potabilizadora el Florido, Tijuana Baca California Norte (Google Earth).



IMAGEN 8. Planta potabilizadora el Florido, Tijuana Baca California Norte (Google Earth).



1.2.4. PLANTA POTABILIZADORA DE SANTA MARIA, MORELIA MICHOACAN.

Al hablar de esta planta, y siendo un moreliano me permito hacer una reseña breve pero significativa en referencia a el abastecimiento de agua a la ciudad de Morelia.

Se cuenta que el Obispo Fray Antonio de San Miguel Iglesias compró en aquellos tiempos la hacienda del Rincón, la que después vendió a un precio de 40, 000 pesos menos de lo que le había costado, por haber dejado en beneficio de la ciudad toda el agua que tenía dicha finca. Dicha agua nace en los manantiales llamados de Carindapaz, el Moral, San Miguel del Monte, y es conducida por una atarjea que sigue las sinuosidades de los cerros del Rincón hasta llegar a la planicie donde comienza la arquería que entra a la ciudad por el oriente.

Se cree que la construcción del acueducto inició en Noviembre de 1785, se sabe que en Junio de 1786 el alcalde regidor D. Isidro Huarte fue nombrado en comisión para que vigilara la obra, y se cree que la obra se terminó en el año de 1789.

El Acueducto se componía de 253 arcos cuyo claro mide 6 varas por 9 en su mayor altura hasta las claves la base de las pilastras es de 2 varas y la caja de la atarjea mide media vara. El agua se conducía a 30 fuentes públicas y a 150 mercedes de agua concedidas a particulares, para baños, establecimientos industriales, el acueducto llegaba hasta la alcantarilla de la plaza de toros.

Dicho acueducto después sería sustituido por uno tubular proponiéndose un ariete hidráulico con cañería de hierro. Referencia tomada del libro Bosquejo de la Ciudad de Morelia. Juan de la Torre, 1883. Edición Impresa en Julio de 1971.

De las obras importantes realizadas por la Comisión Nacional de Irrigación fueron la rectificación de los cauces del Río Chiquito y Río Grande.



FOTOGRAFIA 18. Rectificación del Cauce del Río Chiquito 1936. (Tomado del libro La agricultura de riego en Michoacán. Martín Sánchez.)



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Además en el año de 1940 se inicio la construcción de la presa de Cointzio, los trabajos se iniciaron en Febrero de 1936, en Marzo de 1937 se inicio la construcción del terraplén y revestimiento de la cortina la cual fue concluida en Julio de 1939.



FOTOGRAFIA 19. Trabajos realizados en la Presa de Cointzio 1936 (Tomado del libro La agricultura de riego en Michoacán. Martin Sánchez.).

La presa tenía una capacidad de 84 millones de metros cúbicos, de los cuales 60 millones estaban destinados a obras de irrigación en terrenos próximos a la ciudad de Morelia otros 14 millones serian para la generación de energía eléctrica previniendo el uso de 10 millones de metros cúbicos para azolve del vaso de la presa.

Y después vino la planta potabilizadora localizada en la tenencia de Santa María d Guido la cual vio sus inicios hace 50 años, con una capacidad de 450 l/s mas tarde en 1986 se construiría una ampliación a esta planta para dar una capacidad total de 750 l/s que aunada a los 107 pozos de extracción de agua subterránea abastecían a la ciudad de Morelia, incorporándose en septiembre del año pasado (2009) la planta potabilizadora de La Minzita con una capacidad de 1500 l/s.

Y ahora si centrandó nuestra atención en la Planta Potabilizadora de Santa María de Guido, la planta recibe el agua a través de un canal rectangular de 13.6 km desde la presa de Cointzio.

El agua llega en primera estancia a una caja de pre mezcla donde se le adiciona el sulfato de aluminio como coagulante, de aquí el agua pasa a través de los tanques de mezclado, donde se lleva a cabo el proceso de floculación, y de estos pasa a los tanques sedimentadores donde el agua es captada por canaletas que tienen agujeros de forma circular y a través de estos el agua es vertida y enviada a filtración y los lodos son retirados en el fondo de estos tanques y descargados en la Loma de Santa María.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



FOTOGRAFIA 20. Caja de premezclado de la Potabilizadora de Santa María. Morelia Mich. (JNHA).



FOTOGRAFIA 21. Tanques de mezclado de la Potabilizadora de Santa María. Morelia Mich. (JNHA)



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



El agua es almacenada en la planta por un tanque de recepción del agua proveniente de los filtros estando lista para su distribución a la ciudad.



FOTOGRAFIA 22. Placa localizada en el tanque de aguas claras de la planta potabilizadora de Santa María en Morelia Michoacán, teniendo este una capacidad de 6500 metros cúbicos.

Los lodos son simplemente descargados por un costado de los módulos de tratamiento hacia la loma de Santa María.



FOTOGRAFIA 23. Tubería de descarga de lodos a la loma de Santa María.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



FOTOGRAFIA 24. Lodos Cayendo por la loma de Santa María a la cuneta del calle que baja hasta la Avenida Camelinas. (JNHA).



FOTOGRAFIA 25. Lodos escurriendo por la cuneta del camino a Santa María. (JNHA).



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



FOTOGRAFIA 26. Entrada de los lodos de la cuneta al arroyo que se encuentra dentro del Hotel Real Camelinas. (JNHA).

Los lodos pasan por este punto en el Hotel Real Camelinas y se van atravesando el Parque Zoológico Juárez y finalmente son descargados al Río Chiquito en la Esquina entre la Calzada Juárez con Av. Solidaridad.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



FOTOGRAFIA 27. Descarga de los lodos de la potabilizadora de Santa María al Río Chiquito.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



1.2.5. PLANTA POTABILIZADORA DE LA MINZITA, MORELIA MICH.

El manantial de la Minzita que aflora al suroeste de la Ciudad de Morelia constituye una de las más importantes fuentes de abastecimiento de agua de la ciudad.

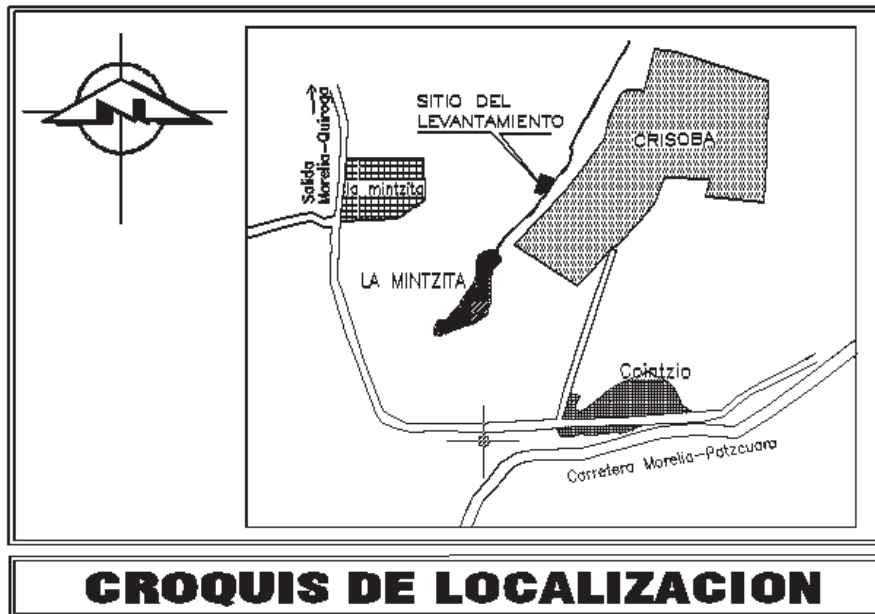


IMAGEN 9. Croquis del proyecto de la Potabilizadora de la Minzita.



IMAGEN 10. Localización de la planta potabilizadora La Minzita (Google Earth).



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Para esta planta se construyo una obra de toma y un cárcamo de bombeo directamente en el manantial.

Se dosifica Sulfato de aluminio y polímero a la entrada del agua, la mezcla se hace en una caja vertedora a la que llega el agua mediante una tubería.

Se tiene un modulo para tratar $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$, el cual cuenta con dos floculadores cada uno para $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$.

El modulo tiene 4 sedimentadores para $0.375 \text{ m}^3/\text{s}$ cada uno, con un ancho de 7.20 metros y una longitud de 40.35 metros, se tiene un tramo inicial de 10 metros en los que no se tienen ni placas para acelerar la sedimentación ni canaletas de efluente, posteriormente se tienen 30.35 metros con placas y canaletas.

Se tiene para cada sección de 7.2 metros de ancho un clari-trac, formado por dos tuberías transversales perforadas que recorren cada una la mitad de la longitud del tanque y es a través de éste sistema que se retiran los lodos.

EL agua de los sedimentadores se junta en un canal al final de los mismos, el cual escurre hacia el centro donde se tiene una zona de mezclado donde se dosifica polielectrolito.

Se tienen filtros de tasa declinante y medio dual formado por 50 cm de espesor de antracita y 25 cm de espesor de arena.

El modulo de $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ tiene 6 filtros para un caudal promedio de $0.250 \text{ m}^3/\text{s}$ cada uno. Cada filtro tiene una cámara con dos secciones y un canal central de retro lavado y utilizan un fondo de tipo Leopold para retro lavado con agua y aire.

El diseño de las instalaciones recupera el agua de lavado de filtros y lo envía al tanque de recuperación de agua de lavado de filtros, donde el agua se deja en reposo para que sedimente y después se bombea el sobrenadante a la entrada de floculadores para incorporarla al proceso, mientras que los lodos se bombean hacia el espesador que también recibe los lodos de los sedimentadores.

Los lodos al llegar al espesador reciben una dosificación de polímero para ayudar a la separación de sólidos y agua así llegan al espesador y posteriormente son enviados a un filtro prensa tipo banda y finalmente se dispone de los sólidos, los cuales según se ha manejado serán dispuestos como material de cubierta para el relleno sanitario de la ciudad.

El agua recuperada del deshidratado de lodos es re circulada al proceso de potabilización.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



FOTOGRAFIA 28. Obra de toma de la potabilizadora de la Minzita. Morelia Mich. (SEYCO).



FOTOGRAFIA 29. Floculadores de la potabilizadora de la Minzita. Morelia Mich.(SEYCO).



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



FOTOGRAFIA 30. Sedimentadores de la planta potabilizadora de la Minzita, Morelia Mich. (SEYCO).





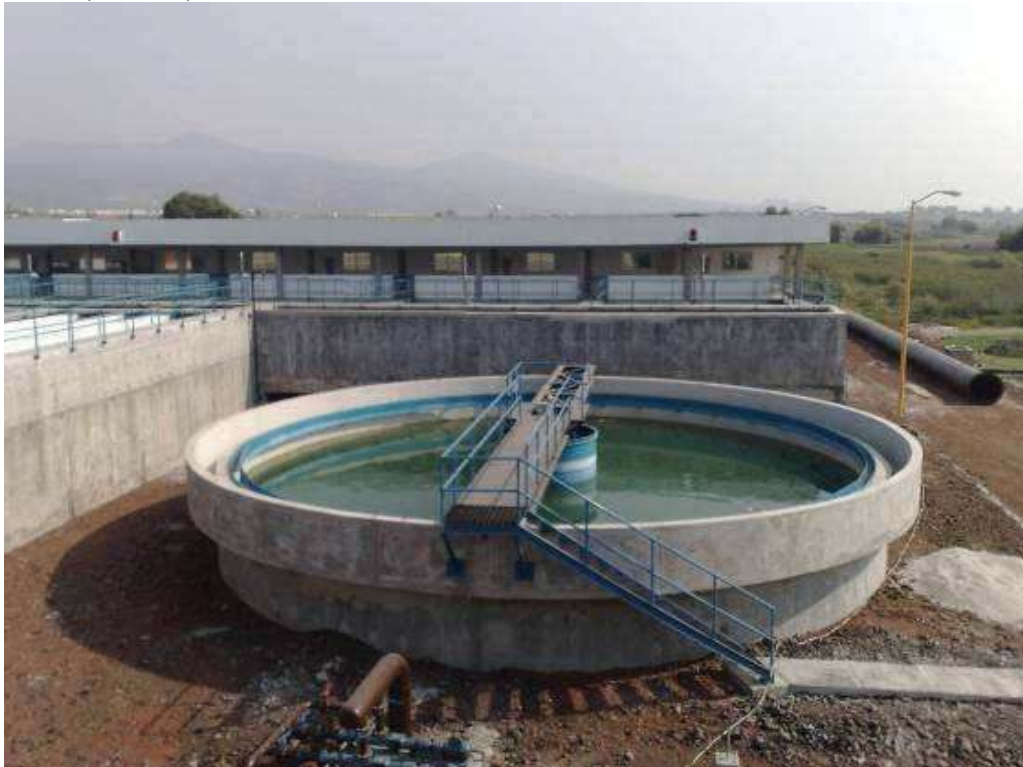
DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



FOTOGRAFIA 31. Motor del dispositivo Clari-Trac en los tanques sedimentadores de la potabilizadora de la Minzita. Morelia Mich. (SEYCO).



FOTOGRAFIA 32. Filtros de tasa declinante de la potabilizadora de la Minzita. Morelia Mich. (SEYCO).





DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



FOTOGRAFIA 33. Tanque espesador en la planta potabilizadora de la Minzita. Morelia Mich. (SEYCO).



FOTOGRAFIA 34. Tolva de lodos en el edificio de deshidratado por medio de un filtro prensa tipo banda.



CAPITULO 2 MARCO DE REFERENCIA.

Lodos, es el nombre que damos al problema en cuestión, pero ¿a qué llamamos lodos? y ¿de dónde provienen? o ¿cómo es que se generan?, pues bien la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, nos da una definición de estos:

Lodos: Sólidos con un contenido variable de humedad, provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales que no han sido sometidos a procesos de estabilización.

De acuerdo con lo que nos señala la definición de los lodos de la Norma, entonces existen los lodos que no han sido sometidos a un proceso de estabilización y los lodos que si lo han tenido a los cuales denomina biosólidos acorde con la definición de la misma Norma.

Biosólidos: Lodos que han sido sometidos a procesos de estabilización y que por su contenido de materia orgánica, nutrientes y características adquiridas después de su estabilización puedan ser susceptibles de aprovechamiento.

La Norma también nos habla de los lodos provenientes del desazolve de sistemas de alcantarillado, es decir sólidos que se extraen de estos sistemas, sin considerar los provenientes de presas o vasos de regulación.

La misma Norma nos hace mención con respecto a la estabilización la cual nos llevará de hablar de lodos a referirnos a biosólidos, y menciona que esta puede ser a través de procesos físicos, químicos o biológicos y de esta manera se acondicionan los lodos para su aprovechamiento o disposición final y de esta manera se evitan o reducen los efectos contaminantes al medio ambiente.

La Norma menciona la estabilización alcalina que consiste en añadir la suficiente cal viva (Óxido de calcio CaO) o cal hidratada (Hidróxido de calcio CaOH_2) o equivalentes, a la masa de lodos y biosólidos para elevar el PH.

Posteriormente se hace la disposición final, que no es otra cosa si no depositar los lodos y biosólidos de manera permanente en sitios autorizados.

Los lodos aparte de ser dispuestos en sitios autorizados, también según la Norma, una vez se hayan estabilizado, pueden los biosólidos ser utilizados para mejorar las características físicas, químicas o microbiológicas de algún terreno.

En general podemos hablar de lodos provenientes de muchos procesos como se puede apreciar en la norma oficial mexicana NOM-SEMARNAT-052, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.



En los listados de residuos peligrosos podemos apreciar una gran variedad de lodos como ejemplo están algunos de los siguientes tomados de la lista de la Norma ya mencionada:

- Lodos del tratamiento de aguas residuales en la fabricación, formulación y carga de los compuestos iniciadores base plomo.
- Lodos de tanques de almacenamiento de hidrocarburos.
- Lodos del tratamiento de aguas residuales en la producción de cloro (proceso de celdas de mercurio).
- Lodos de los baños de anodización del aluminio y lodos de tratamiento de aguas residuales del revestimiento de aluminio por conversión química.
- Lodos de la destilación de solventes.
- Lodos del tratamiento de aguas residuales en la producción de baterías plomo-acido.
- Lodos del tratamiento de aguas residuales en la producción de baterías níquel-cadmio.

Estos son solo algunos de los lodos que enumera la Norma Oficial Mexicana, dentro de esta no encontramos los lodos provenientes de las aguas de uso domestico o comercial así como tampoco se habla de los lodos provenientes de la potabilización de agua, por lo que estos lodos son clasificados con base a la lista de residuos peligrosos por fuente especifica y con base en la cantidad de estos residuos presentes en los lodos que se determina su peligrosidad.

De manera más general nos corresponde hablar de lodos, pero para el caso particular hablamos de lodos provenientes de la potabilización de agua, mas ¿cuál es la diferencia de estos con respecto a los provenientes del tratamiento de aguas residuales de uso domestico o comercial?

Para esto describiremos las características generales de estos lodos, provenientes de los procesos de tratamiento más generales utilizados en nuestro país.

LODOS PRODUCTO DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA.

Hasta hace no mucho tiempo, la atención hacia lo que llamamos lodos era algo que no se realizaba, estos eran simplemente descargados en cauces, ríos, lagos, lagunas, y hasta en terrenos, cañadas y barrancas, sitios que no representaran un problema para nadie, o dicho de otra manera, que nadie presentara una queja por esto, es decir que no molestara y afectara a nadie. Las plantas potabilizadoras solo se concentraban en el producto “agua potable” el problema aquí es que potabilizar agua tiene una consecuencia, la separación de la misma con respecto a la materia que se encuentra en suspensión o incluso disuelta, y dicha materia se convierte en un volumen de lodo que se encuentra prácticamente en estado liquido, lo que los convierte en un problema por su poca manejabilidad, y es este el desecho o subproducto en el proceso de potabilización de agua.

Los lodos provenientes de plantas potabilizadoras no serán otra cosa sino las sustancias que ya llevaban las aguas naturales por lo que el lodo obtenido será simplemente el producto



retirado del agua natural de la fuente, la cual puede ser de un manantial, una presa etc., por lo que éstos serán el mismo material que viene en suspensión así como las sustancias disueltas sobre el agua. Además de los elementos que trae el agua se le adicionan productos químicos que se agregan para tratarla, los cuales no pueden ser nocivos, si no el producto final no sería agua potable.

Establecido de donde proviene este lodo es importante entonces conocer cuáles son los tipos de materiales que pueden venir en suspensión o disueltos en el agua natural proveniente de la fuente.

Primero para que dicha fuente, ya sea un manantial, una presa, lago o río, estamos hablando de una fuente a la que previamente se le hicieron estudios para determinar su calidad en estado natural y con base a esto se determinó su factibilidad para poder usar dicha fuente de agua en un proceso de potabilización.

Para esto determinaremos a que llamamos agua potable, pues bien se considera agua potable o de consumo humano aquella que puede ser consumida sin restricción, el agua potable no debe contener sustancias ni microorganismos que puedan dañar a nuestra salud.

En el proceso de potabilización se van eliminando los elementos en suspensión o disueltos en el agua y estos van formando lo que llamamos lodos, además de estos elementos también van quedando los residuos de los elementos químicos agregados durante el proceso y que también se encontrarán presentes en los lodos.

De acuerdo con lo anterior consideramos que los materiales los lodos generalmente se van obteniendo de la siguiente manera en el proceso de potabilización:

En el proceso de coagulación, generalmente obtenemos óxidos hidratados de aluminio además de materias de naturaleza orgánica e inorgánica que fueran arrastrados por el agua y siendo estos de manera general estables y no putrescibles.

En general la materia arrastrada por el agua es de tipo inorgánica como lo son arcillas, arenas finas y limos, los cuales no son de ninguna manera contaminantes potenciales, es mas, no son contaminantes.

Los lodos procedentes del lavado de filtros son prácticamente igual al anterior con la única diferencia de su más baja concentración.

Los lodos provenientes del espesamiento de lodos pueden considerarse como poco concentrados y se podría decir que son lodos de hidróxidos, ya que el hidróxido de aluminio es uno de sus principales componentes.

Todo esto es dependiente de la calidad del agua cruda proveniente de la fuente de abastecimiento, dependiendo de su turbiedad, color, materia orgánica y la presencia de metales como hierro y manganeso además de las dosis de coagulante y otros reactivos que se utilicen para su potabilización.



No debemos olvidar que el agua que es separada del lodo y recuperada del lavado de filtros así como el agua obtenida y recuperada en el proceso de deshidratado de lodos es recirculada al proceso de potabilización, muestra clara de que el lodo no es un contaminante pues de otra forma dicha agua recuperada de los lodos no debería ser introducida de nuevo al proceso de potabilización.

Hoy en día se hace consciencia de que el agua se está terminando, y cada vez tenemos que aprovecharla más, hace algunos años las planta potabilizadoras no pensaban en los lodos y mucho menos en el agua que desechan con estos, y por ende no pasaba por su mente la alternativa de aprovechar esta agua exprimiendo los lodos para así recuperarla.

Por lo tanto no podemos darnos el lujo de desperdiciar esa agua contenida en los lodos, así que una vez separada ésta de ellos en el proceso de potabilización, es recirculada al proceso y así esta no se desperdicia. Los lodos también reciben un tratamiento, que consiste en la adición de polímero para ayudar a la separación de los sólidos del agua y esto aunado a un deshidratado de lodos en general consistente en una centrifuga o un filtro prensa tipo banda nos da como resultado un lodo con cierta consistencia y el agua obtenida es llamada agua recuperada la cual será recirculada al proceso de potabilización.

De manera general estos lodos son no peligrosos, pero no solo no son peligrosos, si no que no son contaminantes.

En general estos lodos son descargados en cuerpos de agua como lo son los ríos sin tener un proceso de deshidratado, sin embargo estos generan un problema que no tiene nada que ver con la contaminación y es el hecho de que comienzan a azolvarse y producen depósitos en los tramos lentos de los cauces y de esta manera aumentan la turbiedad y color de esas aguas y éste es el problema medio ambiental que hay que considerar por lo que se requería retirar los sólidos antes de verterlo en los cauces, pero verter el agua obtenida al retirar los sólidos es tirarla y es por eso que esta se recircula al proceso de potabilización, quedándonos un problema, los lodos. El problema es que hacer con estos lodos.

Se ha hablado incluso de aprovecharlos para la elaboración de materiales cementantes como morteros, para lo cual el Instituto de Ingeniería de la UNAM desarrolló un estudio sobre esto y concluyo que los lodos provenientes de una planta que utiliza sulfato de aluminio como coagulante son un material que posee alto potencial para ser utilizado en materiales para la construcción.

LODOS PROVENIENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Estos lodos son obtenidos en el tratamiento de aguas residuales, aguas provenientes de los drenajes, usos domésticos e industriales.

Las aguas del drenaje son en sí aguas que pueden arrastrar una serie de sustancias químicas en solución, las de uso doméstico también llamadas aguas negras o urbanas y las aguas industriales obviamente provenientes de actividades industriales, pueden contener



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



sustancias similares a las de uso doméstico, sin embargo pueden aparecer elementos propios de alguna actividad industrial y el agua podría contener elementos tóxicos, iones metálicos, productos químicos, hidrocarburos detergentes etc.

Independientemente del tratamiento que se le dé al agua residual el objetivo es la depuración y por tanto la reducción o eliminación de los agentes contaminantes, lo cual depende del uso para el que se pretende destinar dicha agua

Los lodos entonces son en sí toda esta materia orgánica y residuos químicos, elementos tóxicos, materia volátil, en éstos lodos podemos encontrar desde materia orgánica, vegetales, frutas, papel en fin organismos patógenos que pueden suponer un riesgo sanitario si su disposición final no es adecuada.

Este lodo es pues un producto que presenta malos olores, descomposición, y la atracción de vectores de manera general y podría presentar problemas por lixiviados de acuerdo a los elementos y sustancias tóxicas o químicas encontradas en él, sin embargo estos lodos al recibir un tratamiento adecuado pueden ser destinados para:

- Utilización en la agricultura
- Recuperación de terrenos agotados
- Compostaje
- Rellenos de terrenos, escombreras, e incluso como material de cubierta en rellenos sanitarios.

Dada la naturaleza de estos lodos se presenta el problema de descargarlos sin ningún tratamiento en tiraderos a cielo abierto ya que se puede incurrir en la contaminación del suelo, agua subterránea y la atracción de vectores (insectos, ratas, carroñeros, etc.) generando problemas de contaminación y salud pública.

Debido a la diferencia existente entre los lodos provenientes de plantas potabilizadoras y plantas de tratamiento de aguas residuales se aprobó no hace mucho tiempo la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 para lodos y biosólidos, para así poder clasificar los lodos provenientes del desazolve de sistemas de alcantarillado urbano o municipal así como el correspondiente a la operación de plantas potabilizadoras y plantas de tratamiento de aguas residuales y así darles una disposición final adecuada contemplando que no es lo mismo el lodo proveniente del tratamiento de agua residual que el lodo proveniente de la potabilización de agua cruda.

Para el caso particular de este proyecto estamos hablando de lodos provenientes de una presa recientemente construida con el fin de almacenar el agua para abastecer a San Luís de la Paz entre otros poblados aledaños por medio de un sistema de potabilización del tipo generalmente utilizado en nuestro país y del que ya se ha mencionado anteriormente, por lo que dicho de otra manera estamos hablando de lodos producto de la potabilización de aguas superficiales que no presentan contaminantes de alto riesgo como lo es el arsénico o el mercurio entre otros, y no requiere de un proceso de potabilización especial además los lodos se pueden considerar de manera general no peligrosos.



2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.

En primera instancia para el proyecto se definen las bases sobre las cuales este se deberá de llevar a cabo, siendo esta la información inicial, encontramos la información básica en los documentos de licitación expedidos por el CEAG (Comisión Estatal del Agua del Estado de Guanajuato), en la sección 00700, referente a los criterios de evaluación de propuesta económica, la cual nos menciona que el volumen de agua a potabilizar será de 648,000 m³/mes y que dicho volumen permanecerá constante durante el periodo de evaluación, el cual será de 20 años.

En dicha sección también podemos encontrar una mención que maneja que de los 20 años de evaluación, el primero se considera de construcción y los siguientes 19 de operación.

En la sección 01825 de los documentos de licitación se hace referencia a los criterios de diseño del monorrelleno de lodos, definiéndolo a este como el sitio de confinamiento y disposición final de dicho subproducto de la potabilización del agua, el cual se menciona se construirá para un periodo de vida útil de 5 años. Sin embargo en reunión con el CEAG se manifestó que el proyecto deberá ser planteado para cubrir 20 años de vida útil igualando así el periodo de vida útil de la planta potabilizadora, y que dicho proyecto deberá contar con una primera etapa para 5 años, y después otras tres etapas en las cuales cada una será para un periodo de 5 años y de esta manera alcanzar un periodo de operación de 20 años.

En dicha sección de criterios de diseño para el monorrelleno de lodos se solicita apegarse a la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección sitio, diseño, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Además de apegarse a la Norma anterior esta misma norma nos señala que debemos consultar y apegarnos de igual manera a la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de residuos peligrosos, y al seguir esta Norma, y dado que para nuestro caso nos referimos a lodos producto de plantas potabilizadoras, y al buscar dicho residuo en sus listados hemos encontrado que los lodos y biosólidos se encuentran regulados por la NOM-004-SEMARNAT-2002, según consta en la el apartado 6.3.1 de la NOM-052-SEMARNAT-2005, por lo que también se tuvo que considerar dicha Norma (NOM-004-SEMARNAT-2002), la cual hace referencia a Protección ambiental, lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento final.

Una vez contenida la información de cuáles son las características del proyecto y la normatividad a que dicho proyecto se debe de apegar, se procedió a localizar el sitio destinado para esta cuestión en la carta topográfica del INEGI F14C35 y posterior a eso se realizó la topografía del sitio. El laboratorio de materiales de la Universidad de Guanajuato se encargó de hacer un estudio de mecánica de suelos por medio de un sondeo de pozo a



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



cielo abierto y posteriormente un laboratorio particular realizó dos sondeos más por medio de pozos a cielo abierto.

Para tener un criterio sobre el comportamiento de los lodos, se solicitó apoyo a la planta potabilizadora El Florido de la ciudad de Tijuana y también a la planta potabilizadora de nombre Ciudad del Agua, Juan Sabines Gutiérrez, localizada en Chiapa de Corzo, Chiapas, recibiendo de estas una muestra de sus lodos producto de la potabilización y de esta manera se realizaron pruebas a estos lodos tanto de sus características en el estado en que salen de la planta como con la adición de cal como estabilizante.

También la planta potabilizadora Los Berros del sistema Cutzamala dio su apoyo permitiéndonos visitar y ver las características de los lodos producto de la potabilización, en dicha planta los lodos son bombeados sin un proceso de deshidratado a la laguna de lodos, en la cual se realiza un dragado y de aquí son enviados a las tarquinas, siendo estas últimas el sitio de disposición final de los lodos, las cuales consisten en una excavación en sitio generando así un volumen para disposición delimitado por sus bordos y que es cubierto por una geomembrana para tener una impermeabilización tanto en el fondo como en los bordos y ser este el lugar donde se depositan los lodos.



FOTOGRAFIA 35. Una de las tarquinas de lodos de la potabilizadora de Los Berros (JNHA).



En la visita a la planta potabilizadora de los berros pudimos observar el comportamiento de los lodos dispuesto en las tarquinas y también apreciar la manejabilidad de estos una vez secos.

Con toda esta información como antecedente y los datos propios de la planta potabilizadora de San Luis de la Paz que actualmente se encuentra en construcción, se desarrolla el diseño del Monorrelleno para disposición final de los lodos que se generen en la ya mencionada planta potabilizadora.

2.2 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE LODOS.

Consideraciones sobre la mejora de floculación de Kawamura S. (Junio 1976).

Manejo y disposición de lodos.

Propósito. Los lodos producidos por plantas de tratamiento de agua están clasificados como lodos químicos y consisten primordialmente en materia inerte. Este es un producto del proceso de tratamiento, y hasta 1980 las plantas regresaban este producto aguas abajo de la fuente de consumo. Legislaciones federales y estatales de los países de primer mundo clasificaron a la mayoría de estos lodos como contaminantes y prohibieron su disposición en las fuentes de agua.

La mayoría de los procesos de tratamiento para la potabilización del agua utilizan sulfato de aluminio como coagulante, y por lo tanto es común referirnos a el lodo como óxidos hidratados de aluminio, estos lodos considerados óxidos hidratados de aluminio son difíciles de deshidratar.

Consideraciones:

- A. Control de la contaminación del agua.
- B. Estimación de la tasa de producción de lodos.
- C. Características de los lodos.
- D. Métodos para reducir al mínimo la tasa de producción de lodos.
- E. Métodos de deshidratado.
- F. Disposición final de los lodos.

El caso que nos ocupa en este momento es la consideración B, la cual hace referencia a la estimación de la tasa de producción de lodos según Kawamura S.

B. ESTIMACIÓN DE LA TASA DE PRODUCCIÓN DE LODOS.

Es difícil estimar la tasa de producción de lodos, si no se cuenta con métodos concretos para predecir los picos de turbidez del agua así como los datos de las dosis químicas para su tratamiento. Sin embargo varias fórmulas empíricas pueden ser empleadas.



Para esto se recomienda seleccionar los parámetros técnicos que sean similares a las condiciones de funcionamiento, como los que se muestran a continuación.

- Tasa de producción de lodos secos de óxido de aluminio (lb por cada millón de galones de agua tratada) = [Dosis de aluminio (mg/l) x (0.26 x 8.34)] + [Turbiedad del agua cruda (ntu) x 1.3 x 8.34]

El valor de 1.3 es la relación entre los sólidos totales suspendidos (mg/l) y la turbidez (ntu). Esta relación oscila entre 1.0 a 2.0

El valor 8.34 es el valor utilizado para la conversión de unidades pues este valor resulta de la división de 1 galón entre una libra:

1 galón = 3.785 litros.

1 libra = 0.454 kg.

$$3.785/0.454 = 8.337 \text{ --- } 8.34$$

El valor 0.26 es una constante que se utiliza de manera empírica para la determinación de la tasa de producción de los lodos por coagulante en el caso de ser sulfato de aluminio.

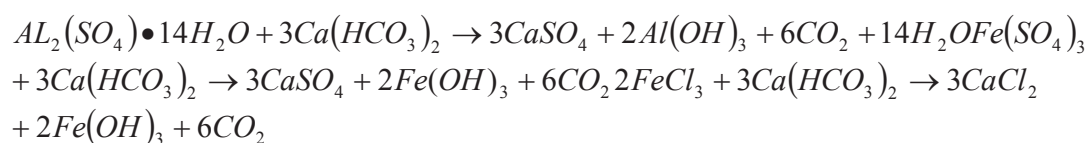
Tasa de producción de lodos secos de sulfato férrico (lb por cada millón de galones de agua tratada) = [Dosis de sulfato férrico (mg/l) x (0.54 x 8.34)] + [Turbiedad del agua cruda (ntu) x 1.3 x 8.34]

El valor 0.54 es una constante que se utiliza de manera empírica para la determinación de la tasa de producción de los lodos por coagulante en el caso de ser sulfato férrico.

Tasa de producción de lodos secos de cloruro férrico (lb por cada millón de galones de agua tratada) = [Dosis de cloruro férrico (mg/l) x (0.66 x 8.34)] + [Turbiedad del agua cruda (ntu) x 1.3 x 8.34]

El valor 0.66 es una constante que se utiliza de manera empírica para la determinación de la tasa de producción de los lodos por coagulante en el caso de ser sulfato férrico.

Las ecuaciones anteriores están basadas en la siguiente ecuación química:





Según el manual de orientación de la EPA (Enhanced coagulation and precipitate Softening) por sus siglas en inglés o Coagulación mejorada y precipitación ablandada, tres grados de hidratación es químicamente necesario para obtener hidróxido de aluminio en los residuos cuando se utiliza el proceso de coagulación mejorada.

El manual mencionado también muestra que la tasa de producción de lodos seco por cada millón de galones de agua tratada por el proceso de coagulación mejorada puede ser establecida por la ecuación:

$$8.34 \bullet [DosisAluminio(mg / L) + TOC(mg / L) + (1.5 \bullet Turbidez(ntu)) + A]$$

En la ecuación “A” Representa el químico usado adicionalmente (mg/L)

La tasa de producción de lodos depende en gran medida de la calidad del agua cruda, la cual es controlada por las condiciones del tiempo cada año, por lo tanto las fórmulas más elaboradas para la tasa de producción de lodos no significa que sean mejores.

La tasa anual de producción de lodos debe calcularse utilizando las cifras medias de turbidez, la dosificación de coagulante y el caudal de la planta a excepción de un mes en el que se presente una alta turbidez.

En el caso de la producción de lodo por ablandamiento con cal, la tasa de producción es en gran medida función de la dureza del agua cruda y el nivel de dureza del suavizado. La fórmula básica para determinar el tipo de lodos de cal en libras por millón de galones de agua tratada es:

$$8.34 \bullet (2.0Ca + 2.6Mg + SS)$$

Donde Ca es la dureza del calcio eliminado como $CaCO_3$ (Carbonato de Calcio) en mg/l, Mg es la dureza de magnesio eliminado como $CaCO_3$ en mg/l y SS son los sólidos en suspensión en el agua cruda en mg/l, en general de 2 a 3 mg/l de sólidos será producido por cada mg/l de dureza removidos, por lo tanto un índice medio de cal de producción de ablandamiento se puede estimar como sigue:

Tasa de producción de lodos secos de cal (lb por millón de galones de agua tratada) = $2.5 \times 8.34 \times$ total de dureza removida como $CaCO_3$ (mg/l).

2.3 PROCESAMIENTO PREVIO DE LODOS.

Los lodos que se producen en la planta potabilizadora corresponden a los de los sedimentadores y los lodos de los tanques de recirculación de agua de lavado de filtros.

Para el deshidratado de los lodos se propone mandarlos primero a un espesador de gravedad, previa dosificación de polímero para ayudar a la separación de sólidos y agua,



posteriormente se mandaran a un filtro prensa tipo banda y la disposición final se deberá realizar en el monorrelleno de lodos.

El procesamiento de lodos consistirá básicamente en separarlos del agua tratada para retirarle la humedad y disponerlos en forma solida en el sitio denominado Monorrelleno de lodos.

Se dosificará policloruro de aluminio y polímero para el proceso de coagulación y floculación y también se adicionará cloro para proteger a los tanques del proceso de crecimiento de algas, además de cumplir también con la función de oxidar el hierro y manganeso que trae en exceso el agua.

TANQUE DE AGUAS CRUDAS

Se encuentra en construcción actualmente el tanque de aguas crudas cuya capacidad útil es de 3,600 m³ que corresponde al caudal medio de 250 l/s durante un periodo de 4 horas, su función es la de almacenar el agua que llega a la planta, y su capacidad está pensada para poder detener la operación de la planta de bombeo del influente durante las horas de demanda pico de energía eléctrica y utilizar durante este periodo de tiempo el agua almacenada en este tanque.

En la entrada de este tanque se tendrá la precloración que además de proteger del crecimiento de algas en los tanques también se utilizará para oxidar el hierro y el manganeso en exceso que trae el agua por lo que se tendrá descarga sumergida agitada con un mezclador eléctrico.

A este tanque llegará también el agua proveniente del deshidratado de lodos así como el agua recuperada de lavado de filtros.

CAJA DE MEZCLA

Para realizar la mezcla del agua del influente con las soluciones de policloruro de aluminio y polímero se construye actualmente una caja con vertedor controlado para producir el gradiente de mezclado. Para bifurcar el caudal se tiene en la caja dos vertedores que a partir de ese punto dividen el proceso para tener dos floculadores y dos sedimentadores.

FLOCULADORES

El modulo tendrá dos floculadores, cada uno para 0.125 m³/s nominales que se ven incrementados con el agua recuperada y recirculada.

Se tendrán cinco cámaras de floculación con mamparas que harán que el agua escurra en zigzag de arriba hacia abajo y abajo hacia arriba en forma alternada.



SEDIMENTADORES.

Se tendrán dos Sedimentadores, uno para cada floculador. Para el paso del agua de cada uno de los floculadores a los sedimentadores se tendrá una mampara perforada para no aumentar el gradiente de la última cámara del floculador, lo anterior evitará que en un paso brusco se pudiera romper el flóculo que se tiene formado, ya que los flóculos pasan con baja velocidad y en forma repartida.

La sedimentación será del tipo acelerada, mediante módulos tubulares, la tasa superficial equivalente con la que se diseñó fue de $147 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$, lo cual queda dentro de las recomendaciones de la literatura especializada, por ejemplo Kawamura especifica de $120\text{-}211 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ y además es lo que recomiendan los fabricantes de los módulos.

El sedimentador de $0.125 \text{ m}^3/\text{s}$ tendrá un ancho de 9.15 m y una longitud de 13.40 m , en su tramo inicial de 1.20 metros de longitud no se tendrán canaletas para sobrenadante ni tampoco módulos de alta sedimentación, en su lugar en este tramo inicial del tanque se ubicará el mecanismo de remoción de lodos. El tramo inicial ya mencionado de 1.20 metros estará delimitado por una mampara de concreto que obligara al flujo de agua a pasar por debajo de esta hasta un nivel mas bajo que el nivel de ubicación de los módulos de alta sedimentación.

De esta manera se pasa a un segundo tramo en el tanque de 12.20 metros de longitud y el cual contara con canaletas para sobrenadante y módulos de alta sedimentación, lo anterior es con el objeto de que los lodos tiendan a irse por la parte baja del tanque y se extraigan más fácilmente.

Por cada sección de 9.15 m de ancho se tendrá un equipo colector sumergido de lodos que recibe el nombre de Clari-Trac, el cual consiste en un tubo con perforaciones a lo largo y que se hace deslizar por el fondo del tanque montado sobre un riel. El equipo se encuentra conectado a una manquera flexible que le permite trasladarse a lo largo del tanque accionado por un cable conectado a un motor que lo hace trasladarse de ida y regreso. Su función será la de retirar el lodo del fondo del tanque a manera de aspiradora y lo enviará al cárcamo de bombeo de lodos.

El agua de los dos sedimentadores se junta en un canal que se encuentra al final de los sedimentadores y consiste en un canal transversal al módulo que escurre para repartir el agua a los seis filtros que se tienen en el módulo.

FILTROS

Para hacer la filtración se proponen filtros de tasa declinante y de medio dual formado por 45 cm de espesor de antracita y 30 cm de espesor de arena.

Cada filtro estará formado por una cámara y un canal lateral de retrolavado. Los filtros son de tasa declinante y el fondo utilizado es de tipo Leopold para retrolavado con agua y aire.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



El retrolavado se hace por gravedad con el agua que filtran los otros 5 filtros que siguen trabajando, el agua entra por el mismo ducto por el que sale el agua filtrada cuando están en esa fase de operación, a ese mismo ducto entra el aire para el retrolavado, para posteriormente entrar al filtro a través del bajofondo Leopold para repartirse a lo largo y ancho del filtro.

La planta tiene un caudal de diseño de 250 l/s, para la filtración se diseñaron 6 filtros de 2.73 m de ancho por 6.40 m de largo, es decir un área de 17.47 m². El retrolavado se propone con una tasa de 1,056 m/d, por lo que se requiere un caudal de 214 l/s. Por lo tanto cuando la potabilizadora trabaje a su capacidad de diseño no se tendrán problemas para retrolavar un filtro con el caudal que llegue a la planta.

TANQUE DE RECUPERACIÓN DE AGUA DE LAVADO DE FILTROS (TRALF).

El diseño de las instalaciones de recuperación de agua de lavado de filtros se basó en una carrera de filtración de 24 horas y en la secuencia de lavado que se propuso de acuerdo a su frecuencia, previéndose en la capacidad de tanque y bombas que pudiera ser en emergencias hasta por un mínimo de 12 horas.

La carrera de los filtros esperada la mayor parte del tiempo, estará en 24 horas; las instalaciones de recuperación de agua deben hacerse para esa carrera, esto representa que para los 6 filtros que forman el Módulo se tendría un lavado por día de cada filtro, es decir en un día se tendrán 6 lavados de filtro, uno cada 4.0 horas.

Si tomamos en cuenta que por la secuencia de lavado se tendría la descarga del agua de lavado de un filtro durante 8 minutos cada 4 horas para esa carrera, debiendo considerar además el vaciado del filtro.

La velocidad de lavado de 1,056 m/d multiplicada por los 17.47 m² de cada filtro corresponde a un caudal de 0.214 m³/s, el tiempo que se puede mantener en un lavado es de 10 minutos incluyendo el agua de vaciado de un filtro, esto arroja un volumen total de 128.12 m³. Este volumen se descargaría cada 4 horas.

El otro volumen de entrada que tiene este tanque es el agua de desecho del espesado y deshidratado de los lodos que comprende 69.36 m³/d que se retiran en el espesamiento, 6.59 m³/d que corresponden al deshidratado y además 59.38 m³/d del agua que se utiliza para el lavado de las bandas. Todo ese volumen corresponde a 135.33 m³/d que se descargarán durante los 5.5 horas que se tendrá en promedio de tiempo diario de espesado y deshidratado de los lodos en un equipo conjunto, lo que corresponde a un caudal promedio de 6.83 l/s.

El horario que se propone para el deshidratado de los lodos es todos los días de las 8:00 a las 13:30 horas.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Los lodos del TRALF se almacenarían en el fondo concentrarse con un equipo colector sumergido de lodos Clari-trac y serán enviados por gravedad al cárcamo de bombeo de lodos, para alcanzar un volumen de 23.08 m³/d.

Como la entrada principal a este tanque corresponde al agua de lavado de filtros que se presentará cada 4 horas, se considerará que la descarga de lodos del TRALF hacia el Cárcamo de Bombeo de Lodos y el bombeo de recirculación de agua se hace también en un ciclo de 4 horas.

Para poder almacenar los volúmenes que se mencionan el TRALF tendrá un ancho de 6.85 m, una longitud de 13.70 m y una profundidad útil de 3.5 m. Para concentrar y extraer los lodos se utilizará el equipo denominado Clari-Trac anteriormente.

CÁRCAMO DE BOMBEO DE LODOS

El cárcamo de lodos es un tanque de forma cuadrada de 5.10 metros por lado, el cual se encuentra adosado al TRALF, donde el lodo tendrá salida por una tubería hacia dicho cárcamo en el que se encontraran las bombas que enviaran el lodo al sistema de espesamiento y deshidratación.

Los lodos saldrán del TRALF en 6 tandas por día de 3.85 m³ cada una para alcanzar un volumen diario de 23.08 m³. Adicionalmente a ese volumen se tendrán los lodos provenientes de los sedimentadores que corresponden a 54.43 m³/día y serán descargados con un caudal de 5.7 l/s durante un tiempo de 2.6525 horas, empezando a las 8:00 horas todos los días.

El bombeo de lodos hacia el sistema Espesador-Filtro Banda se realizará durante 5.5 horas, es decir de las 8:00 horas a las 13:30 horas. Las bombas serán para un caudal máximo de 3.92 l/s, teniendo dos en operación y una en reserva. El volumen de lodos que se maneja en dicho cárcamo será de 77.51 m³/día

ESPESAMIENTO Y DESHIDRATADO DE LODOS

Las características de los lodos que entran a este sistema son los siguientes:

Peso promedio por día de sólidos 388.11 kg/d
Concentración de sólidos 0.50 %
Volumen de lodos 77.51 m³/d

Antes de entrar al sistema de espesamiento a los lodos se les dosificará polímero en una cantidad que se espera sea 6 kg/Ton, pero cuya cantidad y tipo de polímero se deberá determinar mediante pruebas que realice quien suministró el equipo al ponerlo a funcionar cuando se empiecen a generar lodos.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Se considera que en el espesamiento se tiene un 85% de captura de sólidos y se logra una concentración de 4%, por lo que a la salida de espesamiento se tendría un volumen de 8.15 m³/d.

En el deshidratado de lodos se tiene un 90% de captura de sólidos y una concentración de sólidos del 18%.

Como ya se comentó al sistema de Espesamiento y Deshidratado de Lodos entrarían 77.51 m³/d, de los que se retirarían como agua extraída 69.36 m³/d en espesamiento y 6.59 m³/d en deshidratación, que de hecho por ser el mismo dispositivo se tendrían 75.95 m³/d que salen como agua retirada. Por lo que se tienen como lodos deshidratados al 18% de sólidos un volumen de 1.56 m³/d.

A este sistema entraría también el agua que se utiliza para el lavado del filtro banda, el cual es un caudal de 3 l/s, que durante las 5.5 horas corresponde a un volumen de 59.38 m³/d. Por lo que el agua que sale de este sistema es de 135.33 m³/d, que se llevan al TRALF para incorporarse nuevamente al proceso del agua al enviarse finalmente al Tanque de Agua Cruda.

El sistema de Espesamiento y Deshidratado de Lodos es un sistema combinado de la marca EMO Configuración Corta Mesa de Espesamiento y Filtro Banda Serie Omega 120 CC, ambos con ancho de banda de 1.20 m.

Junto con este sistema se suministrará también la bomba de lavado de bandas marca GRUNDFOSS Centrífuga vertical Serie CR-10-6 para un caudal nominal de 10.5 m³/h con presión nominal de 7 bars. Que se tendrán una en operación y una en reserva.

Con el equipo vendrá una central de preparación de polímero POLYBLEND PB 200-2 HMZ para un caudal de polímero de 0.00036 a 7.5 l/h y un caudal de agua de dilución de 50 a 875 l/h

También se suministrará la bomba de alimentación de lodos marca SEEPEX Modelo 15-6 LTBN para manejar un caudal de 2.0 a 14 m³/h.

Se tendrá un Mezclador Hidrodinámico en Línea con 4 puntos de inyección con control visual de la floculación marca EMO en el que se adicionará y mezclará el polímero con los lodos antes de entrar al espesador.

El equipo de Espesamiento - Filtro Banda se instalará a una altura tal que permita la descarga de los lodos deshidratados directamente al vehículo automotor que los llevará al Monorrelleno.

2.4 NORMATIVIDAD.

De acuerdo con las bases establecidas por el CEAG (Comisión Estatal del Agua del Estado de Guanajuato), en su sección 01825 nos señala que se deberá cumplir con las leyes y



reglamentos del Gobierno Mexicano, así como normas y lineamientos aplicables, y nos señala que en términos aplicables la norma que rige el diseño de este tipo de obras es la NOM-083-SEMARNAT-2003 “Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial”.

Dado lo anterior esta es la primera Norma a seguir.

2.4.1 NOM-083-SEMARNAT-2003

“Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial”.

A continuación se presenta una transcripción de los puntos más importantes de esta Norma con relación al proyecto en cuestión, con algunos comentarios propios referentes a la aplicación de esta en el caso particular del Monorrelleno de lodos.

1. Objetivo.

La presente Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones de selección del sitio, el diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura, y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

2. Campo de aplicación.

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria para las entidades públicas y privadas responsables de la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

3. Referencias.

NOM-053-SEMARNAT-1993, Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

4. Definiciones.

A continuación solo se presentaran las definiciones presentes en la Norma que tengan alguna relación directa con el desarrollo del proyecto Monorrelleno de lodos de la planta potabilizadora de San Luís de la Paz, Guanajuato.

Cabe señalar que la numeración presentada en las definiciones es la que les corresponde en la presente Norma, y la razón de haber algunos números faltantes es debido a que la definición de dicha numeración no fue considerada necesaria.



4.1 Acuífero: Cualquier formación geológica por la circulan o se almacenan aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación uso o aprovechamiento.

4.2. Agua subterránea: Agua que se encuentra en el subsuelo en formaciones geológicas parcial o totalmente saturadas.

4.6. Áreas naturales protegidas: Zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la Nación ejerce soberanía y jurisdicción, en que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del hombre, y que han quedado sujetas al régimen de protección.

4.7 Biogás: Mezcla gaseosa resultado del proceso de descomposición anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos, constituida principalmente por metano y bióxido de carbono.

4.8 Clausura: Sellado del área de un sitio de disposición final después de la suspensión definitiva de la recepción de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

4.9 Cobertura: Capa de material natural o sintético, utilizada para cubrir los residuos sólidos, con el fin de controlar infiltraciones pluviales y emanaciones de gases y partículas, dispersión de residuos, así como el contacto de fauna nociva con los residuos confinados.

4.10 Cobertura final de clausura: Revestimiento de material natural o sintético, o ambos; que se coloca sobre la superficie del sitio de disposición final, cuando éste ha cumplido su vida útil, abarcando tanto a los taludes como a los planos horizontales.

4.11 Control: Inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas.

4.13 Disposición final: Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

4.14 Estero: El depósito natural de aguas nacionales delimitado por la cota de la creciente máxima ordinaria.

4.15 Estratigrafía: Características y atributos de las capas de suelo y roca que permiten su interpretación, en términos de su estructura, superposición, origen historia geológica y propiedades físicas.

4.16 Falla geológica: Cuando se producen desplazamientos relativos de una parte de la roca con respecto a la otra, como resultado de los esfuerzos que se generan en la corteza terrestre.

4.17. Fauna nociva: Especies animales potencialmente dañinas para la salud y los bienes, asociadas a los residuos.



4.19 Infiltración: Penetración de un líquido a través de los poros o intersticios de un suelo, subsuelo o cualquier material natural o sintético.

4.20. Interfase: Barrera de suelo natural, o intercalada con material sintético o natural, necesaria para evitar el paso del lixiviado. Se calcula por unidad de superficie y se expresa en metros (m) de espesor de suelo.

4.21 Lixiviado: Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos.

4.22 Marismas: Terreno bajo y pantanoso que inundan las aguas del mar, por las mareas y sus sobrantes, o por el encuentro de aguas de mar con las de los ríos en su desembocadura.

4.23 Manglar: Tipo de sociedades vegetales permanentemente verdes, tropicales, de tronco corto, que se desarrollan en depresiones de las costas marinas en la zona de mareas, pero protegidas del oleaje, en bahías, lagunas o esteros.

4.24 Material de cobertura final: Material natural o sintético, utilizado para cubrir los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

4.25 Manual de operación: Documento que describe las diferentes actividades involucradas en la operación del sitio de disposición final.

4.27 Monitoreo Ambiental: Conjunto de acciones para la verificación periódica del grado de cumplimiento de los requerimientos establecidos para evitar la contaminación del ambiente.

4.28 Obras complementarias: Conjunto de instalaciones y edificaciones necesarias, para la correcta operación de un sitio de disposición final.

4.29 Pantano: Hondada en donde se recogen y se detienen las aguas, que presenta un fondo más o menos cenagoso.

4.32 Permeabilidad: Propiedad que tiene una sección unitaria de un medio natural o artificial para permitir el paso del fluido a través de su estructura, debido a la carga producida por un gradiente hidráulico.

4.36 Relleno sanitario: Obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar a través de la compactación e infraestructura adicionales, los impactos ambientales.



4.37 Residuos sólidos urbanos: Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques, los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos.

4.38 Residuos de Manejo especial: Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las característica para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

4.40 Sitio de disposición final: Lugar donde se depositan los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en forma definitiva.

4.41 Sitio Controlado: Sitio inadecuado de disposición final que cumple con las especificaciones de un relleno sanitario en lo que se refiere a obras de infraestructura y operación, pero no cumple con las especificaciones de impermeabilización.

4.42 Sitio no controlado: Sitio inadecuado de disposición final que no cumple con los requisitos establecidos en esta Norma.

4.43 Suelo: Material o cuerpo natural compuesto por partículas sueltas no consolidadas de diferentes tamaños y de un espesor que varía de unos centímetros a unos cuantos metros, el cual está conformado por fases sólida, líquida y gaseosa, así como por elementos compuesto de tipo orgánico e inorgánico, con una composición variable en el tiempo y en el espacio.

4.44 Subsuelo: Medio natural que subyace al suelo, que por su nulo o escaso intemperismo, presenta características muy semejantes a las de la roca madre que le dio origen.

4.45 Talud: La inclinación del material del que se trate, con respecto a la horizontal.

4.46 Tratamiento: Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad.

4.47: Uso final del sitio de disposición final: Actividad a la que se destina el sitio de disposición final una vez finalizada su vida útil.

4.48 Vida útil: Es el periodo de tiempo en que el sitio de disposición final será apto para recibir los residuos sólidos urbanos y de manejo especial. El volumen de los residuos y material terreo depositados en este periodo, es igual al volumen de diseño.



5 Disposiciones Generales.

5.1 Los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, que no sean aprovechados o tratados, deben disponerse en sitios de disposición final con apego a la presente Norma.

5.2 Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana, los sitios de disposición final se categorizan de acuerdo a la cantidad de toneladas de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que ingresan por día como se establece en la Tabla No 1

TABLA No. 1
Categorías de los sitios de disposición final

TIPO	TONELAJE RECIBIDO TON/DÍA
A	Mayor a 100
B	50 hasta 100
C	10 y menor a 50
D	Menor a 10

6. Especificaciones para la selección del Sitio.

6.1 Restricciones para la selección del sitio.

Además de cumplir con las disposiciones legales aplicables, las condiciones mínimas que debe cumplir cualquier sitio de disposición final (tipo A, B, C, o D) son las siguientes:

6.1.1. Cuando el sitio se pretenda ubicar a una distancia menor de 13 km del centro de la(s) pista(s) de un aeródromo de servicio al público o aeropuerto, la distancia elegida se determinara mediante un estudio de riesgo aviario.

6.1.2. No se deben ubicar sitios dentro de áreas protegidas, a excepción de los sitios que estén contemplados en el plan de manejo de estas.

6.1.3. En localidades mayores a 2500 habitantes, el límite del sitio de disposición final debe estar a una distancia mínima de 500 m contados a partir del límite de la traza urbana existente o contemplada en el plan de desarrollo urbano.

6.1.4. No debe de ubicarse en zonas de: marismas, manglares, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, arqueológicas; ni sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas.

6.1.5. El sitio de disposición final se debe de ubicar fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años, en caso de no cumplir lo anterior, se debe demostrar que no existirá obstrucción del flujo en el área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que afecten la estabilidad física de las obras que integren el sitio de disposición final.



6.1.6. La distancia de ubicación del sitio de disposición final con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas debe ser de 500 m como mínimo.

6.1.7. La ubicación entre el límite del sitio de disposición final y cualquier pozo de extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero, tanto en operación como abandonados, será de 100 m adicionales a la proyección horizontal de la mayor circunferencia del cono de abatimiento. Cuando no se pueda determinar el cono de abatimiento, la distancia al pozo no será menor de 500 m.

6.2. Estudios y análisis previos requeridos para la selección del sitio.

6.2.1 Estudio Geológico.

6.2.2 Estudios Hidrogeológicos

- a) Evidencias y uso del agua subterránea.
- b) Identificación del tipo de acuífero.
- c) Análisis del sistema de flujo.

6.3. Estudios y análisis, en el sitio, previos a la construcción y operación de un sitio de disposición final

- a) Estudio Topográfico
- b) Estudio Geotécnico

b.1 Exploración y muestreo.

- Exploración para definir los sitios de muestreo.
- Muestreo e identificación de muestras.
- Análisis de permeabilidad de campo.
- Peso volumétrico In-situ.

b.2 Estudios en laboratorio.

- Clasificación de muestras según el Sistema Unificado de Clasificación de suelos.
- Análisis granulométrico.
- Permeabilidad.
- Prueba Proctor.
- Límites de consistencia (Límites de Atterberg).
- Consolidación unidimensional.
- Análisis de resistencia al esfuerzo cortante.
- Humedad.

6.4 Estudios de generación y composición.

- a) Generación y composición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
- b) Generación de biogás.
- c) Generación de lixiviado.

6.5 Cumplimiento de estudios y análisis previos.



En la Tabla No. 2, se indican los estudios que se deben realizar, según sea el tipo de sitio por desarrollar.

TABLA No. 2
Estudios y análisis previos requeridos para la construcción de sitios de disposición final

Estudios y Análisis	A	B	C
Geológico y Geohidrológico Regionales	X		
Evaluación Geológica y Geohidrológica	X	X	
Hidrológico	X	X	
Topográfico	X	X	X
Geotécnico	X	X	X
Generación y composición de los RSU y de Manejo Especial	X	X	X
Generación de biogás	X	X	
Generación de lixiviado	X	X	

7.0 Características constructivas y operativas del sitio de disposición final.

Una vez que se cuente con los estudios y análisis previos señalados en la Tabla 2, el proyecto ejecutivo del sitio de disposición final deberá cumplir con lo establecido en este punto.

7.1. Todos los sitios de disposición final deben contar con una barrera geológica natural o equivalente a un espesor de un metro y un coeficiente de conductividad hidráulica de al menos 1×10^{-7} cm/seg sobre la zona destinada al establecimiento de las celdas de disposición final o bien garantizarla con un sistema de impermeabilización equivalente.

7.2. Se debe garantizar la extracción, captación, conducción y control de biogás generado en el sitio de disposición final.

7.3. Debe construirse un sistema que garantice la captación y extracción del lixiviado generado en sitio de disposición final.

7.4. Se debe diseñar un drenaje pluvial para el desvío de escurrimientos pluviales y el desalojo de agua de lluvia, minimizando de esta manera su infiltración a las celdas.

7.5. El sitio de disposición final deberá contar con un área de emergencia para la recepción de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, cuando alguna eventualidad, desastre natural o emergencia de cualquier orden no permitan la operación en el frente de trabajo.

7.6. Los sólidos de disposición final de acuerdo a la clasificación antes detallada deberán alcanzar los siguientes niveles mínimos de compactación:



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



TABLA No. 3
Requerimientos de Compactación

SITIO		COMPACTACION DE LOS RESIDUOS KG/M ³	RECEPCION DE RESIDUOS SOLIDOS TON/DIA
A	A1	Mayor de 700	Mayor de 750
	A2	Mayor de 600	100-750
B		Mayor de 500	50-100
	C	Mayor de 400	10-50

7.7. Se debe controlar la dispersión de materiales ligeros, la fauna nociva y la infiltración pluvial. Los residuos deben ser cubiertos en forma continua y dentro de un lapso menor a 24 horas posteriores a su depósito.

7.8. El sitio de disposición final adoptará medidas para que los siguientes residuos no sean admitidos:

- a) Residuos líquidos tales como aguas residuales y líquidos industriales de proceso, así como lodos hidratados de cualquier origen, con más de 85% de humedad con respecto al peso total de la muestra.
- b) Residuos conteniendo aceites minerales.
- c) Residuos peligrosos clasificados de acuerdo a la normatividad vigente.

7.8.1. Los lodos deben ser previamente tratados y acondicionados antes de su disposición final en el frente de trabajo, conforme a la normatividad vigente.

7.9. Los sitios de disposición final deberán contener las siguientes obras complementarias de acuerdo con su clasificación.

TABLA No. 4
Obras complementarias requeridas de acuerdo al tipo de disposición final

	A	B	C
Caminos de acceso	X	X	X
Caminos interiores	X	X	
Cerca perimetral	X	X	X
Caseta de vigilancia y control de acceso	X	X	X
Báscula	X	X	
Agua potable, electricidad y drenaje	X	X	
Vestidores y servicios sanitarios	X	X	X
Franja de amortiguamiento (Mínimo 10 metros)	X	X	X
Oficinas	X		
Servicio Médico y Seguridad Personal	X		

7.10. El sitio de disposición final deberá contar con:



1. Un manual de operación
2. Un control de registro.
3. Informe mensual de actividades.

7.11. Para asegurar la adecuada operación de los sitios de disposición final, se deberá instrumentar un programa que incluya la medición y control de los impactos ambientales además del programa de monitoreo ambiental de dichos sitios y conservar y mantener los siguientes registros:

1. Monitoreo de biogás.
2. Monitoreo de lixiviado.
3. Monitoreo de acuíferos.

8.0. Requisitos mínimos que deben de cumplir los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, tipo D (Menos de 10 Toneladas diarias).

8.1. Garantizar el coeficiente de conductividad hidráulica de 1×10^{-5} cm/seg, con un espesor mínimo de un metro, o su equivalente, por condiciones naturales del terreno, o bien mediante la impermeabilización del sitio con barreras naturales o artificiales.

8.2. Una compactación mínima de la basura, de 300 kg/m³.

8.3. Cobertura de los residuos, por lo menos cada semana.

8.4. Evitar el ingreso de residuos peligrosos en general.

8.5. Control de fauna nociva y evitar el ingreso de animales.

8.6. Cercar en su totalidad el sitio de disposición final.

9.0. Clausura del Sitio.

9.1. Cobertura final de la clausura.

Dentro de la norma de la norma se hace referencia a la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993, en la cual se establecen las características para que un residuo sea o no considerado peligroso.

2.4.2. NOM-052-SEMARNAT-1993

“Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y listado de los residuos peligrosos.”

Esta Norma contiene el Anexo 1. En el cual se tienen las bases para listar residuos peligrosos por fuente específica y no específica, en función de su toxicidad ambiental, aguda o crónica.



Si el residuo no se encuentra en ninguno de los listados 1 a 5 presentes en dicha Norma y es regulado por alguno de los criterios contemplados en esta Norma, este se sujetará a lo dispuesto en el instrumento regulatorio correspondiente.

Además la norma señala en uno de sus criterios que los lodos y biosólidos se encuentran regulados por la norma oficial NOM-004-SEMARNAT-2002.

Por lo que además de consultar los listados de esta norma para dar una clasificación de peligrosidad al lodo producto del proceso de potabilización, nos apoyaremos de igual manera en la norma NOM-004-SEMARNAT-2002.

2.4.3. NOM-004-SEMARNAT-2002

“Protección ambiental -lodos y biosólidos- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final”.

A continuación presentamos una transcripción de los puntos más relevantes de esta Norma en relación al proyecto en cuestión.

1. Objetivo y campo de aplicación.

1.1 Objetivo.

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones y los límites máximos permisibles de contaminantes en los lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, con el fin de posibilitar su aprovechamiento o disposición final y proteger el medio ambiente y la salud humana.

1.2 Campo de aplicación.

Es de observancia obligatoria para todas las personas físicas y morales que generen lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

3. Definiciones.

A continuación se presentan algunas de las definiciones dadas en la presente Norma, omitiendo algunas que no representan una importancia o relación considerable con el proyecto en cuestión.

Cabe señalar que la numeración presentada en las definiciones es la que les corresponde en la presente Norma, y la razón de haber algunos números faltantes es debido a que la definición de dicha numeración no fue considerada necesaria.



3.2 Almacenamiento: Acción de mantener en un sitio los lodos y biosólidos, hasta su aprovechamiento o disposición final.

3.3 Aprovechamiento: Es el uso de los biosólidos como mejoradores o acondicionadores de los suelos por su contenido de materia orgánica y nutrientes, o en cualquier actividad que represente un beneficio.

3.5 Biosólidos: Lodos que han sido sometidos a procesos de estabilización y que por su contenido de materia orgánica, nutrientes y características adquiridas después de su estabilización, pueden ser susceptibles de aprovechamiento.

3.10 Disposición final: La acción de depositar de manera permanente lodos y biosólidos en sitios autorizados.

3.11 Estabilización: Son los procesos físicos, químicos o biológicos a los que se someten los lodos para acondicionarlos para su aprovechamiento o disposición final para evitar o reducir sus efectos contaminantes al medio ambiente.

3.12 Estabilización alcalina: Es el proceso mediante el cual se añade suficiente cal viva (óxido de calcio CaO) o cal hidratada (hidróxido de calcio Ca(OH)_2) o equivalentes, a la masa de lodos y biosólidos para elevar el pH.

3.18 Lodos: Son sólidos con un contenido variable de humedad, provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, que no han sido sometidos a procesos de de estabilización.

3.19 Mejoramiento de suelos: Es la aplicación de los biosólidos en terrenos para mejorar sus características físicas, químicas o microbiológicas.

3.25 Sólidos Totales (ST): Son los materiales residuales que permanecen en los lodos y biosólidos, que han sido deshidratados entre 103°C a 105°C , hasta alcanzar un peso constante y son equivalentes en base a peso seco.

3.26 Sólidos volátiles: Son sólidos orgánicos totales presentes en los lodos y biosólidos, que se volatilizan cuando éstos se queman a 550°C en presencia de aire por un tiempo determinado.

4. Especificaciones.

4.5. Para efectos de esta norma oficial los biosólidos se clasifican en tipo: EXCELENTES, y BUENO, en función de su contenido de metales pesados; y en clase A, B y C en función de su contenido de patógenos y parásitos.

4.6. Los límites máximos permisibles de metales pesados se establecen en la Tabla 1.



TABLA 1

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS EN BIOSOLIDOS

CONTAMINANTE (determinados en forma total)	EXCELENTES mg/kg en base seca	BUENOS mg/kg en base seca
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1 200	3 000
Cobre	1 500	4 300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Níquel	420	420
Zinc	2 800	7 500

4.7. Los límites máximos permisibles de patógenos y parásitos en los lodos y biosólidos se establecen en la Tabla 2.

TABLA 2

**LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA PATOGENOS
Y PARASITOS EN LODOS Y BIOSOLIDOS**

CLASE	INDICADOR BACTERIOLOGICO DE CONTAMINACION	PATOGENOS	PARASITOS
	Coliformes fecales NMP/g en base seca	<i>Salmonella spp.</i> NMP/g en base seca	Huevos de helmintos/g en base seca
A	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 1 (a)
B	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 10
C	Menor de 2 000 000	Menor de 300	Menor de 35

(a) Huevos de helmintos viables

4.8. El aprovechamiento de los biosólidos, se establece en función de un tipo y clase como se especifica en la Tabla 3 y su contenido de humedad hasta el 85%.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



TABLA 3

APROVECHAMIENTO DE BIOSOLIDOS

TIPO	CLASE	APROVECHAMIENTO
EXCELENTE	A	• Usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación • Los establecidos para clase B y C
EXCELENTE O BUENO	B	• Usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación • Los establecidos para clase C
EXCELENTE O BUENO	C	• Usos forestales • Mejoramientos de suelos • Usos agrícolas

La Norma también señala que los sitios de disposición final de lodos y biosólidos, serán los que autorice la autoridad competente, conforme a la normatividad vigente en la materia.

Y de esta manera, a través de estas 3 normas podemos establecer las características del residuo, su peligrosidad, y su clasificación para su aprovechamiento o disposición final y determinar las características y condiciones que deberá cumplir el sitio de disposición final así como las instalaciones y obras complementarias con las que deberá contar, y así desarrollar el lugar al que se denominará Monorrelleno de lodos, que será destinado para la disposición final de los lodos producto de la potabilización de agua en San Luís de la Paz en el Estado de Guanajuato.



CAPITULO 3. DATOS DE LA POTABILIZADORA.

El proyecto dimensional y funcional de la planta potabilizadora para San Luís de la Paz se basa en el caudal a tratar y la calidad del agua histórica y los requerimientos del agua tratada que se entregó en las bases de licitación suministradas por la Comisión Estatal del Agua del Estado de Guanajuato “CEAG”, lo cual se transcribe a continuación.

- A. **Calidad del agua cruda:** La fuente cruda es la presa Paso de Vaqueros, que con base en los análisis de calidad del agua efectuados por CEAG y laboratorio externo del 2006 a la fecha se elaboro la **Tabla 01820-1** donde se muestra la calidad del agua observada en la presa y sus valores extremos. Para fines del desarrollo de la ingeniería de detalle de la planta potabilizadora podrá realizar las caracterizaciones de calidad del agua en una muestra obtenida de la obra de toma para la realización de las pruebas que considere pertinentes y obtener un efluente que cumpla con lo que solicita el punto D, y de este modo establecer los parámetros de diseño de la propuesta,

TABLA 01820-1 – CALIDAD DEL AGUA CRUDA

Parámetro (unidad)	Mínimo	Máximo	Promedio	Percentil 90
Temperatura (°C)	12	21	17.4	21
PH	7.33	8.82	7.96	8.60
Turbidez (UTN)	1.2	45.3	6.0	9.8
Color verdadero (Escala Pt-Co)	0	30	7.9	20
Conductividad (microsiemens/cm)	132.8	191.9	163.4	180.4
Alcalinidad (mg/l) como CaCO ₃	70	108.6	87.9	100.5
Fluoruros (mg/l)	0.23	0.99	0.58	0.78
Sulfatos (mg/l)	3.23	16.96	6.87	8.84
Cloruros (mg/l)	2.48	7.66	3.81	6.75
Nitratos (mg/l)	0.09	0.23	0.14	0.2
Nitritos (mg/l)	<0.019	<0.019	NA	NA
Nitrógeno amoniacal (mg/l)	0.28	1.78	0.38	0.45
Sustancias activas al azul de metileno (mg/l)	0.04	0.29	0.16	0.26
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	0	22	3.2	7.2
Sólidos totales (mg/l)	44	132	100	128
Sólidos disueltos totales (mg/l)	44	128	96.6	119.5
Fósforo total (mg/l)	0.05	2.37	0.55	1.24
Coliformes fecales (colonias en 100 ml)	0	incontables	270	732



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Parámetro (unidad)	Mínimo	Máximo	Promedio	Percentil 90
Aluminio (mg/l)	0.0276 estiaje	2.2880 lluvias	0.05 estiaje 1.52 lluvias	0.074 estiaje 2.1 lluvias
Arsénico. (mg/l)	0.001	0.01	0.004	0.007
Hierro (mg/l)	0.004	1.35	0.41	0.95
Manganeso (mg/l)	0.005	0.514	0.134	0.454
Plomo (mg/l)	0.0001	0.002	0.001	0.002
Bario (mg/l)	0.007	0.416	0.166	0.352
Cadmio (mg/l)	ND	0.003	0.001	0.002
Cobre (mg/l)	0.005	0.012	0.009	0.012
Cromo (mg/l)	0.0002	0.002	0.002	0.002
Mercurio (mg/l)	<0.0005	0.0013	<0.0005	0.001
Sodio (mg/l)	0.01	6.30	5.20	6.17
Zinc (mg/l)	0.001	1.310	0.144	0.177
Coliformes totales (colonias en 100 ml)	231	incontables	680	1000
Fenoles	ND	ND	NA	NA
Cianuros (mg/l)	0.0013	0.0058	0.00	0.0036
Sílice (mg/l)	8.84	33.5	13.13	16.4
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	0.58	35	3.4	4.8
Demanda química de oxígeno	7.7	107.5	28.7	52.2
Dureza (mg/l)	61.1	78.4	70.8	78.4
Sólidos sedimentables	ND	ND	NA	NA
Oxígeno disuelto	0.7	6.6	4.5	6.6
Algas	71	169	121	156

B. Requerimientos de calidad de agua tratada: El agua potable a ser entregada por el consumidor proveniente de la planta potabilizadora deberá cumplir con lo estipulado en la **Tabla 01820-2**, de acuerdo a los valores de los parámetros considerados, los cuales se basan en la normatividad establecida por la Secretaría de Salud ; en la modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 y a los requerimientos específicos del contratante. La calidad del agua tratada será determinada en el influente del tanque de aguas claras.

TABLA 01820-2 – CALIDAD DE AGUA TRATADA

Parámetro (unidad)	Límite Máximo Permisible
pH	6.5 - 8.5
Turbidez (UTN)	0.5
Color verdadero (Escala Pt-Co)	10



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Parámetro (unidad)	Límite Permisible	Máximo
Fluoruros (mg/l)	1.5	
Cloruros (mg/l)	250	
Nitratos como N (mg/l)	10	
Nitritos (mg/l)	0.06	
Nitrógeno amoniacal (mg/l)	0.5	
Coliformes fecales (colonias en 100 ml)	Ausencia detectables	o no
Coliformes totales (colonias en 100 ml)	Ausencia detectables	o no
E. Coli u organismos termotolerantes	Ausencia detectables	o no
Aluminio (mg/l)	0.20	
Arsénico. (mg/l)	0.025	
Hierro (mg/l)	0.25	
Manganeso (mg/l)	0.13	
Plomo (mg/l)	0.01	
Bario (mg/l)	0.70	
Cadmio (mg/l)	0.005	
Cobre (mg/l)	2.00	
Cromo (mg/l)	0.05	
Mercurio (mg/l)	0.001	
Zinc (mg/l)	5.0	
Sodio (mg/l)	200.00	
Sólidos disueltos totales (mg/l)	1000.00	
Sulfatos (como SO ₄ =) (mg/l)	400.00	
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM) (mg/l)	0.50	
Benceno (mg/l)	10.00	
Etilbenceno (mg/l)	300.00	
Tolueno (mg/l)	700.00	
Xileno (Tres isómeros) (mg/l)	500.00	
Aldrín y Dieldrín (Separados o combinados) (micro gramos/l)	0.03	
Clordano (Total de Isómeros) (micro gramos/l)	0.20	
DDT (Total de Isómeros) (micro gramos/l)	1.00	
Gamma-HCH (Lindano) (micro gramos/l)	2.00	
Hexaclorobenceno (micro gramos/l)	1.00	
Heptacloro y Epóxido de Heptacloro (micro gramos/l)	0.03	



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Parámetro (unidad)	Límite Permisible Máximo
Metoxicloro (micro gramos/l)	20.00
2,4 – D (micro gramos/l)	30.00
Trihalometanos totales (micro gramos/l)	0.20

Los monitoreos de calidad del agua que se han realizado reflejan que el agua es de buena calidad pero presenta problemas en algunos elementos entre los que se tienen Aluminio, Hierro y Manganeseo.

En las bases aparecen los siguientes datos para estos parámetros.

TABLA 01820-3 – PARAMETROS CON PROBLEMAS

Parámetro (unidad)	Mínimo	Máximo	Promedio	Percentil 90
Aluminio (mg/l)	0.0276 estiaje	2.2880 lluvias	0.05 estiaje 1.52 lluvias	0.074 estiaje 2.1 lluvias
Hierro (mg/l)	0.004	1.35	0.41	0.95
Manganeseo (mg/l)	0.005	0.514	0.134	0.454

Aun cuando el agua es de muy buena calidad dado que su turbiedad es baja requiere de un proceso completo de potabilización debido a los elementos mencionados “Aluminio, Hierro y Manganeseo que presentan valores fuera de la Norma.

El proceso de potabilización consiste en la dosificación de productos químicos, mezcla, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

Para el Hierro se considera en el proceso la disminución de 1.35 a 0.25 mg/l de acuerdo con las bases de licitación, para el Manganeseo la disminución de diseño será de 0.514 a 0.13 mg/l.

De acuerdo con lo anterior se aprecia que todo el tiempo se deberá someter el agua a un proceso completo, pero considerando las variaciones que puede presentar la calidad del agua en el día a día se dejarán las instalaciones necesarias para mandar el agua a filtración directa, ya que esa forma de operar es mas económica pero se deberá evaluar ya en la operación real de la potabilizadora su operación de esta forma.

Para el caso del Aluminio su proceso de eliminación será a través de la disminución de la turbiedad, ya que de acuerdo a los resultados de los monitoreos siempre se tiene en forma de sólidos suspendidos asociados a la turbiedad, por lo que al bajar la turbiedad bajaran los contenidos de Aluminio.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



El agua será captada mediante la obra de toma de la presa paso de vaqueros para hacerla llegar a la zona de potabilización por medio de una planta de bombeo a través de una línea de impulsión que llega a un tanque de agua cruda.

Para hablar acerca de los datos correspondientes a la planta potabilizadora a continuación se presenta una figura que nos muestra un esquema del proceso de potabilización de la planta, así posteriormente veremos los datos correspondientes tanto en el tren de agua de proceso como en el tren de aguas de desecho y lodos además de las dosificaciones de productos químicos.

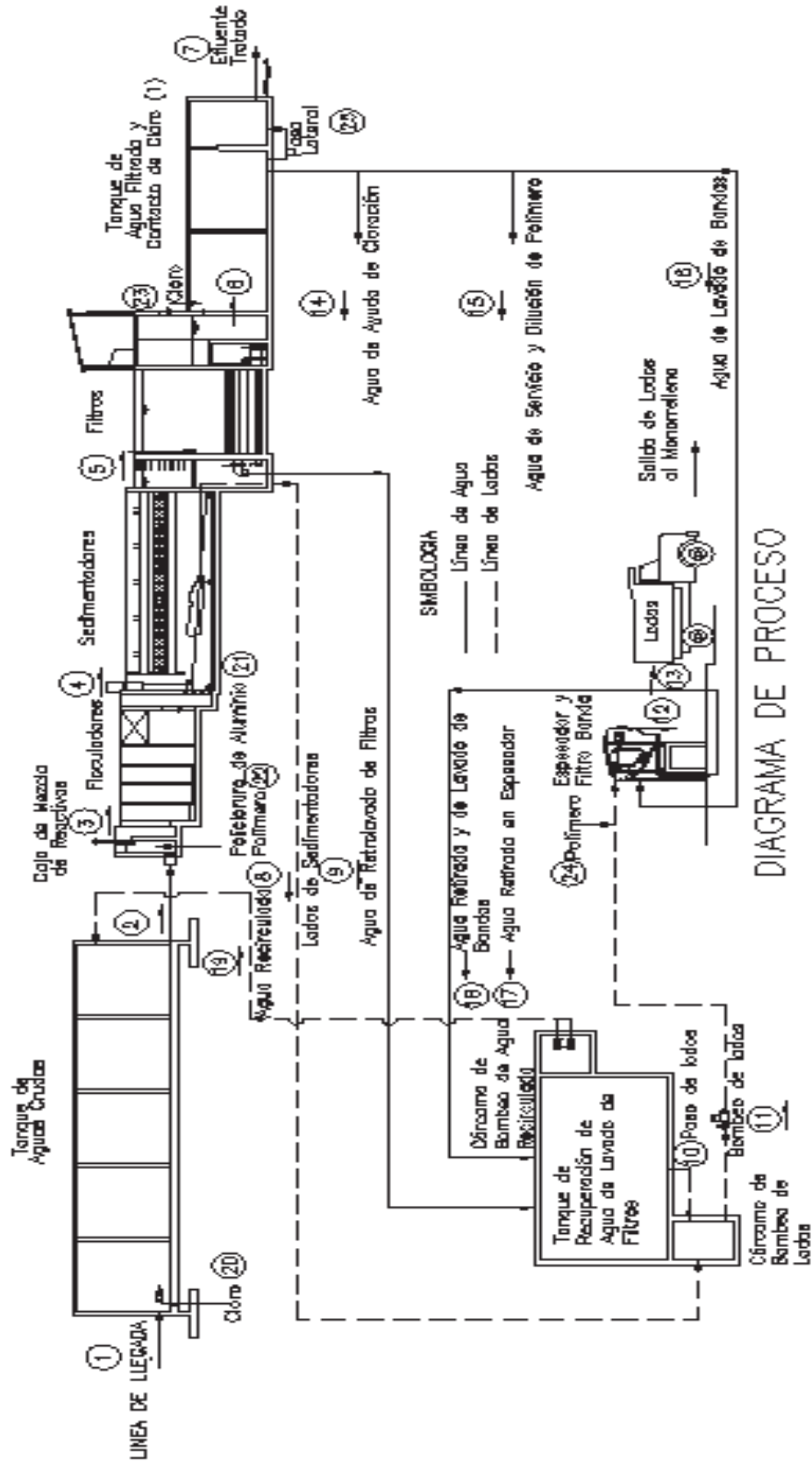


FIGURA 3. Diagrama de proceso de la planta potabilizadora de San Luis de la Paz en el estado de Guanajuato.



3.1 DATOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA.

1. LINEA DE LLEGADA.

✓ Volumen diario:	21,600 m ³ /d
✓ Caudal promedio:	250 l/s
✓ Caudal máximo instantáneo:	250 l/s
✓ Concentración de Hierro (Fe):	1.35 mg/l
✓ Concentración de Manganeseo (Mn) :	0.514 mg/l
✓ Turbiedad:	6.00 UNT.

Las unidades de turbiedad UNT significan por sus siglas Unidades Nefelométricas de Turbiedad.

2. ENTRADA A CAJA DE MEZCLA.

✓ Volumen diario:	22,524.16 m ³ /d
✓ Caudal promedio:	260.73 l/s
✓ Caudal máximo instantáneo:	287.94 l/s
✓ Concentración de Hierro (Fe):	1.348 mg/l
✓ Concentración de Manganeseo (Mn) :	0.513 mg/l
✓ Turbiedad:	6.00 UNT.

3. ENTRADA A FLOCULADORES.

✓ Volumen diario:	22,526.9 m ³ /d
✓ Caudal promedio:	260.73 l/s
✓ Caudal máximo instantáneo:	287.94 l/s
✓ Concentración de Hierro (Fe):	1.348 mg/l
✓ Concentración de Manganeseo (Mn) :	0.513 mg/l
✓ Turbiedad:	6.00 UNT.

4. ENTRADA A SEDIMENTADORES.

✓ Volumen diario:	22,526.9 m ³ /d
✓ Caudal promedio:	260.73 l/s
✓ Caudal máximo instantáneo:	287.94 l/s
✓ Concentración de Hierro (Fe):	1.348 mg/l
✓ Concentración de Manganeseo (Mn) :	0.513 mg/l
✓ Turbiedad:	6.00 UNT.

5. ENTRADA A FILTROS.

✓ Volumen diario:	22,472.5 m ³ /d
✓ Caudal promedio:	260.10 l/s
✓ Caudal máximo instantáneo:	287.31 l/s



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



- ✓ Concentración de Hierro (Fe): 0.36 mg/l
- ✓ Concentración de Manganeseo (Mn) : 0.17 mg/l
- ✓ Turbiedad: 2.40 UNT.

6. SALIDA DE FILTROS.

- ✓ Volumen diario: 21,703.90 m³/d
- ✓ Caudal promedio: 251.20 l/s
- ✓ Caudal máximo instantáneo: 278.42 l/s
- ✓ Concentración de Hierro (Fe): 0.25mg/l
- ✓ Concentración de Manganeseo (Mn) : 0.13 mg/l
- ✓ Turbiedad: 2.00 UNT.

7. EFLUENTE DE LA PLANTA.

- ✓ Volumen diario: 21,597.50 m³/d
- ✓ Caudal promedio: 249.97 l/s
- ✓ Caudal máximo instantáneo: 277.19 l/s
- ✓ Concentración de Hierro (Fe): 0.25 mg/l
- ✓ Concentración de Manganeseo (Mn) : 0.13 mg/l
- ✓ Turbiedad: 2.00 UNT.

8. LODOS PROVENIENTES DE LOS SEDIMENTADORES.

- ✓ Volumen diario: 54.43 m³/d
- ✓ Caudal instantáneo: 5.68 l/s
- ✓ Tiempo de operación: 2.66 horas/d
- ✓ Concentración de sólidos: 0.50%

9. AGUA PARA RETROLAVADO DE FILTROS.

- ✓ Volumen diario: 768.60 m³/d
- ✓ Caudal instantáneo: 213.50 l/s
- ✓ Tiempo de operación: 1.00 horas/d
- ✓ Concentración de sólidos: 0.015%

10. LODOS PROVENIENTES DEL TANQUE DE RECUPERACIÓN DE AGUA DE LAVADO DE FILTROS (TRALF).

- ✓ Volumen diario: 23.08 m³/d
- ✓ Caudal instantáneo: 5.70 l/s
- ✓ Tiempo de operación: 1.125 horas/d
- ✓ Concentración de sólidos: 0.50%

11. BOMBEO DE LODOS PROVENIENTES DE LOS SEDIMENTADORES Y EL TRALF.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



- ✓ Volumen diario: 77.51 m³/d
- ✓ Caudal instantáneo: 3.91 l/s
- ✓ Tiempo de operación: 5.50 horas/d
- ✓ Concentración de sólidos: 0.50%

12. LODOS ESPESADOS.

- ✓ Volumen diario: 8.15 m³/d
- ✓ Caudal instantáneo: 0.41 l/s
- ✓ Tiempo de operación: 5.50 horas/d
- ✓ Concentración de sólidos: 4.00%

13. LODOS DESHIDRATADOS.

- ✓ Volumen diario: 1.56 m³/d
- ✓ Caudal instantáneo: 0.079 l/s
- ✓ Tiempo de operación: 5.50 horas/d
- ✓ Concentración de sólidos: 18.00%

14. AGUA PARA LA AYUDA DE CLORACIÓN:

- ✓ Volumen diario: 84.70 m³/d
- ✓ Caudal instantáneo: 0.98 l/s
- ✓ Tiempo de operación: 24.00 horas/d
- ✓ Concentración de sólidos: 0.00%

15. AGUA DE SERVICIO PARA DILUCIÓN DE POLÍMERO.

- ✓ Volumen diario: 4.60 m³/d
- ✓ Caudal instantáneo: 1.20 l/s
- ✓ Tiempo de operación: 1.07 horas/d
- ✓ Concentración de sólidos: 0.00%

16. AGUA DE SERVICIO PARA EL LAVADO DEL FILTRO BANDA.

- ✓ Volumen diario: 59.40 m³/d
- ✓ Caudal instantáneo: 3.00 l/s
- ✓ Tiempo de operación: 5.50 horas/d
- ✓ Concentración de sólidos: 0.00%

17. AGUA RETIRADA EN EL ESPESADOR.

- ✓ Volumen diario: 70.22 m³/d
 - ✓ Caudal instantáneo: 3.55 l/s
 - ✓ Tiempo de operación: 5.50 horas/d
- [77]



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



- ✓ Concentración de sólidos: 0.084%

18. AGUA RETIRADA DEL LAVADO DEL FILTRO BANDA.

- ✓ Volumen diario: 66.07 m³/d
- ✓ Caudal instantáneo: 3.34 l/s
- ✓ Tiempo de operación: 5.50 horas/d
- ✓ Concentración de sólidos: 0.05%

19. AGUA RECIRCULADA AL PROCESO DE POTABILIZACIÓN.

- ✓ Volumen diario: 881.81 m³/d
- ✓ Caudal instantáneo: 27.22 l/s
- ✓ Tiempo de operación: 9.00 horas/d
- ✓ Concentración de sólidos: 0.010%

20. ADICION DE CLORO PARA PRECLORACIÓN EN EL TANQUE DE AGUAS CRUDAS.

- ✓ Peso seco: 64.80 kg/d
- ✓ Dilución: 0.1524 %
- ✓ Caudal: 0.49 l/s
- ✓ Volumen: 42.35 m³/d

21. ADICIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO EN LA CAJA DE MEZCLA.

- ✓ Peso seco: 216.00 kg/d
- ✓ Dilución: 30.00 %
- ✓ Caudal: 0.0071/s
- ✓ Volumen: 0.6096 m³/d

22. ADICIÓN DE POLÍMERO COAGULANTE EN LA CAJA DE MEZCLA.

- ✓ Peso seco: 21.60 kg/d
- ✓ Dilución: 1.00 %
- ✓ Caudal: 0.025 l/s
- ✓ Volumen: 2.16 m³/d

23. ADICIÓN DE CLORO PARA POSTCLORACIÓN EN EL TANQUE DE AGUA FILTRADA Y CONTACTO DE CLORO.

- ✓ Peso seco: 64.80 kg/d
- ✓ Dilución: 0.1524 %
- ✓ Caudal: 0.49 l/s
- ✓ Volumen: 42.35 m³/d



24. ADICIÓN DE POLÍMERO EN LODOS PARA EL ESPESADO Y DESHIDRATADO DE LOS MISMOS.

- ✓ Peso seco: 1.88 kg/d
- ✓ Dilución: 0.20 %
- ✓ Caudal: 0.0475 l/s
- ✓ Volumen: 0.941 m³/d

3.2 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD Y CARACTERÍSTICAS DE LOS LODOS.

El procesamiento de lodos consistirá básicamente en separarlos del agua tratada para su potabilización, después se procederá a retirarle la humedad para poderlo disponer en forma sólida en un sitio controlado que formará parte del sistema de la potabilizadora.

Para el deshidratado de los lodos se tendrá primero un espesador de gravedad, previa dosificación de polímero para ayudar a la separación de sólidos y agua, posteriormente se mandarán a un filtro banda y finalmente se dispondrán en el Monorrelleno de lodos.

Para determinar el volumen probable de lodos generados en la planta potabilizadora se deben considerar los factores de origen de esos lodos.

Los lodos provienen de los sólidos suspendidos totales que se encuentran en el agua cruda a la entrada del proceso de potabilización y de los compuestos que se le adicionan durante su tratamiento. Estos lodos también arrastran parte de los elementos indeseados como el aluminio, hierro y manganeso.

La cantidad de sólidos suspendidos totales guarda una relación con la turbiedad del agua, y el valor de su relación oscila entre 1.0 y 2.0, siendo un valor típico de aplicación **1.3**.

Los compuestos que más aportan al volumen de lodos producidos corresponden a la dosificación de sustancias coagulantes que combinadas con los sólidos suspendidos totales forman el lodo total.

Utilizando la ecuación de Kawamura (Consideraciones sobre la mejora de floculación Kawamura S., Junio 1976) para el cálculo de la producción de sólidos a partir de los datos de caudal, dosis de coagulante y la turbidez del agua cruda.

$$P_L = (D_C * f_P) + (T * R_{SST-T})$$

Donde:

- P_L Producción de lodo, en g/m³ de agua tratada.
- D_C Dosis de coagulante en mg/l
- f_p Factor por lodo producido por coagulante.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



T Turbiedad del agua cruda en Unidades Nefelométricas de Turbiedad UNT.
 R_{SST-T} Relación de sólidos suspendidos totales y turbiedad en mg/l por cada UNT.
El dato de la dosis de coagulante lo proporcionan las pruebas de tratabilidad y que para nuestro caso se utilizará como coagulante el policloruro de aluminio con una dosificación de 10 mg/l.

DATOS:

- | | |
|--|------------|
| ▪ Caudal: Q_t = | 250 l/s |
| ▪ Dosis de coagulante D_c : | 10 mg/l |
| ▪ Turbidez T: | 6 UNT |
| ▪ Hierro a remover Fe: | 1.1 mg/l |
| ▪ Manganeso a remover Mn: | 0.384 mg/l |
| ▪ Factor de lodo producido por coagulante f_p : | 0.27 |
| ▪ Relación de Turbidez –SST R_{sst-t} : | 2.05 |
| ▪ Factor de lodo producido por Hierro y Manganeso R_{Fe} : | 2.00 |

Convirtiendo el Caudal que se encuentra en litros entre segundos a metros cúbicos sobre día

Caudal = 250 l/s

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ l}$$

$$1 \text{ día} = 86400 \text{ s}$$

Por lo tanto:

$$\frac{250}{1000} = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0.25 \times 86400 = 21,600 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{Caudal} = 21,600 \text{ m}^3/\text{d}.$$

Determinación de la producción de lodos por floculación (P_{LT}).

Aplicando la fórmula de Kawamura:

$$21,600 \times (10 \times 0.27) + (6 \times 2.05) = 324,000 \text{ mg} / \text{d}$$

$$\frac{324,000}{1000} = 324.00 \text{ kg} / \text{d}$$

Producción de lodo por remoción de Hierro y Manganeso (P_{Fe}).



$$21,600 \times [(1.1 + 0.384) \times 2] = 64,108.8 \text{ mg} / d$$

$$\frac{64,108.8}{1000} = 64.1088 \text{ kg} / d$$

Producción total de lodos P_{Lodos} = Producción de lodos por floculación P_{LT} + Producción de lodos por remoción de hierro y manganeso P_{Fe} .

$$P_{\text{Lodos}} = 324.00 + 64.1088 = 388.1088 \text{ kg} / d$$

Producción total de lodos P_{Lodos} = 388.11 kg/d

Para la recuperación del agua de lavado de filtros, sobrenadante de espesadores y del filtro banda, se diseña un tanque de recuperación de agua que funcionará como sedimentador de alta tasa, en este se recibirán los sólidos del proceso de retrolavado de filtros, se selecciona una profundidad de 3.50 m y una carga superficial de $0.5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hr}$.

Cálculo del Sistema de Recuperación de Rechazo de Filtros de Proceso.

Factor de producción en retrolavado $FP_L = 3.5589\%$

Caudal $Q_t = 250 \text{ l/s}$

Caudal de retrolavado Q_{rl} :

$$Q_{rl} = 0.035589 \times 250 = 8.8972 \text{ l} / s$$

$Q_{rl} = 8.90 \text{ l/s}$.

Convirtiendo el caudal de retrolavado en metros cúbicos al día tenemos:

$$Q_{rl} = \frac{8.90}{1000} \times 86400 = 768.96 \text{ m}^3 / d$$

Factor de producción de lodo en el Tanque de Recuperación de Agua de Lavado de Filtros (TRALF) : 3.00%

Caudal Recuperado:

$$8.90 \times (1 - 0.03) = 8.633 \text{ l} / s$$

Carga Superficial: $0.3413087 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-hr}$.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



$$\frac{32}{0.3413087} = 93.756m^2$$

La geometría del tanque es de forma rectangular:

Considerando una Superficie rectangular de dimensiones L x B

Tenemos que Área = L x B

Y si L = 2 x B

Área = 2B x B

Por lo tanto Área = 2B²

Dado lo anterior y conociendo el área tenemos que:

$$B = \sqrt{\frac{93.756}{2}} = 6.846m$$

$$L = 6.846 \times 2 = 13.693m$$

Longitud del Tanque: **13.70 m**

Dimensión lateral del Tanque: **6.85 m**

Cálculo de sistema de espesado de lodos.

Los lodos a la entrada del espesador tendrán una concentración considerada del 0.5% de sólidos.

Producción total de lodos P_L=388.11 kg/d

Captura de sólidos en espesamiento: = 85%

Contenido de sólidos en el lodo espesado = 4%

Sólidos en los lodos: 388.11 x 0.85 = 329.89 kgd

Peso específico: = 1.0116 kg/l

Volumen de lodos en el efluente: ((329.89/0.04)/1.0116)/1000 = 8.15 m³/d.

Tiempo diario de operación de sistema de espesado y deshidratado de lodos = 5.4982 hr/d

Por lo tanto tenemos: 8.15/5.4982 = 1.48 m³/hr.

Carga de sólidos C_m = 50 kg/m² d



Carga Superficial $C_s = 8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$

Cálculo por carga de sólidos:

$$\text{Área } A = 388.11/50 = 7.76 \text{ m}^2$$

Cálculo por carga superficial:

$$\text{Volumen de lodo a espesar} = (388.11/0.005)/1001.4 = 77.51 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{Área } A = 77.51/8 = 9.69 \text{ m}^2.$$

Seleccionamos el caso de mayor área, que en este caso es el área obtenida por carga de sólidos.

Cálculo del sistema de deshidratado de lodos.

$$\text{Volumen de lodos a deshidratar} = 8.15 \text{ m}^3/\text{d}$$

Recordando que la masa seca de lodo a deshidratar es de 388.11 kg/d, y que la captura de sólidos en espesamiento es del 85% tenemos entonces que $388.11 \times 0.85 = 329.89 \text{ kg/d}$ de sólidos en lodo a deshidratar.

$$\text{Sólidos en lodo a deshidratar} = 329.89 \text{ kg/d}$$

En la salida se pretende una concentración del 18% con un porcentaje de captura de sólidos del 90%.

$$\text{Captura de sólidos} = 90\%$$

$$\text{Contenido de sólidos en el lodo} = 18\%.$$

Por lo tanto: la cantidad sólidos en lodos es:

$$329.89 \times 0.90 = 296.90 \text{ kg/d.}$$

$$\text{Peso específico: } 1.0542 \text{ kg/l}$$

Por lo tanto:

$$\text{Volumen de lodos en el efluente: } 296.90/(0.18 \times 1.0542 \times 1000) = \mathbf{1.565 \text{ m}^3/\text{d}}$$

$$\text{Peso de lodo húmedo del filtro banda: } 296.90/0.18 = 1649.44 \text{ kg/d}$$



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Considerando un tiempo de funcionamiento del filtro de 5.4982 horas, con una sola unidad en operación y sin ninguna en reserva tendremos que la cantidad de lodos instantánea será:

$$329.89/5.4982 = 60 \text{ kg/hr}$$

Cantidad de lodos instantánea = 60 kg/hr

Cantidad de lodos instantánea en volumen:

$$(8.15/5.4982)/1 = 1.4823 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Agregando cal al volumen de lodos para su estabilización alcalina convirtiendo así la masa de lodos en biosólidos que puedan ser susceptibles de aprovechamiento o disposición final en el Monorrelleno de lodos.

Cantidad de cal por m^3 de lodo al 18% = 100 kg

Cantidad de lodo diario = $1.565 \text{ m}^3/\text{d}$

Cantidad de cal agregada por día = 156.5 kg/d

Calculando el volumen de la mezcla se obtiene lo siguiente:

Densidad de la cal = $2,500 \text{ kg/m}^3$

Volumen de la cal = 0.040 m^3

Volumen total de la mezcla = $1.565 + 0.04 = 1.605 \text{ m}^3/\text{d}$

Entonces el volumen de lodo estimado por día es de **$1.605 \text{ m}^3/\text{d}$**

Por lo tanto el Monorrelleno de lodos deberá ser capaz de admitir la disposición de 1.605 m^3 diarios de lodos provenientes de la planta potabilizadora y tener la capacidad para esto por un tiempo inicial de 5 años según se plantea en la licitación por parte de la CEAG como primera etapa, con la visión de poder tener un crecimiento para alcanzar una capacidad que permita al Monorrelleno tener una vida útil de 20 años durante los cuales recibirá los lodos de la planta potabilizadora, siendo esta cantidad de años los considerados como el tiempo de vida útil de la planta y por tanto del Monorrelleno de lodos.



CAPITULO 4. DEFINICIÓN DEL SITIO MÁS ADECUADO PARA LA UBICACIÓN DEL MONORRELLENO DE LODOS.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO.

4.1.1. LOCALIZACIÓN DEL SITIO.

El municipio de San Luís de la Paz se localiza en la parte Norte del Estado de Guanajuato y está delimitado por las siguientes coordenadas geográficas:

Al norte $21^{\circ}41'$, al sur $21^{\circ}04'$ de latitud norte; al este $100^{\circ}12'$, al oeste $100^{\circ}45'$ de longitud oeste. Su altura promedio sobre el nivel del mar es de 2,100 metros y cuenta con una superficie de 2,030.14 kilómetros cuadrados, equivalentes al 6.7 % de la superficie total del estado.

Colinda al norte con el estado de San Luís Potosí, al este con el municipio de Victoria; al sur con los municipios de Doctor Mora, San José Iturbide, Allende y Dolores Hidalgo C.I.N., al oeste con los municipios de Dolores Hidalgo C.I.N., San Diego de la Unión y el estado de San Luís Potosí.



IMAGEN 11. División Municipal del Estado de Guanajuato y localización del Municipio de San Luís de la Paz. (Imagen obtenida de internet, Wikipedia).

4.1.2. RUTAS DE ACCESO.

La ciudad de San Luis de la Paz se ubica a 8 km de la carretera federal No. 57 de México-Piedras Negras. Sus principales vías de acceso son la carretera 57 que lo comunica con los municipios de San Diego de la Unión y San José Iturbide, la carretera 110 que lo comunica con los municipios de San Diego de la Unión y San José Iturbide, además, existen caminos hacia los municipios de Santa Catarina y Xichú, en el estado de Guanajuato y Mineral El Realito y Río Verde, San Luis Potosí.



IMAGEN 12. Principales rutas de acceso a la ciudad de San Luís de la Paz. (Imagen obtenida del sitio web www.sanluisdelapaz.com).

El municipio se divide en 512 localidades entre las cuales destacan Mineral de Pozos, Misión de Chichimecas, Mesas de Jesús, Paso de Vaqueros, Vergel de Bernalejo, Ortega, Jofre, Santa Ana de Lobos y por supuesto la cabecera municipal

4.1.3. LOCALIDADES CERCANAS AL SITIO.

El Sitio designado para el Monorrelleno de Lodos se encuentra ubicado entre el Pueblo Reubicado y Cerro del Burro del municipio de San Luís de la Paz, Gto.

- Pueblo Reubicado de Paso de Vaqueros es la localidad más próxima, la cual se encuentra a una distancia de 2.67 km del Sitio.
- El Cerro del Burro donde se localiza el sitio designado para la Planta Potabilizadora se encuentra a 1.10 km de la ubicación del Sitio para uso de disposición final de los lodos producto de la potabilización del agua proveniente de la Presa Paso de Vaqueros.



- 1 Sitio para el Monorrelleno se encuentra a un tiempo aproximado de 45 min. en vehículo del Aeropuerto Internacional de Querétaro, el Aeropuerto Internacional de León Guanajuato se encuentra a unas 2 horas de camino en vehículo, el aeropuerto de San Luis Potosí está ubicado a una hora aproximada de camino, y el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México se encuentra a unos 280 Km. de distancia aproximadamente.

4.1.4 OROGRAFÍA.

La Sierra Gorda cubre gran parte del territorio en la región norte y oriente. Dentro de ésta se encuentra la cordillera del Quijey. Entre los principales cerros están El Pilón, Balderas, Pelón, Infiernillo, Guerrero, Pinito, El Guajolote, Las Mesas, El Maguey, El Zacate, y La Esperanza, con una altura promedio de 2,300 metros sobre el nivel del mar.

El sitio se encuentra en una zona alta en la cual se puede identificar una cubierta por depósitos aluviales.

4.1.5 HIDROGRAFÍA.

Debido a que la parte norte del municipio es montañosa, existen muchos arroyos que descienden por ella. El Boso, que recibe las aguas del Barbellón, es uno de los principales arroyos. Cuenta también con dos presas, las Adjuntas y la Encina. El río Manzanares es el más notable del municipio; al norte se encuentra el río Santa María, que en un corto trecho sirve de límite con el estado de San Luis Potosí.

4.1.6. CLIMA Y PRINCIPALES ECOSISTEMAS.

4.1.6.1. CLIMA.

El clima predominante es semiseco con lluvias en verano; con una temperatura media anual de 16° C. Al noroeste varía a menos seco, con temperatura media anual entre 18°C y 22°C. La precipitación pluvial es de 387.5 milímetros, promedio anual. La temperatura máxima que se haya registrado en el municipio es de 19.8 °C (junio de 1995).

4.1.6.2. FLORA.

Está integrada por bloque de encino, pino y de nopalera; existen especies forrajeras como navajita, triguillo, lobero, liendrilla, gigante, tempranero, búfalo, mezquite, azucarado, falsa grama, flechilla, tres barbas, gramilla, mezquite grande, popotillo plateado, guía y colorado. Además se pueden encontrar otras especies como táscate, madroño, nopalera, palma china, huisache y gatuño.



4.1.6.3. FAUNA.

La fauna que predomina está formada por roedores, como conejo, liebre, ardilla y tejón; aves, como codorniz, águila, halcón, zopilote, patos y gavilán, herbívoros, como el venado y el ciervo.

4.2 ESTUDIO DE SELECCIÓN DEL SITIO.

La selección del sitio se realiza con base a lo estipulado en la Norma Oficial Mexicana “NOM-083-SEMARNAT-2003, que hace referencia a: Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos, urbanos y de manejo especial.

De acuerdo con la Norma, los sólidos urbanos y de manejo especial que no vayan a ser aprovechados o tratados deberán disponerse en sitios denominados por la Norma como de disposición final, los cuales se deberán apegar a ella.

4.2.1. CLASIFICACIÓN DEL SITIO DE ACUERDO AL TONELAJE RECIBIDO POR DÍA PARA SU DISPOSICIÓN.

Siguiendo con la Norma los sitios de disposición final se categorizan de acuerdo con la cantidad de toneladas de residuos sólidos y urbanos y de manejo especial que ingresan por día, y para esta categorización la Norma maneja la Tabla No. 1.

TABLA No. 1
Categorías de los sitios de disposición final

TIPO	TONELAJE RECIBIDO TON/DIA
A	Mayor a 100
B	50 hasta 100
C	10 y menor a 50
D	Menor a 10

Considerando el volumen de lodos por día que se producirá, el cual es de 1.56 m³/día y tomando en cuenta que el contenido de sólidos en el lodo es del 18% y que los sólidos en lodo a deshidratar son 329.89 kg/día con una captura de sólidos al 90%:

Sólidos en los lodos = $329.89/0.90 = 296.90$ kg/día

Si tomamos el peso del lodo húmedo tenemos que:

Peso del lodo húmedo = $296.90/0.18 = 1649.46$ kg/día



De acuerdo con lo mencionado tenemos una disposición final de sólidos menor a dos toneladas por día, por lo que en base a esto y lo marcado por la Tabla No. 1 de la Norma el sitio será de tipo “D”.

4.2.2. DISTANCIA ENTRE EL SITIO Y LA PISTA MÁS CERCANA DE AERÓDROMO O AEROPUERTO.

Acorde con el apartado 6 de la Norma Oficial Mexicana que hace referencia a la distancia del sitio con referencia a la pista ó pistas de un aeródromo de servicio público o aeropuerto, señala que si la distancia entre estos es menor a 13 km, se tendrá que realizar un estudio de riesgo aviario.

Para este caso una de las referencias más claras es la información turística del pueblo llamado San Pedro de los Pozos ó Mineral de Pozos que se encuentra a 8 km. de San Luís de la Paz.

El aeropuerto internacional de Querétaro se encuentra a 45 minutos en automóvil desde Mineral de Pozos, y es el aeropuerto más cercano.

Mineral de Pozos se encuentra a 15 minutos de San Luís de la Paz, por lo que el recorrido de él Aeropuerto Internacional de Querétaro a San Luís de la Paz es de 1 hora siendo la distancia aproximada de 95 km. por lo que en definitiva no se presenta ningún problema con referencia a la distancia mínima a una pista de aeródromos de servicio público o aeropuerto como lo marca la Norma Oficial y no se requiere del estudio de riesgo aviario.



IMAGEN 13. Aeropuertos cercanos a la Ciudad de San Luís de la Paz, Guanajuato. (Imagen obtenida del sitio web www.sanluisdelapaz.com).

El Aeropuerto Internacional de León, Guanajuato, es el aeropuerto con servicios completos más cercano, se encuentra aproximadamente a unas 2 horas de camino en automóvil.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



El Aeropuerto de San Luis Potosí se encuentra aproximadamente a una hora de camino en automóvil por lo que su distancia es similar con la del Aeropuerto Internacional de Querétaro.

El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México se encuentra a unos 280 Km. de la ciudad de San Luis de la Paz.

Dado lo anterior en definitiva no se tiene problemas con la distancia del sitio a las pistas de aeródromos o aeropuertos.

4.2.3. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.



IMAGEN 14. Áreas naturales protegidas del Estado de Guanajuato. (Imagen obtenida del sitio web <http://ecologia.guanajuato.gob.mx>).

El municipio de San Luis de la Paz es parte de la Reserva de la biosfera como lo señala la imagen de áreas naturales protegidas.

La Sierra Gorda de Guanajuato, reserva de la biosfera está localizada al noreste del estado y cuenta con una superficie de 236,882 ha y comprende parte del municipio de San Luis de la Paz y la totalidad de los municipios de Atarjea, Santa Catarina, Victoria y Xichú. Las coordenadas extremas son: en el municipio de Atarjea 21° 16' 05" N, 99° 13' 00" W, en el municipio de San Luis de la Paz 21° 41' N, 21° 04' S, 100° 12' E, 100° 45' W, en el municipio de Santa Catarina 21° 05' 00" y 21° 14' 12" N, 100° 01' 01' y 100° 09' 12" W, en



el municipio de Victoria 21° 12' 53"N, 100° 13' 09" W y en el municipio de Xichú 21° 18' 00" N, 100° 03' 37" W (CONANP 2005).

La región alberga un mosaico de paisajes subtropicales y templados, intercalados entre sí a través de una accidentada topografía; esto ha ameritado su declaración como Área Natural Protegida con carácter de Reserva de la Biosfera (Secretaría de Gobernación 2007).

Las coordenadas de localización del sitio donde se propone construir el monorrelleno son 21°20'41" N y 100°23'03" W y no alcanza a ser comprendido por la zona protegida como Reserva de la Biosfera del estado de Guanajuato.



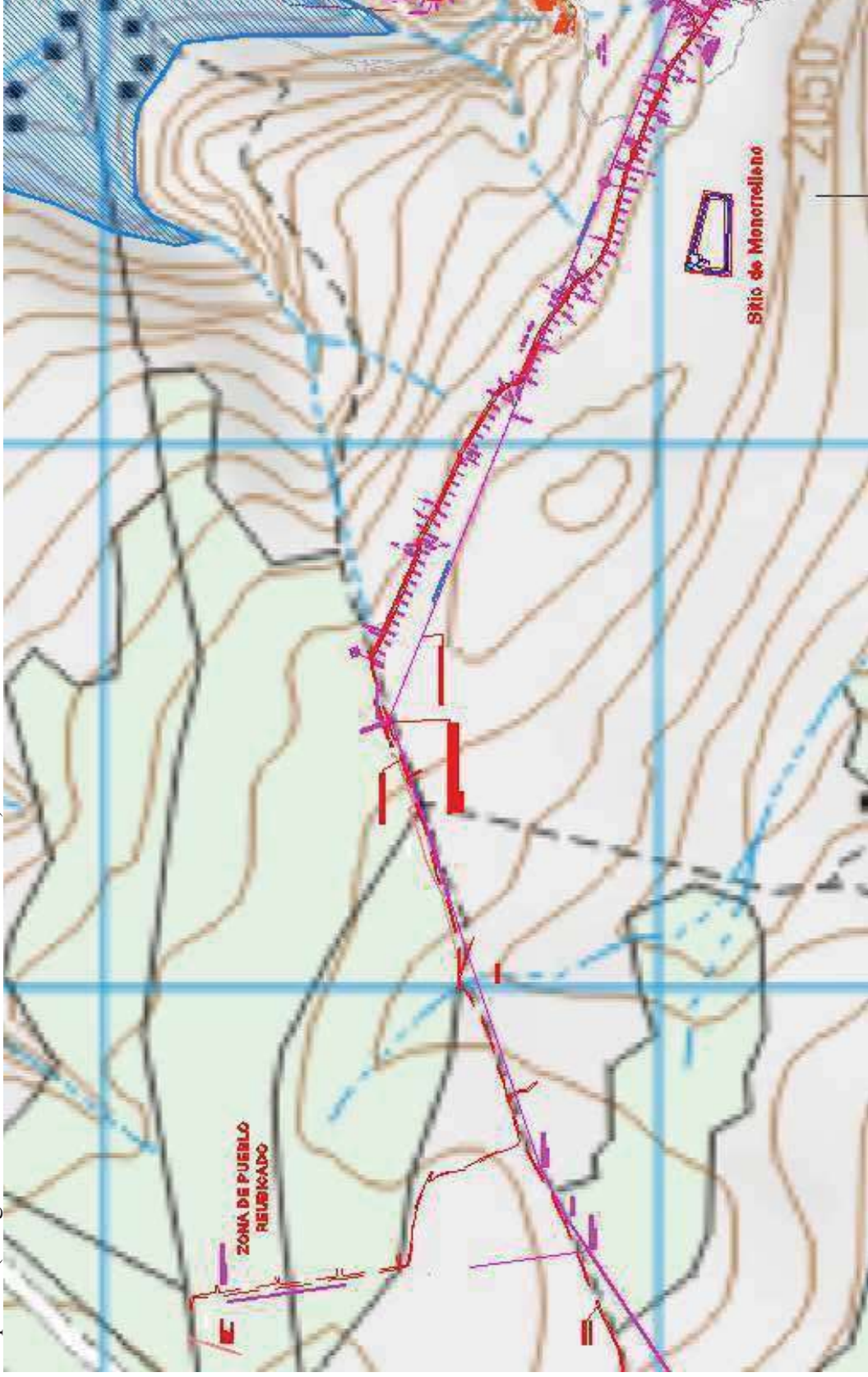
IMAGEN 15. Ubicación del Sitio de localización del monorrelleno con respecto al área natural protegida como reserva de la biosfera en la Sierra Gorda del Estado de Guanajuato. (Imagen obtenida del sitio web <http://ecologia.guanajuato.gob.mx>).

4.2.4. LOCALIDADES CERCANAS.

La localidad más cercana al sitio es el poblado llamado Pueblo Reubicado de Paso de Vaqueros. La Norma señala que si existe una localidad cercana al sitio, y esta tiene una población superior a 2500 habitantes, el sitio deberá cumplir con una distancia mínima de 500 metros medidos desde los límites de la traza urbana de dicha localidad hasta el sitio en cuestión



IMAGEN 16. Localización del sitio seleccionado para el Monorrelleno de lodos y la localidad de Pueblo Reubicado de Paso de Vaqueros (Imagen tomada del la carta INEGI F14C35).





DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



En la imagen anterior se señala la ubicación tanto del sitio seleccionado para el Monorrelleno de lodos como la localidad de Pueblo Reubicado de Paso de Vaqueros, además podemos apreciar el camino entre estos, y tan solo en la desviación del camino que va hacia el Monorrelleno de lodos tenemos una distancia de 900 metros.

En el camino desde el acceso a Pueblo Reubicado, siguiendo la terracería hasta la desviación hacia el Monorrelleno y medida en escala sobre la carta topográfica de INEGI F14C35 obtenemos una distancia de 1,264.21 metros que sumada a los 900 metros que se encuentran señalados desde la desviación hasta la altura del Monorrelleno tenemos una distancia de 2,164.21 metros que es por mucho mayor a lo señalado por la Norma.

Para completar con lo estipulado en la Norma, el sitio no corresponde con a una zona de inundaciones, se encuentra sobre una loma, en las faldas del cerro denominado el Cerro del Burro, las aguas de lluvia tienden a escurrir hasta llegar por los cauces de corrientes perennes al río manzanares, aguas abajo de la cortina de la presa Paso de Vaqueros.

El cuerpo de agua más cercano al sitio del Monorrelleno de lodos es la presa Paso de vaqueros, la cual en su extremo mas cercano al sitio cumple perfectamente con los 500 metros mínimos de distancia que marca la norma siendo superados y tendiendo una distancia que alcanza los 656.47 metros como se puede apreciar en la siguiente imagen.

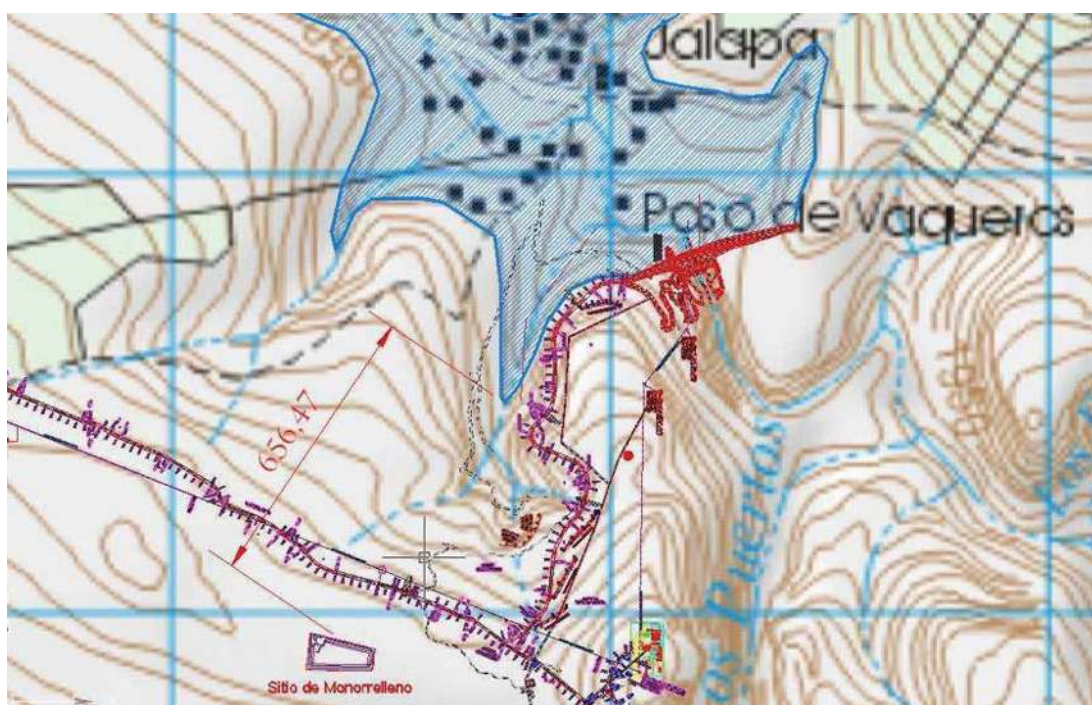


IMAGEN 17. Distancia del sitio seleccionado para el Monorrelleno de lodos al cuerpo de agua de la presa Paso de Vaqueros. (Imagen tomada de la carta INEGI F14C35).

Por lo anterior vemos que el sitio seleccionado cumple con lo señalado por la Norma para ser destinado a este uso.



4.3 TOPOGRAFÍA DEL SITIO SELECCIONADO.

El sitio se encuentra sobre una zona sensiblemente plana, el predio está localizado en la cresta suave de una loma a un costado de la presa Paso de Vaqueros, frente al Cerro del Burro.

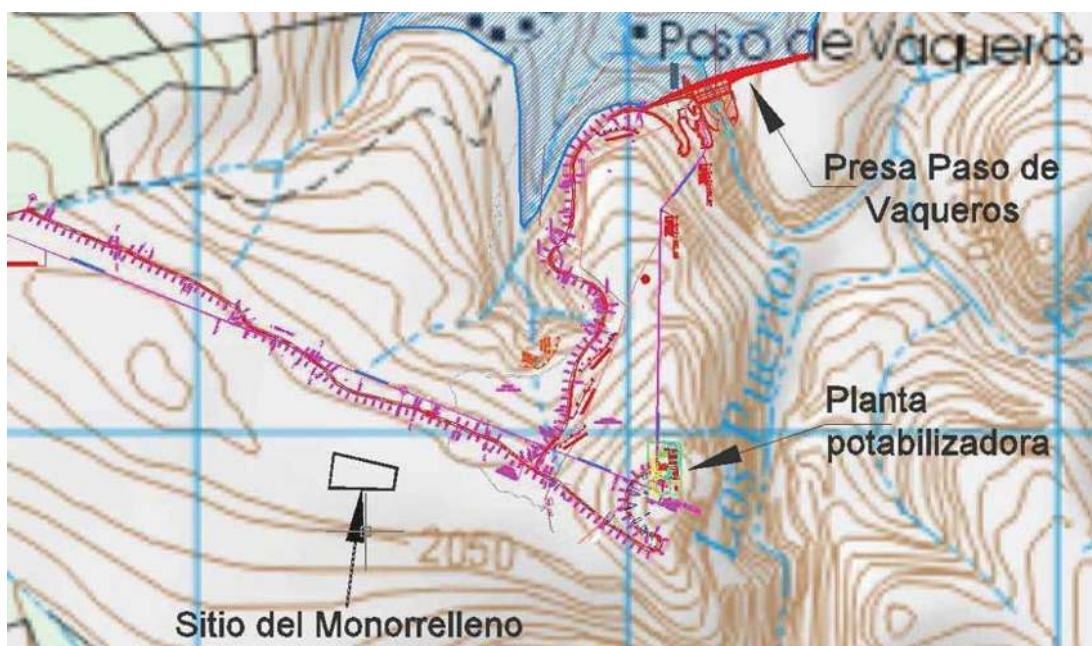


IMAGEN 18. Localización del sitio del Monorrelleno en la Carta topográfica de INEGI F14C35.

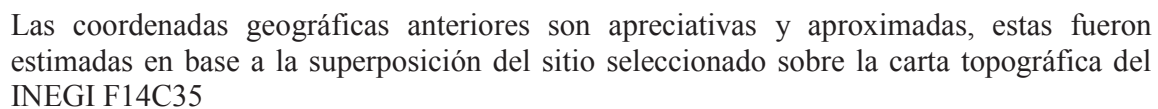
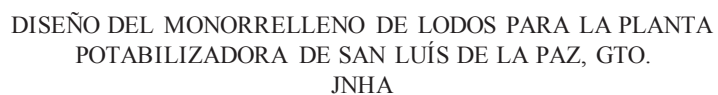
En la carta topográfica podemos apreciar que el sitio tiene una elevación 2073 msnm.

Hacia el Sureste del sitio se aprecia una topografía relativamente plana sobre la cota 2060 msnm hasta llegar a las faldas del denominado Cerro del Burro, donde se encuentra señalada la planta potabilizadora en la imagen anterior donde el nivel alcanza la cota 2100 msnm. según se puede apreciar en la carta de INEGI.

Hacia el Noroeste del sitio, también se observa una planicie comprendida por la curva de nivel 2060 msnm hasta llegar a una suave loma que se sobreeleva hasta la cota 2080 msnm y comienza a descender nuevamente hacia la 2060 msnm.

De acuerdo con la carta topográfica de INEGI F14C35 las coordenadas geográficas del sitio son:

Vértice 1.	21°20'43.25" Latitud Norte, 100°23'04.90" Longitud Oeste.
Vértice 2.	21°20'42.10" Latitud Norte, 100°22'59.70" Longitud Oeste.
Vértice 3.	21°20'40.45" Latitud Norte, 100°23'00.00" Longitud Oeste.
Vértice 4.	21°20'40.55" Latitud Norte, 100°23'05.25" Longitud Oeste.



Para el sitio seleccionado se realizo un levantamiento topográfico localizado con el cual se realizo la siguiente planta topográfica.

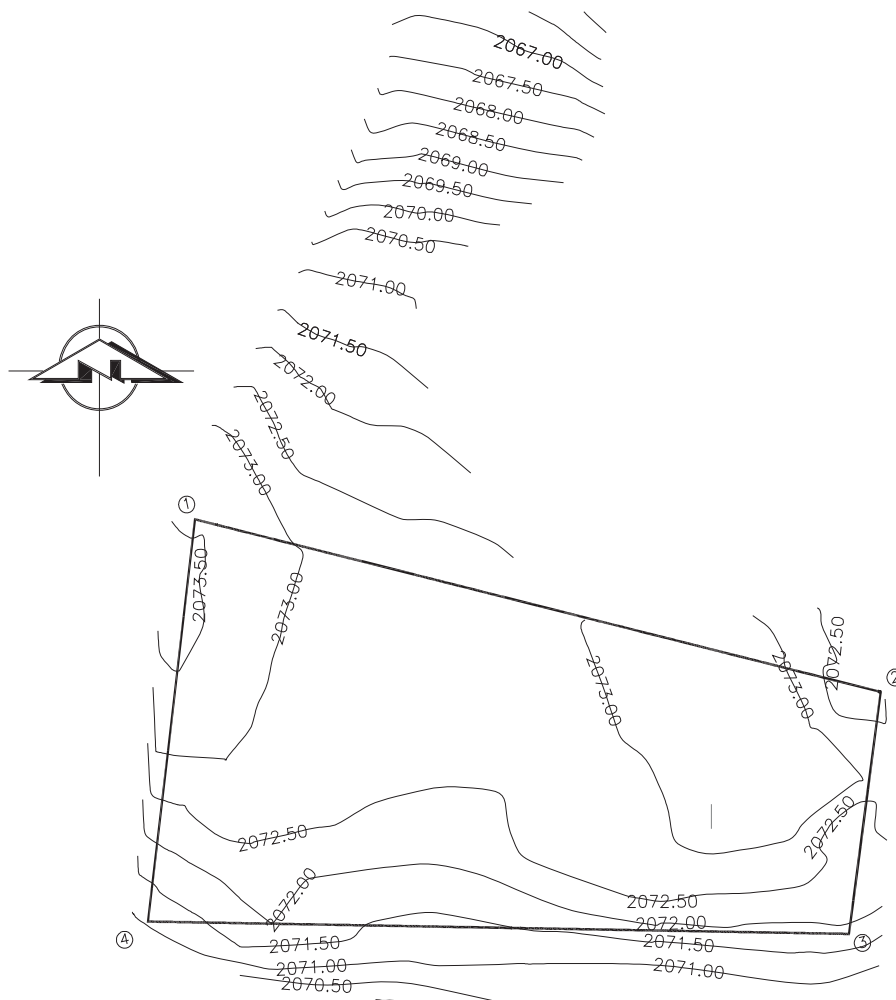


IMAGEN 19. Topografía del sitio seleccionado.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



CUADRO DE CONSTRUCCION						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
				1	2,360,749.0220	356,350.2810
1	2	S 76°29'30.40" E	151.475	2	2,360,713.6398	356,497.5653
2	3	S 07°48'14.61" W	50.100	3	2,360,664.0036	356,490.7624
3	4	N 89°01'56.51" W	150.626	4	2,360,666.5473	356,340.1581
4	1	N 06°59'50.77" E	83.094	1	2,360,749.0220	356,350.2810
SUPERFICIE = 9,999.059 m ²						

TABLA. CUADRO DE CONSTRUCCIÓN

4.4. MECÁNICA DE SUELOS DEL SITIO SELECCIONADO.

El estudio de mecánica de suelos le fue solicitado al Laboratorio de Mecánica de Suelos, Resistencia de Materiales y Asfaltos de la Universidad de Guanajuato, teniendo como propósito la obtención de materiales a excavar, contenido de agua natural, clasificación SUCS, peso volumétrico natural, densidad de sólidos, límite líquido y plástico, análisis granulométrico y porcentaje de finos. Siendo estos los requisitos del apartado **“B ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS”** del punto **1.06 de la sección 01825 “CRITERIOS DE DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS”** del **Volumen II** de las bases de licitación expedidas por la Comisión Estatal del Agua del Estado de Guanajuato “CEAG”.

El estudio de mecánica de suelos realizado por el laboratorio de la Universidad de Guanajuato consistió en un sondeo del tipo Pozo a cielo abierto, en el cual se obtuvo la estratigrafía del sitio, además de determinar en base a esta la profundidad recomendada de desplante y la capacidad de carga del suelo.

Posteriormente se realizó un segundo estudio de mecánica de suelos que le fue encargado a la empresa Proyectos, Supervisión, Mecánica de suelos y Control de calidad HERNA, ubicados en San Luís de la Paz Guanajuato.

El segundo estudio de mecánica de suelos fue realizado a para complementar al estudio realizado por el laboratorio de la Universidad de Guanajuato.

La realización de un segundo estudio de mecánica de suelos fue también debido a que la misma Comisión Estatal del Agua del Estado de Guanajuato “CEAG” solicitó la realización de por lo menos dos pozos a cielo abierto “PCA” adicionales al realizado en el primer estudio, estipulando que esto es necesario para tener una muestra más apegada a la realidad del tipo de suelo localizado a todo lo ancho del terreno del sitio seleccionado.



4.4.1. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS ELABORADO POR EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, RESISTENCIA DE MATERIALES Y ASFALTOS DE LA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO.

4.4.1.1. GEOLOGÍA.

El área en estudio se encuentra sobre una formación geológica de edad terciario superior, identificada como roca ígnea del tipo extrusiva, denominada Riolita Porfírica, su edad corresponde al terciario inferior estimada en 30 millones de años, su color es rojo con abundantes feldespatos. En el lugar se identifica cubierta por depósitos aluviales de 0.50 m de espesor promedio. (Fuente. Carta Geológica INEGI, Escala 1:250,000. Guanajuato F14-7).

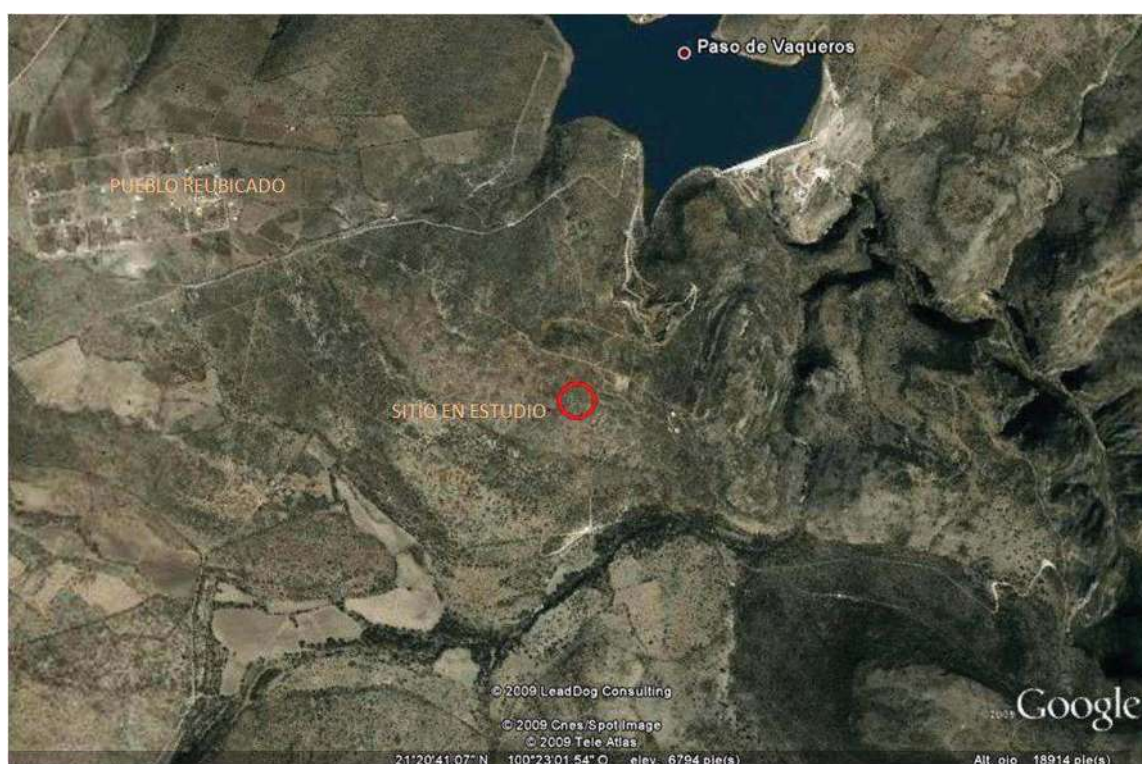


IMAGEN 20. Localización del Sitio de estudio (Google Earth).



FOTOGRAFIA 36. Vista del sitio en estudio. (Fotografía tomada por el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Resistencia de Materiales y Asfaltos de la Universidad de Guanajuato “LMSUG”).

4.4.1.2. TRABAJOS DE CAMPO.

El 13 de Marzo del 2009, se visitó el sitio de estudio y se realizó un sondeo del tipo pozo a cielo abierto “PCA”, cuya ubicación fue señalada por la solicitante constructora Makro S.A, de C.V.



FOTOGRAFIA 37. Excavación de pozo a cielo abierto “PCA”. (LMSUG).

Del sondeo se obtuvo una muestra inalterada de roca identificada al fondo del PCA.

Por las características de los estratos encontrados no fue posible realizar pruebas de campo y no se detectó nivel freático de agua.

4.4.1.3. PRUEBAS DE LABORATORIO.

De la muestra inalterada de roca, se labraron tres probetas cúbicas mediante corte, a las cuales se les aplica la prueba de carga a compresión simple.

4.4.1.3.1. ESTRATIGRAFIA.

Profundidad (m)	Espesor (m)	Clasificación	Descripción
0.0 – 0.60	0.60	Capa vegetal	Contiene abundantes gravas y boleos.
0.60 – Indef.	Indefinido	Roca	Roca volcánica del tipo extrusiva, denominada riolita porfírica, a esta profundidad ya se observa fresca (sana). Para excavación se clasifica como material tipo C.

TABLA. ESTRATIGRAFIA (LMSUG)



4.4.1.4. PROFUNDIDAD DE DESPLANTE Y CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA.

4.4.1.4.1. PROFUNDIDAD DE DESPLANTE.

Se recomienda que el desplante de las estructuras sea realizado en el estrato de roca, identificado a la profundidad de 0.60 metros. El apoyo de la cimentación siempre será en una superficie horizontal.

Los elementos de apoyo deberán ser revisados para garantizar su estabilidad contra efectos laterales como el deslizamiento y el desplante podrá ser mayor al recomendado anteriormente.

4.4.1.4.2. CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA.

La capacidad de carga última (q_u) del estrato de apoyo se considera el resultado más crítico de las pruebas de carga a la compresión simple realizadas.

Prueba de compresión simple:

ESPECIMEN No.	GEOMETRÍA			HUMEDAD (%)	ÁREA (cm ²)	PESO POR PEZA (Kg)	PESO VOLUMETRICO (Kg/m ³)	CARGA A COMPRESIÓN (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	ALTURA (cm)	LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)						
1	9.01	5.60	7.21		40.38	0.762	2095	18250	452.00
2	7.91	5.65	6.65		37.63	0.624	2096	20800	552.77
3	7.65	6.30	5.78		36.41	0.588	2111	18150	498.43

De acuerdo con la prueba de compresión simple el caso más crítico es la probeta número uno, por lo tanto $q_u = 452.00 \text{ kg/cm}^2$

4.4.1.4.3. CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE.

La capacidad de carga admisible (q_a), se determina considerando las variaciones que puede presentar este tipo de material ante la posibilidad de que la humedad natural cambie y reduzca su capacidad de carga así como por el intemperismo que puede presentar dada su naturaleza, o bien por el fracturamiento que pudiera presentar el macizo rocoso encontrado en la exploración.

Debido a lo anterior para determinar la capacidad de carga admisible (q_a) se aplicara un factor de seguridad (FS) con valor de cinco (5.0) a la capacidad de carga última y queda definido de la siguiente manera:

$$q_a = q_u / 5$$

$$q_a = 452 / 5$$

$$q_a = 90.40 \text{ kg/cm}^2$$



4.4.1.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, RESISTENCIA DE MATERIALES Y ASFALTOS DE LA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO.

El desplante de estructuras se recomienda realizarlo en el estrato de roca riolítica identificado en el pozo a cielo abierto a la profundidad de 0.60 metros, considerando una capacidad de carga admisible de 90.40 kg/cm^2 , Para considerar la capacidad de carga admisible deberá garantizarse la existencia de roca riolítica, lo cual implica que su profundidad puede variar.

Para la nivelación de superficie de desplante utilizar concreto hidráulico con resistencia $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$

Por la resistencia a la compresión de la riolita, es posible utilizar los sistemas continuo a base de mamposterías o concreto hidráulico reforzado o cimentación con zapatas aisladas de concreto reforzado.

Para excavación del material del estrato superficial será considerado tipo B, y el material a partir de la profundidad de 0.60 metros, recomendada para el desplante de estructuras se clasifica como tipo C.

En el caso de construir pisos se retirará la capa vegetal y rellenos aluviales con espesor de 0.60 metros, el nivel resultante no requiere tratamiento. Los rellenos para pisos y de cepas se harán con un material inerte compactado en capas con espesor máximo de 20 cm con humedad óptima al 95% de su peso volumétrico seco máximo

4.4.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS REALIZADO POR: PROYECTOS, SUPERVISIÓN, MECÁNICA DE SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD HERNA.

Al igual que al laboratorio de mecánica de suelos, resistencia de materiales y asfaltos de la Universidad de Guanajuato, el estudio fue también solicitado por la empresa constructora Makro S.A. de C.V. quienes se encuentran a cargo de la construcción de todo el complejo denominado Acueducto Paso de Vaqueros – San Luís de la Paz, y son ellos quienes deciden si lo propuesto en proyecto les conviene de acuerdo al costo que ello implica, una vez aprobado se presenta ante la Comisión Estatal del Agua del Estado “CEAG” para si autorización.

En dicho estudio se tiene como objetivo la obtención de los tipos de materiales a excavar, contenido de agua natural, clasificación SUCS, peso volumétrico natural, densidad de sólidos, límite líquido y plástico, análisis granulométrico, porcentaje de finos.

Los vértices del sitio fueron entregados a la empresa encargada del estudio por personal de la empresa constructora Makro.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



IMAGEN 21. Localización del sitio destinado para el Monorrelleno de lodos. (Google Earth).

4.4.2.1. TRABAJOS DE CAMPO INCLUYENDO EL MUESTREO.

Los trabajos consistieron en la realización de dos sondeos con procedimientos manuales los cuales se localizaron en esquinas opuestas de la zona de estudio.



IMAGEN 22. Localización de los sondeos. (Google Earth).

Estos sondeos fueron del tipo pozo a cielo abierto, siendo llamados respectivamente PCA 01 y PCA 02.

Las coordenadas de los PCA son:

PCA No.	N	O
PCA 01	21° 20.655'	100° 23.083'
PCA 02	21° 20.680'	100° 23.123'

TABLA. COORDENADAS DE PCA

Dada la naturaleza del material encontrado no fue posible la obtención de una muestra inalterada, por lo que únicamente se tomaron muestras alteradas de los estratos encontrados en cada PCA realizado.

4.4.2.2. TRAZO DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO.

Se muestra a continuación el trazo del perfil estratigráfico de acuerdo al resultado del pozo a cielo abierto, en donde se contempla el material del estrato superficial y se idealizan las características físicas y mecánicas del mismo.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

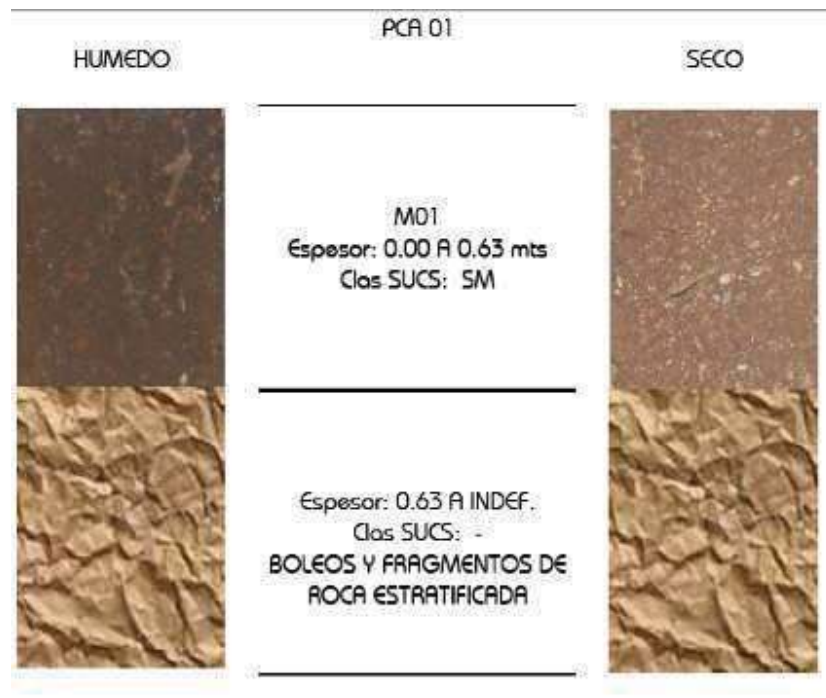


IMAGEN 23. Perfil estratigráfico del Pozo a Cielo Abierto PCA 01 (HERNA).



IMAGEN 24. Perfil estratigráfico del Pozo a Cielo Abierto PCA 02 (HERNA).



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



4.4.2.3. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.

En base al procesamiento de laboratorio se obtuvieron los siguientes resultados.

PCA No.	PROFUNDIDAD (MTS)	PORCENTAJE DE			γ_m	ω_{nat}	LL	LP	I.P.	CLASIFICACIÓN SUCS
		GRAVA	ARENA	FINOS						
01	0.00 A 0.63	58.25	34.55	33.80	1.92	11.32	40.00	36.80	3.80	SM
	0.63 A INDEF.	BOLEOS Y FRAGMENTOS DE ROCA ESTRATIFICADA								
02	0.00 A 1.10	44.81	19.62	36.17	-	11.55	55.60	28.10	7.50	GM
	1.10 A INDEF.	BOLEOS Y FRAGMENTOS DE ROCA ESTRATIFICADA								

TABLA. RESULTADOS DE LOS PCA

En cuanto a la roca se obtuvieron corazones para la determinación de la resistencia de la misma teniendo los siguientes valores:

ESPECIMEN No.	GEOMETRÍA			HUMEDAD (%)	ÁREA (CM ²)	PESO POR PIEZA (KG)	PESO VOLUMÉTRICO (KG/M ³)	CARGA A COMPRESIÓN (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (KG/CM ²)
	ALTURA (CM)	LONGITUD (CM)	ANCHO (CM)						
1	9.0"	5.6	7.21	-	40.38	0.762	2055	19250	457.36
2	7.0"	5.65	6.66	-	37.63	0.684	2098	20800	552.75
3	7.0"	6.3	6.72	-	39.41	0.582	2111	18750	478.47
PROMEDIO									509.07

TABLA. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE CORAZÓN DE ROCA

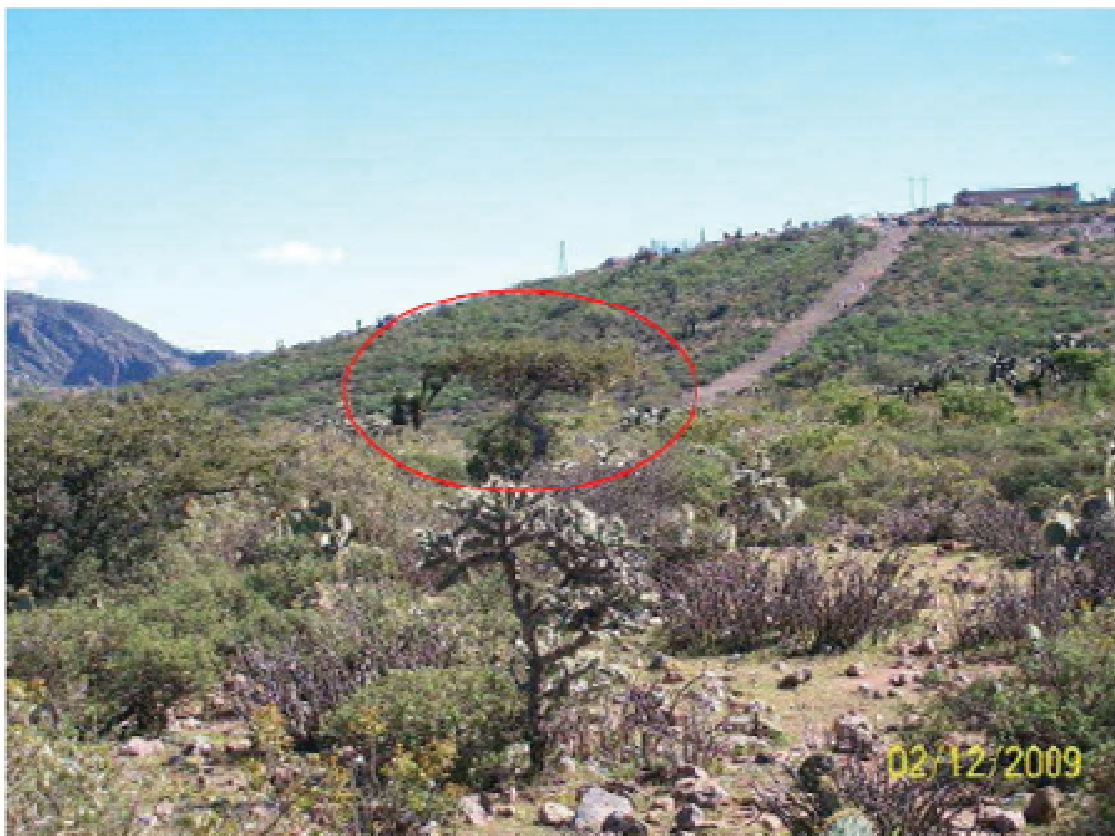
Con referencia a la permeabilidad del suelo este puede considerarse como se muestra a continuación:

PCA No.	PROFUNDIDAD (MTS)	VALORES DE K (CM/SEG)
01	0.00 A 0.63	10^{-5} A 14.4×10^{-5}
	0.63 A INDEF.	> 5.6
02	0.00 A 1.10	10^{-5} A 14.4×10^{-5}
	1.10 A INDEF.	> 5.6

TABLA. RESULTADOS DE PERMEABILIDAD



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



FOTOGRAFIA 38. Localización de un lindero del sitio destinado para el Monorrelleno de lodos y al fondo el Cerro del Burro. (HERNA).



FOTOGRAFIA 39. Vista de zona de estudio en dirección hacia PCA 01. (HERNA).



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



FOTOGRAFIA 40. Elaboración del PCA 01 con procedimientos manuales. (HERNA).



FOTOGRAFIA 41. Vista de boleos encontrados en el PCA 01 (HERNA).



FOTOGRAFIA 42. Vista del PCA 01 (HERNA).



FOTOGRAFIA 43. Material encontrado dentro del PCA 01. (HERNA).



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



FOTOGRAFIA 44. Elaboración del PCA 02 con procedimientos manuales. (HERNA).



FOTOGRAFIA 45. Vista al interior del PCA 02.(HERNA).



4.4.2.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En la realización de los sondeos en la zona de estudio se deberá considerar el material como tipo II de 0.00 a 1.00 metro y tipo III de 1.00 metro en adelante.

En los sondeos no se detectó la presencia de nivel freático hasta la profundidad explorada. (Se debe de considerar que la zona de estudio se encuentra en la cima de un cerro).

El material encontrado en la superficie se considera como una arena con limo de baja compresibilidad con una permeabilidad del suelo que puede tomar valores de 10^{-4} a 14.4×10^{-2} cm/seg. Considerando el suelo como permeable o con drenaje bueno. Para el segundo estrato el cual es una capa de boleos empacada en arena limosa, la permeabilidad puede tomar valores que sean superiores a 5.6 cm/seg siendo de igual manera como drenaje bueno.

Si se llegara encontrar roca fracturada puede tomar los valores anteriores y si se llegara a encontrar roca sólida esta deberá considerarse como impermeable.

Los lodos serán producto del desecho de la planta potabilizadora de San Luís de la Paz, siendo el agua proveniente de la presa Paso de Vaqueros, aclarando que estos no se deberán considerar como provenientes de aguas residuales tratadas, por lo que se ve innecesario la colocación de una membrana protectora, sin embargo si se llegara a realizar un análisis de los lodos y se tuviera la presencia de materiales que pudieran contaminar los mantos freáticos deberá ser colocada.



CAPITULO 5.

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS.

5.1. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS.

5.1.1. ALTERNATIVA NÚMERO 1.

Las autoridades municipales de San Luís de la Paz, Guanajuato, solicitaron a finales del año 2000 una revisión al proyecto del Acueducto Paso de Vaqueros – San Luís de la Paz; en dicha revisión se hicieron algunas adecuaciones al proyecto original de la presa, y se tuvo la necesidad de desarrollar un proyecto ejecutivo para dicho acueducto, para esta labor la Secretaria de Obra Pública del Estado de Guanajuato contrato a la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la Comisión Federal de Electricidad.

En el desarrollo de este proyecto se planteo la construcción de un monorrelleno para la disposición de biosólidos, dicho monorrelleno es al que consideramos como la alternativa número 1.



IMAGEN 25. Monorrelleno para el depósito de biosólidos. Proyecto CFE.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



CUADRO DE CONSTRUCCION DEPOSITO DE BIOSOLIDOS						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PVI				Y	X
				1	2,361,014.9632	355,916.1728
1	2	S 46°09'09.23" W	90.488	2	2,360,959.3959	355,850.7485
2	3	S 46°41'16.37" F	108.947	3	2,360,883.6613	355,930.0214
3	4	N 60°48'07.70" E	59.121	4	2,360,912.5023	355,981.6307
4	1	N 32°34'21.91" W	121.585	1	2,361,014.9632	355,916.1728
SUPERFICIE = 8,274.76 m ²						

IMAGEN 26. Cuadro de construcción del predio destinado para la construcción del Depósito de Biosólidos de acuerdo con el proyecto elaborado por la CFE.

El sitio para la construcción del Monorrelleno para depósito de biosólidos del proyecto desarrollado por la CFE se encuentra a un costado del camino de acceso al cerro del Burro donde actualmente se encuentra en construcción la planta potabilizadora.

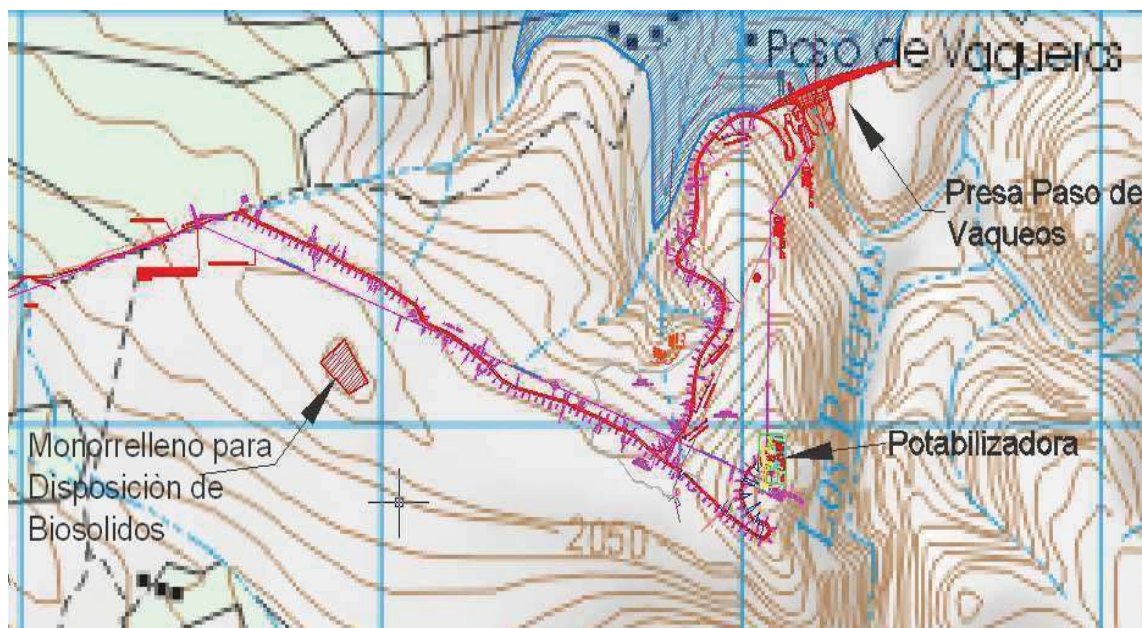


IMAGEN 27. Localización del Monorrelleno para la disposición de biosólidos, de acuerdo con el proyecto desarrollado por la CFE. (JNHA).

Por causas desconocidas al proyecto actual el sitio designado en el proyecto desarrollado por la Comisión Federal de Electricidad fue sustituido por uno localizado apenas a unos 400 metros en dirección hacia la planta potabilizadora actualmente en construcción.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Dicha alternativa únicamente fue desarrollada en cuanto a su localización, topografía y el cuadro de construcción del lindero del predio

5.1.2. ALTERNATIVA NÚMERO 2.

El sitio asignado a la constructora Makro, quien se encarga actualmente de la construcción de la planta potabilizadora, se encuentra aproximadamente a 400 metros del sitio que fue propuesto en el proyecto elaborado por la CFE.

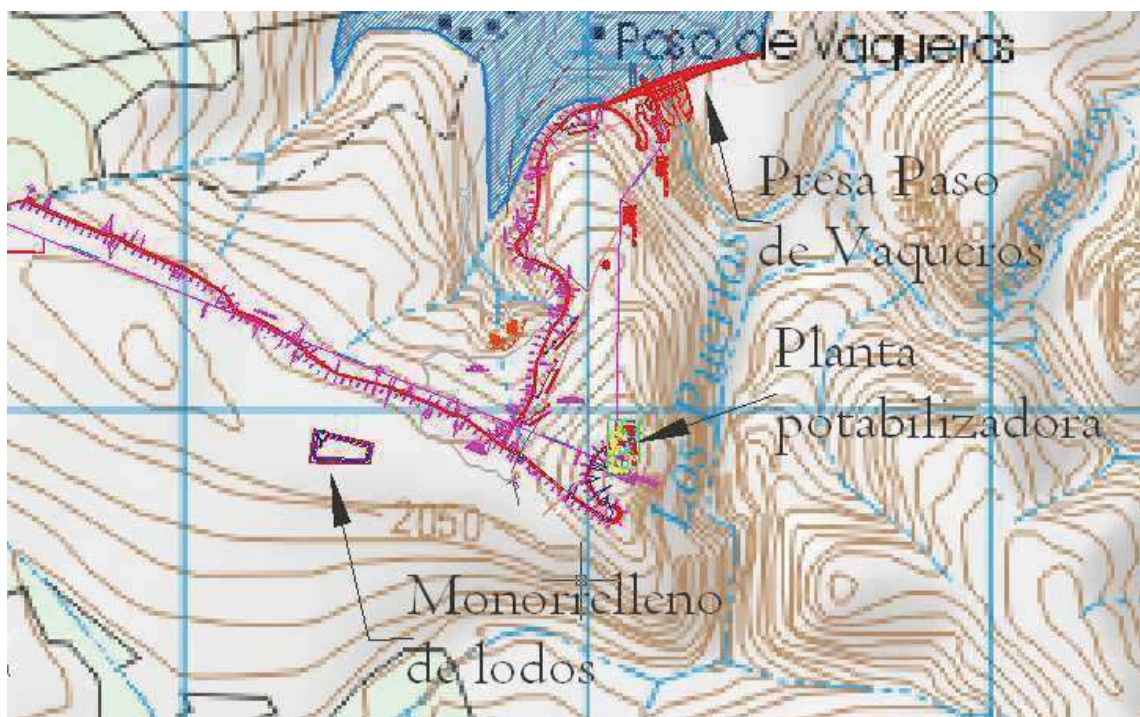


IMAGEN 28. Ubicación del sitio designado a la constructora Makro para el desarrollo del Monorrelleno de lodos provenientes de la planta potabilizadora.

De acuerdo con lo señalado en la licitación establecida por la Comisión Estatal del Agua del Estado de Guanajuato "CEAG" el monorrelleno debe tener la capacidad para una operación de 5 años, por lo que la propuesta que Makro desarrolló fue para cumplir con el volumen que se dispondría en el sitio a lo largo de dicho periodo.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

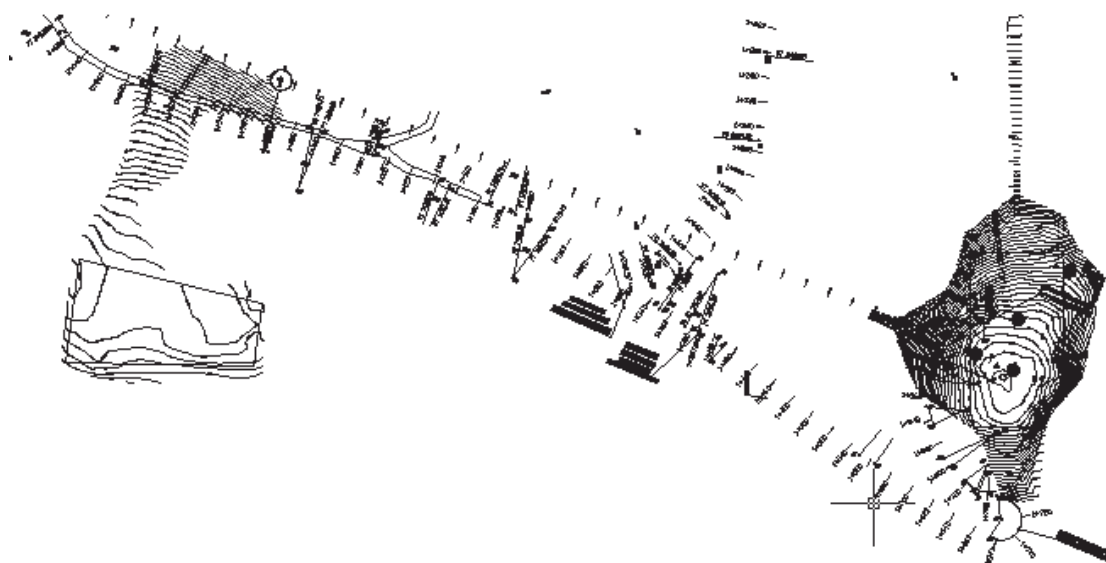


IMAGEN 29. Ubicación del sitio destinado para el Monorrelleno de lodos con respecto al cerro del Burro, donde se encuentra en construcción la planta potabilizadora.

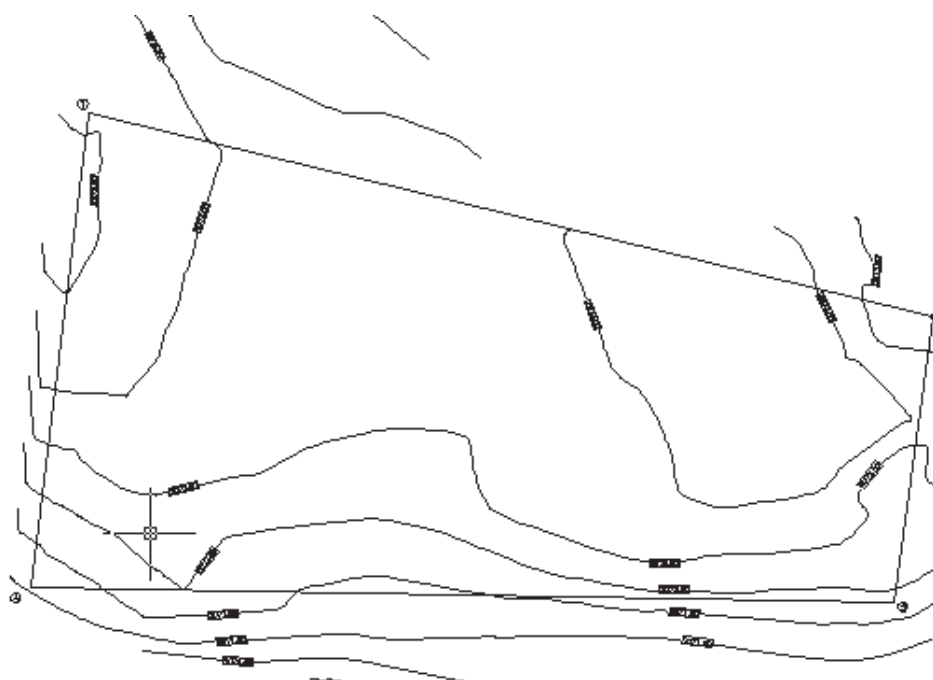


IMAGEN 30. Topografía del sitio designado para el Monorrelleno de lodos.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



CUADRO DE CONSTRUCCION						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
				1	2,360,749.022	356,350.281
1	2	S 76°29'30.40" E	151.475	2	2,360,713.640	356,497.565
2	3	S 07°48'14.61" W	50.100	3	2,360,664.003	356,490.762
3	4	N 89°01'56.51" W	150.828	4	2,360,686.547	358,340.158
4	1	N 06°59'50.77" E	83.094	1	2,360,749.022	356,350.281
SUPERFICIE = 9,999.059 m2						

IMAGEN 31. Cuadro de construcción del sitio designado para el Monorrelleno de lodos.

Una vez localizado el sitio y habiendo realizado el estudio topográfico se realizó la alternativa de diseño del monorrelleno

Desarrollada por Makro la cual cuenta con un cercado de malla ciclónica a lo largo de todo el perímetro del predio, con un acceso con caseta. El monorrelleno como tal está formado por terraplenes que funcionan como los bordos de dicho relleno, y en su corona a nivel de subrasante funcionan como camino por el cual un vehículo puede tener acceso a la rampa que permite descender al interior del monorrelleno. Precisamente la idea es que el camión cargado de lodos, entra al sitio, sube a los bordos a través de una rampa, luego va a la rampa de acceso al interior del monorrelleno, y baja para depositar los lodos que serán extendidos de forma manual o por medios mecánicos, esto último no fue definido en la alternativa.

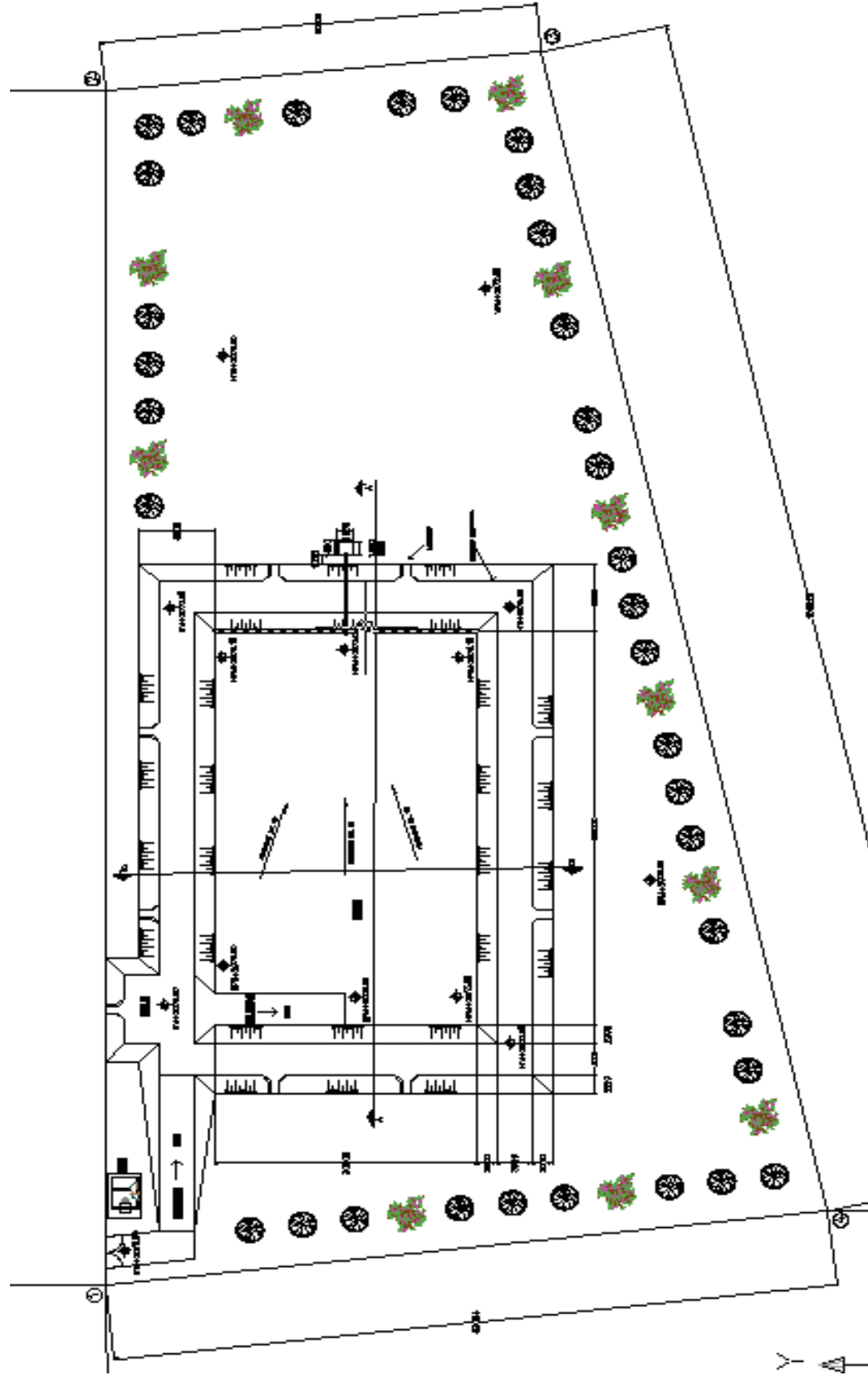


IMAGEN 32. Planta general del Monorrelleno de lodos, Alternativa número 2 desarrollada por la empresa constructora Makro.



5.1.3 ALTERNATIVA NÚMERO 3.

La alternativa número tres es llevada a cabo en el mismo sitio que fue propuesto para la alternativa número dos, por lo que la topografía es la misma. La diferencia fue desarrollar una propuesta que cumpliera con el volumen de capacidad para disposición de los lodos de la planta potabilizadora por un tiempo de 5 años como lo marcaba la licitación realizada por la Comisión Estatal del Agua del Estado de Guanajuato "CEAG", pero al mismo tiempo esta propuesta debería ser de tal manera que aprovechara toda la extensión del predio y quedando como una primera etapa el desarrollo para una vida útil de 5 años y una segunda etapa que permita al sitio crecer a la capacidad necesaria para cumplir con una vida útil de 20 años en total incluidos en éstos los 5 pertenecientes al desarrollo de la primera etapa.

El desarrollo de esta alternativo comienza con trazar los bordos de forma paralela al lindero, por lo que su eje fue trazado de manera paralela a estos contemplando una distancia de separación para que sus taludes patearan dentro del predio. Los bordos fueron proyectados para funcionar como un camino en su corono encontrado a nivel de capa subrasante.

Para desarrollarlo de esta manera se plantea un acceso a manera de rampa con una pendiente del 3.3% y una longitud de 17.11 m, el nivel al que se asciende en el acceso será el nivel al que llegarán los bordos en una segunda etapa para alcanzar así a dar la capacidad necesaria para una operación de 20 años.

Una vez ascendida la rampa de acceso se está al nivel de la plataforma de operaciones, la cual cuenta con una zona de maniobras para vehículos, una bodega y una caseta de vigilancia, además de encontrarse aquí la rampa de acceso al interior del monorrelleno. Todo esto se desarrollo al nivel de corona que alcanzarán al final los bordos previniendo que con el crecimiento de estos toda la zona de operaciones quedará a nivel y no fuera a quedar por debajo de estos, así desde la zona de operaciones se puede tener una visión total del monorrelleno desde su primera etapa y hasta su terminación y clausura.

Debido a que en su primera etapa la capacidad del monorrelleno solo debe de ser para una operación de 5 años, los bordos a lo largo del monorrelleno se encontrarán a un nivel inferior al de la zona de operaciones, en dicha zona se encontrará la caseta de vigilancia y la bodega, y es a partir de ésta que se tendrá una pendiente del 7.7% para el descenso hacia los bordos por ambos sentidos de la zona de operaciones y dicha pendiente se tendrá en una longitud de 20 metros. Cabe señalar que los bordos elevaran su nivel al término de los primeros 5 años de operación, donde se recomienda que en esta segunda etapa, la elevación de los bordos alcance ya el nivel de la zona de operaciones y por tanto se tenga la capacidad para operar por los siguientes 15 años llegando así al periodo de vida útil estipulado para el monorrelleno de lodos.



Technical drawing of a site plan for a sports facility. The drawing shows a large rectangular field with various zones and elevations. The field is divided into several sections, with elevations ranging from 2070.50 to 2074.50. Key features include a 'Zona di manutenzione' (maintenance zone), a 'Zona di parcheggio' (parking zone), and a 'Zona di servizio' (service zone). The drawing is labeled with '1' and '2' in the corners.

IMAGEN 33. Planta general del Monorrelleno de lodos, Alternativa número 3 desarrollada por Servicios y Consultores S.C.



5.2. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

Alternativa número 1.

La comparación de las tres alternativas no tuvo lugar, dado que la primera alternativa realizada por el proyecto Acueducto Paso de Vaqueros-San Luís de la Paz desarrollado por la CFE simplemente consistió en la localización de un sitio que fue designado por el proyecto para la construcción del Monorrelleno para la disposición de biosólidos, sin embargo no se desarrollo ningún proyecto específico para el monorrelleno en este sitio.

Por otro lado el sitio designado por la CFE en su proyecto para el desarrollo del monorrelleno de lodos fue cambiado por la Comisión Estatal de Agua del Estado de Guanajuato “CEAG” por razones ajenas al proyecto realizado por Servicios y Consultores, dichas razones siguen siendo desconocidas para nosotros y se considero que no tenía ninguna importancia la aclaración de estas, y únicamente se recibió esta información como un antecedente.

Alternativa número 2.

La alternativa número 2, se realizó en el sitio que designó la Comisión Estatal de Agua del Estado de Guanajuato y donde la empresa constructora Makro desarrolló la propuesta para la construcción del monorrelleno de lodos considerando cumplir únicamente con un periodo de vida útil de 5 años.

La propuesta de Makro fue revisada y analizada, al final la Comisión Estatal del Agua del Estado de Guanajuato “CEAG”, comentó su inconformidad con dicha propuesta, debido a que está en una primera instancia, se desarrollaba solo en una parte del Predio y lo demás quedaba simplemente desperdiciado, también la CEAG, consideró que la forma en que se desarrollaba la propuesta cumpliría con los 5 años de vida útil, sin embargo tenía pocas alternativas de crecimiento una vez concluidos dichos 5 años; quizás la superficie del predio permitiría construir a futuro otro relleno de tamaño similar al primero con una capacidad para 5 años más, sin embargo eso representaría otro proyecto a realizar a su debido tiempo.

Debido a lo anterior la Comisión Estatal de Agua del Estado de Guanajuato “CEAG” solicitó a la empresa constructora Makro, que aun cuando el monorrelleno sería inicialmente construido para un periodo de operación de 5 años puesto que así lo señalaban ya las bases de la licitación, el proyecto debería de ser para que el monorrelleno tenga una vida útil de 20 años, manejando en una primera etapa la construcción para la operación de los primeros 5 años cumpliendo con lo que señalan las bases de la licitación.

Por las razones anteriores consideradas por la Comisión Estatal del Agua del Estado de Guanajuato, la alternativa número 2 fue desechada.



Alternativa número 3.

La constructora Makro solicitó a Servicios y Consultores apoyo con el desarrollo del proyecto referente al monorrelleno de lodos, para lo cual entregó su proyecto como un antecedente además de una base referente a lo que se pretendía hacer; comentando cuáles fueron las razones de la Comisión Estatal del Agua del Estado de Guanajuato “CEAG” para rechazar dicha propuesta y así atender a lo solicitado dentro de la propuesta que desarrollaría Servicios y Consultores.

Considerando la propuesta de la constructora Makro como base para el desarrollo de lo que llamamos la alternativa número 3, se desarrolló bajo el mismo esquema, ampliando el perímetro de los bordos a todo lo largo y ancho del predio, con lo cual se logró una mayor superficie para disposición de lodos, por lo que la altura de los bordos fue menor, además se planteó la primera etapa para que cumpliera con los requisitos de las bases de licitación, es decir tener la capacidad en volumen para la disposición de lodos por un periodo de 5 años, y una vez concluidos estos atender a una segunda etapa de construcción que consiste en la sobre elevación de los bordos para así alcanzar la capacidad en volumen que permita la operación por 15 años más. De esta manera el monorrelleno de lodos alcanzara en total un periodo de vida útil de 20 años.

Con lo anterior se atendió las observaciones realizadas por la Comisión Estatal del Agua del Estado de Guanajuato “CEAG” y se respetó que la construcción inicial del monorrelleno de lodos será para una puesta en operación de 5 años.

5.3 SELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.

La justificación de una de las alternativas es una parte que tampoco tuvo lugar en el desarrollo del proyecto, debido a que en la alternativa número 1 desarrollada por la CFE, en realidad no había una propuesta para el monorrelleno, y el sitio designado fue cambiado por lo que esta simplemente quedó fuera de lugar.

Con referencia a la segunda alternativa, podría pensarse en una comparación con la tercer alternativa puesto que ambas son propuestas diferentes desarrolladas en el mismo predio, pero tal comparación tampoco tiene lugar debido a que el rechazo de dicha alternativa por parte de la Comisión Estatal del Agua del Estado de Guanajuato “CEAG” llevó a la realización de la tercer alternativa, para cumplir con los requerimientos y parámetros por los cuales fue rechazada la alternativa 2.

Por lo tanto si hubiera una justificación quizá sería que la alternativa 3 resulta ser la mejor alternativa dado que contempla una construcción acorde a lo señalado en las bases de licitación. Teniendo de esta manera un monorrelleno de lodos que será construido para tener una operación inicial de 5 años y una construcción de segunda etapa al término de éstos que le permitirá seguir operando por 15 años más, cumpliendo así con una vida útil de 20 años tal y como lo requería la Comisión Estatal del Agua del Estado de Guanajuato “CEAG”.



CAPITULO 6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

6.1. PROYECTO DE TERRACERÍAS.

El predio localizado por un costado de la presa Paso de Vaqueros, frente al Cerro del Burro donde actualmente se encuentra en construcción la planta potabilizadora tiene una topografía sensiblemente plana que va desde la cota 2071.50 a 2073.5. Para más detalle consultar el plano Topografía del sitio de clave: MRL-TOP-TSI-01.

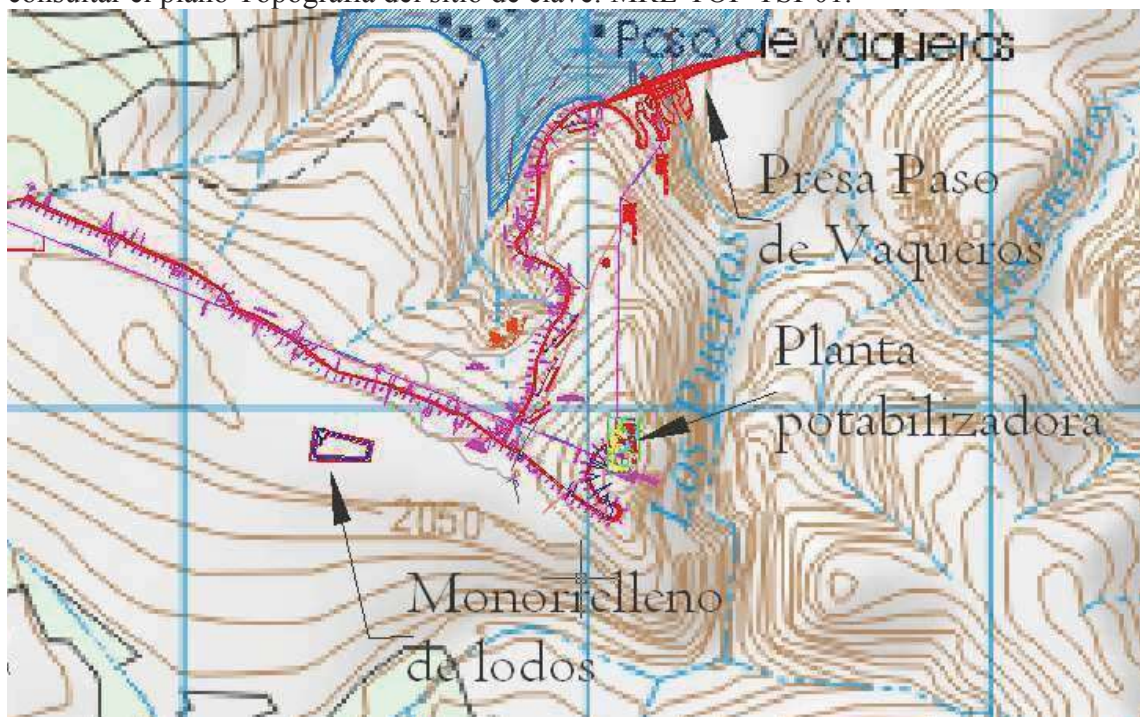


IMAGEN 34. Localización del sitio seleccionado para el Monorrelleno de lodos en la carta topográfica de INEGI F14C35 San Luis de la Paz.

6.1.1. TRAZO Y NIVELACIÓN DEL TERRENO

Para el desarrollo de las terracerías se plantea llevar a cabo un despalme de 0.60 metros de profundidad para retirar de esta manera la capa vegetal señalada con este espesor aproximado en la mecánica de suelos.

Para la realización del despalme de 0.60 metros a lo largo y ancho de todo el predio se trazo un eje que servirá como centro para el retiro de la capa vegetal



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

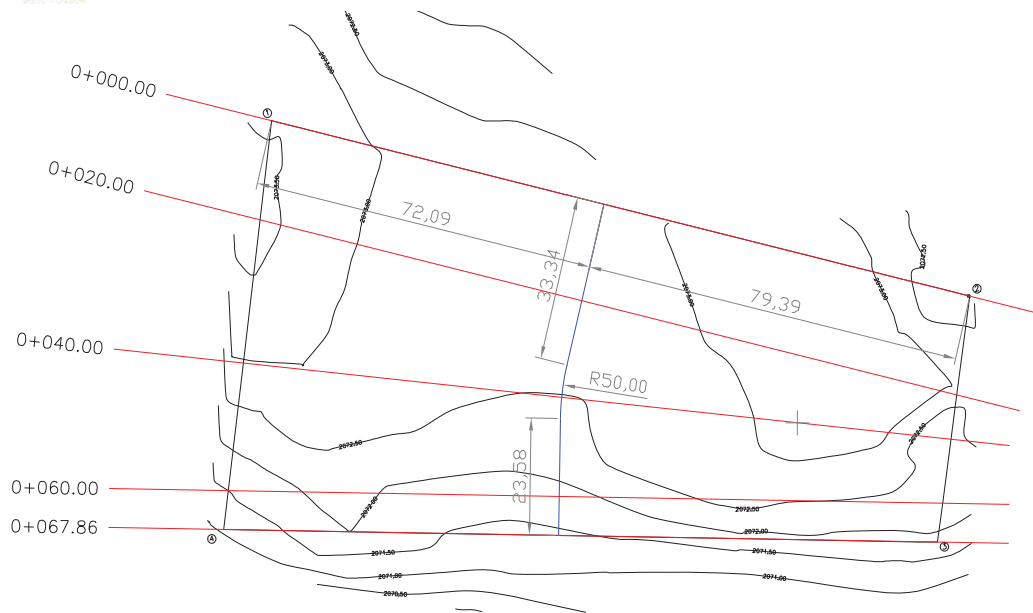


IMAGEN 35. Eje de trazo para la realización del despalme de 0.60 metros de profundidad.

El eje que se localiza en la figura anterior relativamente al centro del predio marcado por 5 estaciones, cuatro de ellas con intervalos de 20.00 metros y una de 7.86 metros.

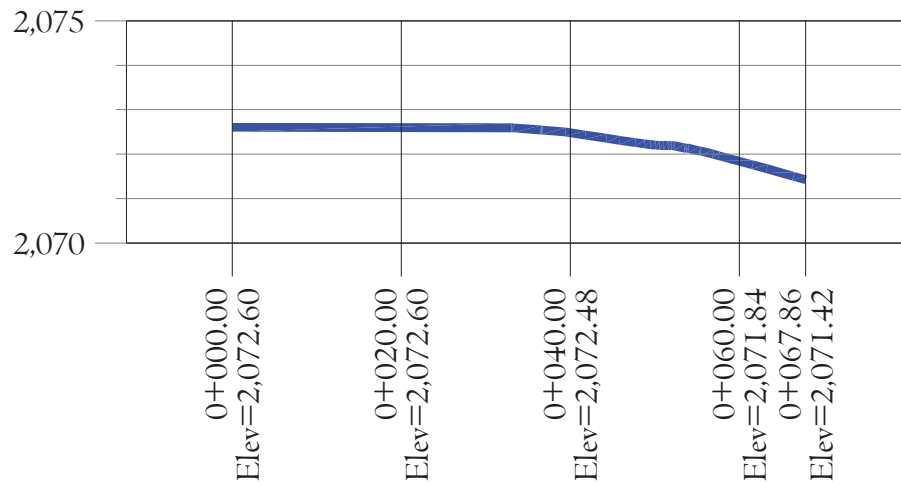
En el trazo del terreno tenemos el cuerpo izquierdo y derecho, para lo cual se obtuvieron las longitudes correspondientes izquierdas y derechas a partir del eje de trazo al límite del predio.

Cuerpo Izquierdo	Estación	Cuerpo Derecho
79.39 m	0+000.00	72.09 m
81.38 m	0+020.00	69.80 m
82.57 m	0+040.00	67.54 m
80.91 m	0+060.00	69.83 m
79.96 m	0+067.86	70.66 m

Una vez trazado el eje se obtuvo con él un perfil del terreno para así obtener a través de este el perfil del nivel de rasante al que se pretende llegar una vez hecho el despalme, el cual es de 0.60 metros por debajo del terreno natural.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



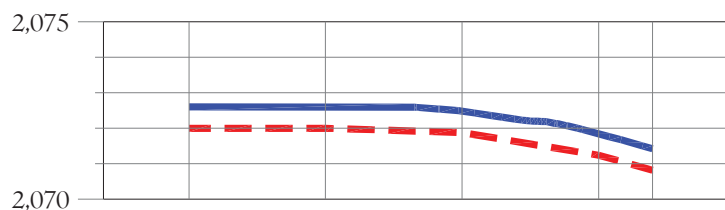
PERFIL Terreno Natural

IMAGEN 36. Perfil del terreno natural siguiendo el eje de trazo.

En la imagen 36 podemos apreciar el perfil del terreno además de poder observar sus elevaciones y específicamente la localización y elevación de cada una de las cinco estaciones en que se marco el eje de trazo.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



ELEVACION	ESPEJOR	TERRAPLEN					
		CORTE					
ELEVACION	RASANTE	2,072.00	2,072.00	2,071.88	2,071.24	2,070.82	
	TERRENO	2,072.60	2,072.60	2,072.48	2,071.84	2,071.42	
		0+000.00	0+020.00	0+040.00	0+060.00	0+067.86	

IMAGEN 37. Perfil del terreno natural y perfil de la rasante de despalme del terreno.

En la imagen 37 que se puede apreciar en la parte superior podemos ya observar en una línea continua el perfil del terreno natural y en la línea que se encuentra de forma punteada apreciamos lo que sería el perfil del terreno una vez realizado el despalme de 0.60 metros de profundidad a lo largo y ancho de todo el predio.

Se definieron cada una de las secciones en el software CivilCaD de ARQCOM para AutoCAD. Como podemos ver en la siguiente imagen.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

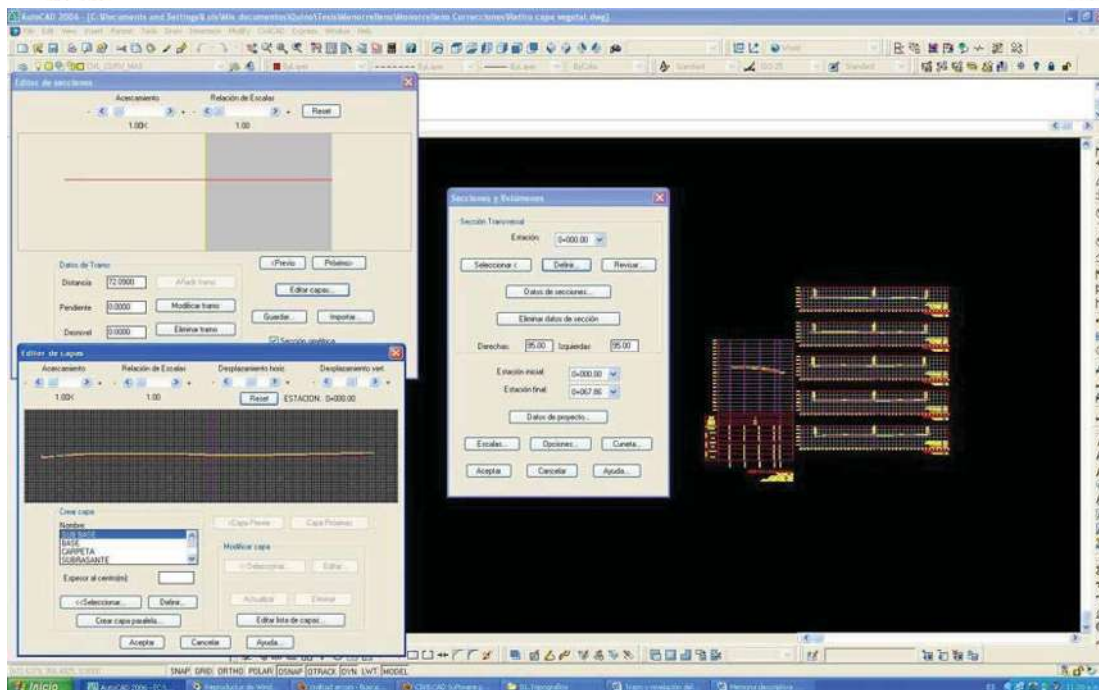


IMAGEN 38. Pantalla de trabajo AutoCad – CivilCaD, en el trazo de las secciones constructivas de despalme.

En la imagen 38 se puede observar al software AutoCAD, con la utilización de la herramienta CivilCaD para la definición de las secciones y la obtención de los volúmenes de despalme, para nuestro caso se considero el despalme recomendado de 0.60 metros de profundidad según lo indica el estudio de mecánica de suelos.

Ahora es importante aclarar que en este despalme de 0.60 metros de profundidad se decidió tomar como despalme la capa superficial de 0.30 metros de espesor y los restantes 0.30 metros faltantes por levantar fueron tomados como volumen de excavación obteniendo así los siguientes resultados.

Superficie de limpieza y trazo para el área de trabajo:	9,999.059 m ²
Volumen de despalme del terreno en terraplén:	20.67 m ³
Volumen de despalme del terreno en corte:	3,050.74 m ³
Volumen de excavación:	5,945.62 m ³

Para un mayor detalle referirse al Plano 1 de 9 de Primera Etapa “Trazo y nivelación del terreno” de clave: MRL-PET-TNT-01.



6.1.2. DEFINICIÓN DEL TERRENO UNA VEZ DESPALMADO Y EXCAVADO.

Habiendo llevado a cabo el despalme y excavación necesaria en todo el terreno para ubicarnos sobre el nivel de roca volcánica del tipo riolita porfírica considerada en calidad sana, se procede a localizar un eje de trazo para lo que serán los bordos que darán cabida al volumen de relleno que se pretende obtener.

Para poder realizar lo anterior primero tenemos que desarrollar una interpolación con respecto a las elevaciones del terreno natural y las obtenidas como elevaciones de rasante en la excavación del terreno para poder obtener una topografía que nos será representativa del terreno una vez completados el despalme y excavación, y que será a partir de ésta que se desarrollarán los bordos para el Monorrelleno.

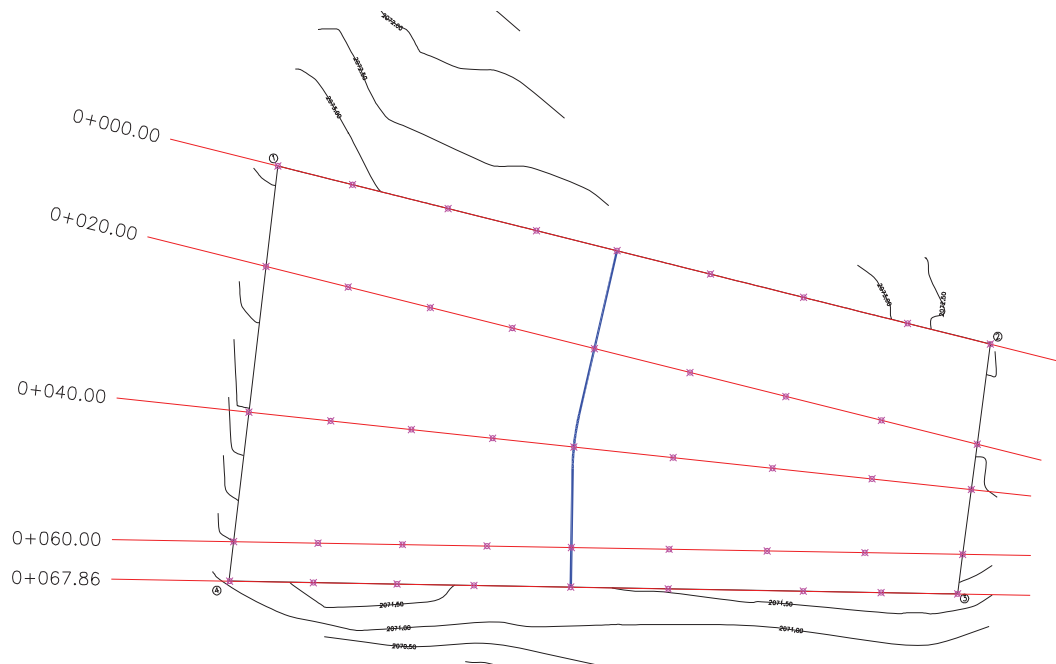


IMAGEN .39. Localización de los puntos de elevación en las secciones trazadas para el despalme del terreno una vez realizado.

Se eliminaron las curvas de nivel representativas del terreno natural dentro de lo que es el predio siendo que éste ha sido despalmado en 30 cm y excavado en otros 30 cm. Siguiendo el perfil que se muestra a continuación.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

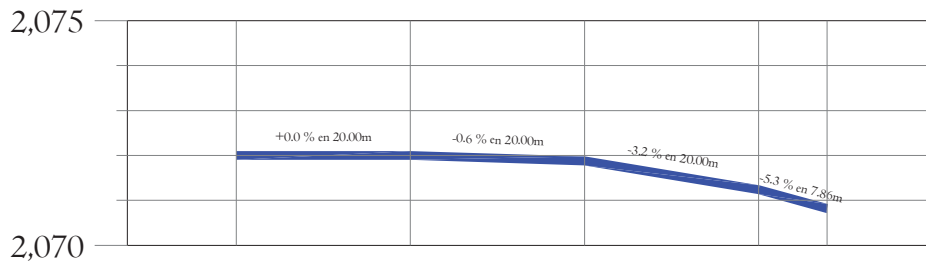


IMAGEN 40. Perfil de la rasante una vez terminado el despalme y excavación de acuerdo a como se planteo que sería considerado.

De acuerdo a los niveles de rasante obtenidos para la excavación del terreno que entre despalme y excavación fue una capa total de 0.60 m de profundidad se colocaron puntos con las correspondientes elevaciones de acuerdo con la sección correspondiente del trazo para después realizar una nueva triangulación que nos permitiera determinar las condiciones del terreno en este punto.

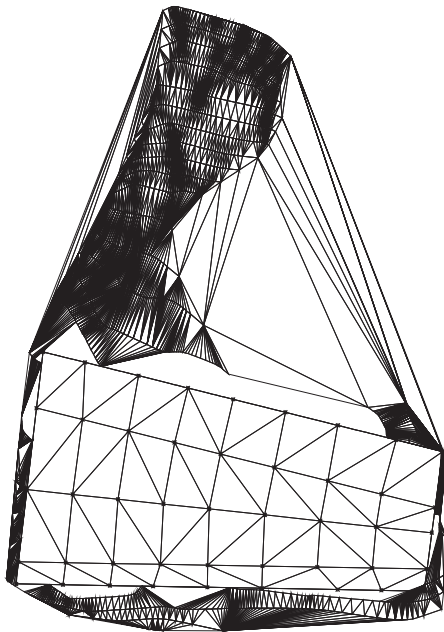


IMAGEN 41. Triangulación para determinar la topografía del terreno una vez realizado el despalme y excavación.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



En la imagen 41 se puede ver la triangulación que se realizó para obtener lo que sería la planta topográfica del sitio una vez completados los trabajos de despalme y excavación del predio para asentarnos sobre la capa de roca volcánica.

Con la nueva triangulación se obtuvieron las curvas de nivel como se muestra a continuación:

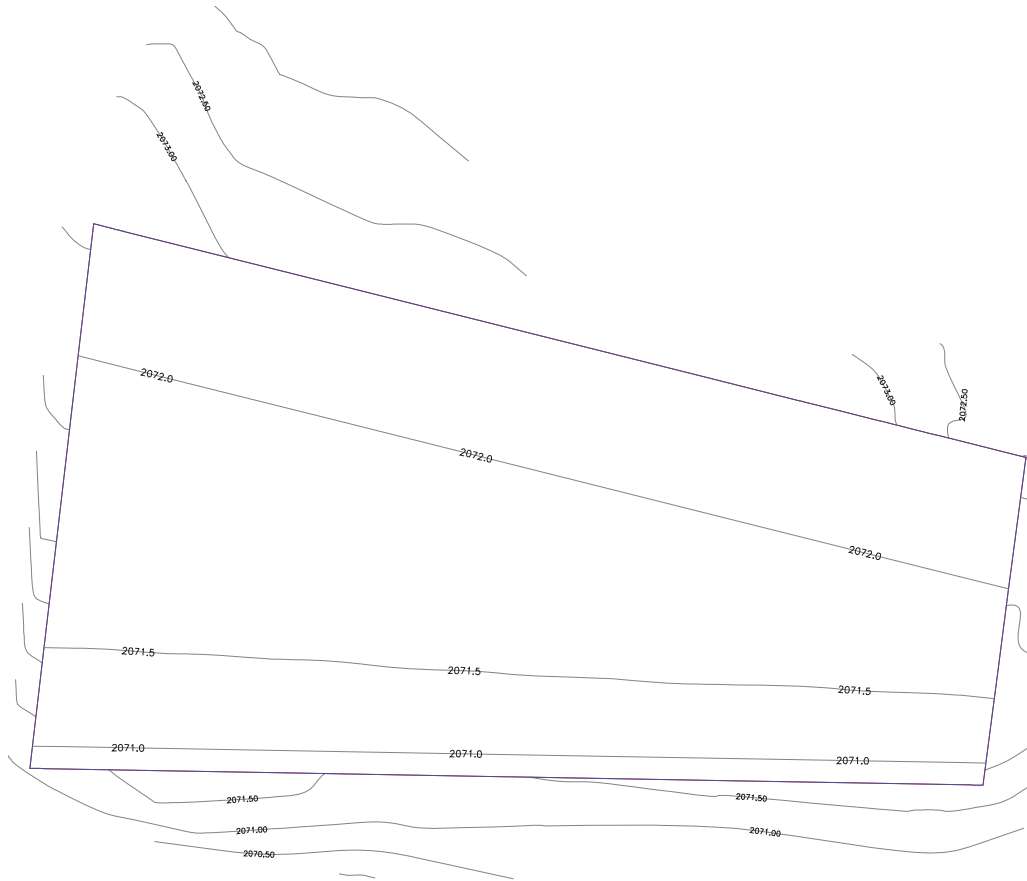


IMAGEN 42. Topografía del terreno una vez completados los trabajos de despalme y excavación.

En la imagen 42 se puede notar que la topografía alrededor del predio sigue tal cual es, y dentro de éste se convirtió en una superficie sensiblemente plana a todo lo ancho y que va bajando con una suave pendiente que al final es un poco más pronunciada, y es por esto que las curvas dentro del sitio son más bien prácticamente rectas que vienen desde una zona completamente plana en el nivel 2072 y bajando hacia el 2071.5 de manera suave e incrementando su pendiente hacia el nivel 2071 tal y como se puede apreciar en el perfil de la rasante de excavación anteriormente mencionado en la imagen 40.



Contando ahora con el trazo de la topografía obtenida tras la excavación y teniendo la triangulación que nos permite partir del nuevo nivel de terreno se planteara un eje de trazo para los bordos del monorrelleno.

Para un mayor detalle y apreciación referirse al Plano 2 de 9 de Primera Etapa “Trazo y Formación de Bordos” de clave MRL-PET-TFB-02.

6.1.3. TRAZO Y DELIMITACIÓN DEL EJE DE BORDOS PARA EL MONORRELLENO.

Completado el despalme y la excavación que juntos equivalen a retirar del sitio una capa de 0.60 metros de espesor procedemos a localizar el eje de trazo de lo que serán los bordos que nos darán el volumen de capacidad del monorrelleno.

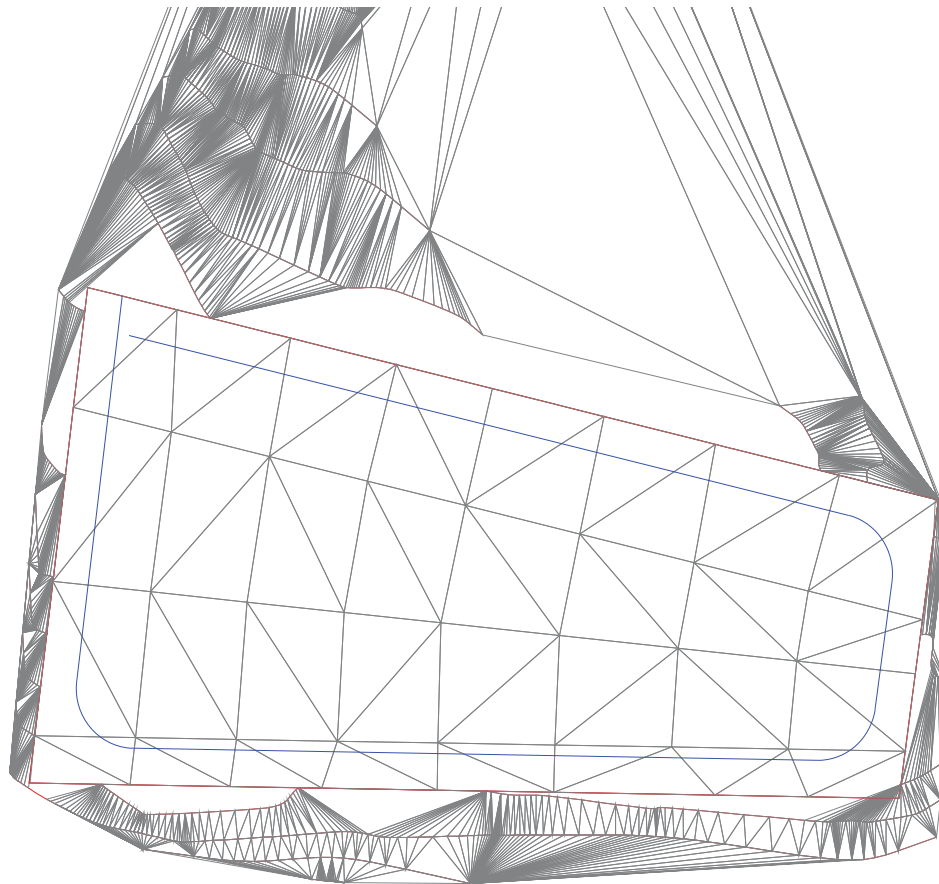


IMAGEN 43. Trazo del eje de los bordos del monorrelleno sobre la triangulación del terreno.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

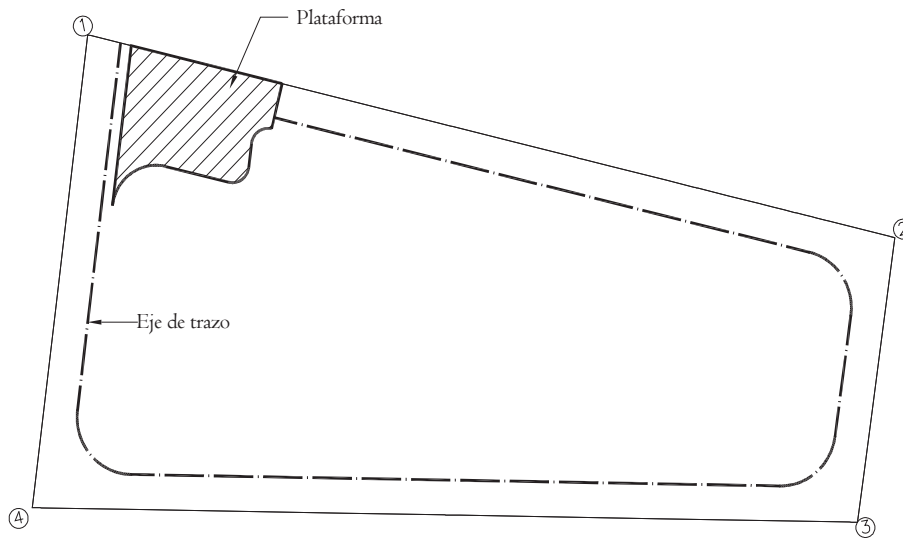


IMAGEN 45. Localización de la zona que será una plataforma para la construcción de las obras auxiliares.

Sobre el trazo podemos identificar con la línea punteada el eje de trazo para los bordos del relleno y de forma achurada una zona para construcción de una plataforma donde se encontraran las obras auxiliares, las cuales son: la caseta de vigilancia, una bodega y también tendrá una zona de a maniobras desde la cual se podrá acceder a una rampa que permitirá el descenso al nivel de fondo del monorrelleno. Dicha rampa aun no aparece en el esquema pues aun no se han establecido sus niveles y no se tiene por tanto su longitud.

Para realizar esto tenemos que determinar cuál sería el volumen de lodos generado por la planta potabilizadora en 20 años, y para esto debemos determinar la producción de estos en la potabilizadora a partir de los datos del caudal, dosis de coagulante y la turbidez del agua

De acuerdo con el capítulo 3 en el subcapítulo 3.1 referente a la determinación de la cantidad y características de los lodos tenemos un volumen de lodos en el efluente de $1.565 \text{ m}^3/\text{día}$ con un contenido de sólidos en el lodo del 18% y tomando en cuenta que se le adicionaran 100 kg de cal por cada m^3 de lodo al 18% obtenemos un volumen total de la mezcla que será dispuesta en el monorrelleno siendo este volumen de:

$$1.605 \text{ m}^3/\text{día}$$

Por lo tanto la capacidad del monorrelleno debe de ser de:

$$1.605 \text{ m}^3/\text{día} * 365 \text{ días} * 20 \text{ años} = 11716.5 \text{ m}^3$$

[131]



Conocido el volumen requerido es importante ahora conocer la superficie de fondo del monorrelleno, para lo cual se considera que la superficie será conformada sobre el nivel 2071.50 msnm (metros sobre el nivel del mar) y en base a esto se proyectaran bordos con una altura de 2.06 metros en el lado interno de estos y la altura que les corresponda en su lado externo según la elevación del terreno, teniendo así en la corona un nivel de 2073.56 msnm.

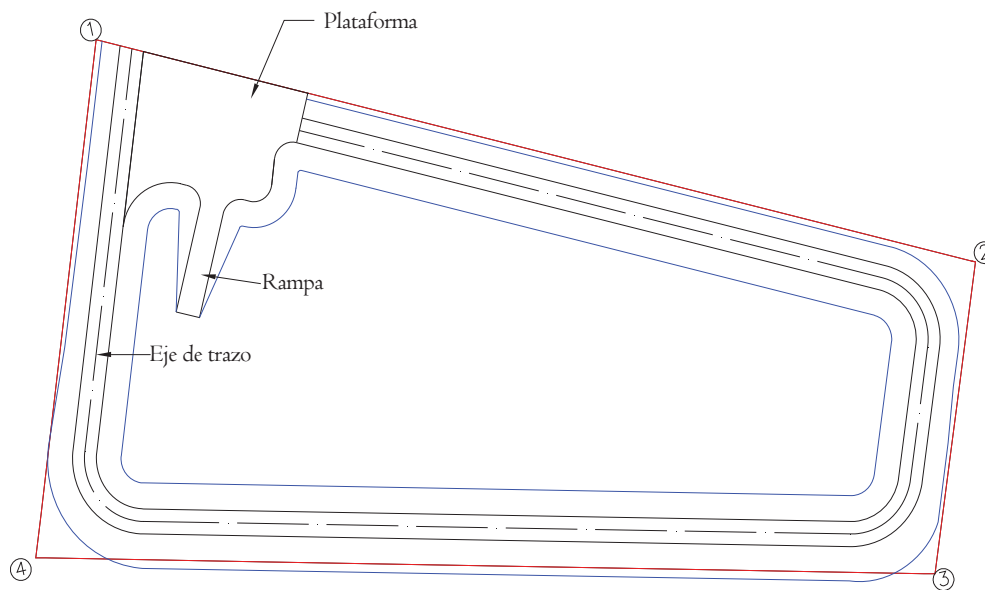


IMAGEN 46. Esquema general de los bordos, plataforma y rampa de descenso del monorrelleno.

La imagen 46 nos muestra al eje en el centro donde apreciamos una ancho de corona de 4.00 metros y posteriormente podemos ver la línea que nos muestra el punto donde los taludes patean al terreno, y con ello podemos obtener la superficie del fondo del monorelleno.

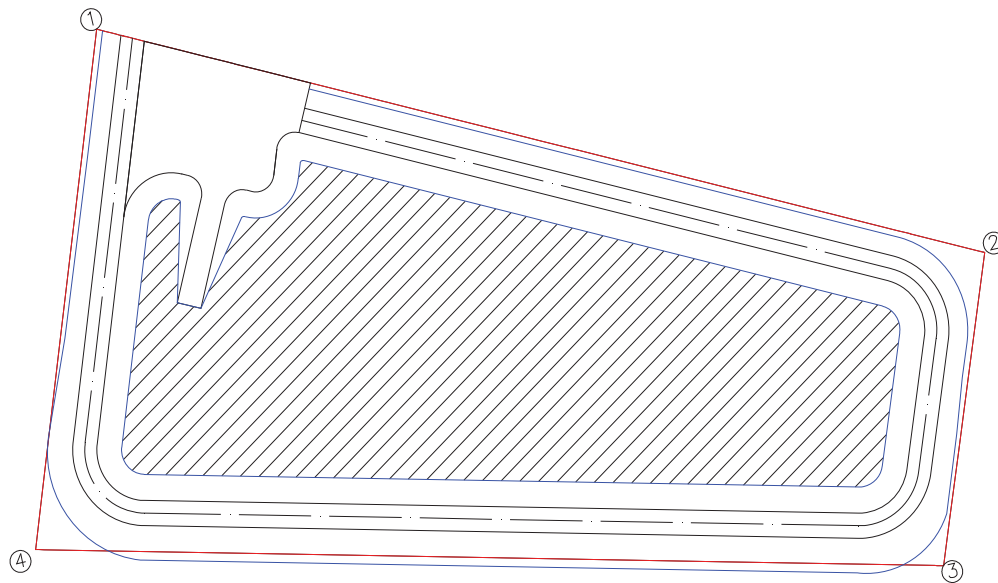


IMAGEN 47. Delimitación de la superficie de fondo.

6.1.4. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL MONORRELLENO.

El área achurada en la imagen 45 es el nivel de fondo del relleno delimitado en su extremos por los taludes de los bordos los cuales son 2:1 con relación horizontal-vertical y la altura de los bordos es de 2.06 m con respecto a esta superficie de fondo achurada en la figura anterior.

La superficie del fondo es de: $4,904.03 \text{ m}^2$

Si consideramos que la superficie fuera un volumen de 2.06 m de altura que es lo que tienen de los bordos tendríamos un volumen como se muestra a continuación

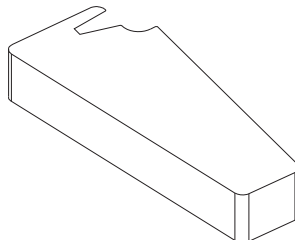


IMAGEN 48. Volumen generado a partir de la forma de la superficie de fondo.



De ser así el volumen del relleno sería de: $10,102.30 \text{ m}^3$

Sin embargo el volumen no es de esta forma si no que obedece a una forma trapezoidal en sus orillas.

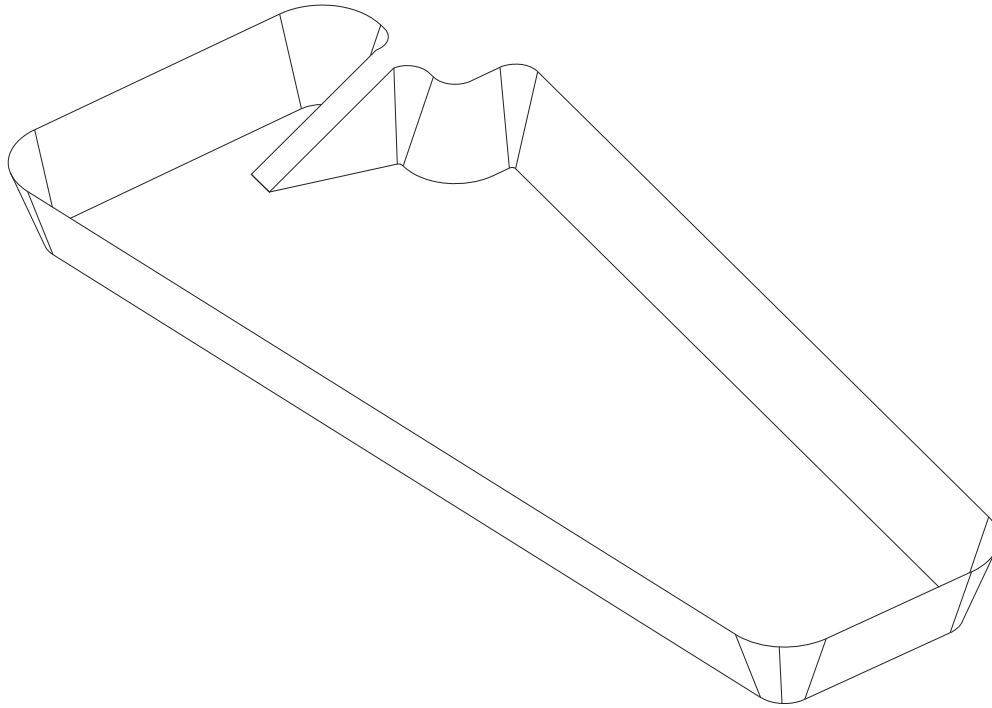
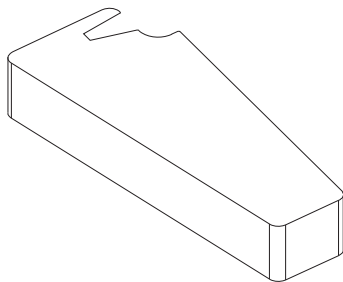


IMAGEN 49. Volumen para la recepción y disposición final de lodos.

La imagen 49 que tenemos arriba es un esquema isométrico del volumen que se dispondrá como capacidad para el monorrelleno.



Considerando que el volumen de la superficie inferior del volumen que podemos apreciar a un costado de estas líneas; la superficie es de $4,904.03 \text{ m}^2$ y la altura es de 2.06 m . por lo tanto:

$$4904.03 \text{ m}^2 * 2.06 \text{ m} = 10,102.30 \text{ m}^3$$

Ahora analizando la capacidad de volumen de relleno aprovechando el espacio proporcionado por los taludes de los bordos.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

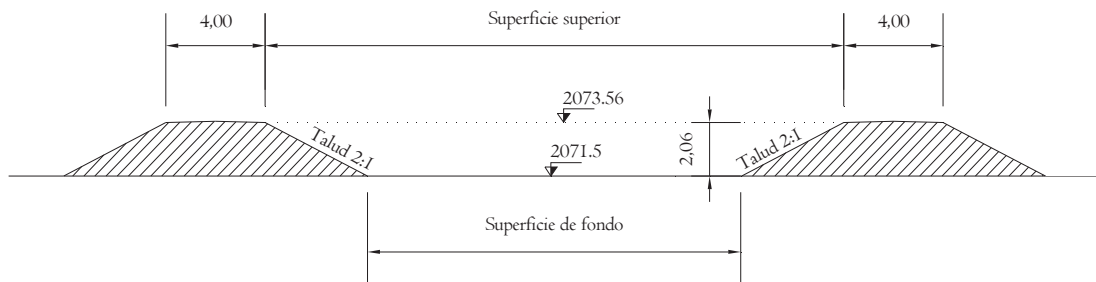


IMAGEN 50. Corte tipo del Monorrelleno de lodos.

En el corte tipo del monorrelleno podemos ver los bordos cuyo ancho de corona será de 4 metros con un bombeo del 2.00% y podemos ver lo que comprende la superficie del fondo así como la superior.

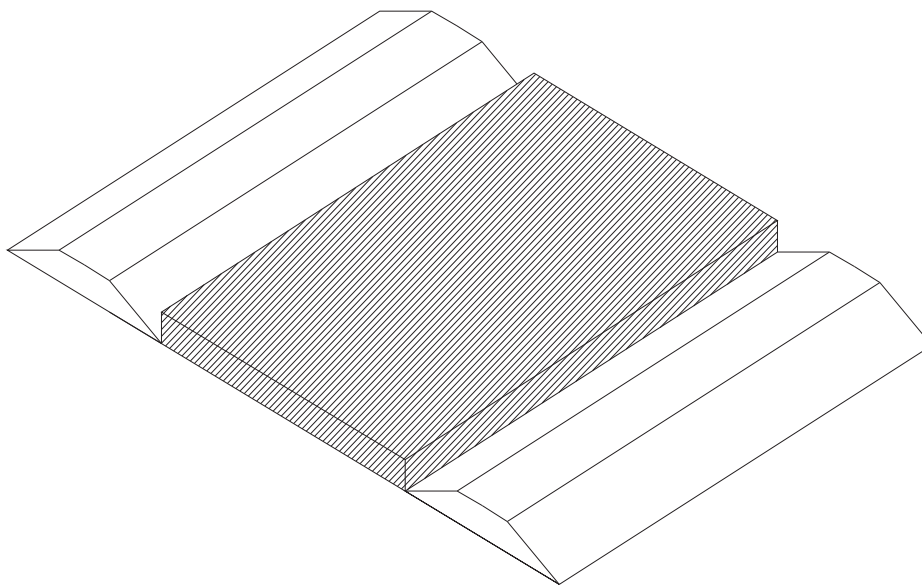


IMAGEN 51. Volumen generado a partir de la superficie de fondo y la altura de los bordos.

Al considerar el volumen que se obtiene únicamente con la superficie de fondo se está dejando de lado el volumen que se puede ver en la imagen de arriba, un volumen de sección triangular como se muestra a continuación:

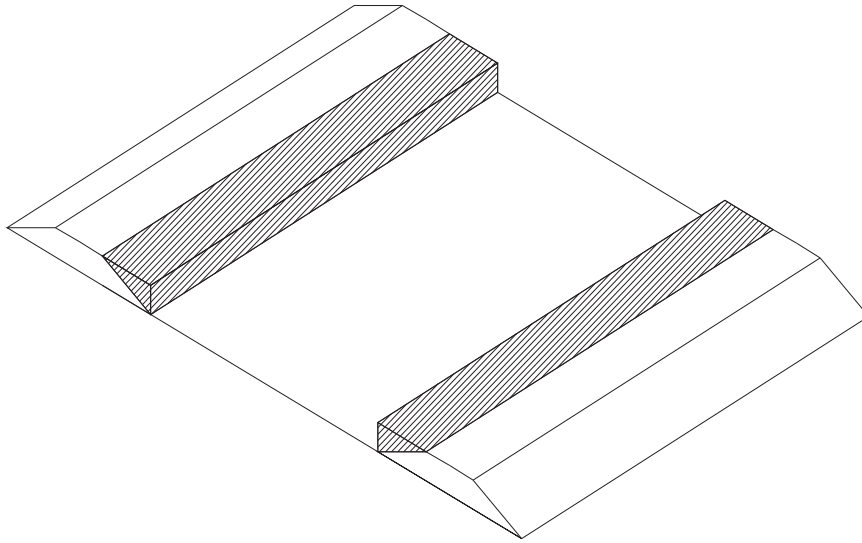


IMAGEN 52. Volumen de sección triangular formado entre los taludes y el fondo del monorrelleno considerando de altura la de los bordos.

En la imagen 52 podemos apreciar ahora el volumen de sección triangular y que también forma parte del volumen de relleno ubicándose sobre los taludes de los bordos y el fondo del monorrelleno siendo precisamente esto lo que le da a estas secciones de relleno una volumetría triangular.

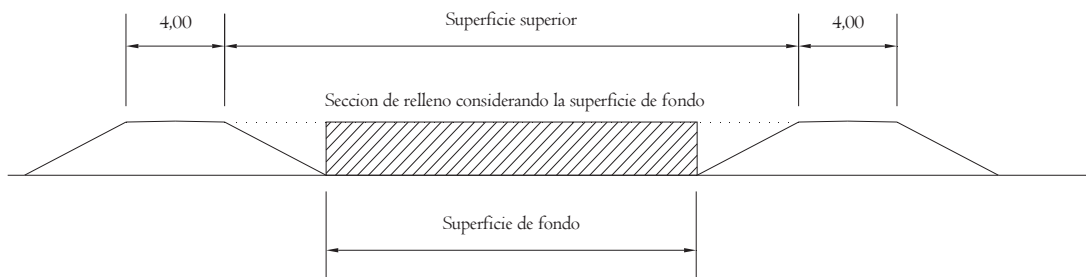


IMAGEN 53. Corte tipo del Monorrelleno de lodos, considerando el volumen formado a partir de la superficie de fondo y la altura de los bordos.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

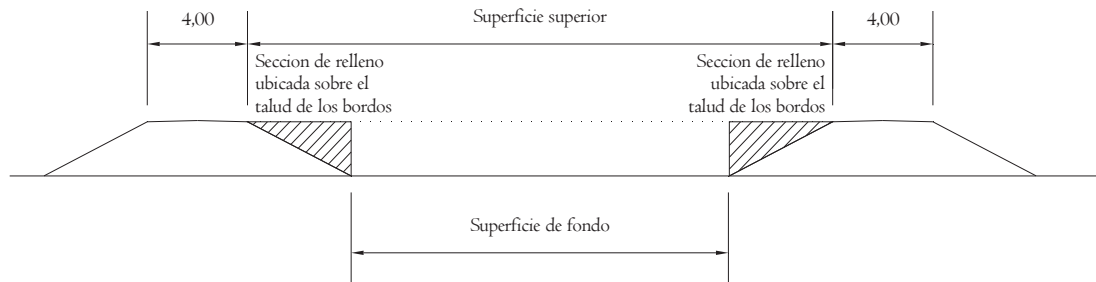
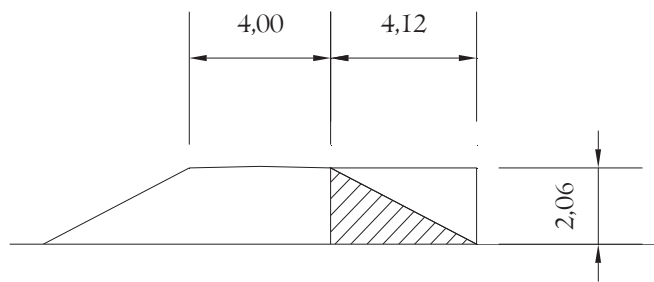


IMAGEN 54. . Corte tipo del Monorrelleno de lodos, considerando el volumen formado a partir de los taludes de los bordos y el nivel del fondo del monorrelleno.

Se realiza la obtención del área para un de las secciones de relleno ubicadas sobre los taludes de los bordos.



En la figura de la izquierda podemos localizar un área achurada, la cual representa al talud 2:1 que tienen los bordos que cuentan con una altura de 2.06 m con respecto al fondo del monorrelleno, y así es que podemos identificar la sección triangular que se forma sobre el talud y la cual nos

representa el espacio de relleno sobre los taludes la cual podemos determinar cómo:

$$\text{Área de la sección triangular} = (2.06 \times 4.12) / 2 = 4.24 \text{ m}^2$$

Para verificar, si obtuviéramos el área del rectángulo que forma junto con la sección del talud tenemos que:

$$\text{Área} = 2.06 \times 4.12 = 8.48 \text{ m}^2$$

Y si esta área la dividimos entre 2 obtenemos un área de: 4.24 m^2 , es decir el área de la sección triangular de relleno sobre los taludes.

Si se considera un metro de longitud, y se toma como relleno toda la sección rectangular compuesta por el volumen de los taludes y el volumen destinado para relleno tenemos: $4.12 \text{ m} \times 1.00 \text{ m} = 4.12 \text{ m}^2$ de superficie que al ser multiplicados por los 2.06 m de altura tenemos un volumen de 8.48 m^3 .



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Ahora recordando que el relleno únicamente es la sección triangular ubicada sobre los taludes en un metro de distancia:

El área de la sección triangular es de: 4.24 m^2 que al multiplicar por un metro de longitud nos da un volumen de; 4.24 m^3

Considerando que el volumen que incluye al talud del bordo como el volumen de relleno en un metro de longitud es de 8.48 m^3 y que el volumen calculado solo para la sección triangular de relleno es de 4.24 m^3 podemos ver que el volumen es exactamente la mitad del volumen que se obtendría si se pretendiera rellenar toda la sección y no solo sobre los taludes.

Entonces obteniendo la superficie de terreno ocupada por los bordos y multiplicándola por la altura de los mismos de 2.06 metros obtenemos un volumen que al ser dividido entre dos se deja de considerar el volumen de los taludes y quedaría únicamente el volumen de relleno.

Superficie de terreno ocupado por los bordos: $1,430.94 \text{ m}^2$.

$$1,430.94 * 2.06 = 2,947.74 \text{ m}^3$$

$$2,947.74 / 2 = 1,473.87 \text{ m}^3$$

Por lo tanto:

El volumen únicamente considerando la superficie de fondo + el volumen de relleno sobre los taludes nos da un volumen de:

$$10,102.30 \text{ m}^3 + 1,473.87 \text{ m}^3 = 11,576.17 \text{ m}^3$$

Ahora bien este volumen es sin contemplar el relleno sobre la rampa de acceso al nivel de fondo, la cual al final quedara completamente tapada por el relleno cuando este alcance el nivel 2073.56 m. y por lo tanto se empareje con los bordos.

Volumen de relleno en la rampa:

La rampa cuenta con una longitud de 20.00 metros y el relleno sobre sus taludes ya fue cuantificado así que el relleno sobre la rampa es de:

$$20.00 \text{ m} * 4 \text{ m} = 80 \text{ m}^2 \text{ y } 80 \text{ m}^2 * 2.06 \text{ m} = 164.8 \text{ m}^3.$$



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Ahora la mitad de ese volumen ya se encuentra ahí conformando la rampa de igual manera como sucedía con los taludes por lo que se rellenara sobre la rampa un volumen de: 82.24 m³

Volumen total: $11,576.17 \text{ m}^3 + 82.24 \text{ m}^3 = 11,658.57 \text{ m}^3$

Ahora se considera que el fondo no es completamente horizontal si no que tiene una pendiente del 1% del centro hacia sus lados.

Considerando este desnivel, la altura de de los taludes en algunos puntos alcanza hasta los 2.30 metros de altura promedio, por lo que el volumen también sufre un incremento.

De esta manera el volumen se ve incrementado con un porcentaje considerado del 1.00%.

Con esto el Volumen total de capacidad para el Monorrelleno es de:

$$11,658.57 * 1.01 = 11,775.16 \text{ m}^3$$

Y por lo tanto la vida útil del monorrelleno es de:

$$11,775.16 \text{ m}^3 / 1.605 \text{ m}^3/\text{día} = 7,336.55 \text{ días.}$$

$$7,336.55 \text{ días} / 365 \text{ días} = 20.10 \text{ años.}$$

Por lo tanto el Monorrelleno de lodos tendrá:

Volumen de Relleno: 11,775.16 m³

Vida útil: 20.10 años

Debemos recordar que la producción de lodos no se incrementara durante los 20 años ya que la sección 00700 referida a los criterios de evaluación de la propuesta económica en el procedimiento general hace mención a un volumen de agua a potabilizar de 648,000 m³/mes y se comenta que este volumen permanecerá constante durante el periodo de evaluación de 20 años y es por esto que no hay incremento en la producción de lodo durante los 20 años ya que el caudal sigue siendo de 250 l/s medidos en el efluente.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



6.1.5 DELIMITACIÓN Y NIVELACIÓN DEL FONDO.

Una vez que se ha verificado que con este trazo y la elevación de los bordos cumpliremos con el volumen requerido para 20 años procedemos a marcar las estaciones sobre el eje de trazo de los bordos.

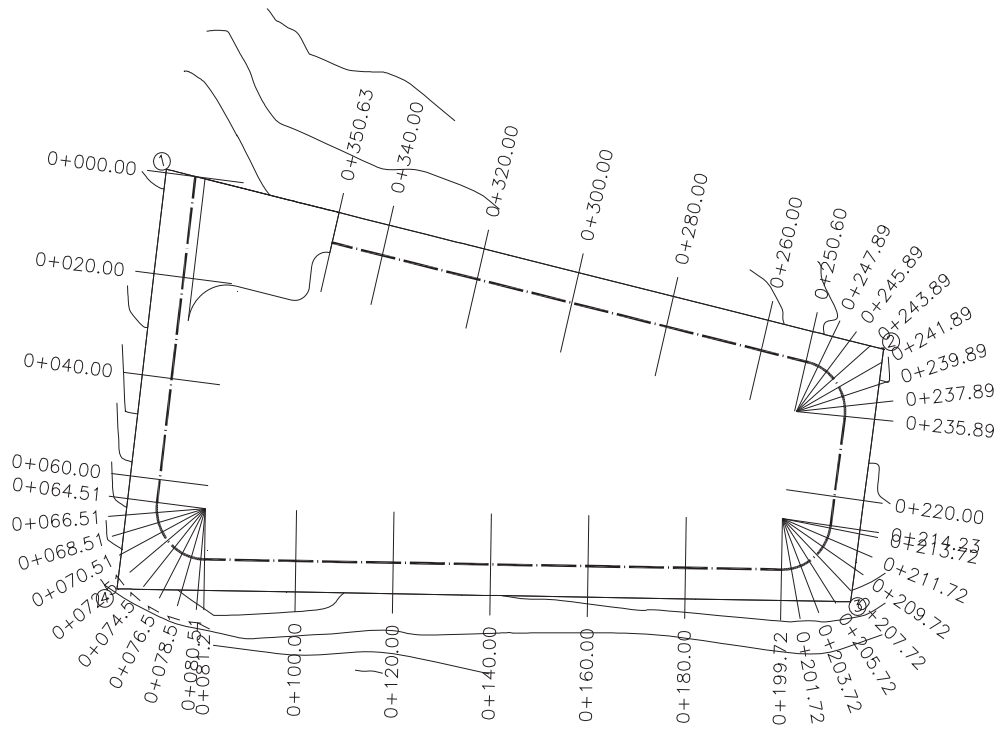


IMAGEN 55. Definición de las secciones constructivas que serán realizadas para la formación de los bordos.

Delimitadas las secciones, procedimos a obtener el perfil del terreno a lo largo del eje de trazo de los bordos.

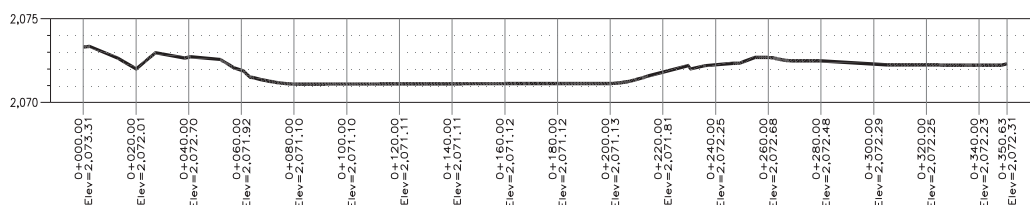


IMAGEN 56. Perfil del terreno natural del eje de trazo de los bordos.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Sobre el perfil del terreno se realizó el trazo del perfil de proyecto representando este el nivel de subrasante de los bordos.

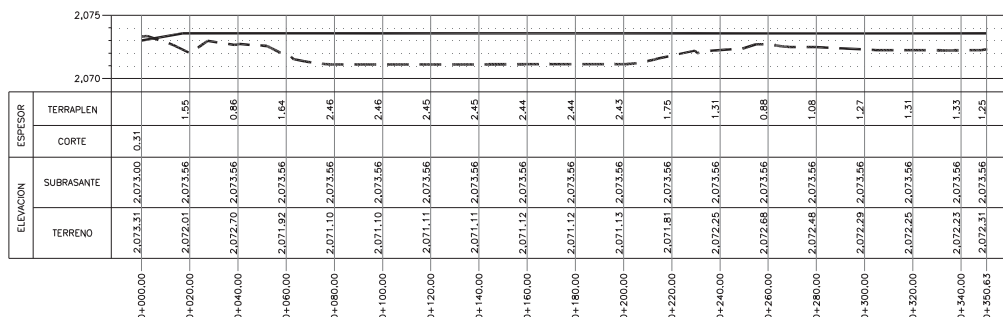


IMAGEN 57. Perfil del terreno natural y de subrasante del eje de trazo de los bordos.

Ya en la imagen 57 podemos ver tanto el perfil del terreno que aparece en forma punteada y el perfil de subrasante de los bordos que aparece de forma continua.

Para proceder tenemos delimitada ya lo que será la superficie de fondo del relleno por lo tanto procederemos a obtener un eje central y a llevar a cabo la nivelación de este en el nivel 2071.50 msnm con una pendiente del 1% hacia sus extremos.

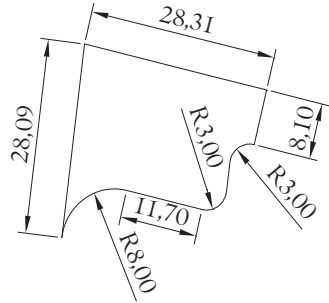
Considerando la superficie de fondo sensiblemente plana en el nivel 2071.50 msnm y habiendo un desnivel con respecto a los bordos de 2.06 metros, y tomando en cuenta que los taludes serán de 2:1 y que el ancho de corona es de 4 metros siendo 2 metros al cuerpo izquierdo y 2 al cuerpo derecho, tenemos entonces que el punto donde patean los taludes delimitando el fondo es a 6.12 metros horizontales medidos desde el eje de trazo de los bordos resultando de:

2 metros del eje de trazo al hombro del bordo + 4.12 metros horizontales que corresponden por el talud 2:1 para el desnivel de 2.06 metros lo que nos da 6.12 metros.

Para esto también se delimita la zona de plataforma, en la cual no se contemplara en este momento la rampa de descenso al nivel de fondo dado que es éste nivel de fondo, el cual se pretende conformar.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



En la figura se de la izquierda se pueden apreciar las dimensiones que conforman la plataforma que se piensa realizar y la cual se ubicara en el acceso al sitio.

Ahora debemos localizar la plataforma en el sitio.

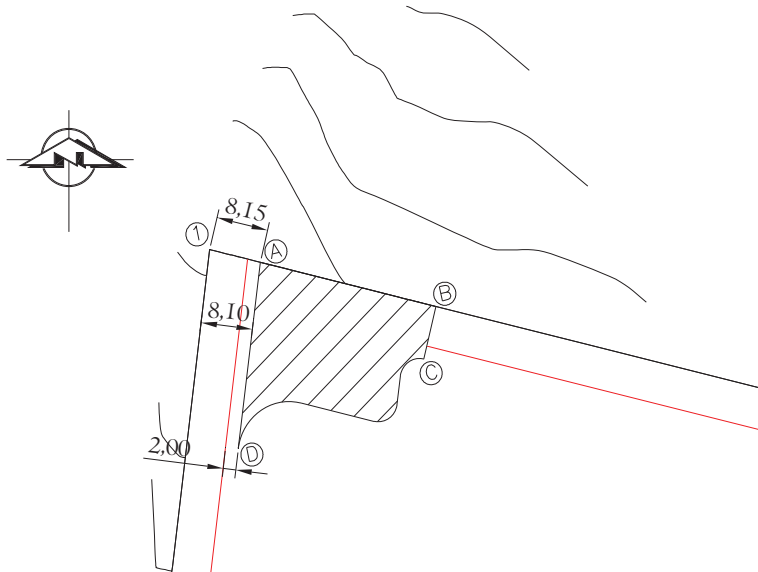


IMAGEN 58. Localización de la plataforma en el acceso al sitio del monorrelleno.

El vértice A de la plataforma se encuentra a 8.15 metros medidos a partir del vértice 1 del predio, el lado A-D de la plataforma es paralelo al eje de trazo de los bordos y se encuentra a 2 metros de él, y a 8.10 metros del lindero Oeste del predio del cual también es paralelo.

Con todo esto y la distancia horizontal de los taludes con respecto al nivel que se desea alcanzar que es 2071.50 m, se delimita entonces la superficie que será atacada hasta alcanzar el nivel ya mencionado y será conformada una pendiente del 1% hacia a sus extremos a partir de su eje.

En la siguiente figura y de forma achurada podremos ver la superficie de fondo del Monorrelleno de lodos la cual debe ser atacada y nivelada sobre el nivel 2071.50 msnm y con una pendiente del 1% a partir del eje hacia sus extremos.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Podemos localizar el eje de trazo de la superficie de fondo a 42.19 metros del vértice 1 del predio siguiendo el lindero Oeste y a 12.22 metros de manera paralela al lindero encontraremos el punto X1 del eje.

El punto X2 del eje de trazo de la superficie de fondo se encuentra a 25.19 metros del vértice 2 del predio siguiendo el lindero Este y a 12.22 metros de manera paralela a este.

Todo lo anterior lo podemos observar en la siguiente imagen:





DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Con el eje de trazo marcamos estaciones y obtenemos el perfil del terreno así como el de proyecto referido a la rasante que se pretende lograr en el fondo que es el nivel 2071.5 con una pendiente del -1.0% hacia los extremos a partir del eje.

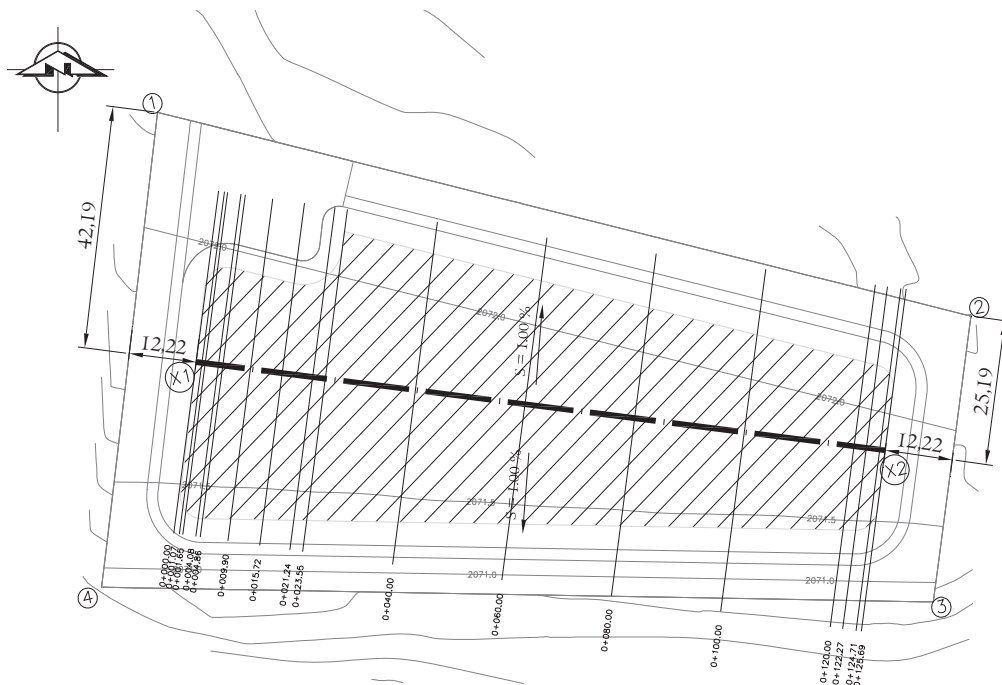


IMAGEN 60. Eje de trazo del fondo del monorrelleno y sus secciones constructivas.

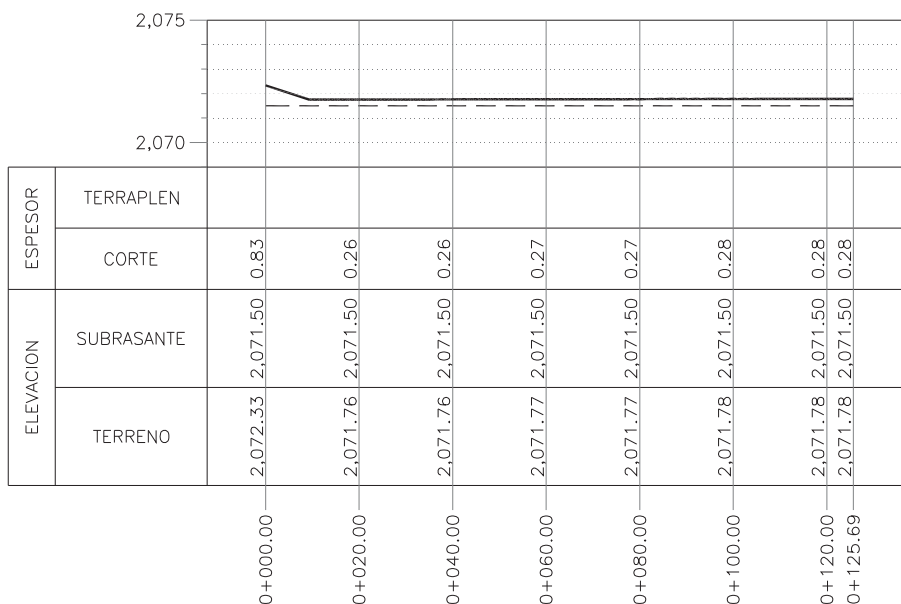


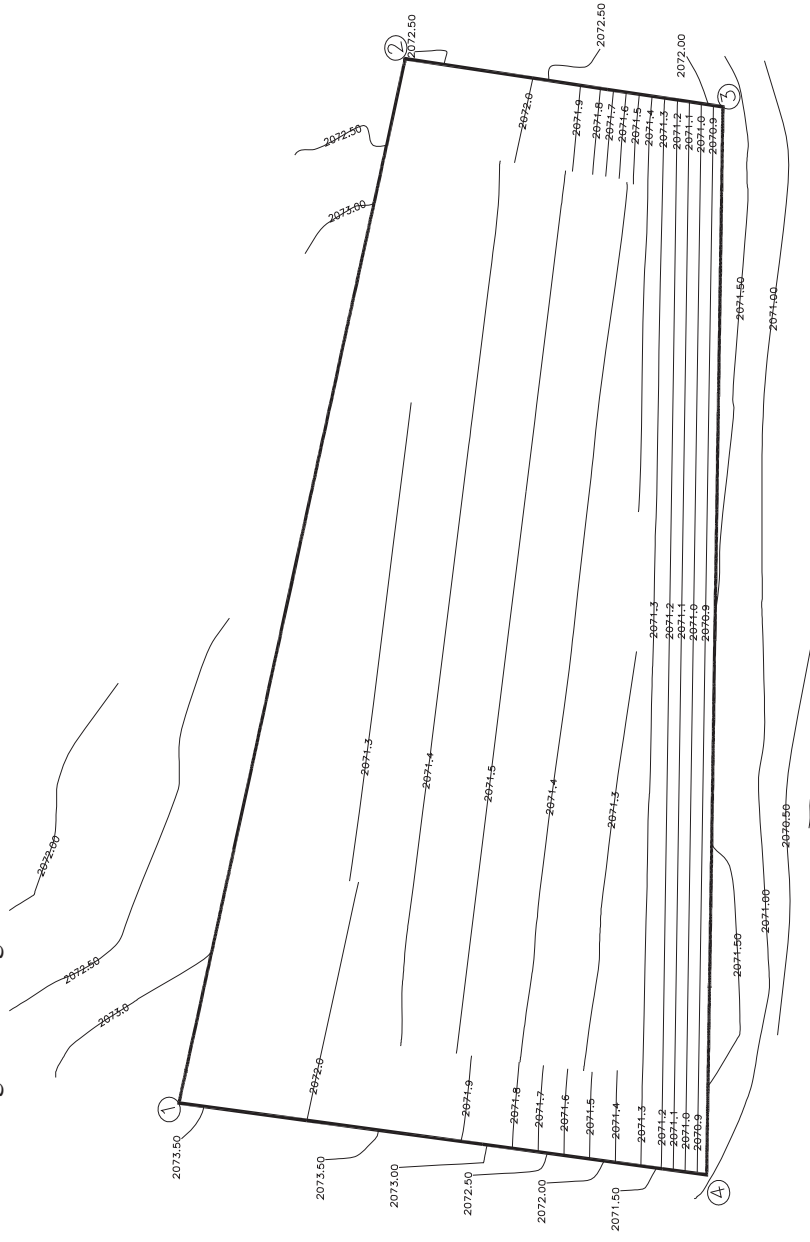
IMAGEN 61. Perfil del terreno y subrasante del nivel del fondo del monorrelleno.



DISEÑO DEL MONORRELENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUIS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Con el perfil tanto de terreno como de rasante obtenemos las secciones transversales y con estas localizamos puntos en planta para poder determinar las curvas de nivel de él, así podemos apreciar cómo se encuentra el terreno cuando estamos por desplantar los bordos tal y como se muestra en la siguiente imagen.





En la imagen 62 podemos ya apreciar las curvas de nivel fuera del predio, las cuales corresponden literalmente al terreno natural, dentro del predio podemos curvas de nivel que se ven cortadas en el zona centro del predio, estas corresponden al terreno una vez retirada la capa de 0.60 metros que señalaba el estudio de mecánica de suelos para encontrar el estrato de roca sana del tipo riolita porfírica y ya en el centro del terreno podemos observar curvas de nivel que descienden a partir de la 2071.5 hacia la 2071.3 hacia ambos lados con una pendiente del 1% siendo esta zona ya la superficie de fondo para el monorrelleno.

Teniendo la topografía de esta manera conformada se procede hacer la triangulación correspondiente para desplantar ahora si los bordos.

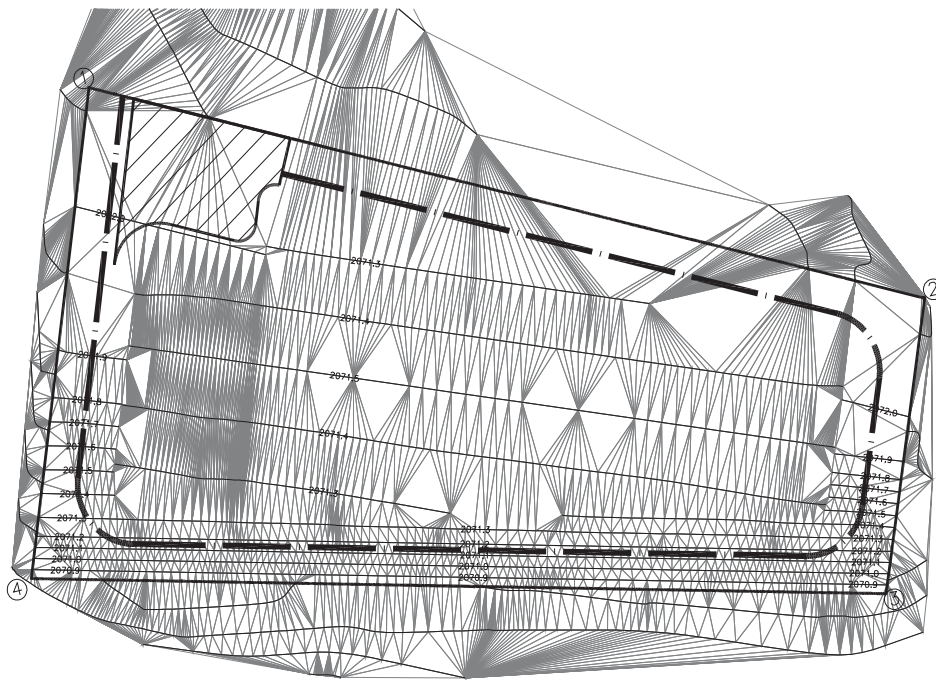
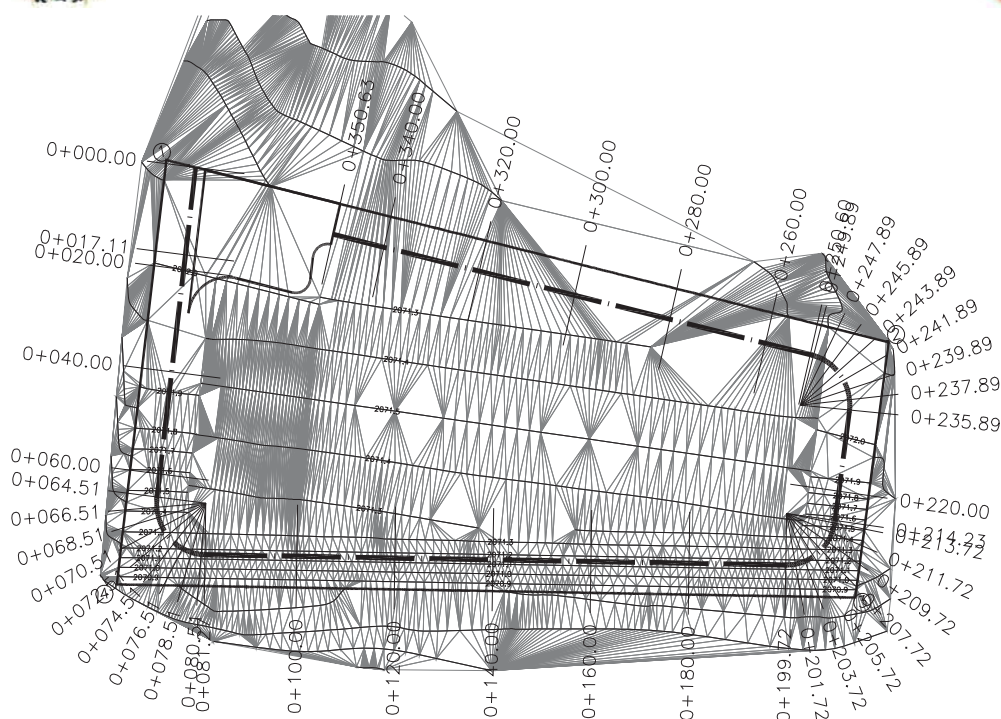
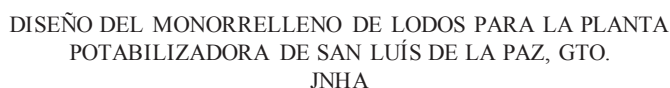


IMAGEN 63. Triangulación para el desplante de los bordos.

En la imagen 63 ya se puede apreciar la nueva triangulación sobre el eje de trazo de los bordos la cual representa al terreno una vez realizada la conformación de la superficie de fondo para el volumen.



Contando con la nueva triangulación representativa de las condiciones del terreno al desplantar los bordos y marcadas las secciones correspondientes al eje de trazo se procede a desarrollar los bordos que llegaran hasta un nivel de subrasante.

6.1.6. FORMACIÓN DE LOS BORDOS DEL MONORRELLENO DE LODOS.

De acuerdo con la norma N-CTR-CAR-1-01-009/00 que hace referencia a terraplenes tenemos que:

Los terraplenes son estructuras que se constituyen con materiales producto de de cortes o procedentes de bancos con el fin de obtener el nivel de subrasante que indique el proyecto.



Los materiales utilizados en la construcción de terraplenes deben cumplir con lo que señala la norma N-CMT-1-02, Materiales para subyacente y N-CMT-1-03, Materiales para subrasante.

De acuerdo con lo mencionado en las Normas los materiales para la construcción del cuerpo del terraplén y que procedan de cortes pueden ser compactables o no compactables. Cuando provengan de bancos o sean utilizados para la construcción de capas subyacentes y subrasantes siempre serán compactables.

Con base en la Norma N-CMT-1-01, el material utilizado para la formación de terraplenes debe de cumplir con los requisitos de calidad que se establece en la tabla 1 tomada de dicha norma.

TABLA 1.- Requisitos de calidad de materiales para terraplén

Característica	Valor
Límite líquido; %, máximo	50
Valor Soporte de California (CBR) ^[1] ; %, mínimo	5
Expansión; %, máxima	5
Grado de compactación ^[2] ; %	90 ± 2

[1] En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta Tabla, con un contenido de agua igual al del material en el banco a 1,5 m de profundidad.

[2] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa. Cuando el material sea no compactable, de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-1-02, *Clasificación de Fragmentos de Roca y Sueños*, se colocará en capas del espesor mínimo que permita el tamaño máximo del material y se bandeará, previa aplicación de un riego de agua a razón de 150 L/m³, dando como mínimo tres pasadas en toda la superficie en cada capa, con un tractor de 36,7 t con orugas.

(Tabla tomada de la norma N-CMT-1-01).

Considerando que los terraplenes que conformaran los bordos serán formados con material de banco y de acuerdo con la norma deberán cumplir con un grado de compactación del 90% ± 2 por lo que tomara tal grado de compactación en el cuerpo del terraplén.

El trazo del eje de los bordos es el siguiente:



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

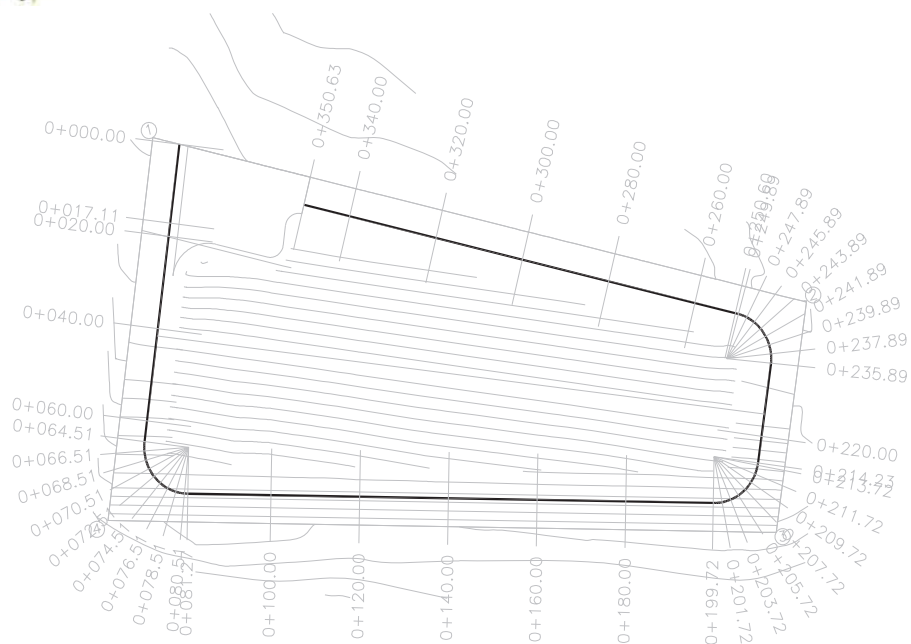


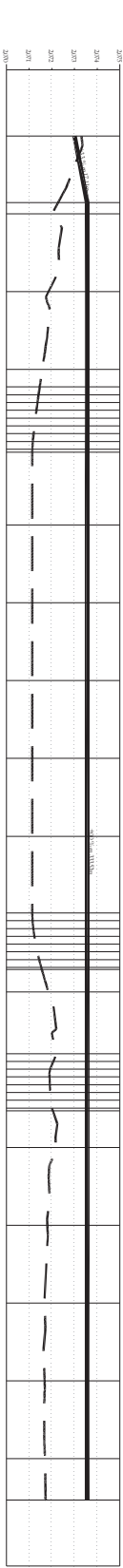
IMAGEN 65. Eje de trazo de los bordos



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LADOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUIS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Una vez realizado el trazo se obtuvieron los perfiles de terreno y subrasante de los bordos que podemos ver a continuación:



	ELEVACION		ESPESOR	VOLUMEN	
	TERRENO	SUPERFICIE		TERRENO	CANAL
0+000.00	2,073.31	2,073.00	0.31	0.00	0.00
0+017.11	2,072.29	2,073.56	1.29	23.84	56.46
0+020.00	2,072.01	2,073.56	1.55	0.00	23.02
0+040.00	2,071.86	2,073.56	1.70	0.00	198.39
0+060.00	2,071.56	2,073.56	1.98	0.00	249.46
0+064.51	2,071.47	2,073.56	2.09	0.00	65.41
0+066.51	2,071.42	2,073.56	2.14	0.00	30.48
0+068.51	2,071.37	2,073.56	2.19	0.00	32.38
0+070.51	2,071.33	2,073.56	2.23	0.00	34.00
0+072.51	2,071.29	2,073.56	2.26	0.00	86.56
0+074.51	2,071.26	2,073.56	2.30	0.00	45.46
0+076.51	2,071.22	2,073.56	2.34	0.00	86.56
0+078.51	2,071.19	2,073.56	2.37	0.00	86.56
0+089.51	2,071.15	2,073.56	2.41	0.00	45.46
0+100.00	2,071.15	2,073.56	2.41	0.00	366.49
0+120.00	2,071.15	2,073.56	2.41	0.00	394.21
0+140.00	2,071.15	2,073.56	2.41	0.00	392.43
0+160.00	2,071.15	2,073.56	2.41	0.00	385.42
0+180.00	2,071.15	2,073.56	2.41	0.00	384.27
0+197.72	2,071.15	2,073.56	2.41	0.00	380.64
0+201.72	2,071.10	2,073.56	2.46	0.00	56.56
0+203.72	2,071.10	2,073.56	2.46	0.00	92.48
0+205.72	2,071.10	2,073.56	2.46	0.00	37.56
0+207.72	2,071.10	2,073.56	2.46	0.00	56.56
0+209.72	2,071.10	2,073.56	2.46	0.00	44.52
0+211.72	2,071.10	2,073.56	2.46	0.00	33.53
0+214.23	2,071.10	2,073.56	2.46	0.00	90.60
0+220.00	2,071.63	2,073.56	1.93	0.00	73.06
0+235.69	2,072.19	2,073.56	1.37	0.00	159.02
0+237.69	2,072.10	2,073.56	1.46	0.00	18.00
0+239.69	2,072.10	2,073.56	1.46	0.00	18.56
0+241.69	2,072.10	2,073.56	1.46	0.00	20.51
0+243.69	2,072.10	2,073.56	1.46	0.00	20.52
0+245.69	2,072.10	2,073.56	1.46	0.00	20.04
0+247.69	2,072.10	2,073.56	1.46	0.00	20.04
0+248.00	2,072.10	2,073.56	1.46	0.00	15.62
0+260.00	2,072.30	2,073.56	1.26	0.00	84.86
0+280.00	2,073.41	2,073.56	1.15	0.00	203.41
0+300.00	2,073.69	2,073.56	1.17	0.00	244.37
0+320.00	2,073.69	2,073.56	1.17	0.00	257.17
0+340.00	2,073.70	2,073.56	1.18	0.00	256.89
0+350.63	2,073.74	2,073.56	1.18	0.00	132.59

IMAGEN 66. Perfiles de terreno y subrasante de los bordos del monorrelleno.

La línea continua representa la subrasante de los bordos y la línea punteada es la representación del terreno.



Con la herramienta de software CivilCad se proceso el eje de trazo de los bordos para obtener las secciones y así tener el volumen requerido para la conformación de los terraplenes que serán los bordos del monorrelleno de lodos.

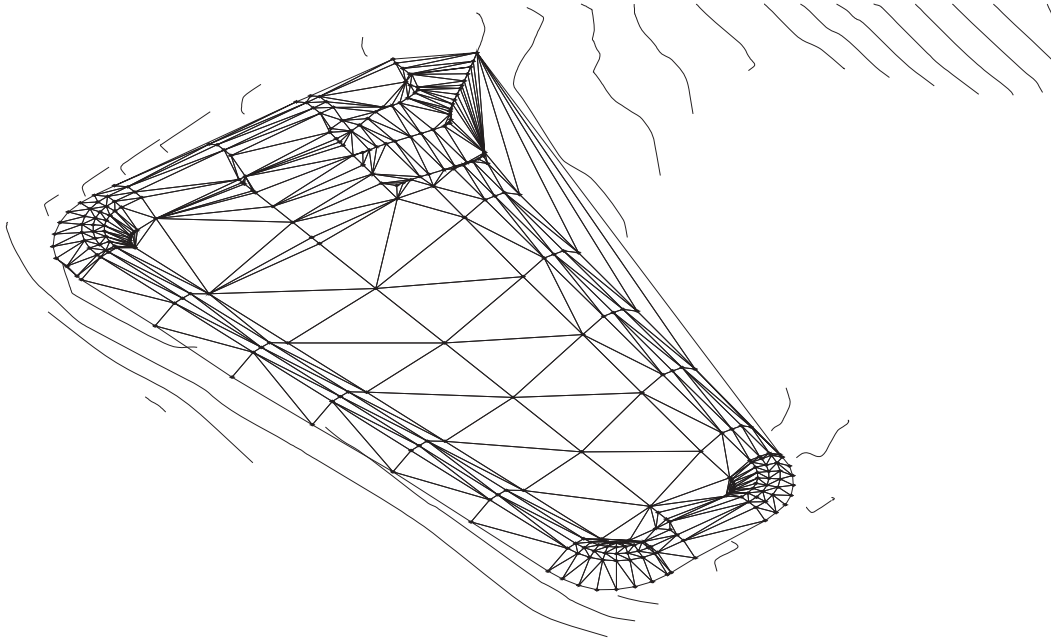


IMAGEN 67. Vista de la formación de los bordos del monorrelleno en isométrico.

Ya con los bordos trazados, podemos apreciar la forma del monorrelleno y también podemos observar que nos queda pendiente llevar a cabo en el acceso la plataforma y la rampa de descenso al fondo del monorrelleno a lo cual procederemos.

6.1.7. TRAZO Y FORMACIÓN DE PLATAFORMA.

El monorrelleno de lodos requiere de una plataforma en el acceso, dicha plataforma se encontrara sobre el nivel 2073.56 msnm, mismo que es el nivel de subrasante de los bordos a lo largo de toda su longitud excepto en su inicio en el que van ascendiendo desde el nivel 2073.00msnm al 2073.56msnm.

La zona destinada para la plataforma originalmente se encontraba en un nivel de terreno natural sobre el nivel 2073 msnm pero al ser retirada la capa vegetal esta zona fue nivelada sobre el nivel 2072 msnm.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

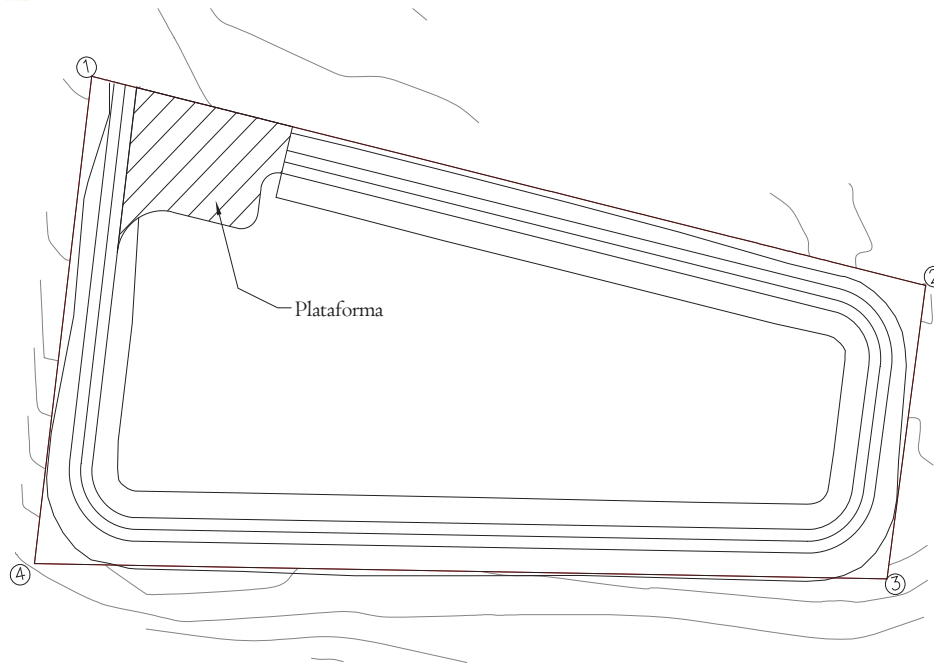


IMAGEN 68. Localización de la plataforma en el monorrelleno de lodos.

Se puede ver ya en la imagen 68 de arriba perfectamente trazados y definidos los bordos quedando pendiente la plataforma.

Para lo cual trazaremos un eje de trazado:

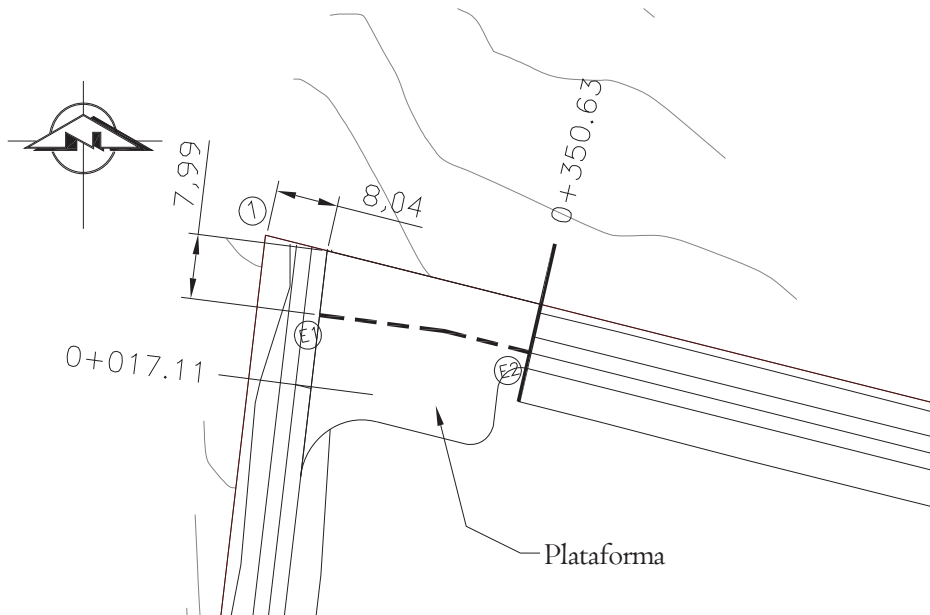


IMAGEN 69. Plataforma.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



El eje de trazo de la plataforma se encuentra siguiendo el lindero norte del predio a 8.04 metros y avanzando hacia el sur de manera paralela al trazo de los bordos 7.99 metros, y este punto es la localización del E1 o cadenamiento 0+000.00 del eje, el punto final del eje de trazo o E2 se localiza en el mismo punto correspondiente a la estación 0+350.63 del eje de trazo de los bordos tal y como se muestra en la figura anterior.

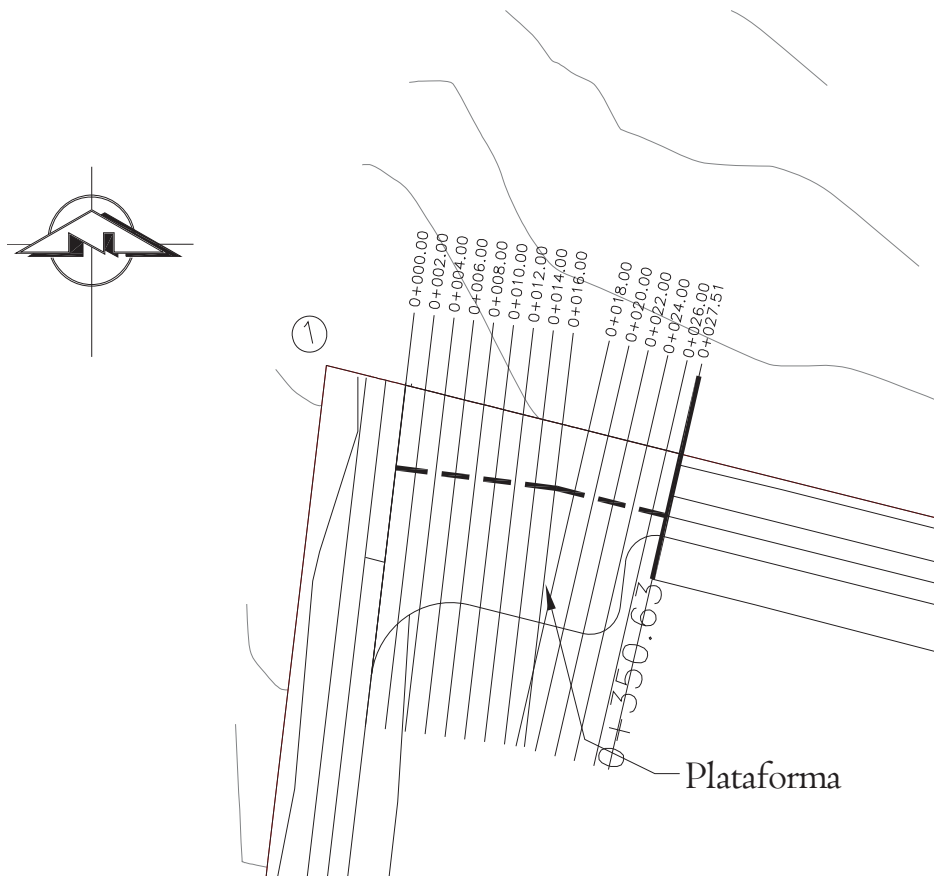


IMAGEN 70. Secciones constructivas de la plataforma.

Se marcaron secciones sobre el eje para posteriormente delimitar los cuerpos tanto izquierdo como derecho de las secciones que formaran la plataforma quedando de la siguiente manera:

Cuerpo Izquierdo	Estación	Cuerpo Derecho
7.99	0+000.00	20.10
7.76	0+002.00	14.81
7.53	0+004.00	13.17
7.30	0+006.00	12.35
7.07	0+008.00	12.10



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



6.84	0+010.00	12.29
6.61	0+012.00	12.50
6.39	0+014.00	12.73
6.16	0+016.00	12.96
6.10	0+018.00	12.90
6.10	0+020.00	12.90
6.10	0+022.00	12.90
6.10	0+024.00	12.16
6.10	0+026.00	2.41
6.10	0+028.51	2.00

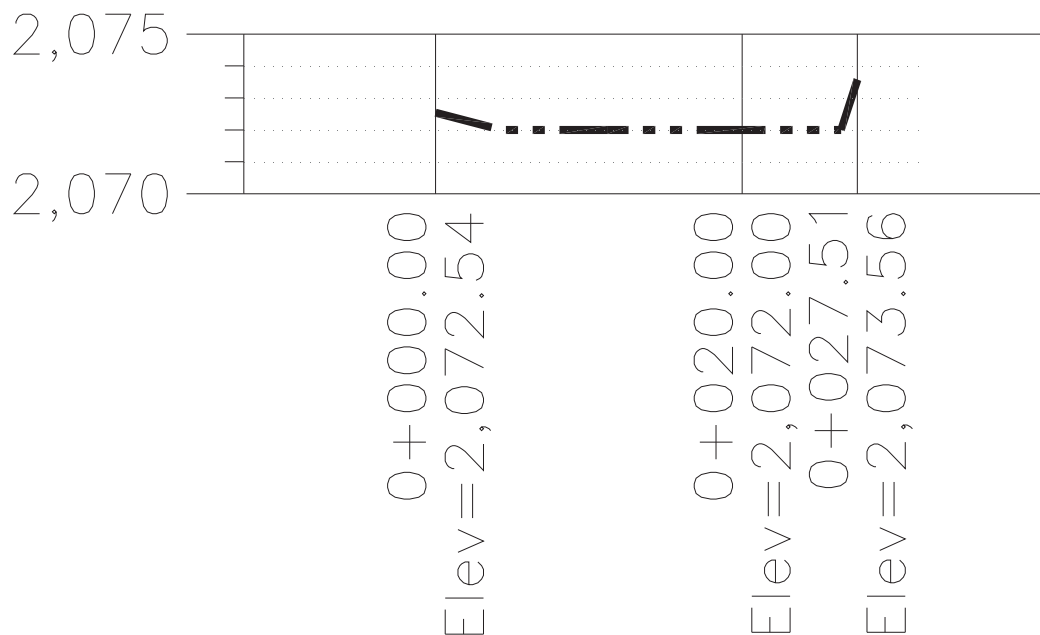


IMAGEN 71. Perfil del terreno en la zona de plataforma.

Como se puede apreciar en el perfil arriba mostrado, el terreno en el sitio designado para la plataforma fue nivelado sobre el nivel 2072 msnm en el trabajo de retiro de la capa vegetal.

Ahora debemos ubicar el perfil del nivel al que se pretende elevar la plataforma el cual es el 2073.56 msnm, lo cual representa una elevación de 1.56 metros a partir del terreno.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Ya en la imagen posterior (Imagen 72) podemos ver el perfil del terreno sobre el nivel 2072.00 msnm y el perfil de subrasante de la plataforma que se localiza en el nivel 2073.56 msnm además de que podemos apreciar en la tabla bajo los perfiles los espesores de terraplén o relleno.

Para esto entonces procederemos a procesar nuestro eje mediante la herramienta altimetría del software CivilCad para AutoCAD y obtener de esta manera la volumetría de este desarrollo.

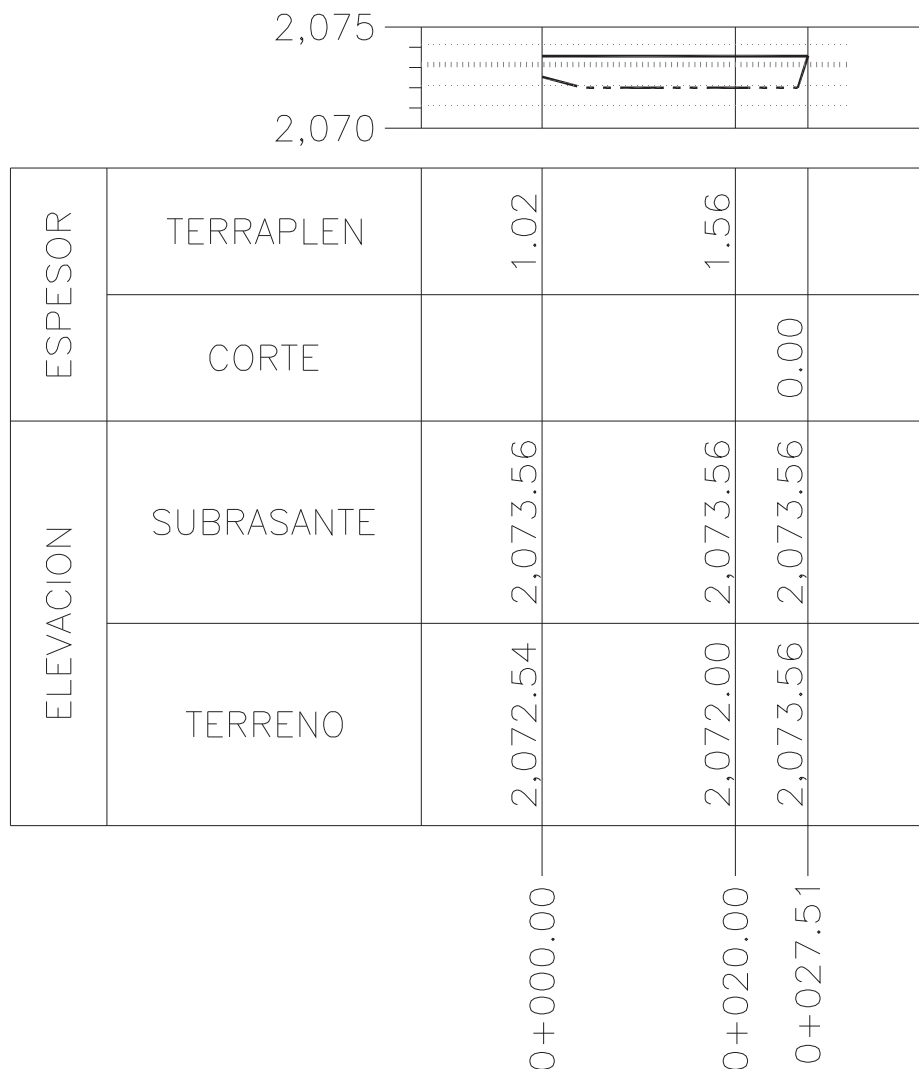


IMAGEN 72. Perfiles de terreno y subrasante de la plataforma.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



En la imagen 72 podemos ver el perfil del terreno de forma punteada y la subrasante de la plataforma de manera continua, y en la tabla podemos observar el espesor de relleno en las estaciones 0+000, 0+020 y 0+027.51.

Al procesar el eje de trazo de la plataforma nos arroja que el volumen de relleno es de 842.30 m³.

Obtenidos las secciones podemos obtener los puntos de elevación de la plataforma para así generar la triangulación correspondiente y con ello obtener ya la conformación de la plataforma y poder entonces trazar la rampa de acceso al fondo de la plataforma.

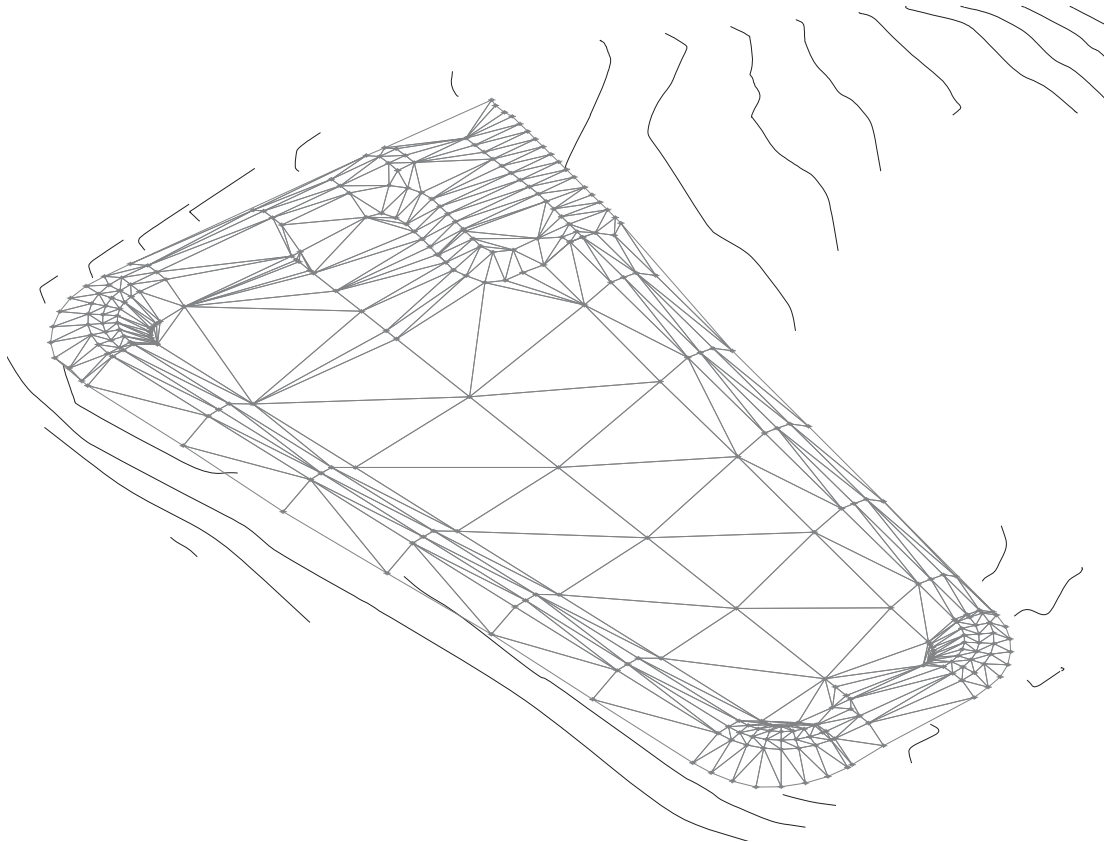


IMAGEN 73. Monorrelleno de lodos Bordes y plataforma conformados.

En la imagen 73 podemos ver como se ha desarrollado ya en su totalidad el monorrelleno de lodos estando únicamente pendiente la rampa de acceso al fondo desde la plataforma.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

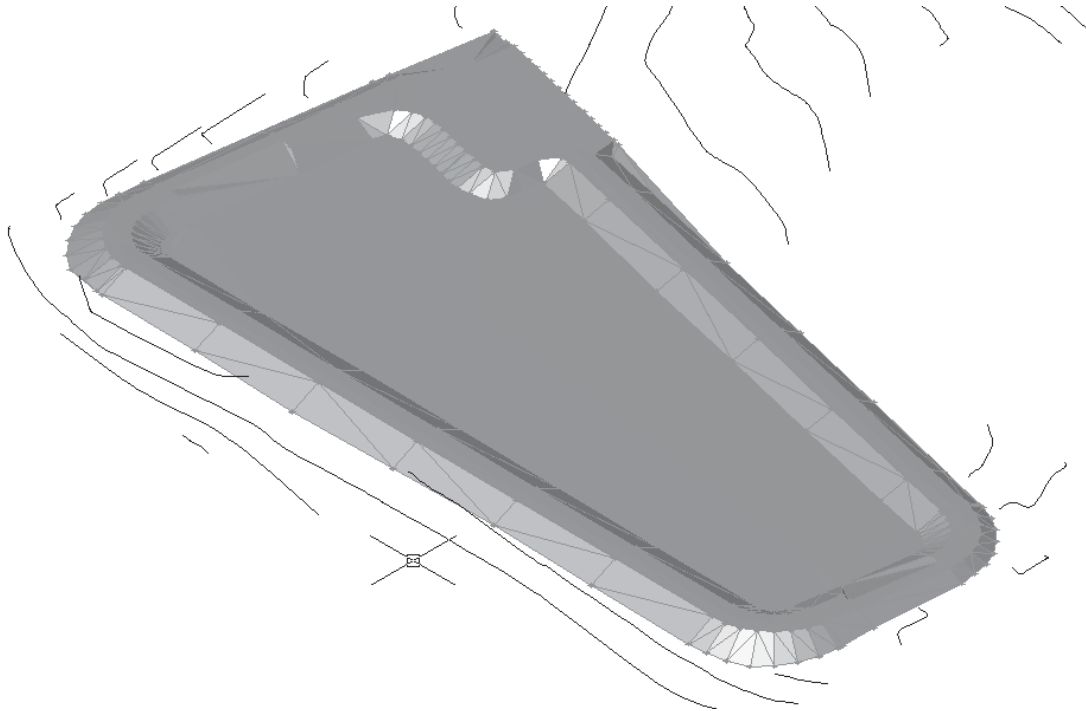


IMAGEN 74. Monorrelleno de lodos conformados los bordos y la plataforma.

En la imagen 74 podemos observar ya el monorrelleno en una presentación sólida que nos permite apreciar de mejor manera como ha quedado conformado, y es ahora que procedemos a trazar y desarrollar la rampa de acceso al fondo.

6.1.8. TRAZO Y FORMACIÓN DE LA RAMPA DE DESCENSO-ASCENSO DEL NIVEL DE FONDO DEL MONORRELLENO.

Para seguir con el desarrollo del monorrelleno trazaremos el eje de la rampa que nos permitirá tener acceso al nivel de fondo para la disposición final de los lodos.

Anteriormente ya se había planteado la localización de la misma como lo podemos ver en la siguiente imagen.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

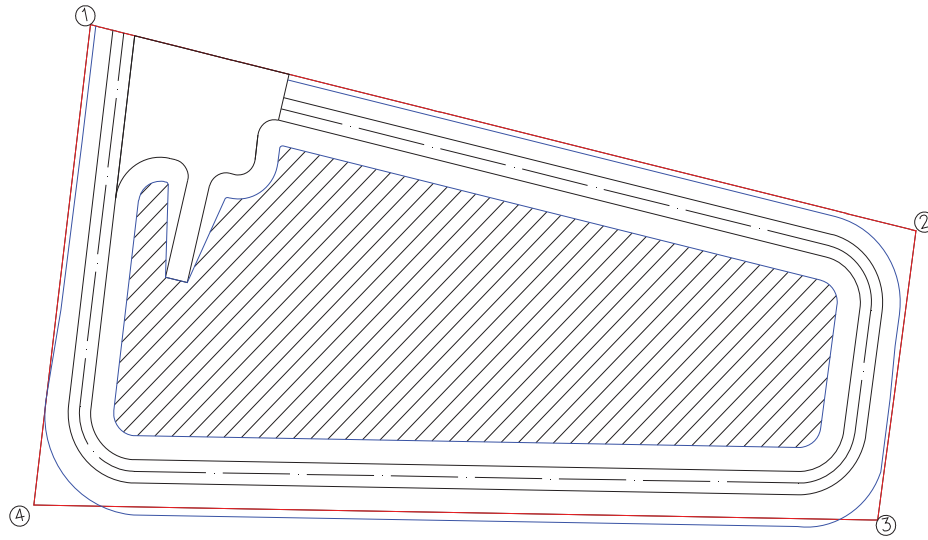


IMAGEN 75. Monorrelleno de lodos

Podemos apreciar como hay una rampa que va de la plataforma hacia el fondo.

Ubicaremos la rampa en la triangulación actual del monorrelleno:

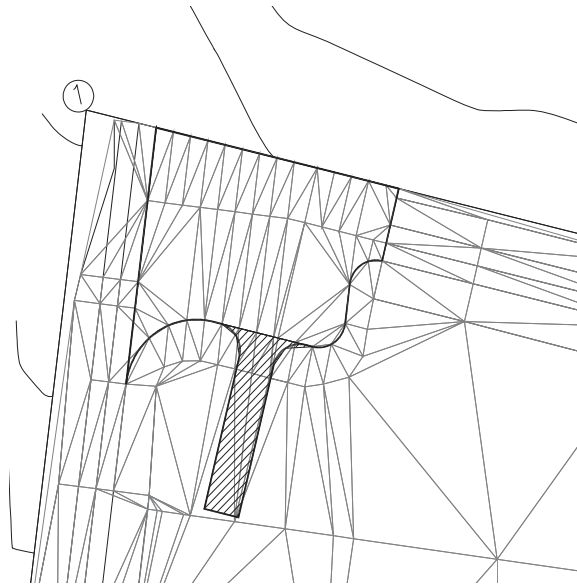


IMAGEN 76. Localización de la rampa de acceso al nivel de fondo del monorrelleno en la triangulación del sitio del monorrelleno



Podemos identificar la rampa achurada con líneas diagonales ya colocada sobre nuestra triangulación, ahora marcamos un eje de trazo para poder desarrollarla.

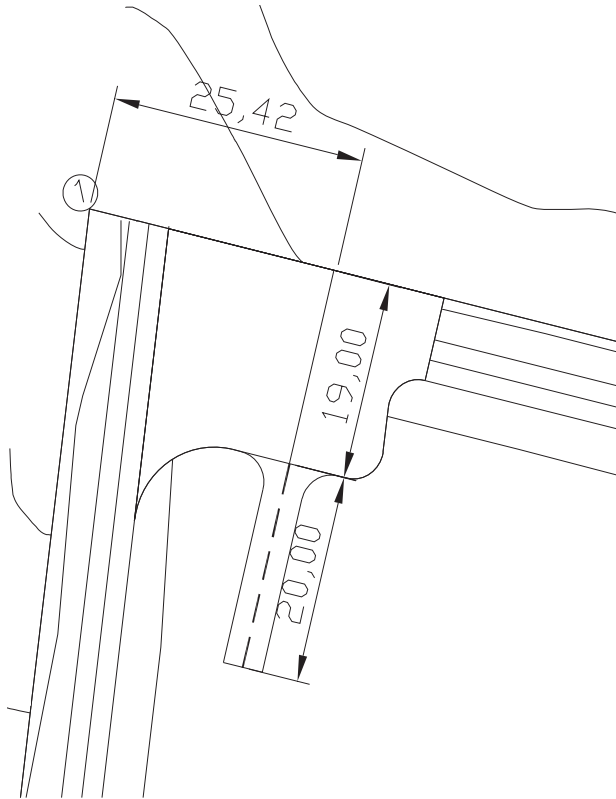


IMAGEN 77. Trazo del eje para la plataforma.

Se puede localizar al eje justo sobre el trazo preliminar de la rampa apreciándose de manera punteada y que continua a manera de línea continua hasta intersectar al límite del predio, y así podemos ver que a partir del vértice 1 del predio siguiendo el lindero 25.42 metros y de manera perpendicular a este punto ubicado a 19 metros se encuentra el punto inicial del eje de trazo de la rampa que continua en la misma dirección por una distancia de 20 metros, como se puede apreciar en la figura anterior.

Ya localizado el eje, localizamos estaciones a través de él para así proceder a obtener sus volúmenes.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

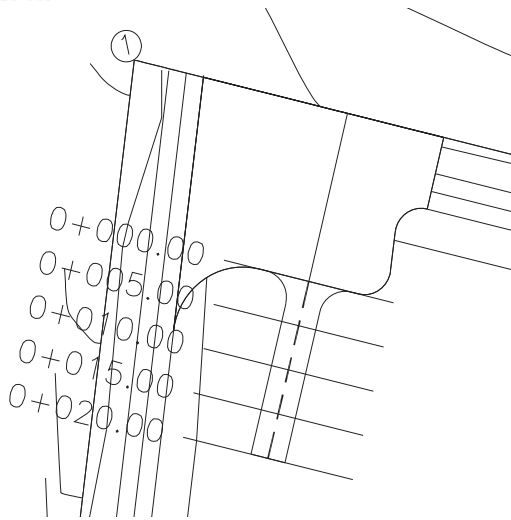


IMAGEN 78. Trazo de las secciones constructivas de la rampa de acceso al nivel de fondo del monorrelleno.

Secciones en el Eje de trazo de la rampa de acceso al fondo del monorrelleno.

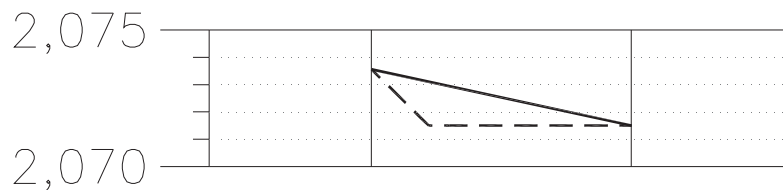


IMAGEN 79. Perfil de terreno y subrasante de la plataforma.

La línea punteada representa el terreno y la línea continua la subrasante.

Ya obtenidos el eje y definido el perfil del terreno así como proyectado el perfil longitudinal de la rampa de acceso al fondo del monorrelleno, procesaremos el eje para obtener las secciones, lo cual se realizara en la herramienta altimetría del software CivilCad para AutoCAD y así obtener la volumétrica de la rampa así como sus secciones transversales y poder localizar los puntos de esta para terminar con el trazo y conformación del monorrelleno.

El volumen de terraplén requerido para la rampa es de 108.95 m³.

En la imagen siguiente ya podemos ver el monorrelleno a manera de sólido en planta ya completamente trazado.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

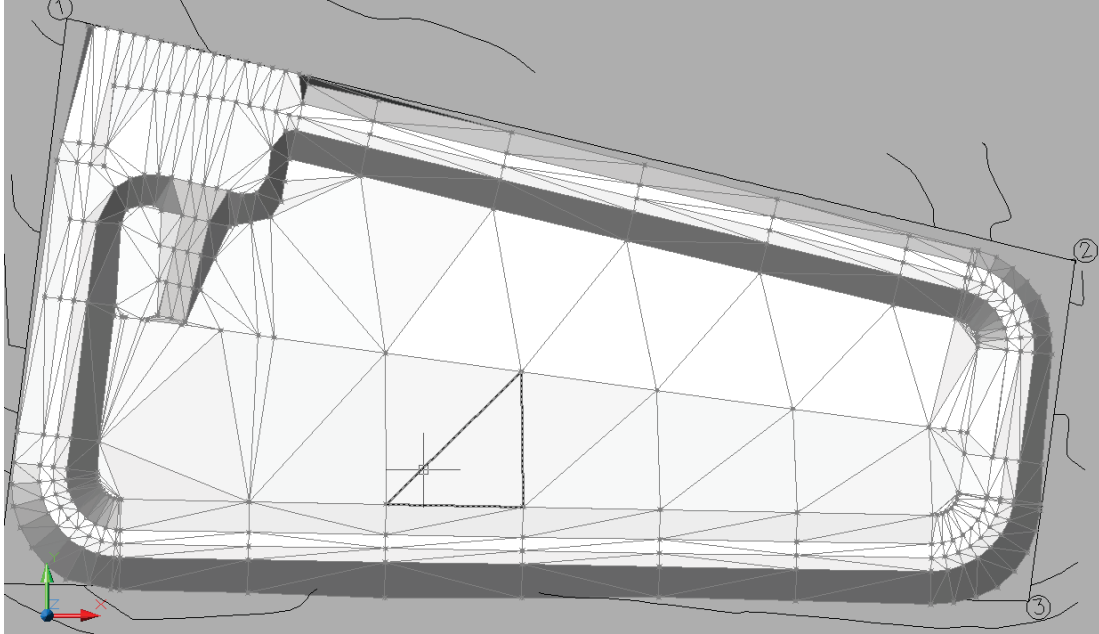


IMAGEN 80. Monorrelleno de lodos visto en planta completamente trazado.

Para una mejor apreciación se mostrara una vista isométrica en la siguiente imagen.

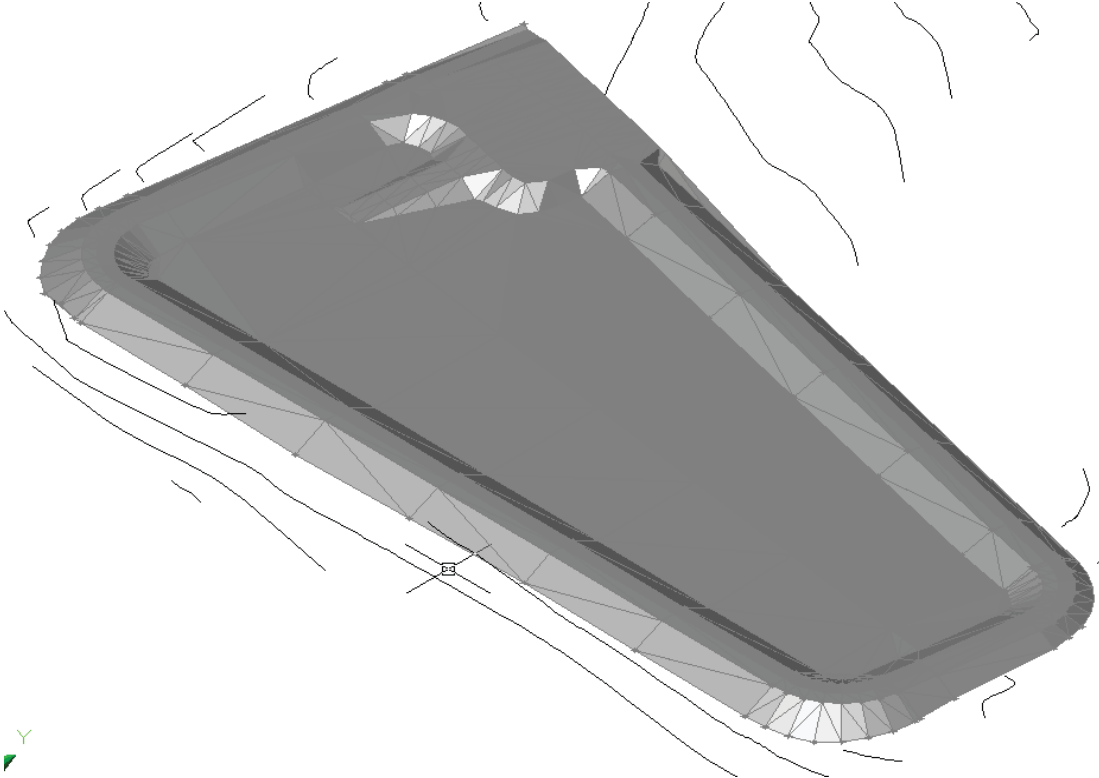


IMAGEN 81. Monorrelleno de lodos visto en isométrico completamente trazado.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

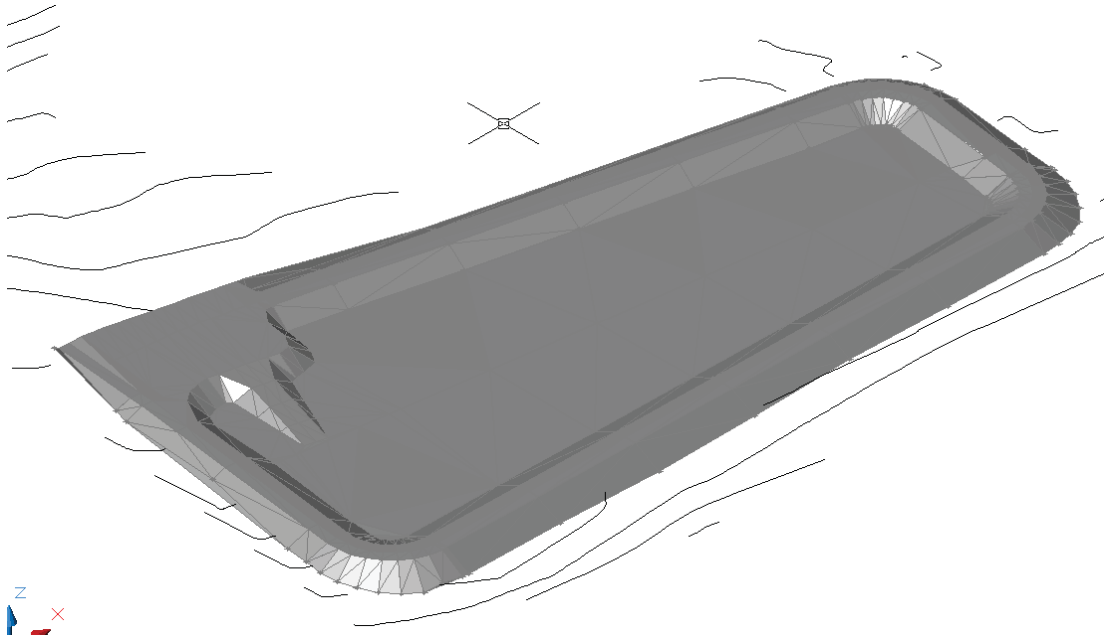


IMAGEN 82. Monorrelleno de lodos visto en isométrico desde otro ángulo una vez ha sido completamente trazado.

Para ver a detalle consultar los planos correspondientes a terracerías.

Teniendo los bordos definidos y su nivel de corona necesario para dar al monorrelleno la capacidad en volumen necesario para una operación de 20 años tenemos entonces que definir cuál será el nivel de corona necesario en estos para una operación planteada para 5 años.

La capacidad del monorrelleno como ya se menciono anteriormente en el Capítulo 3 Subcapítulo 3.1 debe de ser de:

$$1.605 \text{ m}^3/\text{día} * 365 \text{ días} * 20 \text{ años} = 11716.5 \text{ m}^3$$

Por lo tanto para una operación inicial de 5 años será de:

$$1.605 \text{ m}^3/\text{día} * 365 \text{ días} * 5 \text{ años} = 2929.125 \text{ m}^3$$

Siguiendo las mismas consideraciones que se tomaron para calcular el volumen del monorrelleno para 20 años tenemos que:



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



La superficie de fondo es de $4,904.03 \text{ m}^2$ y recordando que el nivel de fondo se encuentra en el nivel 2071.50 y considerando una altura de bordos de 0.52 m tenemos que:

$$4,904.03 \text{ m}^2 * 0.52 \text{ m} = 2550.09 \text{ m}^3$$

$$\text{Superficie de bordos: } 566.50 \text{ m}^2$$

$$566.50 \text{ m}^2 * 0.52 \text{ m} = 294.58 \text{ m}^3$$

$$294.58/2 = 147.29 \text{ m}^3$$

El relleno en el perímetro de la zona de maniobras tiene una capacidad mayor dado que ahí la altura de los bordos es de 2.06 metros.

Volumen en el perímetro de la zona de maniobras:

$$230.27 \text{ m}^2 * 1.54 \text{ m} = 354.61$$

$$354.61/2 = 177.07$$

Tomando en cuenta que de la zona de maniobras al nivel de bordos de la primera etapa se hace una rampa debido a que la zona de maniobras será construida a 2.06 m de altura con respecto del nivel de fondo del monorrelleno, incrementaremos el volumen de relleno de bordos en un 10%:

$$147.29 * 177.07 = 324.36$$

$$324.36 * 1.10 = 356.796$$

$$2550.09 \text{ m}^3 + 356.796 \text{ m}^3 = 2,906.88 \text{ m}^3$$

Recordando que el nivel de fondo no es plano y que tiene una pendiente del 1% desde el nivel definido como 2071.50 teniendo en promedio el nivel 2071.30 en el perímetro de los bordos, debido a esto el volumen de capacidad de relleno lo incrementamos en un 1.00% tendiendo que:

$$2,906.88 * 1.01 = 2935.95 \text{ m}^3$$

Por lo tanto:

$$2935.95 \text{ m}^3 / 1.605 \text{ m}^3/\text{día} = 1829.25 \text{ días}$$

$$1829.25 \text{ días} / 365 \text{ días/año} = 5.012 \text{ años.}$$



Por lo tanto la altura de los bordos para la primera etapa será de 0.52 metros con respecto al nivel de fondo 2071.50 teniendo estos el nivel de corona 2072.02, para un mayor detalle de esto referirse a los planos Primera Etapa 1/8-8/8.

6.2. INSTALACIONES AUXILIARES

El Monorrelleno de lodos contara con una zona de maniobras como se mencionó ya en el capítulo 6.1 referente a las terracerías, en esta zona tendremos como instalaciones auxiliares una caseta de vigilancia que contará con un servicio de medio baño el cual será abastecido de agua potable a través de un tinaco con capacidad para 1,100 lt el cual a su vez será llenado por pipa cuando sea necesario. Además el desagüe sanitario será por medio de un tanque séptico.

En la zona de maniobras habrá además una pequeña bodega para el almacenamiento de la cal que será empleada para la estabilización de los lodos y el equipo necesario para su disposición en el monorrelleno.

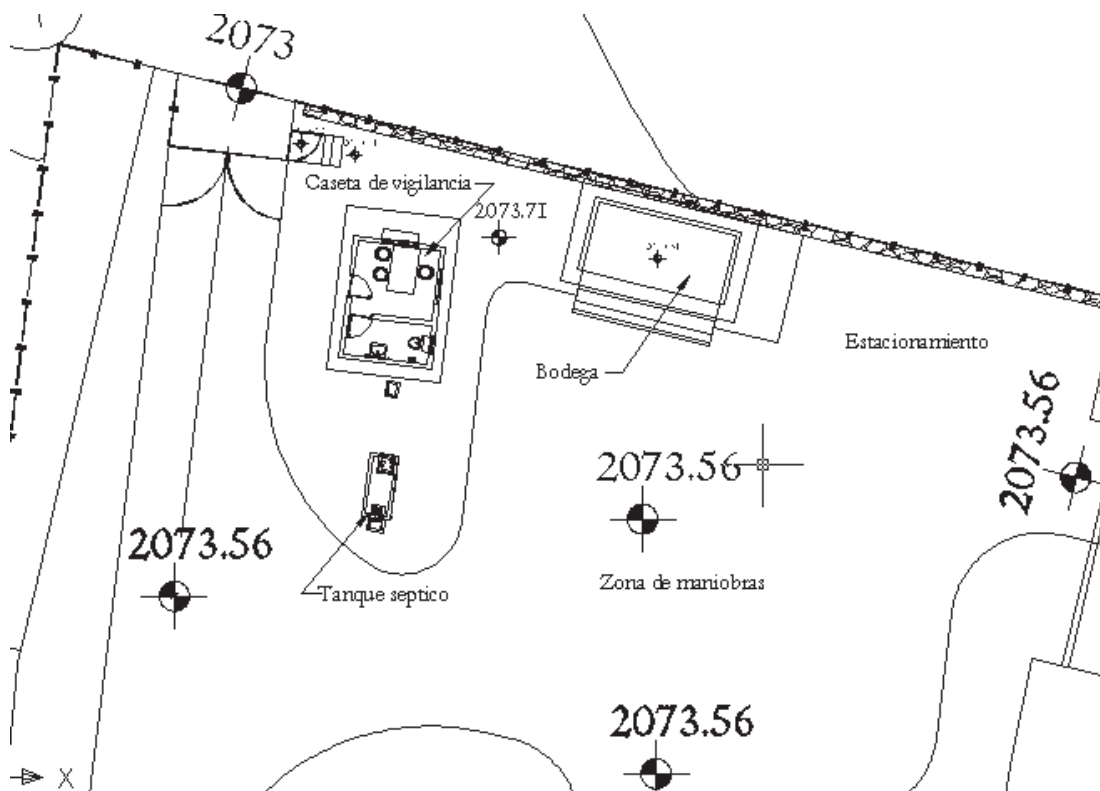


IMAGEN 83. Zona de maniobras, Caseta de Vigilancia Tanque séptico y Bodega del Monorrelleno de lodos.



Para un mayor detalle de estas instalaciones referirse a los planos:

ARQUITECTÓNICOS.

- Arreglo general. Clave: MRL-ARQ-ARG-01
- Caseta de vigilancia, Arquitectónico. Clave: MRL-ARQ-CSV-02
- Caseta de vigilancia, Acabados. Clave: MRL-ARQ-CSV-03
- Caseta de vigilancia, Instalación hidráulica. Clave: MRL-ARQ-CSV-04
- Caseta de vigilancia, Instalación sanitaria. Clave: MRL-ARQ-CSV-05
- Bodega, Arquitectónico y acabados. Clave: MRL-ARQ-BOD-06

ESTRUCTURALES.

- Caseta de vigilancia, Estructural. Clave: MRL-EST-CSV-01
- Bodega, Estructural. Clave: MRL-EST-BOD-02

Se tendrá un cercado de malla ciclónica en todo el perímetro del terreno, el cual incluye un portón de acceso vehicular así como una puerta de acceso peatonal, el cercado se realizará con malla tipo ciclónica galvanizada de 2.00 metros de altura, calibre 11 de 55 x 55 mm.

El sistema de cercado será a través de muertos de concreto enterrados en los cuales se ahogaran los postes en línea de la malla, esto a cada 3 metros, con el sistema de espadas sencillas sobre los postes se colocara el alambrado de púas en la parte superior de la malla.

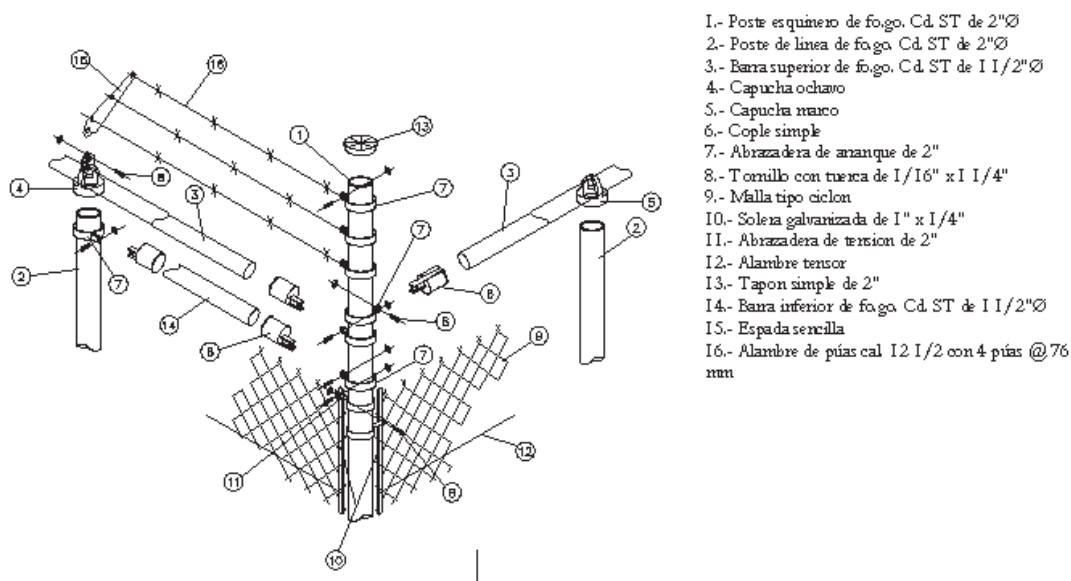


IMAGEN 84. Detalle de la instalación de malla ciclónica.

Para mayor detalle de esta instalación referirse al plano:

ARQUITECTÓNICO

- MRL-ARQ-PMC-02



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



También se contará con un sistema de drenaje pluvial para desalojar el agua del interior del monorrelleno y evitar el encharcamiento en los lodos

Para desalojar el agua que por lluvias se encuentre al interior del monorrelleno se localizaron los puntos más bajos de éste y se colocará en estos un sistema de tuberías de PVC con la función de drenar el agua fuera del monorrelleno, en total se colocaron 3 sistemas de estos y cada uno de ellos conduce el agua drenada a una caja desarenadora, la cual contiene un sistema de vertedor, su función es retener las arenas y permitir que el agua siga su flujo normal de escurrimiento como lo haría si no estuviera ahí el monorrelleno.

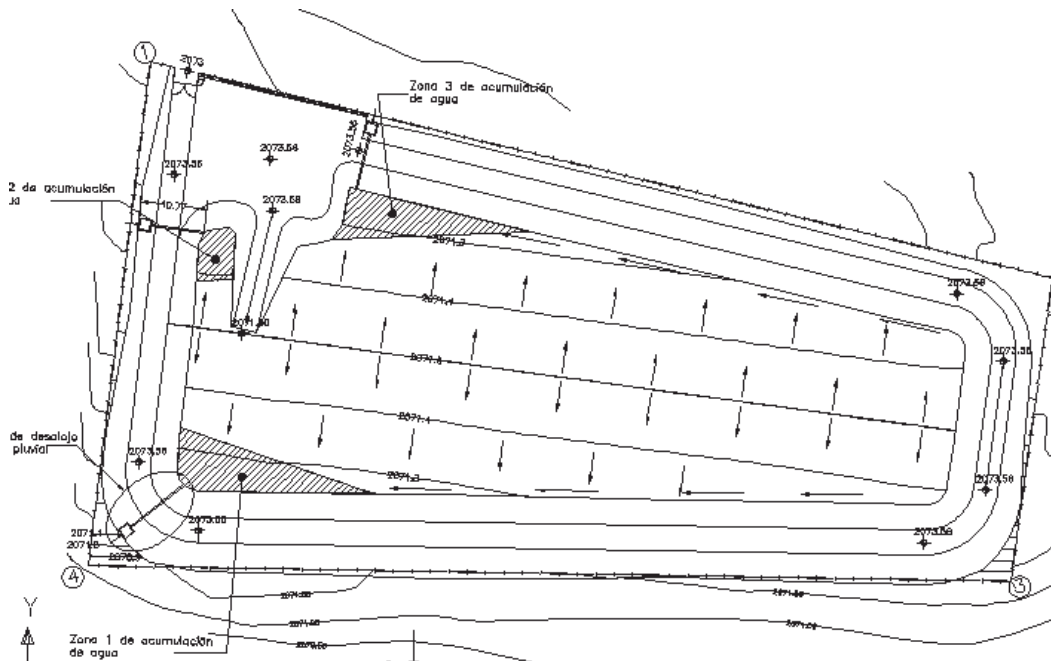


IMAGEN 85. Sistema de drenaje pluvial

Para mayor apreciación consultar los planos: Drenaje Pluvial de clave: MRL-SDP-DRP-01 y MRL-SDP-DRP-02

Además consultar en el anexo A la memoria de cálculo correspondiente al drenaje pluvial.

Tanto los bordos como el fondo del monorrelleno serán cubiertos por una geomembrana de tipo HDPE (por sus siglas en ingles: Polietileno de alta densidad) de 1.5 mm de espesor, cuya función será la de impedir las infiltraciones del escurrimiento pluvial al subsuelo.

La geomembrana se colocará en rollos de 7 metros de ancho Poly-flex o similar.

Para un mayor detalle con respecto a esto consultar los planos: Arreglo general, Instalación de geomembrana de clave: MRL-GEO-ARG-01, Detalles de la colocación de la geomembrana de clave: MRL-GEO-DCG-02 y el plano Planta general, Geomembrana de clave: MRL-GEO-PGG-03.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

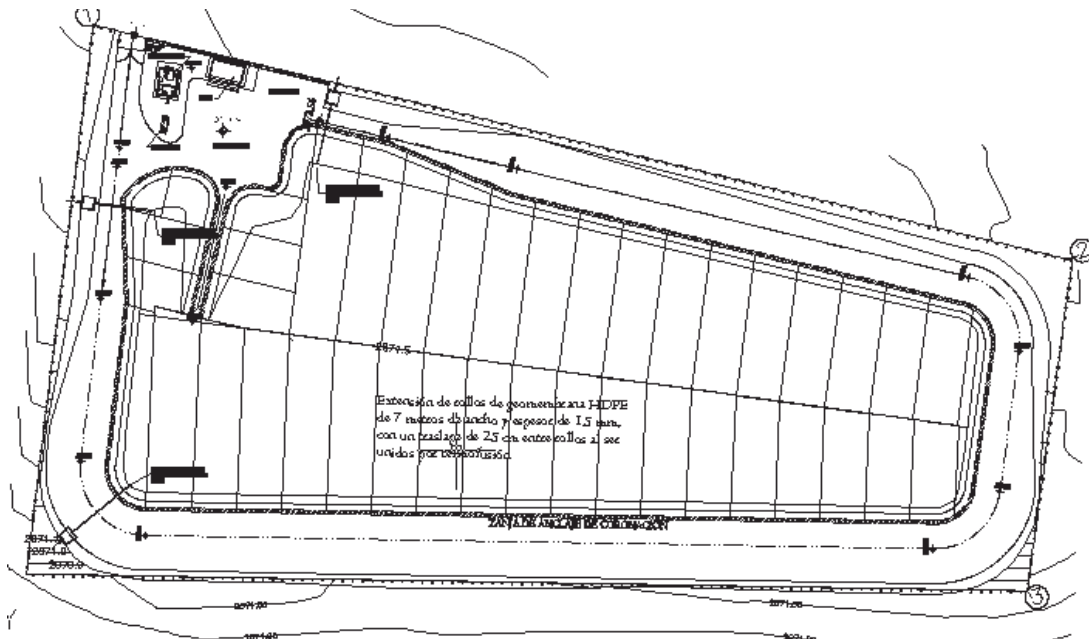


IMAGEN 86. Colocación de rollos de 7 metros de ancho de geomembrana de polietileno de alta densidad de 1.5 mm de espesor

6.3. EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN RECOMENDADO

6.3.1. TRAZO Y NIVELACIÓN DEL TERRENO.

6.3.1.1. TRAZO DEL TERRENO

Se procederá a realizar el trazo en el terreno correspondiente para apegarse a lo señalando en planos de proyecto.

Equipo de trabajo recomendado: Transito ó estación GPS, Cinta métrica de 20 m, fluxómetro de 3.00 metros, hilos, cal y estacas de madera.

Se marcarán en campo los puntos, distancias, ángulos y cotas, siendo el fin la localización general del alineamiento y niveles que en proyecto se han fijado para la realización de la obra.

6.3.1.2. NIVELACIÓN DEL TERRENO

Una vez realizado el trazo se llevará a cabo la nivelación para lo cual se realizará primero el despalme de una capa de 30 cm de espesor y posteriormente una excavación con espesor de otros 30 cm, levantado así una capa total de 0.60 m.

Equipo de trabajo recomendado: Tractor sobre orugas tipo bulldozer.



Primero sobre la superficie del terreno previamente marcado será realizado el despalme partiendo del eje de trazo y en forma de cuadrícula, llevando a cabo el retiro de una capa de 30 cm de espesor, y posterior a esta se atacara de igual forma la superficie nuevamente en forma retirando otra capa de 30 cm de espesor apegándose a los niveles previamente señalados y marcados con estacas.

Para lo señalado anteriormente consultar el plano de primera etapa 1/9 Trazo y nivelación del terreno de clave: MRL-PET-TNT-01

6.3.2. TRAZO DE LOS BORDOS.

Se realizará el trazo del eje de los bordos de la manera en la que se encuentra señalado en el plano de primera etapa 2/9 Trazo y formación de bordos de clave: MRL-PET-TFB-02.

Equipo de trabajo recomendado: Transito ó estación GPS, Cinta métrica de 20 m, fluxómetro de 3.00 metros, hilos, cal y estacas de madera.

Se procederá a marcan en campo los puntos distancias, ángulos y cotas, siendo el fin la localización general del alineamiento y niveles que en proyecto se han fijado de acuerdo con las secciones transversales de los planos de primera etapa 2/9 a 4/9 Trazo y formación de bordos de claves: MRL-PET-TFB-02, MRL-PET-TFB-03 y MRL-PET-TFB-04 y de esta manera definiendo la superficie de fondo del Monorrelleno,

6.3.3. TRAZO Y NIVELACIÓN DEL FONDO.

6.3.3.1. TRAZO DEL FONDO.

Una vez determinada la superficie del fondo a través del trazo de los bordos se realizará el trazo de la superficie de fondo señalando los niveles marcados en proyecto, para mayor detalle consultar el plano de primera etapa 5/9 Trazo y nivelación de fondo de clave: MRL-PET-TNF-05.

Equipo de trabajo recomendado: Transito ó estación GPS, Cinta métrica de 20 m, fluxómetro de 3.00 metros, hilos, cal y estacas de madera

6.3.3.2. NIVELACIÓN DE FONDO

Se procederá a realizar la excavación necesaria por medio mecánico siendo esta la del retiro de una capa muy delgada que puede ser vista a mayor detalle en el plano de primera etapa 5/9 Trazo y nivelación de fondo de clave: MRL-PET-TNF-05.

Equipo de trabajo recomendado: Tractor sobre orugas tipo bulldozer

Una vez alcanzados lo niveles previamente señalados a través de estacas se realizara la nivelación del fondo conformado la pendiente señalada en proyecto.



Equipo de trabajo recomendado: Motoconformadora.

6.3.4. FORMACIÓN DE LOS BORDOS.

Previamente se han marcado los niveles correspondientes para los bordos de acuerdo al proyecto como se menciona en el subcapítulo 6.3.2 Trazo de los bordos, siguiendo las secciones correspondientes y estas han sido debidamente marcadas, sobre la superficie ya señalada se descargará el material de formación del cuerpo de bordos y se extenderá en la cantidad prefijada por secciones de acuerdo con los planos de primera etapa 2/9 a 4/9 Trazo y formación de bordos de claves: MRL-PET-TFB-02, MRL-PET-TFB-03 y MRL-PET-TFB-04.

Posteriormente se preparará hasta alcanzar el contenido de agua de compactación por medio de riegos y mezclados sucesivos, una vez listo se extenderá, siendo su colocación en capas sucesivas con el espesor aprobado, se conformará de tal manera que la capa de material sea de un espesor uniforme y sin compactar.

Una vez conformada la capa se compactará de manera uniforme en todo su ancho hasta alcanzar el grado indicado de proyecto, la compactación será realizada de manera longitudinal procediendo de las orillas hacia el centro y del interior hacia el exterior en las curvas teniendo un traslape de por lo menos la mitad del ancho del compactador utilizado.

Por último se construirá la capa subrasante cumpliendo con la compactación señalada en el proyecto.

Equipo de trabajo recomendado: Pipa de riego, Motoconformadora, tractor sobre orugas tipo bulldozer, motoescrepa, cargador frontal autopropulsado y reversible sobre orugas y vibrocompactador autopropulsado y reversible.

6.3.5. TRAZO Y FORMACIÓN DE PLATAFORMA.

6.3.5.1. TRAZO DE PLATAFORMA.

La plataforma será trazada a través de un eje y marcada en campo con los niveles, ángulos y cotas señaladas en el proyecto que pueden consultarse en los planos de primera etapa 6/9 y 7/9 Trazo y formación de plataforma de claves: MRL-PET-TFP-06 y MRL-PET-TFP-07.

Equipo de trabajo recomendado: Transito ó estación GPS, Cinta métrica de 20 m, fluxómetro de 3.00 metros, hilos, cal y estacas de madera

6.3.5.2. FORMACIÓN DE PLATAFORMA.

El procedimiento de formación para la plataforma será de la misma manera que el de la formación de los bordos siguiendo el mismo esquema para su tendido del material que la conformará, su extendido en capas de espesor homogéneo a través de riegos con pipa y mezclados sucesivos para obtener una capa de forma homogénea, procediendo a la



compactación y posterior formación de la capa subrasante, todo esto de acuerdo a como se muestra en los planos de primera etapa 6/9 y 7/9 Trazo y formación de plataforma de claves: MRL-PET-TFP-06 y MRL-PET-TFP-07.

Equipo de trabajo recomendado: Pipa de riego, Motoconformadora, tractor sobre orugas tipo bulldozer, motoescropa, cargador frontal autopropulsado y reversible sobre orugas y vibrocompactador autopropulsado y reversible.

6.3.6. TRAZO Y FORMACIÓN DE RAMPA

6.3.6.1. TRAZO DE RAMPA.

Se realizará el trazo de la rampa de acuerdo a lo señalado en el plano de primera etapa 8/9 Trazo y formación de rampa de clave: MRL-PET-TFR-08, señalando en campo los niveles cotas y ángulos correspondientes.

Equipo de trabajo recomendado: Transito ó estación GPS, Cinta métrica de 20 m, fluxómetro de 3.00 metros, hilos, cal y estacas de madera

6.3.6.2. FORMACIÓN DE RAMPA.

El procedimiento de formación para la rampa será el mismo que para la formación de los bordos.

Equipo de trabajo recomendado: Pipa de riego, Motoconformadora, tractor sobre orugas tipo bulldozer, motoescropa, cargador frontal autopropulsado y reversible sobre orugas y vibrocompactador autopropulsado y reversible.

6.4. ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN

El desarrollo del Monorrelleno de lodos se plantea para una construcción en dos etapas, la primera de estas es para una puesta en operación por 5 años, y una vez cumplido el periodo de operación correspondiente a la primera etapa, se iniciarán los trabajos de construcción de la segunda etapa, la cual será construida para una operación de 15 años, y de esta forma alcanzando una vida útil para 20 años.

6.4.1 PRIMERA ETAPA

El trazo del monorrelleno fue inicialmente planeado y trazado para tener la capacidad necesaria para cumplir con la operación por 20 años, y una vez definido el trazo para estas características se realizó sobre este las modificaciones para cumplir únicamente con la capacidad necesaria para la operación de los primeros 5 años, y así se llegó al proyecto de terracerías de primera etapa.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Dado el proyecto realizado para la operación por 20 años, la elevación definida para la plataforma de operaciones y construcción de la caseta de vigilancia además de la bodega es la cota 2073.56 msnm, la cual corresponde a los bordos en la construcción de segunda etapa, mientras que en la primera etapa estos tendrán una elevación señalada por la cota 2072.02 msnm. Con la elevación de los bordos señalada para primera etapa y la superficie correspondiente el volumen de capacidad obtenido será de 2935.95 m³, lo cual nos da una capacidad de operación para 5.012 años.

Para un mayor detalle sobre la primera etapa consultar los planos correspondientes a las terracerías de primera etapa correspondientes a los siguientes planos en lista:

- Trazo y nivelación del terreno 1/9, clave: MRL-PET-TNT-01
- Trazo y formación de bordos 2/9, clave: MRL-PET-TFB-02
- Trazo y formación de bordos 3/9, clave: MRL-PET-TFB-03
- Trazo y formación de bordos 4/9, clave: MRL-PET-TFB-04
- Trazo y nivelación de fondo 5/9, clave: MRL-PET-TNF-05
- Trazo y formación de plataforma 6/9, clave: MRL-PET-TFP-06
- Trazo y formación de plataforma 7/9, clave: MRL-PET-TFP-07
- Trazo y formación de rampa 8/9, MRL-PET-TFR-08
- Arreglo general 9/9, MRL-PET-ARG-09

Cabe señalar que la construcción de la caseta de vigilancia y bodega son también parte de esta etapa así como las cajas desarenadoras del sistema de drenaje pluvial, por lo que también deberán de consultarse los planos correspondientes al drenaje pluvial, geomembrana, además de los estructurales y arquitectónicos de la caseta de vigilancia y bodega según se enlistan a continuación:

- Drenaje pluvial 1/2, clave: MRL-SDP-DRP-01
- Drenaje pluvial 2/2, clave: MRL-SDP-DRP-02
- Arreglo general, instalación de geomembrana 1/3, clave: MRL-GEO-ARG-01
- Detalles de colocación de la geomembrana 2/3, clave: MRL-GEO-DCG-02
- Planta general, geomembrana 3/3, clave: MRL-GEO-PGG-03
- Caseta de vigilancia “estructural” 1/1, clave: MRL-EST-CSV-01
- Bodega “estructural” 1/1, clave: MRL-EST-BOD-02
- Caseta de vigilancia “arquitectónico” 1/4, clave: MRL-ARQ-CSV-03
- Caseta de vigilancia “acabados” 2/4, clave: MRL-ARQ-CSV-04
- Caseta de vigilancia “instalación hidráulica” 3/4, clave: MRL-ARQ-CSV-05
- Caseta de vigilancia “instalación sanitaria” 4/4, clave: MRL-ARQ-CSV-06



- Bodega “arquitectónico y acabados” 1/1, clave: MRL-ARQ-BOD-07

También se realizara el cercado de malla ciclónica en esta etapa, por lo cual se deberá consultar el plano arquitectónico: Portón, puerta de acceso y cercado de malla ciclónica 1/1, clave: MRL-ARQ-PMC-02.

6.4.2 SEGUNDA ETAPA

La segunda etapa se iniciará una vez transcurridos 5 años de operación, esta etapa consistirá en la sobre elevación del nivel de los bordos hasta alcanzar la cota 2073.56 msnm partiendo de la cota 2072.02 msnm, y con ello obtener un volumen de capacidad de relleno de 8839.21 m³, los cuales representan 15.09 años de operación que sumados a los 5.012 años de operación de primera etapa nos da un total de 20.10 años.

Para un mayor detalle de la segunda etapa consultar los planos correspondientes a sobre elevación de bordos, segunda etapa.

6.5. MÉTODO CONSTRUCTIVO

6.5.1. LOCALIZACIÓN

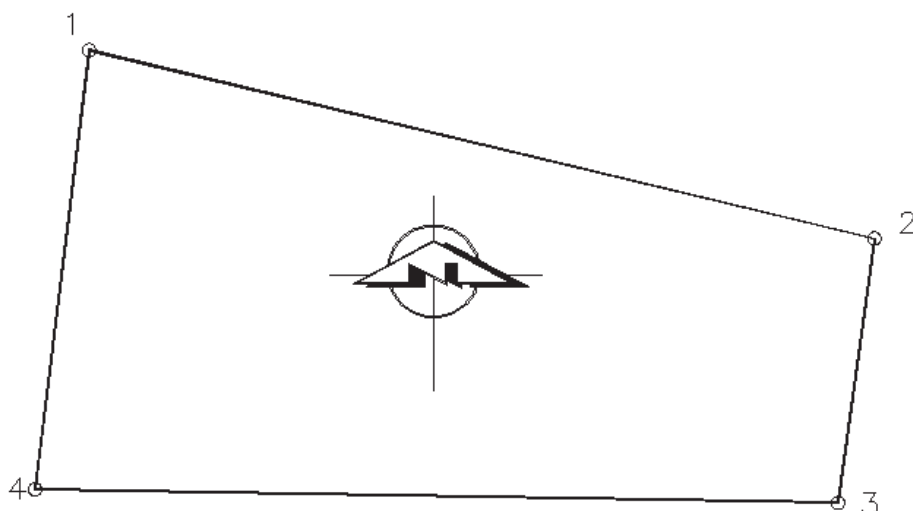
El sitio se localizó a un costado del camino que conduce a la planta potabilizadora y sus vértices fueron ubicados por coordenadas UTM a través de un equipo de posicionamiento global GPS



IMAGEN 87. Localización del Monorrelleno.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



CUADRO DE CONSTRUCCION						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
				1	2,360,749.0220	356,350.2810
1	2	S 76°29'30.40" E	151.475	2	2,360,713.6398	356,497.5653
2	3	S 07°48'14.61" W	50.100	3	2,360,664.0036	356,490.7624
3	4	N 89°01'56.51" W	150.626	4	2,360,666.5473	356,340.1581
4	1	N 06°59'50.77" E	83.094	1	2,360,749.0220	356,350.2810
SUPERFICIE = 9,999.059 m ²						

IMAGEN 88. Tabla de coordenadas de localización del sitio para Monorrelleno.

6.5.2 DESMONTE

Consistirá en el desenraice y remoción así como la disposición de la vegetación encontrada dentro del sitio destinado para el Monorrelleno.

Una vez marcados los límites del terreno se procederá a realizar la operación de desmonte, retirándose todos los árboles, arbustos, troncos, hierbas, raíces y todo objeto u obstrucción señalados por la residencia de obra.

En el caso de llegarse a marcar tala de árboles, se entenderá como árboles aislados que no se incluirán en el área de desmonte, y serán medidos por unidad de árboles a remover.



FOTOGRAFÍA 46. Desmonte de un terreno

Se realizará la actividad de desmonte con un equipo de tipo Bulldozer montado sobre orugas que empujara con su cuchilla montada frontal a ras del suelo, se procedera trazando hileras para empujar el material vegetativo hacia las orillas, y posteriormente será dispuesto en algun lugar o sitio que la CEAG indique a la residencia de obra. Dicha acitividad será medida por hectareas.

6.5.3. DESPALME Y EXCAVACIÓN PRELIMINAR

Posterior al desmonte realizado en el sitio, se procederá a realizar un despalme de 0.30 metros de espesor sobre todo el sitio, lo cual se realizará con equipo de tipo bulldozer y se deberán cortar y extraer todas las raices que hayan quedado del proceso de desmonte,

Posteriormente se requerira una excavación a la que denominamos excavación preliminar por ser parte del proceso de nivelación del terreno, el espesor de esta excavación será de 0.30 metros de profundidad y será realizada a todo lo ancho y largo del sitio, al igual que el despalme este será realizado por un equipo bulldozer montado sobre orugas.



6.5.4. DRENAJE PLUVIAL

El sistema de drenaje pluvial consta de tres cajas desarenadoras, los cuales cuentan con un sistema de tuberías de PVC que atravesaran los taludes de los bordos del monorrelleno de lodos.

Los puntos donde se encuentran las cajas desarenadoras son el lado exterior de los bordos correspondiente a los puntos más bajos del monorrelleno de lodos, por lo tanto las tuberías que van desde estas cajas desarenadoras al interior del monorrelleno cumplirán con la función de retirar el agua acumulada en estos puntos hacia el exterior del monorrelleno.

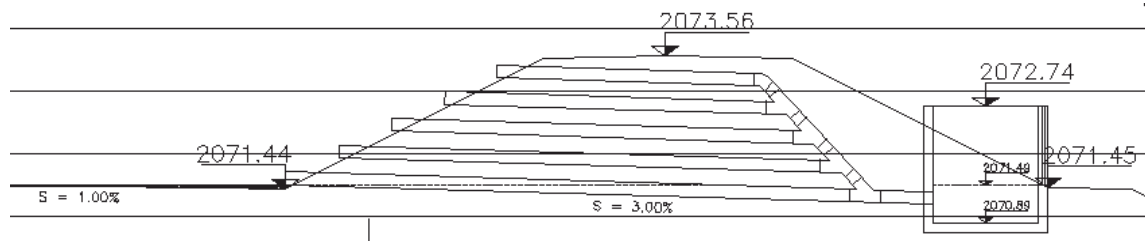


IMAGEN 89. Sistema de drenaje Pluvial.

El sistema consta de tuberías escalonadas para continuar con su funcionamiento de manera progresiva, conforme el monorrelleno vaya incrementando su nivel al interior y consecuentemente las tuberías vayan quedando canceladas por quedar completamente cubiertas al interior del monorrelleno.



IMAGEN 90. Sistema de drenaje pluvial.





DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Se realizará la localización del sitio para la construcción de cajas desarenadoras de acuerdo con los planos de Drenaje pluvial 1 y 2 de claves: MRL-SDP-DRP-01 y 02, se realizará la construcción de dichas cajas acorde a los niveles establecidos en el proyecto y serán colocadas las tuberías de PVC del tipo sanitario S-25 de diámetros de 8" que serán encamizadas con tuberías de PVC del tipo sanitario S-25 de 10" de diámetro, dejando así listas las instalaciones de drenaje pluvial para proceder a la formación de bordos.

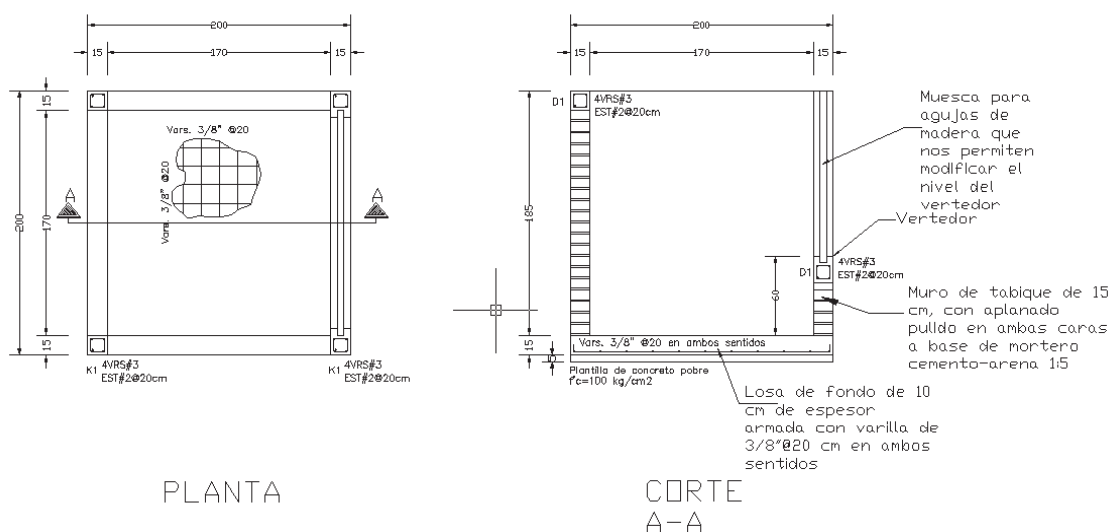


IMAGEN 91. Caja desarenadora.

6.5.5. FORMACIÓN DE BORDOS

Antes de iniciar la formación de bordos, los trabajos de despalme y excavación preliminar deberán ser revisados y verificar que estos se encuentran acorde a los niveles señalados en proyecto, posteriormente se realizará el trazado del eje de bordos por una cuadrilla de topografía que trazara a estos de la manera en que se señala en el proyecto.

Comenzará la realización del proyecto de terracerías, el cual denomina a las obras compuestas por cortes y terraplenes, formadas principalmente por la capa subrasante y el cuerpo del terraplen, cabe señalar que en este proyecto la conjunción del cuerpo del terraplen y capa subrasante es lo llamaremos los bordos del monorrelleno.

Generalmente las terracerías se realizan con material no seleccionado, la finalidad del cuerpo del terraplen será dar la altura necesaria para cumplir con lo señalado en el proyecto, ya que dicha altura nos dará el volumen o capacidad del relleno para la disposición de lodos en el sitio, además deberá ser construido para soportar las cargas de la capa superior



denominada capa subrasante, la cual servirá como superficie de rodamiento para los vehículos autorizados que podrán circular sobre los bordos del monorrelleno.

Se deberá verificar que el material producto de excavación o de banco que sea utilizado para la formación del cuerpo del terraplen cumpla con lo señalado por la norma N-CMT-1-01/02 correspondiente a los materiales para terracerías referente a materiales para terraplen.

TABLA 1.- Requisitos de calidad de materiales para terraplén

Característica	Valor
Límite líquido; %, máximo	50
Valor Soporte de California (CBR) ^[1] ; %, mínimo	5
Expansión; %, máxima	5
Grado de compactación ^[2] ; %	90 ± 2

[1] En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta Tabla, con un contenido de agua igual al del material en el banco a 1,5 m de profundidad.

[2] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa. Cuando el material sea no compactable, de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-1-02, *Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelos*, se colocará en capas del espesor mínimo que permita el tamaño máximo del material y se bandeará, previa aplicación de un riego de agua a razón de 150 L/m³, dando como mínimo tres pasadas en toda la superficie en cada capa, con un tractor de 36,7 t con orugas.

IMAGEN 92. Tabla 1 correspondiente de la Norma N-CMT-1-01/02. Materiales para terraplen.

Una vez realizado el trazo del eje de bordos y habiendo delimitado la zona de desplante de terraplen y verificado la calidad del material a utilizar para la formación de los terraplenes, se rellenarán los huecos producto de los trabajos de desmonte, despalme y excavación preliminar, se escarificará una capa de 20 cm y será posteriormente compactada al 90% de su PVSM.

El material será descargado sobre una superficie y se extenderá de ser posible en una longitud de estación (20 metros) o según la distancia señalada en proyecto por estaciones que sea más favorable.

Se procederá a regar el material para alcanzar el contenido de agua de compactación que nos será proporcionado por el laboratorio de materiales, el material será extendido en capas horizontales en todo lo ancho de la sección y será compactado al 90% de su PVSM.



El material producto de excavación o de banco de ser el caso, para la capa subrasante deberá cumplir con lo señalado por la Norma N-CMT-1-03/02 correspondiente a materiales para terracerías, referente a materiales para subrasante.

TABLA 1.- Requisitos de calidad de materiales para capa subrasante

Característica	Valor
Tamaño máximo; mm	76
Límite líquido; %, máximo	40
Índice plástico; %, máximo	12
Valor Soporte de California (CBR) ^[1] ; %, mínimo	20
Expansión máxima; %	2
Grado de compactación ^[2] ; %	100 ± 2

[1] En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta Tabla, con un contenido de agua igual al del material en el banco a 1,5 m de profundidad.

[2] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.

IMAGEN 93. Tabla 1, Correspondiente a la Norma N-CMT-1-03/02. Materiales para subrasante.

Se procederá a la formación de la capa subrasante a-corde a lo señalado en el perfil longitudinal así como las secciones transversales correspondientes de los planos Trazo y formación de bordos, Primera etapa de claves: MRL-PET-TFB-02, 03 y 04.

Se deberá considerar la formación de la capa subrasante señalada en proyecto con espesor de 30 cm la cual se realizará con material seleccionado que podrá ser producto de excavación o en su caso procendente de banco que cumpla con los requisitos anteriormente señalados.

La capa subrasante será extendida en dos capas de 15 cm de espesor, y con el proceso de riego para alcanzar un contenido de agua óptimo, así como una homogenización y posteriormente será compactado al 95% de PVSM.

6.5.6. FORMACIÓN DE PLATAFORMA

Siguiendo el mismo criterio para la plataforma que para los terraplenes se procederá, primeramente a realizar el trazo del eje de plataforma para apegarse a lo señalado en el plano de terracerías de primera etapa Trazo y formación de Plataforma de clave: MRL-



PET-TFP-06, donde una vez delimitada la zona de desplante esta se escarficará en una capa de 20 cm y será compactada al 90% de su PVSM, posteriormente el material de formación será colocado en capas sucesivas de 20 cm de espesor y compactadas al 95% de su PVSM hasta alcanzar el nivel señalado en plano.

En el extremo norte de la plataforma se construirá un muro de mampostería para soportar el relleno de material, evitando así su pateo a través de los taludes fuera de los límites del predio. Para un mayor detalle consultar el plano ya mencionado de Trazo y formación de plataforma.

Los niveles tanto de bordos como de plataforma se deberán revisar con base a los perfiles correspondientes y secciones tranversales propias de cada uno.

6.5.7. TRAZO Y FORMACIÓN DE RAMPA

Una vez completado los trabajos de formación de bordos y plataforma, se deberá realizar la construcción de la rampa que nos permitiera descender desde la plataforma hasta el nivel de fondo del monorrelleno.

Se realizará el trazo del eje de la rampa de acuerdo con lo señalado en el proyecto de terracerías de primera etapa correspondiente al plano Trazo y formación de rampa de clave: MRL-PET-TFR.08.

La formación de la rampa se realizará considerando su formación como zona inaccesible y por lo tanto se comenzará con trabajos de relleno a volteo hasta lograr una superficie sobre la que se puede operar el equipo y a partir de este punto proseguir con el proceso de tendido de capas compactadas de la misma forma en que se ha descrito la realización de los trabajos de formación de bordos y plataforma.

6.5.8. TRAZO Y NIVELACIÓN DEL FONDO

Se continuará con el trazo del eje de fondo de acuerdo a lo señalado en el proyecto de terracerías de primera etapa correspondiente al plano Trazo y nivelación de fondo de clave: MRL-PET-TNF-05.

A partir del eje de trazo y hacia sus extremos se nivelará el fondo para obtener una pendiente del 1% , y teniendo de esta manera el punto más alto sobre el eje de trazo y descendiendo a razón del 1% hacia las orillas delimitadas por los taludes de los bordos.

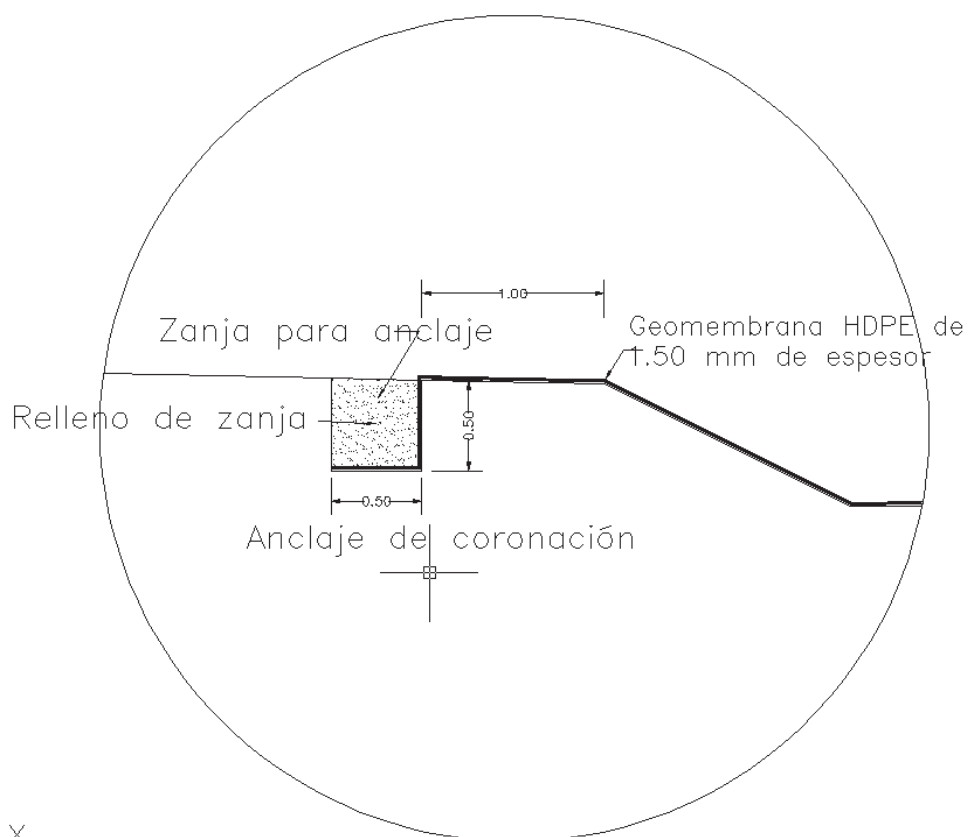


El trabajo de nivelación será realizado através de la escarificación del material de fondo del monorrelleno de lodos y posteriormente será compactado al 95% de su PVSM, garantizando la pendiente del 1% señalada en el proyecto.

6.5.9. INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA

De acuerdo con el proyecto correspondiente a la instalación de la Geomembrana, señalado en los planos Arreglo general, Instalación de geomembrana de Clave MRL-GEO-ARG-01, Detalles de colocación de la geomembrana de clave: MRL-GEO-DCG-02 y Planta general, Geomembrana de clave: MRL-GEO-PGG-03, se utilizará una geomembrana del tipo HDPE (Polietileno de alta densidad por sus siglas en ingles) en una presentación en rollo con 7 metros de ancho y un espesor de 1.5 mm.

Para la instalación de la geomembrana se realizará una excavación en zanja para el anclaje de esta (ver imagen 93), una vez que la geomembrana se ha anclado en la zanja, será extendida de acuerdo a la forma señalada en el plano Arreglo general, Instalación de geomembrana de clave: MRL-GEO-ARG-01.



X
IMAGEN 94. Anclaje de Geomembrana.





Los rollos deberán ser traslapados en una superficie no menor a 25 cm y unidos por el proceso de termofusión, teniendo el cuidado de no permitir abultamientos provocados por aire atrapado bajo la geomembrana.

De manera general de esta forma se extendera e instalara la geomembrana, para mayor detalle consultar los planos correspondientes antes mencionados.

Cabe señalar que los planos correspondientes a la instalación de geomembrana son una propuesta realizada por el proyectista, la empresa proveedora que se encarga de realizar la instalación podrá realizar modificaciones pertinentes en su carácter de especialista si este lo considera necesario.

6.5.10. CASETA DE VIGILANCIA Y BODEGA

Una vez concluidos los trabajos anteriores se procederá a realizar la construcción de la caseta de vigilancia y bodega de acuerdo con lo señalado en los planos correspondientes de tipo arquitectónico y estructural.

La caseta de vigilancia será cimentada y construida con base a lo señalado en el plano estructural Caseta de vigilancia de clave: MRL-EST-CSV-01 y se procederá a realizar las instalaciones hidráulica y sanitaria tal y como semuestra en los planos arquitectónicos Caseta de Vigilancia, Instalación hidráulica de clave: MRL-ARQ-CSV-05 y Caseta de vigilancia, Instalación sanitaria de clave: MRL-ARQ-CSV-06.

Para la instalación sanitaria se construira un tanque séptico acorde a lo señalado en plano de instalación sanitaria correspondiente antes ya mencionado.

Posteriormente se realizarán los acabados de dicha caseta de vigilancia según lo señalado en el plano arquitectónico Caseta de vigilancia, Acabados de clave: MRL-ARQ-CSV-04.

La bodega será construida según lo marcado en el plano estructural Bodega de clave: MRL-EST-BOD-02, y posteriormetese cumplirá con los acabados señalados en el plano arquitectónico Bodega de clave: MRL-ARQ-BOD-07.

6.5.11. CERCADO DE MALLA CICLONICA.

Se realizará un cercado de malla cilconica, para un mayor detalle consultarl el plano arquitectónico Portón, puerta de acceso y cercado de malla ciclónica de clave: MRL-ARQ-PMC-02.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



El cercado se realizará colocando postes en línea a cada 3 metros, para su colocación se realizará la excavación para alojar muertos de concreto en los cuales se ahogaran los postes, y será a estos que se realizará la sujeción de la malla ciclónica con todos sus elementos y accesorios necesarios para su correcta instalación.

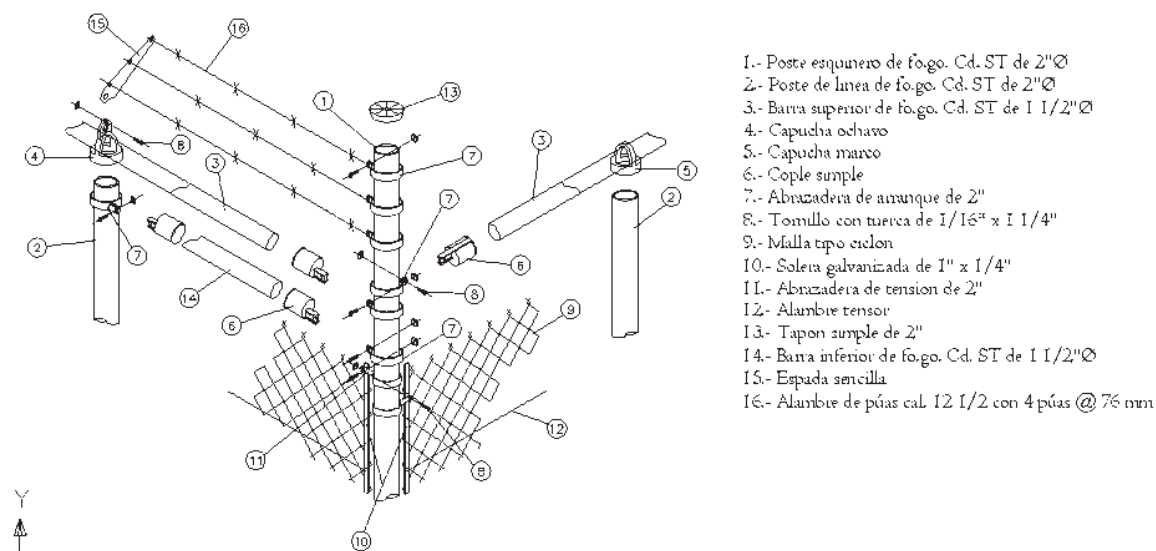


IMAGEN 96. Detalle de instalación de malla ciclónica.

6.6. MANUAL DE OPERACIÓN

6.6.1. INTRODUCCIÓN

Este documento pretende ser una guía de los procedimientos de operación y mantenimiento correspondientes al sitio denominado Monorrelleno de lodos para la disposición final de los lodos provenientes de la planta potabilizadora de San Luís de la Paz, Guanajuato.

6.6.2. OBJETIVOS Y ALCANCES

Los principales objetivos y alcances de este manual se enlistan a continuación:

- Proporcionar al personal una herramienta de consulta para la realización de las actividades de operación del Monorrelleno de lodos así como su mantenimiento.
- Buscar el aprovechamiento máximo de las instalaciones mediante políticas de operación adecuadas a sus características particulares y la sistematización de las actividades derivadas de ellas.
- Hacer comprensibles los procesos y técnicas de operación y control del mismo.



6.6.3. PERSONAL DE OPERACIÓN Y RECURSOS MATERIALES.

Para poder llevar a cabo una operación adecuada en el Monorrelleno de lodos será necesario contar con los recursos humanos y materiales suficientes.

El recurso humano es un aspecto primordial, es de suma importancia cumplir con las labores de operación, mantenimiento y administración del Monorrelleno en forma eficiente, para ello, se deberá contar con la cantidad de personal necesario con la capacidad y calidad del mismo.

Se considera que todas las labores administrativas generales y de contabilidad las lleva el Organismo Operador del Sistema o Junta municipal de agua, o la empresa que haya sido contratada para la operación de la planta potabilizadora de ser el caso. Dentro de la planta únicamente se tiene un administrador que lleva las labores de coordinación con la administración central y el control administrativo interno de la planta así como del Monorrelleno de lodos.

6.6.3.1 PERSONAL REQUERIDO

El personal requerido para la operación y mantenimiento del Monorrelleno de lodos es el siguiente:

CARGO	PERSONAL
1. Jefe de Operación del Monorrelleno de lodos	1
2. Operador del Monorrelleno de lodos	2
3. Ayudante de operación del Monorrelleno de lodos	1
4. Ayudante para mantenimiento del Monorrelleno de lodos	1
5. Vigilante	3
6. Velador	1

6.6.3.2 PERFIL DEL PERSONAL REQUERIDO

La labor administrativa del Monorrelleno de lodos correrá a cargo del organismo operador o junta municipal de operación responsable de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la localidad.



JEFE DE OPERACIÓN DEL MONORRELLENO DE LODOS.

- Ingeniero Civil
- Conocimiento en la operación de rellenos de biosólidos o rellenos sanitarios.
- Conocimiento de reglamentación correspondiente a rellenos sanitarios.
- Conocimiento de los procedimientos de operación empleados en el Monorrelleno de lodos.
- Habilidad en la planeación, asignación y supervisión de personal.
- Experiencia mínima de 2 años en el área de tratamiento de aguas residuales.

FUNCIONES.

- Control adecuado de la operación y mantenimiento del Monorrelleno de lodos.
- Supervisión del personal encargado de la operación y mantenimiento.
- Aplicación de medidas correctivas al proceso de operación de ser necesario.
- Entrenamiento del personal en los procedimientos de operación y mantenimiento.
- Manejo de reportes de operación y mantenimiento.
- Programación de actividades de mantenimiento y entrenamiento del personal de operación.

OPERADOR DEL MONORRELLENO DE LODOS.

- Técnico en construcción.
- Experiencia en operación de equipo del tipo cargador frontal sobre orugas.
- Experiencia en operación de compactador manual.
- Alguna habilidad en la rutina de reparación de la maquinaria.
- Experiencia mínima de 2 años.

FUNCIONES.

- Revisar el correcto funcionamiento de los equipos de operación
- Verificar la disposición de cal en bodega y programar el abastecimiento de ella para la correcta operación del Monorrelleno de lodos.
- Realización de la disposición de la celda diaria
- Realización de labores de limpieza de los equipos de operación.
- Realización de reportes correspondientes a la disposición de la celda diaria



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



AYUDANTE DE OPERACIÓN DEL MONORRELLENO DE LODOS.

- Secundaria terminada
- Haber cumplido de forma satisfactoria con el entrenamiento referente a los procedimientos de operación.

FUNCIONES.

- Asistir en todo lo necesario al operador del Monorrelleno de lodos.

AYUDANTE PARA EL MANTENIMIENTO DEL MONORRELLENO DE LODOS.

- Tener primaria o secundaria terminada.
- Experiencia mínima en labores de mantenimiento, o albañilería y plomería de 2 años.

FUNCIONES.

- Reparar imperfectos dentro del Monorrelleno de lodos
- Reparación de instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- Lubricación y engrasado de equipos de operación.
- Realización de trabajos de pintura y jardinería cuando esta sea necesaria
- De ser necesario dar apoyo al personal de operación

VIGILANTE.

- Tener primaria o secundaria terminada
- Experiencia mínima como vigilante de 1 año.

FUNCIONES.

- Solicitar identificación a los visitantes.
- Permitir o no el acceso al Monorrelleno de lodos.



VELADOR.

- Tener primaria o secundaria terminada
- Experiencia mínima como velador de 1 año.

FUNCIONES.

- Realizar rondas de vigilancia nocturnas al interior del Monorrelleno de lodos.
- Realizar la vigilancia nocturna del sitio así como del acceso a personas ajenas al Monorrelleno de lodos.

6.6.3.3 RECURSOS MATERIALES.

Los recursos materiales, son aquellos con los que se deberá contar para la operación del Monorrelleno de lodos en sus rutinas de operación y programas de mantenimiento, en el caso de no contar con los recursos materiales se deberá anticipar a problemas de operación y solicitar el recurso faltante necesario.

6.6.3.3.1 HERRAMIENTAS.

1. Llaves de diferentes medidas, estándares y milimétricas.
2. Desarmadores.
3. Extractores.
4. Limas
5. Aceiteras.
6. Engrasadora.
7. Martillo.
8. Segueta.
9. Dados en general.

6.6.3.3.2 ARTÍCULOES DE ASEO.

1. Escobas.
2. Jabón y detergente.
3. Cepillos.
4. Manguera.
5. Pintura.
6. Palos.
7. Carretillas.



8. Franela y jergas.
9. Diablo y cuerdas.

6.6.4. MATERIAL DE OPERACIÓN.

Se requiere de cal, en este caso de Hidróxido de calcio Ca(OH)_2 , que también es conocida como cal apagada o muerta. La cal se mezclará con los lodos de la celda diaria a razón de 100 kg de cal por cada m^3 de lodos.

Considerando que la celda diaria corresponde a un volumen de 1.565 m^3 de lodos tenemos una necesidad de 156.50 kg de cal.

Dado lo anterior para una semana de operación se requiere tener en bodega una cantidad de 1,095.5 kg de cal almacenada. Se recomienda tener almacenada cal en bodega suficiente para la operación de un mes, y se debe de procurar que la cantidad de cal almacenada en bodega nunca sea menor a la necesaria para la operación de un mes.

Cantidad de cal recomendada: 4,695 kg (4.695 ton). Cantidad de cal necesaria para la operación del Monorrelleno de lodos por un mes.

Se deberá contar con estacas que cuenten con franelas a manera de banderilla para ser fácilmente visibles.

6.6.5. EQUIPO.

1. Mini cargador frontal montado sobre orugas tipo Caterpillar 247B o similar.
2. Compactador de tipo manual.
 - Compactador manual a diesel tipo pisón, también conocido como bailarina.
 - Compactador de mono cilindro vibratorio manual (Recomendado).



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



FOTOGRAFÍA 47. Mini cargador Frontal Caterpillar 247B montado sobre orugas.



FOTOGRAFÍA 48. Compactador manual tipo pisón o bailarina.



FOTOGRAFÍA 49. Compactador de mono cilindro vibratorio manual.

6.6.6. REGLAMENTO DE TRABAJO.

Un reglamento escrito de seguridad y salud es la piedra angular del programa de seguridad y salud. El reglamento de trabajo debe tener el mensaje implícito de que tiene todo el soporte de los responsables del Monorrelleno de lodos, llámense superintendente de operación, jefe de operación, junta municipal u organismo operador.

Dentro de las responsabilidades del reglamento de trabajo se encuentran: identificar los peligros, desarrollar y llevar a cabo procedimientos y entrenamiento del personal en el área de seguridad.

El programa de entrenamiento en el área de seguridad debe contemplar los siguientes aspectos:

- Peligros inherentes a la operación.
- Salud e higiene industrial para el empleado
- Equipo de seguridad, incluyendo protección respiratoria adecuada.
- Manejo y almacenamiento de material.
- Uso adecuado y seguro de las herramientas.
- Prevención y control de incendios.
- Primeros auxilios.
- Reporte de accidentes e incapacidades.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



- Investigación de accidentes e incapacidades.
- Plan general de emergencia.

Todo el personal debe completar satisfactoriamente el programa de entrenamiento. Un programa debe de estar diseñado para mantener al personal en buena condición de salud, prevenir o controlar accidentes, para lo cual es importante contar con un servicio médico o tener la capacitación para la aplicación de primeros auxilios.

A continuación se muestra la guía del seguimiento de servicios médicos y primeros auxilios.

- Deben ser del conocimiento de los empleados y estar disponibles los números telefónicos de ambulancias y centros de salud.
- En ausencia de un centro de salud, enfermería u hospital cercano, se debe capacitar adecuadamente a una o varias personas para poder suministrar servicios de primeros auxilios al personal de trabajo..
- Un botiquín con el equipo completo de primeros auxilios es sitios estratégicos con Instrucciones visibles de que hacer o a quien llamar en caso de accidente.
- Manuales generales que permitan al empleado conocer los reglamentos de seguridad y salud, así como los procedimientos y teléfonos necesarios para emergencias.

Un aspecto primordial es el definir las responsabilidades que cada trabajador tendrá para un adecuado seguimiento y cumplimiento del reglamento de trabajo y asegurar de esta forma que los beneficios alcancen a toda la fuerza laboral.

6.6.6.1. RESPONSABILIDADES DEL TRABAJADOR.

- Cumplir con las reglas de seguridad y salud establecidas en el reglamento.
- No empezar un trabajo si no se han recibido las instrucciones adecuadas o no se han entendido correctamente estas.
- Reportar cualquier condición de trabajo que se considere insegura o peligrosa al superior inmediato.
- Reportar todas las lesiones y accidentes.
- Nunca operar un equipo sin antes conocer su adecuado funcionamiento.
- Mantener toda la herramienta limpia y en buen estado.
- Usar siempre el equipo de seguridad requerido.

6.6.6.2 HIGIENE

Se deberá tener en todo tiempo el Monorrelleno de lodos en buenas condiciones de limpieza y mantenimiento.



6.6.6.3. NORMAS PARA EL PERSONAL DE OPERACIÓN.

- a) El personal utilizará ropa especial dentro del Monorrelleno de lodos.
- b) A la salida del Monorrelleno de lodos todo el personal de operación deberá cambiarse de: ropa y calzado
- c) En la zona de la planta no se deberán preparar alimentos y los que se consuman se deberán manejar con las precauciones debidas.
- d) En las operaciones en que se tenga riesgo de raspones en manos y otras partes del cuerpo se usarán guantes o ropa especial.
- e) Se deberá llevar un registro de todas las enfermedades que tenga el personal de la planta.

6.6.6.4 NORMAS PARA VISITANTES.

- a) No deberán incursionar en ninguna zona sin autorización y se le comunicarán las restricciones.
- b) A las personas que entren a las áreas de operación se les darán a conocer las normas generales para el personal y se les deberá sugerir asearse las manos al salir de la planta.

6.6.7. PROCESO DE OPERACIÓN.

Durante la mañana el personal de operación del Monorrelleno de lodos en turno con apoyo del ayudante de operación deberá trazar y marcar con las estacas manera de banderillas la celda de disposición del día.

El proceso de celda diaria comienza en la planta potabilizadora, donde una vez completado el proceso de deshidratado de lodos del día, personal de la planta potabilizadora se encargara del traslado de estos en un vehículo especialmente destinado para este uso.

Es importante señalar que el personal de operación del vehículo, así como el vehículo en sí mismo no fueron incluidos en el personal y equipo del Monorrelleno de lodos, dado que se considera que estos pertenecen a la planta potabilizadora.

El vehículo deberá tener claramente y de forma visible los logotipos de la planta potabilizadora, o en su defecto el del organismo operador o junta de agua municipal según



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



sea el caso, una vez en el acceso al Monorrelleno de lodos el operador deberá identificarse con el guardia en turno.

Una vez permitido el acceso, el vehículo deberá dirigirse a la zona de maniobras ubicada frente a la bodega, en este sitio el personal de operación del Monorrelleno de lodos en turno le señalará en plano la localización de la celda diaria que además ha sido previamente marcada.

El ayudante de operación se dirigirá al sitio de disposición de la celda diaria junto con el vehículo que realizara la disposición de los lodos en el sitio marcado.

El operador del Monorrelleno de lodos en turno deberá con la ayuda del personal de ayuda a mantenimiento y uno de los vigilantes en turno cargar sobre la pala del mini cargador frontal la cantidad necesaria de cal para el volumen de lodos que será dispuesto, que de acuerdo al proyecto deberá de ser de 156.50 kg, y se dirigirá al sitio de la celda diaria en el mini cargador frontal.

El vehículo proveniente de la planta potabilizadora que ha descargado los lodos en el sitio señalado para la celda de disposición se retirará del Monorrelleno de lodos realizando a su salida el llenado del formato de control de celdas con su hora de entrada y salida así como el nombre del operador.

Al tiempo de salida del vehículo proveniente de la planta potabilizadora, el operador del Monorrelleno de lodos deberá realizar una mezcla de la cal con los lodos deshidratados, y una vez logrando una homogeneidad del material deberá extenderlo a la forma previamente marcada de la celda y dejarlo así.

Debido a la reacción exotérmica que se logra al momento de que la cal entra en contacto con los lodos y por el aumento consecuente de la temperatura y el pH, tras un periodo de tiempo el lodo se encontrara estabilizado, además de que tendrá una consistencia, lo cual nos permitirá realizar la compactación de la celda diaria.

Se deberá verificar por observación directa en periodos de tiempo establecidos la manejabilidad del lodo y si este puede ser compactado o aún requiere de mayor tiempo de reposo, con el tiempo y por experiencia adquirida se podrá definir el tiempo necesario de reposo para la mezcla de lodo-cal antes de realizar la compactación.

Una vez que el lodo mezclado con cal es manejable y puede ser compactado el operador del Monorrelleno de lodos en turno realizara dicha compactación en el equipo compactador de



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



tipo manual dando las pendientes necesarias para respetar las pendientes del proyecto a nivel de fondo y permitiendo así el correcto funcionamiento del drenaje pluvial.

El proceso se realizará de manera cíclica y con el tiempo se deberán realizar las observaciones de posibles mejoras para lograr una operación más eficiente, esto con base a la experiencia de operación y los problemas detectados en ella.

A lo largo de este proceso el jefe de operación del Monorrelleno de lodos deberá cumplir con la labor de supervisor del procedimiento de trazo y señalamiento de la celda diaria, así como de la disposición de esta.

El jefe de operación del Monorrelleno de lodos será el encargado de llevar el correcto control de las actividades de operación y mantenimiento, así como la planeación de la disposición de las siguientes celdas en base a la experiencia de su realización en campo, también será el quien señale al operador del Monorrelleno cuál es la celda que será marcada en el día para su disposición.

6.6.8. HORARIOS DE TRABAJO.

El Jefe de operación del Monorrelleno de lodos.

De Lunes a Viernes.

Entrada: 10:00hrs - salida a comer: 16:00hrs

Reingreso: 19:00hrs – Salida: 21:00hrs

Sábado:

Entrada: 10:00hrs - salida a comer: 16:00hrs

Domingo

Descanso.

Operador del Monorrelleno de lodos –Matutino.

De Lunes a Viernes

Entrada: 09:00hrs - salida: 17:00hrs

Dispone de 30 min para comer.

Sábado:

Entrada: 9:00hrs - salida: 15:00hrs

Dispone de 30 min para comer.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Domingo
Descanso.

Operador del Monorrelleno de lodos –Vespertino

De Lunes a Viernes
Entrada: 14:00hrs - salida: 22:00hrs
Dispone de 30 min para comer.

Sábado:
Entrada: 12:00hrs - salida: 18:00hrs
Dispone de 30 min para comer.

Domingo
Descanso.

Ayudante de operación del Monorrelleno de lodos.

De Lunes a Viernes.
Entrada: 10:00hrs - salida a comer: 16:00hrs
Reingreso: 18:00hrs – Salida: 20:00hrs

Sábado:
Entrada: 10:00hrs - salida a comer: 16:00hrs

Domingo
Descanso.

Ayudante de mantenimiento del Monorrelleno de lodos.

De Lunes a Viernes.
Entrada: 10:00hrs - salida a comer: 16:00hrs
Reingreso: 18:00hrs – Salida: 20:00hrs

Sábado:
Entrada: 10:00hrs - salida a comer: 16:00hrs

Domingo
Descanso.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Vigilante 1 del Monorrelleno de lodos.

De Lunes a Viernes

Entrada: 7:00hrs - salida: 16:00hrs

Dispone de 30 min para comer.

Sábado:

Descanso

Domingo

Descanso.

Vigilante 2 del Monorrelleno de lodos.

De Lunes a Viernes

Entrada: 15:00hrs - salida: 00:00hrs

Dispone de 30 min para comer.

Sábado:

Descanso

Domingo

Descanso.

Vigilante 3 del Monorrelleno de lodos.

De Lunes a Viernes

Entrada: 23:00hrs - salida: 08:00hrs

Dispone de 30 min para comer.

Sábado:

Descanso

Domingo

Descanso.

Los vigilantes deberán rolar horarios de forma semanal.



Velador del Monorrelleno de lodos.

De Lunes a Viernes

Descanso

Sábado:

24 hrs

Domingo

24 hrs.

Se considera que el día domingo la planta potabilizadora no hace un traslado de lodos a l Monorrelleno de lodos, por lo que el día lunes se realizan dos celdas en lugar de una. Siendo el proceso de disposición de estas el ya descrito anteriormente.

6.6.9. MANTENIMIENTO.

En general el mantenimiento a realizar será en la obra civil, y debe efectuarse con regularidad. Por lo cual se le debe dar importancia a los acabados y a los materiales empleados para su conservación.

Los programas de mantenimiento en las estructuras dependerán de la edad, tipo y uso de la estructura. Las estructuras en uso requerirán revisiones cuidadosas para prevenir fugas, cuarteaduras, fracturas, etc.

Se debe dar atención a los requerimientos de mantenimiento de todos los elementos de las estructuras, tales como fontanería, pasillos, pasarelas, barandales, puertas, ventanas, muros, etc.

Se tienen que mantener las estructuras limpias, ordenadas y en perfectas condiciones libres de trampas que puedan ocasionar daño a los trabajadores.

Para consultar una plano con referencia a la distribución de celdas y el diagrama de proceso de operación, referirse a los planos: Arreglo general, operación de clave: MRL-PET-OPE-01 y Celda diaria, operación de clave: MRL-PET-OPE-02.



CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

Al concluir respecto al proyecto del Monorrelleno de lodos de la planta potabilizadora de San Luís de la Paz en el Estado de Guanajuato, puedo decir que es ya un paso hacia adelante el que ahora se desarrolle un sistema de potabilización de agua con la infraestructura necesaria tanto para la potabilización de agua así como el tratamiento de los lodos como subproducto del proceso, además de la construcción y adecuación de un sitio para su disposición.

Anteriormente las plantas no se construían pensando en un proceso de tratamiento de lodos ni mucho menos la adecuación de un sitio para su disposición.

Tan solo en nuestra ciudad tenemos a la potabilizadora de Santa María perteneciente al OOAPAS, que no cuenta con este sistema ni mucho menos un lugar de disposición, pero claro se debe mencionar que dicha planta no se construyó ayer ni hace 5 años, tan solo su última ampliación, la cual consiste en un módulo de potabilización se realizó en el año de 1985 según información proporcionada por personal de dicho organismo. En aquellos años aún no se contemplaba el problema de la descarga de los lodos en cuerpos de agua, o simplemente la descarga de estos a sistemas de alcantarillado municipal.

Hoy en día se requiere de la conciencia de la gente para no desperdiciar el agua, además de que se necesita tener grandes cuidados para mantener en buenas condiciones los cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos, cabe mencionar que precisamente el OOAPAS ha solicitado ya un levantamiento para la determinación de sus condiciones actuales y la realización de un anteproyecto que proponga una solución a su descarga de lodos, levantamiento en el cual tengo el gusto de haber participado.

Puedo concluir que la construcción de los monorrelenos de lodos, ya sea para lodos de agua residual tratada o los provenientes de la potabilización de agua irán aumentando, y es importante que así sea, que se produzca un efecto domino en todo el país para la construcción de estos sitios y que se avance en el ámbito de darles un sitio de disposición segura además de un uso como el de mejorar tierras de cultivo.

El Monorrelleno de lodos en San Luís de la Paz en el estado de Guanajuato, y ahora la posibilidad de dar una alternativa quizás de este tipo a los lodos de la Potabilizadora de Santa María aquí en Morelia Michoacán; son prueba de que vamos avanzando y ser parte



de este avance sobre el problema del ¿qué hacer con los lodos? provenientes de tratamientos de agua o potabilización de ésta, es para mí una gran experiencia.

Con referencia a dar una conclusión sobre el Monorrelleno de lodos de la potabilizadora de San Luís de la Paz, Gto., puedo decir que es un desarrollo que me ha dejado no solo la comprensión de su funcionamiento, la experiencia del diseño de este tipo de estructuras y su importancia, ha dejado también la conciencia económica, política y social en torno a estos lodos, así como el entendimiento de la importancia de su tratamiento y disposición de forma adecuada.

La disposición de los lodos en un Monorrelleno podría convertirlo en una especie de banco de lodos, los cuales con un previo estudio podrían ser donados para la mejora del campo agrícola, en el caso de lodos provenientes de potabilización de agua y bajo un previo análisis podrían ser utilizados en camellones a manera de tierra vegetal para el crecimiento de pasto y árboles e incluso en la siembra de jardines en parques y plazas públicas.

Un Monorrelleno de lodos podría servir como un banco de material para realizar las capas de cubierta de un relleno sanitario.

En fin creo que un Monorrelleno de lodos podría ser más que un simple sitio para ir descargando los lodos hasta llenarlo sin afectar a cuerpos de agua o mantos acuíferos y posteriormente cerrarlo y buscar un nuevo sitio. Podría ser un sitio de estudio y búsqueda de aplicaciones y usos posibles para dichos sólidos

7.2 RECOMENDACIONES

En este apartado solo puedo decir que se deberá siempre tener presente que este es un Monorrelleno de lodos, lo que significa que el único tipo de descarga que se permitirá es el de lodos obviamente, pero estos serán únicamente los provenientes de la planta potabilizadora de San Luís de la Paz, Gto., nunca se deberán aceptar lodos que puedan provenir de otros procesos como el dragado de canales o la limpieza de sistemas de alcantarillado o los provenientes del tratamiento de aguas residuales.

Se debe recordar que el Monorrelleno de lodos no cuenta con las instalaciones para recibir lodos putrescibles y que puedan generar un lixiviado, además de gas metano, por lo que sería riesgoso permitir que este tipo de sólidos entraran para ser dispuestos en el sitio.

De acuerdo a lo anterior el sitio tampoco podrá en ningún momento ser utilizado como sitio de disposición de basura.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Es importante pues dejar en claro que el Monorrelleno de lodos no cuenta con las instalaciones necesarias para recibir diferentes tipos de sólidos, y que un Monorrelleno de lodos podría ser diseñado específicamente para lodos provenientes de agua tratada, o incluso provenientes de aguas industriales tratadas, o bien desarrollar un relleno de lodos con las instalaciones necesarias para recibir sólidos de diferentes procedencias, sin embargo este ya no sería un Monorrelleno de lodos.

Al no ser este el caso de un relleno de lodos adecuado para la disposición de diferentes tipos de sólidos, no se deberá permitir la disposición de lodos que no provengan de la planta potabilizadora de San Luís de la Paz, Gto pues esto podría ocasionar problemas operativos y medio ambientales.

Es importante que en el sitio se verifique que las pendientes de escurrimiento cumplan con lo señalado en el proyecto para que no haya estancamientos de agua en la zona de disposición de lodos, por lo que siempre se deberá verificar el correcto funcionamiento del drenaje pluvial.

El manejo de la cal podrá ya en operación, a través de pruebas y la experiencia adquirida, modificarse en la cantidad requerida por m^3 de lodos para la disposición de la celda diaria.

Será importante que durante la operación se realicen pruebas a los lodos para que se pueda determinar si estos pueden ser utilizados para la mejora de tierras de cultivo sin ningún riesgo de tipo ambiental y ver la posibilidad de llevarlo a cabo.



CAPITULO 8. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

8.1 REFERENCIAS.

1. Adler 2002,
2. Aprovechamiento de lodos generados en la Planta Potabilizadora Los Berros, Sistema Cutzamala, primera etapa (Proyecto 7.3.4, 2005-2006. UNAM)
3. Armenter J. y Cirstiá J. 2002
4. Comentario del Ing. Humber Davies Melchor Domínguez. Planta Potabilizadora Ciudad del Agua Juan Sabines Gutiérrez.
5. Bases de licitación suministradas por la Comisión Estatal del Agua del Estado de Guanajuato. (CEAG).
6. Carta topográfica INEGI F14C35

8.2 BIBLIOGRAFÍA

1. Artículo sobre el Aprovechamiento de lodos generados en la Planta Potabilizadora Los Berros, Sistema Cutzamala, primera etapa (Proyecto 7.3.4, 2005-2006. UNAM)
2. La agricultura del riego en Michoacán. Martin Sánchez
3. Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003
4. Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993
5. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002
6. Consideraciones sobre la mejora de floculación. (Kawamura S. Junio 1976).
7. Estudio de Mecánica de suelos realizado en el sitio por el Laboratorio de Mecánica de suelos, resistencia de materiales y asfaltos de la Universidad de Guanajuato.
8. Estudio de Mecánica de suelos realizado por: Proyectos, supervisión, mecánica de suelos y control de calidad Herna.
9. Proyecto Acueducto Paso de Vaqueros-San Luis de la Paz, Gto. Elaborado por la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la Comisión Federal de Electricidad CFE.
10. Norma N-CMT-1-01/02. 1. Materiales para terracerías. 01. Materiales para terraplén.
11. Norma N-CMT-1-03/02. 1. Materiales para terracerías. 03. Materiales para subrasante.
12. Costo y tiempo de edificación (Ing. Carlos Suárez Salazar 3ª Edición. Limusa 2007.
13. Isoyetas de intensidad de lluvia de la SCT.
14. Manual de Geomembranas “Funciones y aplicaciones” (Geosistemas PAVCO).



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



ANEXO A

CÁLCULOS



CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE LODOS EN LA PLANTA POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.

Se utiliza la ecuación de Kawamura para el cálculo de la producción de sólidos producidos a partir de los datos de caudal, dosis de coagulante y la turbidez del agua cruda.

Ecuación de Kawamura.

$$P_L = (D_c \cdot f_p) + (T \cdot R_{SST:T})$$

CONCEPTO	SIMBOLOGÍA	CANTIDAD	UNIDADES
Caudal	Qt=	250	lt/s
		900	m ³ /hr
		21,600	m ³ /día
Dosis Coagulante:	D _c =	10	mg/l
Turbidez:	T=	6	UNT
Fierro a Remover:	Fe=	1.1	mg/l
Manganeso a Remover:	Mn=	0.384	mg/l
Factor Lodo Producido por Coagulante:	f _p =	0.27	
Relación Turbidez -SST	R _{SST-T} =	2.05	
Factor Lodo Producido por Fe y Mn:	RFe=	2	
Producción de Lodo por Floculación.	P _{Li} =	324.00	Kg/día
Producción. Lodo Producido por Rem de Fe y Mn:	P _{Fe} =	64.1088	Kg/día
Producción. Total Lodos:	Plodos=	388.11	Kg/día

Para la recuperación del agua de lavado de filtros, sobrenadante de espesadores y filtrado de filtro banda, la planta potabilizadora contará con un Tanque de Recuperación de Agua que funcionará como sedimentador de alta tasa, en este se recibirán los sólidos del proceso de retrolavado de los filtros, dicho tanque tendrá una profundidad de 3.5 m y una carga superficial de 0.5 m³/m²/hr.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Calculo de Sistema de Recuperación de Rechazo de Filtros de Proceso

CONCEPTO	SIMBOLOGÍA	CANTIDAD	UNIDADES
Factor de Producción en Retrolvado	FPL=	3.5589%	
Caudal de Retrolavado:	Q_{rtl} =	8.90	lt/s
		32.0	m ³ /hr
		768.7	m ³ /día
Factor de Producción de Lodo en TRALF		3%	
Caudal Recuperado		8.6303325	lt/s
Carga Superficial		0.3413087	m ³ /m ² ·hr
Área:	A_{RFA} =	93.8	m ²
Geometría:		Rectangular (L=2xB)	
Longitud de Tanque:		13.70	
Dimensión Lateral		6.85	m

Cálculo de Sistema de Espesado de Lodos

CONCEPTO	SIMBOLOGÍA A	CANTIDA D	UNIDADE S
Volumen de lodo a Espesar:		77.51	m ³ /día
		3.2	m ³ /hr
Masa Seca de lodo a deshidratar:	m_{Ld} =	388.11	kg/día
Captura de sólidos en espesamiento	Q_{Les} =	85%	
Contenido de sólidos en el lodo espesado		4%	
Sólidos En Lodos		329.89	kg/día
Peso específico		1.0116	Kg/l
Volumen de lodos efluente		8.15	m ³ /día
Tiempo diario de operación de sistema de espesado y deshidratado		5.4982	hrs/d
		1.48	m ³ /hr
Carga de Sólidos:	C_m =	50	kg/m ² ·d
Carga Superficial:	C_s =	8	m ³ /m ² ·d
Cálculo por Carga de Sólidos:			
Area:	A =	7.76	m ²
Calculo por Carga Superficial:			
Área:	A =	9.69	m ²
Por ser superior, se selecciona con base en Carga de Sólidos.			



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Cálculo de Sistema de Deshidratado de Lodos

El deshidratado será mediante filtros prensa de banda		
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDADES
Volumen de lodo a deshidratar:	8.15	m ³ /día
Sólidos en lodo a deshidratar:	329.89	kg/día
Captura de sólidos	90%	
Contenido de sólidos en el Lodo	18%	
Sólidos En Lodos	296.90	kg/día
Peso específico	1.0542	Kg/l
Volumen de lodos efluente	1.565	m ³ /día
Peso de Lodo Húmedo de Filtro Banda	1,649.46	kg/día
Tiempo de funcionamiento del filtro:	5.4982	hrs
Número de unidades a utilizar:	1	0 extra (en reserva)
Cantidad lodos instantánea	60.00	Kg/hr
	1.4828	m ³ /hr

ADICION DE CAL

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDADES
Cantidad de cal por cada m ³ de lodo al 18%	100	kg
Cantidad de lodo diario	1.565	m ³ /día
Cantidad de cal agregada por día	156.47	kg/d

VOLUMEN DE LA MEZCLA

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDADES
Densidad de la cal	2,500	kg/m ³
Volumen de la cal	0.040	m ³
Volumen total de la mezcla	1.605	m ³ /día

Monorrelleno de Lodos con corona a la elevación 2073.56 msnm con parte del área

CONCEPTO	SIMBOLOGÍA	CANTIDAD	UNIDADES
Volumen entre bordos	V=	11,775.16	m ³
Vida útil de Relleno:	t=	7,338.11	días
		20.10	años



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



CALCULO DEL DRENAJE PLUVIAL

Captación pluvial del Monorrelleno de lodos.

Para el diseño del drenaje pluvial se selecciono una duración de tormenta de 60 minutos para un periodo de retorno de 10 años, considerando que en nuestro país el periodo de retorno comúnmente manejado para drenajes urbanos o pluviales va de 2 a 10 años.

Para este periodo de retorno y de acuerdo con las Isoyetas de intensidad de lluvia de la SCT tenemos una intensidad de lluvia de 40 mm/hr.

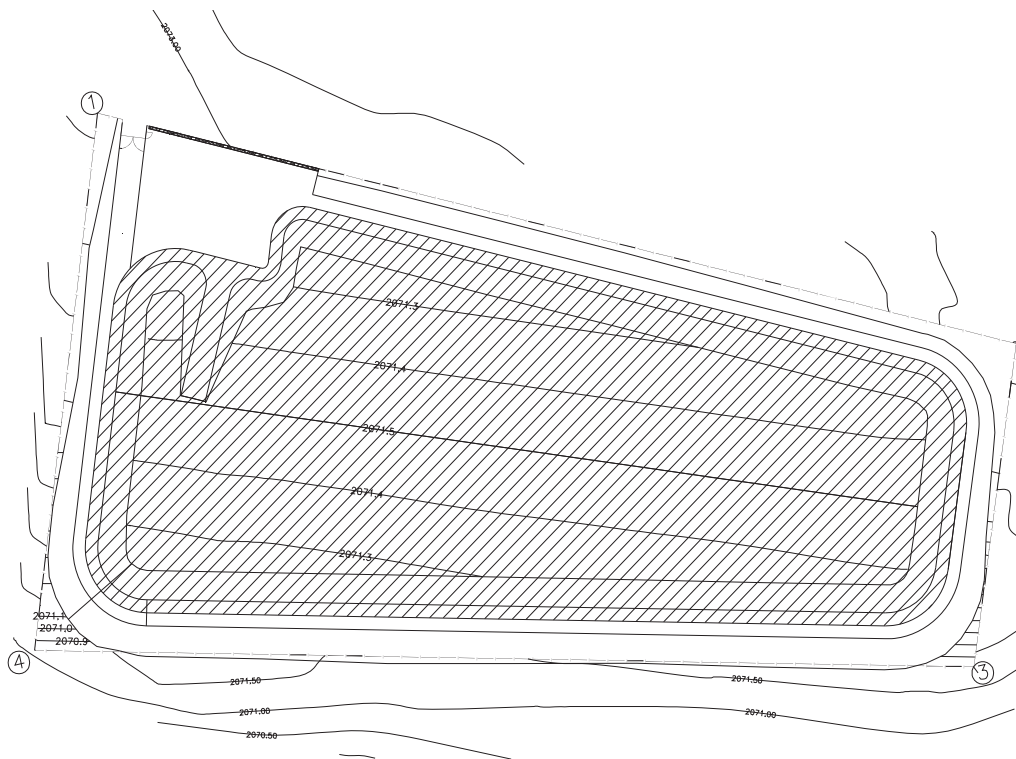


IMAGEN. Superficie de captación pluvial.

La superficie de captación pluvial es de 7,136.62 m²

Para este drenaje se planteo solo la necesidad permitir salir el agua del interior del monorrelleno de lodos y permitirle continuar con su escurrimiento natural, y así simplemente evitar el encharcamiento de la zona de celdas y evitar problemas de manejo de los lodos por presencia de agua.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Dando lo anterior se localizaron en el sitio los puntos por escurrimiento en el interior del relleno que podrían causar problemas por acumulamientos de agua y encharcamiento.

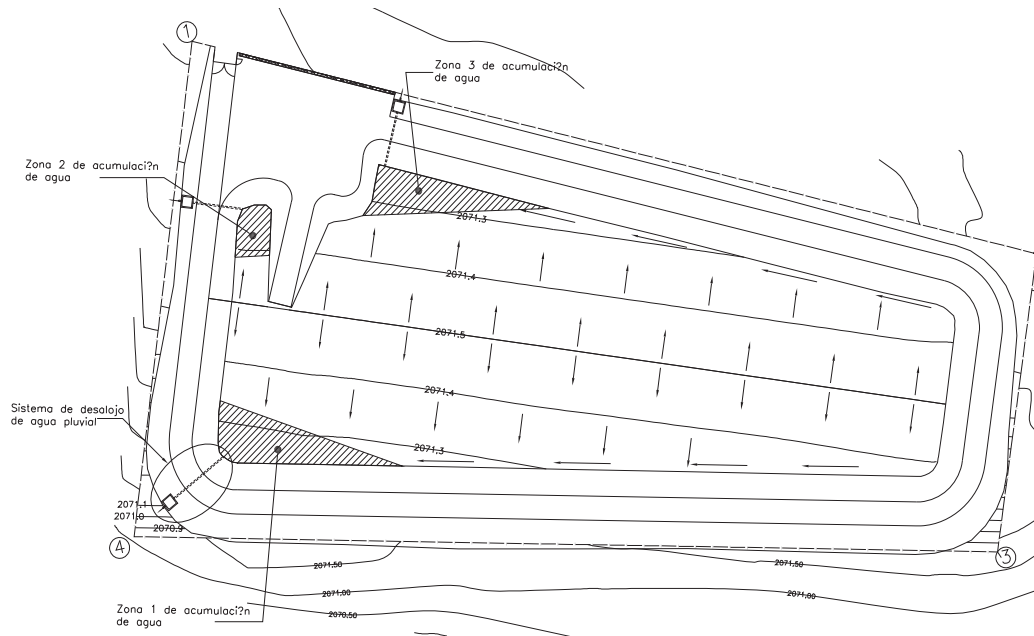


IMAGEN. Zonas de acumulación de agua.

Para el problema en las zonas de acumulación de agua se planteo un sistema para el desalojo del agua para simplemente verterla al exterior del monorrelleno y permitirle seguir con su trayectoria natural que de acuerdo a lo observado en la carta topográfica de INEGI F14C35 escurriría por la loma hacia el sur hasta descender al nivel 1990 msnm aproximadamente e incorporarse al Río Los Puertos que aguas abajo de la Presa Paso de Vaqueros se incorpora al Río Manzanares.

El sistema de desalojo de agua consiste en tuberías de 8" de diámetro que van desde un extremo de los bordos del monorrelleno hasta el otro, llegando a una caja desarenadora y permitiendo por medio de esta salir el agua al terreno natural y continuar con escurrimiento natural.

Para este drenaje habiendo contemplado una duración de tormenta de 60 minutos y una intensidad de lluvia de 40 mm/hr, dato tomado de las isoyetas de la SCT para la tormenta anteriormente seleccionada y considerando un periodo de retorno de 10 años para lo cual se realizo un transito de avenidas contemplando la zona de acumulación de agua más desfavorable.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA

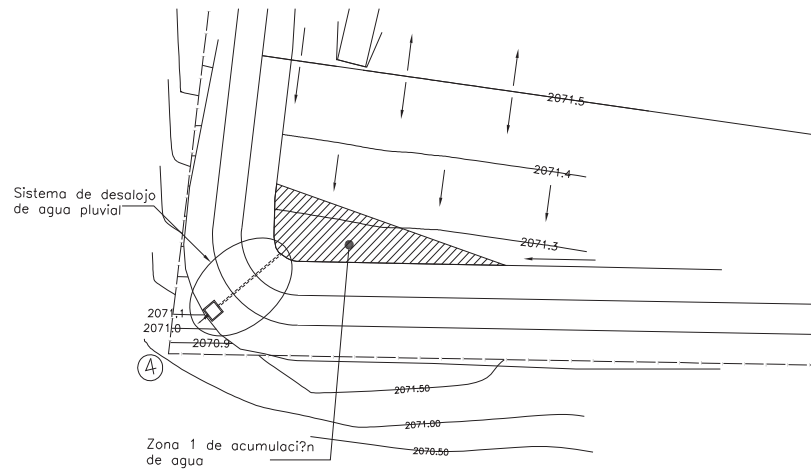


IMAGEN Zona 1. Zona más desfavorable.

Se tomo como consideración que la zona de acumulación de agua es de forma triangular con un ángulo de 84.062° y debido a que la pendiente no es la misma en ambos lados de la zona considerada triangular tenemos entonces un triangulo escaleno.

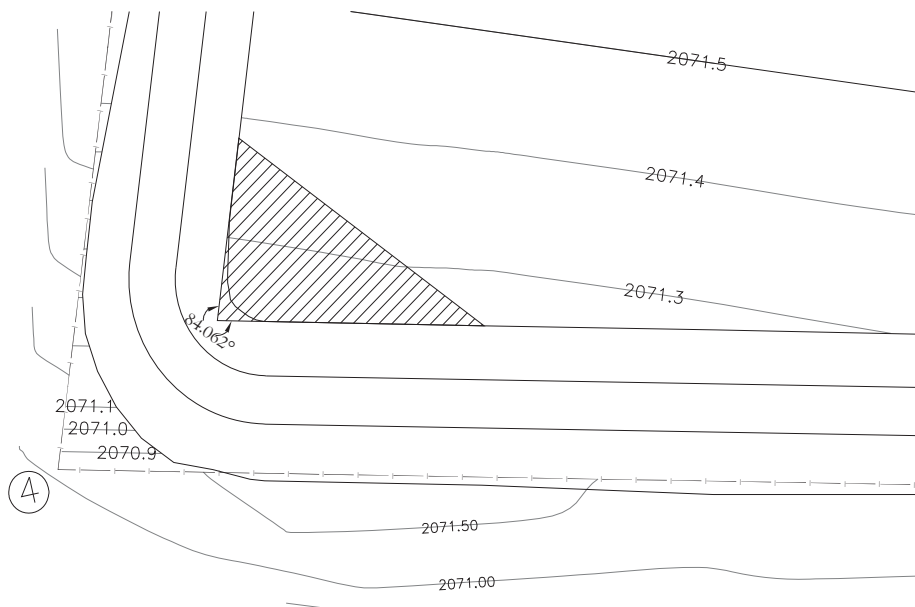


IMAGEN. Zona de acumulación de agua. Triangulo Escaleno.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



En el sentido Noreste llamaremos al lado del triángulo L1 y en el sentido Sureste L2, para esto la pendiente en L1 es de 0.01 y para el lado L2 es de 0.0012.

De acuerdo a la fórmula $Q = CiA$

Coefficiente de escurrimiento: $C = 0.7$

Intensidad de lluvia: $i = 40 \text{ mm/hr.}$

Área: $A = 7136.62 \text{ m}^2$

Caudal: $Q = 0.0555 \text{ m}^3/\text{s}$

El gasto para la tormenta seleccionada es de: $Q = 0.0555 \text{ m}^3/\text{seg.}$ Este gasto es considerando la situación más desfavorable, lo que sería que el sistema de desalojo de agua pluvial de la zona 1 tuviera que desalojar todo el volumen de agua acumulado en el monorrelleno.

Tomando que el gasto también se puede definir como $Q = V/60D$

$V = \text{Volumen}$

$D = \text{Duración en minutos}$

$60 = \text{Valor para conversión a segundos.}$

Y de aquí podemos obtener que el volumen de agua para la tormenta seleccionada es de:

$V = 60QD.$

$V = 199.8254 \text{ m}^3$

Retomando la consideración de que la acumulación de agua se desarrolla sobre una superficie triangular de tipo escaleno tenemos que:

1. La tubería de desagüe para el desalojo del agua pluvial se encuentra a 6 cm por encima del nivel de fondo por lo que de esta manera tenemos un volumen muerto de agua que no podrá ser desalojado y que se considera que este simplemente tendrá evaporación natural.



Consideración del triángulo escaleno:

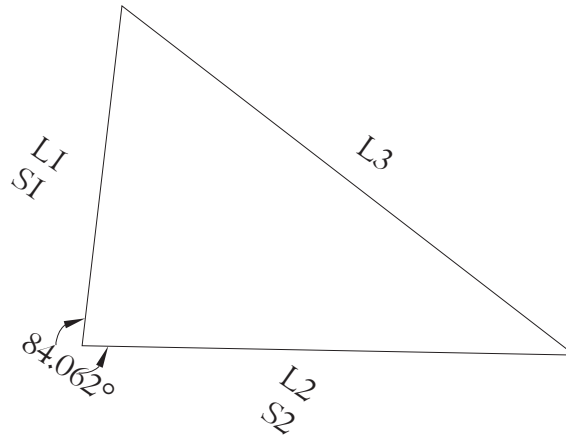


IMAGEN. Triángulo escaleno

Sabemos que el área de un triángulo es: $bh/2$

Si en lugar de utilizar la denominación base y altura tenemos las denominaciones L1 y L2 el área del triángulo será:

$$\frac{1}{2} \times (L1 \times L2 \text{ seno } (84.062^\circ)).$$

Y es de aquí que podemos deducir que las longitudes L1 y L2 que son dependientes de la pendiente de cada uno de ellos respectivamente pueden ser determinadas como:

$$L1 = h/0.01$$

Y

$$L2 = h/0.0012$$

Entonces para la altura que puede alcanzar el agua antes de comenzar a ser desalojada tenemos el valor inicial de $h = 0.06$ m. que es la altura a la que se encuentra la tubería de desagüe con respecto al nivel de fondo tenemos.

$$L1 = 6 \text{ metros.}$$

$$L2 = 50 \text{ metros.}$$



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Por lo que el volumen de agua muerto es considerando el volumen de una pirámide que se calcula como $V = 1/3 \times A_b \times H$

A_b = Área de la Base.

H = altura.

Con lo ya Visto el área es de:

$$\text{Área} = 149.17 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen muerto} = 2.98 \text{ m}^3$$

Al realizar el cálculo se considero que la zona 1 desaloje el agua total de captación pluvial dentro del monorrelleno, lo cual en la realidad no será de esta manera, pero de esta forma se puso al sistema de desalojo de agua pluvial en un caso extremo y en la condición más desfavorable, aun así el diámetro de tubería es suficiente y permite desalojar el agua bastante bien y a un muy buen ritmo pues la tubería nunca llega a trabajar de forma ahogada como se puede ver en la tabla de cálculo, por lo que se considera suficiente para el drenaje pluvial del monorrelleno, haciendo también la consideración de que el volumen muerto se evaporara de forma natural.

Datos de tormenta							
Duración	Unidad	Intensidad de lluvia	Unidad	Intensidad de lluvia	Unidades	A (Area de captación pluvial)	C (Coeficiente de escurrimiento)
5	minutos	160	mm/hr	4.44444E-05	m/s	7136.62	0.7
10	minutos	110	mm/hr	3.05556E-05	m/s		
20	minutos	77	mm/hr	2.13889E-05	m/s		
30	minutos	65	mm/hr	1.80556E-05	m/s		
60	minutos	40	mm/hr	1.11111E-05	m/s		



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



Datos de tormenta

Gastos		Unidad	Volumenes		Unidad	Volumenes	Cantidad	Unidad
Q(5 min)	0.22202818	m ³ /s	V(5 min)	66.60845333	m3	V(5 min)	66.60845	m3
Q(10 min)	0.15264437	m ³ /s	V(10 min)	91.58662333	m3	V(10-5 min)	24.97817	m3
Q(20 min)	0.10685106	m ³ /s	V(20 min)	128.2212727	m3	V(20-10 min)	36.63465	m3
Q(30 min)	0.09019895	m ³ /s	V(30 min)	162.358105	m3	V(30-20 min)	34.13683	m3
Q(60 min)	0.05550704	m ³ /s	V(60 min)	199.82536	m3	V(60-30 min)	37.46726	m3
Total:							199.82536	m3

Datos de tormenta

L1 =	6	m
L2 =	50	m
S1 =	0.01	
S2 =	0.0012	
h inicial =	0.06	m
A inicial =	149.195164	m ²
V muerto =	2.98390327	m ³



TABLA 1. Drenaje pluvial.

TABLA 1. DRENAJE PLUVIAL								
Tiempo en minutos		Q esc	Vesc	Vacumulado	hi+1	d	Pendiente	Diámetro
Inicial	Final	m ³ /s	m ³	m ³	m	m		m
0.00	1.00	0.02081514	1.2489085	1.2489085	0.044881416			
1.00	2.00	0.02081514	1.2489085	2.497817	0.056547041			
2.00	3.00	0.02081514	1.2489085	3.7467255	0.064730203	0.0047302	0.03	0.2032
3.00	4.00	0.02081514	1.2489085	4.995634	0.071244807	0.01124481	0.03	0.2032
4.00	5.00	0.02081514	1.2489085	6.2445425	0.076746142	0.01674614	0.03	0.2032
5.00	6.00	0.02081514	1.2489085	7.493451	0.081554945	0.02155495	0.03	0.2032
6.00	7.00	0.02081514	1.2489085	8.7423595	0.085855506	0.02585506	0.03	0.2032
7.00	8.00	0.02081514	1.2489085	9.991268	0.089762832	0.02976283	0.03	0.2032
8.00	9.00	0.02081514	1.2489085	11.2401765	0.093357107	0.03335711	0.03	0.2032
9.00	10.00	0.02081514	1.2489085	12.489085	0.09669408	0.03669408	0.03	0.2032
10.00	11.00	0.02081514	1.2489085	13.7379935	0.099815376	0.03981538	0.03	0.2032
11.00	12.00	0.02081514	1.2489085	14.986902	0.102752792	0.04275279	0.03	0.2032
12.00	13.00	0.02081514	1.2489085	16.2358105	0.10553123	0.04553123	0.03	0.2032
13.00	14.00	0.02081514	1.2489085	17.484719	0.108170598	0.0481706	0.03	0.2032
14.00	15.00	0.02081514	1.2489085	18.7336275	0.11068709	0.05068709	0.03	0.2032
15.00	16.00	0.05689472	3.41368323	22.1473107	0.11703884	0.05703884	0.03	0.2032
16.00	17.00	0.05689472	3.41368323	25.560994	0.122767173	0.06276717	0.03	0.2032
17.00	18.00	0.05689472	3.41368323	28.9746772	0.128005671	0.06800567	0.03	0.2032
18.00	19.00	0.05689472	3.41368323	32.3883604	0.132847279	0.07284728	0.03	0.2032
19.00	20.00	0.05689472	3.41368323	35.8020437	0.137359578	0.07735958	0.03	0.2032
20.00	21.00	0.06105775	3.66346493	39.4655086	0.141893416	0.08189342	0.03	0.2032
21.00	22.00	0.06105775	3.66346493	43.1289735	0.146154677	0.08615468	0.03	0.2032



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUIS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



22.00	23.00	0.06105775	3.66346493	46.7924385	0.150180969	0.09018097	0.03	0.2032
23.00	24.00	0.06105775	3.66346493	50.4559034	0.154002229	0.09400223	0.03	0.2032
24.00	25.00	0.06105775	3.66346493	54.1193683	0.157642719	0.09764272	0.03	0.2032
25.00	26.00	0.08326057	4.995634	59.1150023	0.162351229	0.10235123	0.03	0.2032
26.00	27.00	0.08326057	4.995634	64.1106363	0.166801405	0.10680141	0.03	0.2032
27.00	27.50	0.08326057	2.497817	66.6084533	0.168940118	0.10894012	0.03	0.2032
27.50	28.50	0.22202818	13.3216907	79.930144	0.179525664	0.11952566	0.03	0.2032
28.50	29.50	0.22202818	13.3216907	93.2518347	0.188991442	0.12899144	0.03	0.2032
29.50	30.50	0.22202818	13.3216907	106.573525	0.197593561	0.13759356	0.03	0.2032
30.50	31.50	0.22202818	13.3216907	119.895216	0.205505584	0.14550558	0.03	0.2032
31.50	32.50	0.22202818	13.3216907	133.216907	0.212851211	0.15285121	0.03	0.2032
32.50	33.50	0.08326057	4.995634	138.212541	0.215479269	0.15547927	0.03	0.2032
33.50	34.50	0.08326057	4.995634	143.208175	0.218044739	0.15804474	0.03	0.2032
34.50	35.00	0.08326057	2.497817	145.705992	0.219305141	0.15930514	0.03	0.2032
35.00	36.00	0.06105775	3.66346493	149.369457	0.221127935	0.16112793	0.03	0.2032
36.00	37.00	0.06105775	3.66346493	153.032922	0.222921163	0.16292116	0.03	0.2032
37.00	38.00	0.06105775	3.66346493	156.696386	0.224685995	0.164686	0.03	0.2032
38.00	39.00	0.06105775	3.66346493	160.359851	0.226423531	0.16642353	0.03	0.2032
39.00	40.00	0.06105775	3.66346493	164.023316	0.228134801	0.1681348	0.03	0.2032
40.00	41.00	0.05689472	3.41368323	167.437	0.229706607	0.16970661	0.03	0.2032
41.00	42.00	0.05689472	3.41368323	170.850683	0.231257193	0.17125719	0.03	0.2032
42.00	43.00	0.05689472	3.41368323	174.264366	0.232787259	0.17278726	0.03	0.2032
43.00	44.00	0.05689472	3.41368323	177.678049	0.234297472	0.17429747	0.03	0.2032
44.00	45.00	0.05689472	3.41368323	181.091733	0.235788463	0.17578846	0.03	0.2032
45.00	46.00	0.02081514	1.2489085	182.340641	0.236329264	0.17632926	0.03	0.2032
46.00	47.00	0.02081514	1.2489085	183.58955	0.236867601	0.1768676	0.03	0.2032
47.00	48.00	0.02081514	1.2489085	184.838458	0.237403503	0.1774035	0.03	0.2032
48.00	49.00	0.02081514	1.2489085	186.087367	0.237936995	0.177937	0.03	0.2032

[XIII]



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUIS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



49.00	50.00	0.02081514	1.2489085	187.336275	0.238468107	0.17846811	0.03	0.2032
50.00	51.00	0.02081514	1.2489085	188.585184	0.238996862	0.17899686	0.03	0.2032
51.00	52.00	0.02081514	1.2489085	189.834092	0.239523289	0.17952329	0.03	0.2032
52.00	53.00	0.02081514	1.2489085	191.083001	0.240047412	0.18004741	0.03	0.2032
53.00	54.00	0.02081514	1.2489085	192.331909	0.240569255	0.18056926	0.03	0.2032
54.00	55.00	0.02081514	1.2489085	193.580818	0.241088845	0.18108885	0.03	0.2032
55.00	56.00	0.02081514	1.2489085	194.829726	0.241606205	0.1816062	0.03	0.2032
56.00	57.00	0.02081514	1.2489085	196.078635	0.242121358	0.18212136	0.03	0.2032
57.00	58.00	0.02081514	1.2489085	197.327543	0.242634329	0.18263433	0.03	0.2032
58.00	59.00	0.02081514	1.2489085	198.576452	0.243145139	0.18314514	0.03	0.2032
59.00	60.00	0.02081514	1.2489085	199.82536	0.243653812	0.18365381	0.03	0.2032



Tabla 2. Drenaje pluvial

TABLA 2. DRENAJE PLUVIAL													
Pendiente:				PVC n =									
Diámetro				0.03									
Radio				0.2032				m					
				0.1016				m					
Tiempo		Vacumulado		hi+1	d	Alfa	Area	Pm	Rh	Qs	Qs	Qs	Vsalida
inicial	final					Grados	m ²	m	m	m ³ /s	l/s	m ³	
0.0	1.0	1.2489		0.0449									
1.0	2.0	2.4978		0.0565									
2.0	3.0	3.7467		0.0647	0.0047	17.5521	0.0002	0.0622	0.0031	0.0001	0.0798	0.0015	
3.0	4.0	4.9942		0.0712	0.0112	27.2032	0.0007	0.0965	0.0073	0.0005	0.5097	0.0196	
4.0	5.0	6.2249		0.0767	0.0167	33.2833	0.0013	0.1180	0.0107	0.0012	1.1768	0.0639	
5.0	6.0	7.4295		0.0813	0.0213	37.8019	0.0018	0.1341	0.0135	0.0020	1.9773	0.1339	
6.0	7.0	8.6084		0.0854	0.0254	41.4219	0.0023	0.1469	0.0159	0.0029	2.8542	0.2268	
7.0	8.0	9.7645		0.0891	0.0291	44.4556	0.0028	0.1577	0.0181	0.0038	3.7754	0.3397	
8.0	9.0	10.9005		0.0924	0.0324	47.0756	0.0033	0.1670	0.0200	0.0047	4.7217	0.4702	
9.0	10.0	12.0189		0.0955	0.0355	49.3880	0.0038	0.1752	0.0217	0.0057	5.6812	0.6162	
10.0	11.0	13.1218		0.0983	0.0383	51.4622	0.0042	0.1825	0.0232	0.0066	6.6463	0.7761	
11.0	12.0	14.2108		0.1009	0.0409	53.3466	0.0047	0.1892	0.0247	0.0076	7.6118	0.9484	
12.0	13.0	15.2874		0.1034	0.0434	55.0759	0.0051	0.1953	0.0260	0.0086	8.5743	1.1320	
13.0	14.0	16.3527		0.1058	0.0458	56.6761	0.0055	0.2010	0.0272	0.0095	9.5313	1.3258	
14.0	15.0	17.4079		0.1080	0.0480	58.1672	0.0059	0.2063	0.0284	0.0105	10.4811	1.5289	
15.0	16.0	20.6184		0.1143	0.0543	62.2421	0.0070	0.2207	0.0315	0.0134	13.3663	2.2094	
16.0	17.0	23.3516		0.1191	0.0591	65.2864	0.0078	0.2315	0.0339	0.0158	15.7977	2.8549	



DISEÑO DEL MONORRELENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



17.0	18.0	26.1197	0.1237	0.0637	68.0701	0.0087	0.2414	0.0360	0.0182	18.2236	3.5631
18.0	19.0	28.8252	0.1278	0.0678	70.5598	0.0095	0.2502	0.0379	0.0206	20.5520	4.3026
19.0	20.0	31.4994	0.1316	0.0716	72.8381	0.0102	0.2583	0.0395	0.0228	22.8083	5.0751
20.0	21.0	34.3904	0.1355	0.0755	75.1319	0.0110	0.2665	0.0412	0.0252	25.1944	5.9524
21.0	22.0	37.1766	0.1391	0.0791	77.2028	0.0117	0.2738	0.0427	0.0274	27.4407	6.8357
22.0	23.0	39.9567	0.1425	0.0825	79.1527	0.0124	0.2807	0.0440	0.0296	29.6298	7.7512
23.0	24.0	42.7047	0.1457	0.0857	80.9815	0.0130	0.2872	0.0452	0.0317	31.7423	8.6871
24.0	25.0	45.4323	0.1487	0.0887	82.7121	0.0136	0.2933	0.0464	0.0338	33.7895	9.6443
25.0	26.0	49.4707	0.1530	0.0930	85.1406	0.0145	0.3020	0.0479	0.0367	36.7310	11.1093
26.0	27.0	53.0014	0.1565	0.0965	87.1507	0.0152	0.3091	0.0491	0.0392	39.2172	12.4332
27.0	27.5	54.1753	0.1577	0.0977	87.7984	0.0154	0.3114	0.0495	0.0400	40.0266	12.8817
27.5	28.5	67.0484	0.1693	0.1093	94.3528	0.0178	0.3346	0.0531	0.0484	48.3618	18.0437
28.5	29.5	75.2081	0.1759	0.1159	98.1016	0.0191	0.3479	0.0549	0.0532	53.1623	21.5173
29.5	30.5	85.0562	0.1833	0.1233	102.3233	0.0206	0.3629	0.0567	0.0585	58.4964	25.8853
30.5	31.5	94.0099	0.1895	0.1295	105.9398	0.0218	0.3757	0.0581	0.0629	62.9379	30.0028
31.5	32.5	103.2141	0.1955	0.1355	109.4883	0.0230	0.3883	0.0592	0.0671	67.1236	34.3639
32.5	33.5	103.8487	0.1959	0.1359	109.7276	0.0230	0.3891	0.0592	0.0674	67.3985	34.6690
33.5	34.5	108.5392	0.1988	0.1388	111.4785	0.0236	0.3954	0.0597	0.0694	69.3777	36.9410
34.5	35.0	108.7650	0.1989	0.1389	111.5620	0.0236	0.3957	0.0597	0.0695	69.4706	37.0511
35.0	36.0	112.3184	0.2011	0.1411	112.8676	0.0240	0.4003	0.0600	0.0709	70.9055	38.7923
36.0	37.0	114.2406	0.2022	0.1422	113.5675	0.0242	0.4028	0.0602	0.0717	71.6601	39.7409
37.0	38.0	116.9555	0.2038	0.1438	114.5491	0.0245	0.4062	0.0604	0.0727	72.7005	41.0882
38.0	39.0	119.2717	0.2051	0.1451	115.3806	0.0248	0.4092	0.0606	0.0736	73.5648	42.2445
39.0	40.0	121.7788	0.2066	0.1466	116.2749	0.0250	0.4124	0.0607	0.0745	74.4766	43.5032
40.0	41.0	123.9338	0.2078	0.1478	117.0393	0.0253	0.4151	0.0609	0.0752	75.2407	44.5908
41.0	42.0	126.2599	0.2091	0.1491	117.8604	0.0255	0.4180	0.0610	0.0760	76.0453	45.7704
42.0	43.0	128.4939	0.2103	0.1503	118.6452	0.0257	0.4208	0.0611	0.0768	76.7985	46.9089
43.0	44.0	130.7691	0.2115	0.1515	119.4412	0.0259	0.4236	0.0612	0.0775	77.5462	48.0738

[XVI]



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



44.0	45.0	133.0179	0.2127	0.1527	120.2250	0.0261	0.4264	0.0613	0.0783	78.2661	49.2304
45.0	46.0	133.1102	0.2128	0.1528	120.2571	0.0262	0.4265	0.0613	0.0783	78.2952	49.2780
46.0	47.0	134.3116	0.2134	0.1534	120.6747	0.0263	0.4280	0.0614	0.0787	78.6716	49.8981
47.0	48.0	134.9403	0.2138	0.1538	120.8930	0.0263	0.4287	0.0614	0.0789	78.8665	50.2233
48.0	49.0	135.8641	0.2143	0.1543	121.2134	0.0264	0.4299	0.0614	0.0792	79.1501	50.7017
49.0	50.0	136.6346	0.2147	0.1547	121.4803	0.0265	0.4308	0.0615	0.0794	79.3843	51.1013
50.0	51.0	137.4838	0.2151	0.1551	121.7743	0.0266	0.4319	0.0615	0.0796	79.6399	51.5425
51.0	52.0	138.2916	0.2155	0.1555	122.0536	0.0266	0.4329	0.0615	0.0799	79.8805	51.9628
52.0	53.0	139.1202	0.2159	0.1559	122.3399	0.0267	0.4339	0.0616	0.0801	80.1249	52.3946
53.0	54.0	139.9373	0.2164	0.1564	122.6219	0.0268	0.4349	0.0616	0.0804	80.3634	52.8211
54.0	55.0	140.7598	0.2168	0.1568	122.9057	0.0269	0.4359	0.0616	0.0806	80.6010	53.2509
55.0	56.0	141.5788	0.2172	0.1572	123.1880	0.0269	0.4369	0.0616	0.0808	80.8352	53.6797
56.0	57.0	142.3990	0.2176	0.1576	123.4706	0.0270	0.4379	0.0616	0.0811	81.0673	54.1096
57.0	58.0	143.2179	0.2180	0.1580	123.7525	0.0271	0.4389	0.0617	0.0813	81.2966	54.5396
58.0	59.0	144.0369	0.2185	0.1585	124.0344	0.0271	0.4399	0.0617	0.0815	81.5235	54.9702
59.0	60.0	144.8552	0.2189	0.1589	124.3158	0.0272	0.4409	0.0617	0.0817	81.7478	55.4010
60.0	61.0	89.4542	0.1864	0.1264	104.1227	0.0212	0.3693	0.0574	0.0607	60.7250	27.8915
61.0	62.0	61.5627	0.1646	0.1046	91.6705	0.0168	0.3251	0.0517	0.0449	44.9282	15.7924
62.0	63.0	45.7702	0.1491	0.0891	82.9212	0.0137	0.2941	0.0465	0.0340	34.0397	9.7648
63.0	64.0	36.0055	0.1376	0.0776	76.3476	0.0114	0.2708	0.0421	0.0265	26.5029	6.4601
64.0	65.0	29.5454	0.1288	0.0688	71.1898	0.0097	0.2525	0.0383	0.0212	21.1642	4.5068
65.0	66.0	25.0386	0.1219	0.0619	67.0143	0.0084	0.2377	0.0352	0.0173	17.2811	3.2804
66.0	67.0	21.7582	0.1163	0.0563	63.5523	0.0073	0.2254	0.0325	0.0144	14.3839	2.4717
67.0	68.0	19.2865	0.1118	0.0518	60.6267	0.0065	0.2150	0.0303	0.0122	12.1717	1.9162
68.0	69.0	17.3702	0.1079	0.0479	58.1155	0.0058	0.2061	0.0283	0.0104	10.4473	1.5215
69.0	70.0	15.8488	0.1047	0.0447	55.9319	0.0053	0.1984	0.0267	0.0091	9.0782	1.2327
70.0	71.0	14.6161	0.1019	0.0419	54.0120	0.0048	0.1916	0.0252	0.0080	7.9734	1.0161
71.0	72.0	13.6000	0.0995	0.0395	52.3081	0.0044	0.1855	0.0239	0.0071	7.0691	0.8501

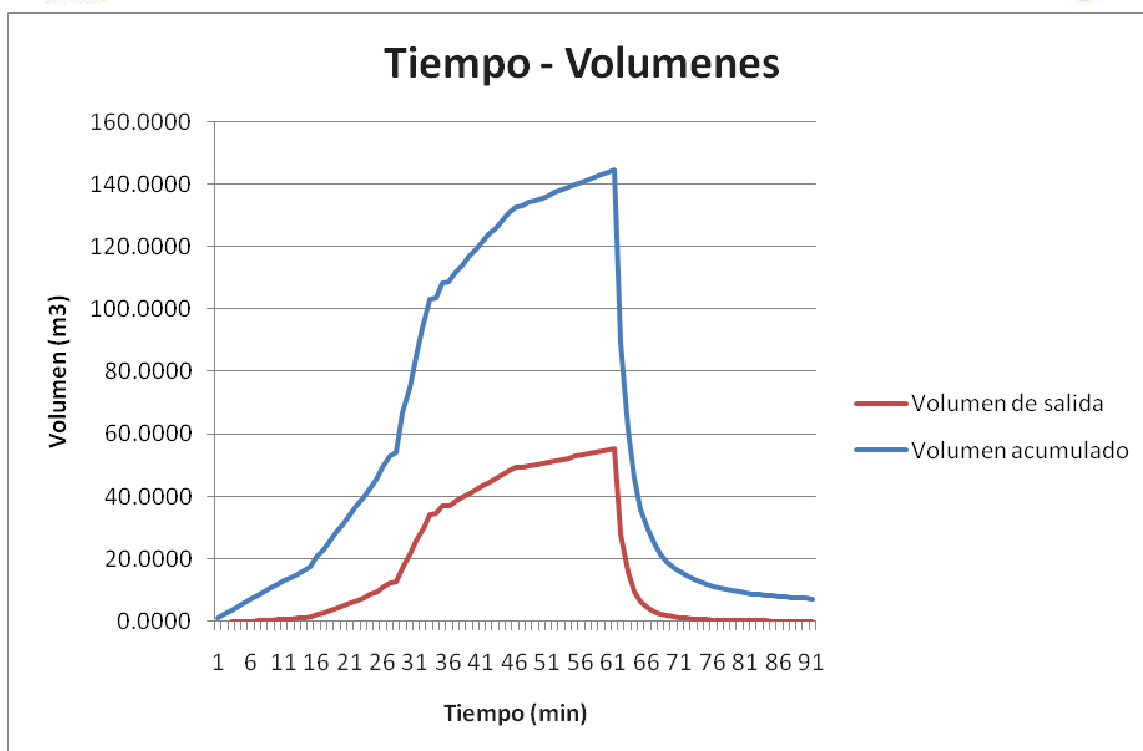
[XVII]



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



72.0	73.0	12.7500	0.0974	0.0374	50.7832	0.0041	0.1801	0.0227	0.0063	6.3192	0.7205
73.0	74.0	12.0294	0.0955	0.0355	49.4086	0.0038	0.1752	0.0217	0.0057	5.6903	0.6177
74.0	75.0	11.4118	0.0938	0.0338	48.1618	0.0035	0.1708	0.0208	0.0052	5.1574	0.5348
75.0	76.0	10.8769	0.0923	0.0323	47.0242	0.0033	0.1668	0.0199	0.0047	4.7017	0.4673
76.0	77.0	10.4096	0.0910	0.0310	45.9812	0.0031	0.1631	0.0192	0.0043	4.3086	0.4115
77.0	78.0	9.9982	0.0898	0.0298	45.0203	0.0029	0.1597	0.0185	0.0040	3.9671	0.3650
78.0	79.0	9.6332	0.0887	0.0287	44.1316	0.0028	0.1565	0.0178	0.0037	3.6683	0.3258
79.0	80.0	9.3074	0.0877	0.0277	43.3065	0.0026	0.1536	0.0173	0.0034	3.4052	0.2925
80.0	81.0	9.0149	0.0867	0.0267	42.5378	0.0025	0.1509	0.0167	0.0032	3.1722	0.2641
81.0	82.0	8.7508	0.0859	0.0259	41.8194	0.0024	0.1483	0.0162	0.0030	2.9648	0.2395
82.0	83.0	8.5113	0.0851	0.0251	41.1461	0.0023	0.1459	0.0158	0.0028	2.7792	0.2182
83.0	84.0	8.2930	0.0844	0.0244	40.5134	0.0022	0.1437	0.0153	0.0026	2.6125	0.1996
84.0	85.0	8.0934	0.0837	0.0237	39.9173	0.0021	0.1416	0.0149	0.0025	2.4619	0.1833
85.0	86.0	7.9100	0.0830	0.0230	39.3545	0.0020	0.1396	0.0145	0.0023	2.3256	0.1689
86.0	87.0	7.7411	0.0824	0.0224	38.8220	0.0020	0.1377	0.0142	0.0022	2.2016	0.1562
87.0	88.0	7.5849	0.0819	0.0219	38.3170	0.0019	0.1359	0.0138	0.0021	2.0884	0.1448
88.0	89.0	7.4401	0.0814	0.0214	37.8375	0.0018	0.1342	0.0135	0.0020	1.9849	0.1346
89.0	90.0	7.3055	0.0809	0.0209	37.3812	0.0018	0.1326	0.0132	0.0019	1.8898	0.1255



Para un mayor detalle consultar el disco anexo a la tesis.



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



ANEXO B

PLANOS



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



LISTA DE PLANOS

No	Tipo	Clasificación	Plano	No de plano	Plano 1/de...
1	Topográfico	MRL-TOP-TSI-01	TOPOGRAFÍA DEL SITIO (IMPRESO)	1	1/1
2	Terracerías primera etapa	MRL-PET-TNT-01	TRAZO Y NIVELACIÓN DEL TERRENO (IMPRESO)	1	1/9
3	Terracerías primera etapa	MRL-PET-TNT-02	TRAZO Y FORMACIÓN DE BORDOS (IMPRESO)	2	2/9
4	Terracerías primera etapa	MRL-PET-TNT-03	TRAZO Y FORMACIÓN DE BORDOS (IMPRESO)	3	3/9
5	Terracerías primera etapa	MRL-PET-TNT-04	TRAZO Y FORMACIÓN DE BORDOS (IMPRESO)	4	4/9
6	Terracerías primera etapa	MRL-PET-TNT-05	TRAZO Y NIVELACIÓ DE FONDO (IMPRESO)	5	5/9
7	Terracerías primera etapa	MRL-PET-TNT-06	TRAZO Y FORMACIÓN DE PLATAFORMA (IMPRESO)	6	6/9
8	Terracerías primera etapa	MRL-PET-TNT-07	TRAZO Y FORMACIÓN DE PLATAFORMA (IMPRESO)	7	7/9
9	Terracerías primera etapa	MRL-PET-TNT-08	TRAZO Y FORMACIÓN DE RAMPA (IMPRESO)	8	8/9
10	Terracerías primera etapa	MRL-PET-TNT-09	ARREGLO GENERAL (IMPRESO)	9	9/9
11	Drenaje pluvial	MRL-SDP-DRP-01	DRENAJE PLUVIAL (IMPRESO)	1	1/2
12	Drenaje pluvial	MRL-SDP-DRP-02	DRENAJE PLUVIAL (IMPRESO)	2	2/2
13	Geomembrana	MRL-GEO-ARG-01	ARREGLO GENERAL, INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA (IMPRESO)	1	1/3
14	Geomembrana	MRL-GEO-ARG-02	DETALLES DE COLOCACIÓN DE LA GEOMEMBRANA (IMPRESO)	2	2/3
15	Geomembrana	MRL-GEO-ARG-03	PLANTA GENERAL, GEOMEMBRANA (IMPRESO)	3	3/3
16	Arquitectónico	MRL-ARQ-ARG-01	ARREGLO GENERAL	1	1/1
17	Arquitectónico	MRL-ARQ-CSV-02	CASETA DE VIGILANCIA	2	1/4
18	Arquitectónico	MRL-ARQ-CSV-03	CASETA DE VIGILANCIA, ACABADOS	3	2/4
19	Arquitectónico	MRL-ARQ-CSV-04	CASETA DE VIGILANCIA, INSTALACIÓN HIDRÁULCIA	4	3/4
20	Arquitectónico	MRL-ARQ-CSV-05	CASETA DE VIGILANCIA, INSTALACIÓN SANITARIA	5	4/4

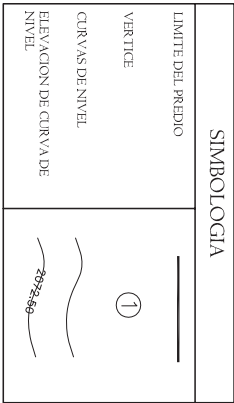


DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



21	Arquitectónico	MRL-ARQ-BOD-06	BODEGA, ARQUITECTÓNICO Y ACABADOS	6	1/1
22	Estructural	MRL-EST-CSV-01	CASETA DE VIGILANCIA	1	1/1
23	Estructural	MRL-EST-BOD-02	BODEGA	2	1/1
24	Terracerías segunda etapa	MRL-SET-SEB-01	SOBRE ELEVACIÓND E BORDOS	1	1/3
25	Terracerías segunda etapa	MRL-SET-SEB-02	SOBRE ELEVACIÓND E BORDOS	2	2/3
26	Terracerías segunda etapa	MRL-SET-SEB-03	SOBRE ELEVACIÓND E BORDOS	3	3/3
27	Operación	MRL-PET-OPE-01	ARREGLO GENERAL, OPERACIÓN (IMPRESO)	1	1/2
28	Operación	MRL-PET-OPE-02	CELDA DIARIA, OPERACIÓN (IMPRESO)	2	2/2

NOTA: Los planos señalados como (IMPRESO) en el nombre del plano son los que se consideraron para la impresión de esta Tesis, los otros planos se consideraron fuera del alcance del tema a desarrollar, sin embargo estos pueden ser consultados en el disco anexo a la Tesis en la carpeta Planos, donde se encuentran todos los planos del proyecto aquí enlistados.

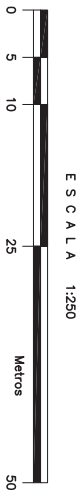


COORDENADAS					
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	X
EST	PV			Y	
1	2	S 76°29'00"E	151,475	1	440,6164
2	3	S 76°29'00"E	91,000	3	666,7153
3	4	S 89°09'56"E	150,000	4	639,8037
4	1	N 0°09'56"E	83,000	1	77,0065

SUPERFICIE = 0,999,059 m²



PLANTA TOPOGRAFICA
ACOTACION: METROS.
ESCALA: 1:250



El Sitio se ubica aproximadamente a 2,67 Km. de la comunidad de Puerto Rendizado y a 1,10 Km. de la Planta Potabilizadora localizada en el Cerro del Bufo del municipio de San Luis de la Paz Co.

La ciudad de San Luis de la Paz se ubica a 8 km de la carretera federal No. 57 de México-Pedernales Negros. Sus principales vías de acceso son la carretera 57 que lo comunica con los municipios de San Diego de la Ciénega y San José Iturbide. La carretera 110 que lo comunica con los municipios de San Diego de la Ciénega y San José Iturbide, además, cubren caminos hacia los municipios de Santa Catarina y Xichil en el estado de Guanajuato. Mineral el Realto y Río Verde, San Luis Potosí.

promedio anual es de 387.5 milímetros.

La lista está integrada por bloques de resino, pino y de nodulizar, existen especies *Acrocyas* como *Acrocyas rigulata*, *Acrocyas labeo*, *Acrocyas lenticillata*, *Acrocyas conspurcator*, *Acrocyas burlata*, *Acrocyas miquelini*, *Acrocyas azarcedo*, *Acrocyas fusa*, *Acrocyas flexilis*, *Acrocyas granitica*, *Acrocyas qualis*, *Acrocyas pilincola*, *Acrocyas gela* y *Acrocyas colorada*. Además se pueden encontrar en otras especies como *Acrocyas maldivorum*, *Acrocyas palma*, *Acrocyas thyma*, *Acrocyas huiztey* y *Acrocyas ginitio*.

La fama que predominia así formada por torobates, como coarbo, *habeu*, *adilla* y *rijien* aves, como *codorniz*, *halcón*, *zopilote*, *patos* y *gallin*, *berdigueros*, como el venado y el ciervo.

Debido a que la parte norte del municipio es montañosa, existen muchos arroyos que descienden por ella a Boaco, que recibe las aguas del Bapellón, es uno de los principales arroyos. Cuenta también con dos pozos, 1. Adjuntas y la Encinta. El río Manzaneros es el más notable del municipio, al norte se encuentra el río Santa

La Sierra Gorda cubre gran parte del territorio en la región. De este se encuentran la cordillera del Quirio, El Picón, Baldern, Pelón, Infernillo, Gacero, Pánuco, El Garibolero, Las Mesas, los principales cerros están El Picón, Baldern, Pelón, Infernillo, Gacero, Pánuco, El Garibolero, Las Mesas, Manquey, El Zacate, y La Esperanza, con una altura promedio de 2,300 metros sobre el

El Sino se encuentra sobre una formación geológica de edad terciario superior, identificada como poca ignea del tipo extrusiva, denominada Riolita Porfírica, su edad corresponde al terciario inferior, estimada en 50 millones de años, su color es rojo con abundantes filamentos. En el lugar se identifica cobertura por depósitos aluviales de 0.50 m de espesor promedio. (Fuente: Carta Geológica INEGI Escala 1:250,000 Guanajuato 1-47).

1000

UNIVERSIDAD
MICHOACANA DE SAN

MICHOACANA DE SAL
NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL.



TESIS
DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUIS DE LA PAZ, GTO.

Propuesta y dibujo:

Dr. Joaquín Norberto Herra Argente
Matrícula: 0106015-Q

H.C. Guillermo Benjamín Pérez

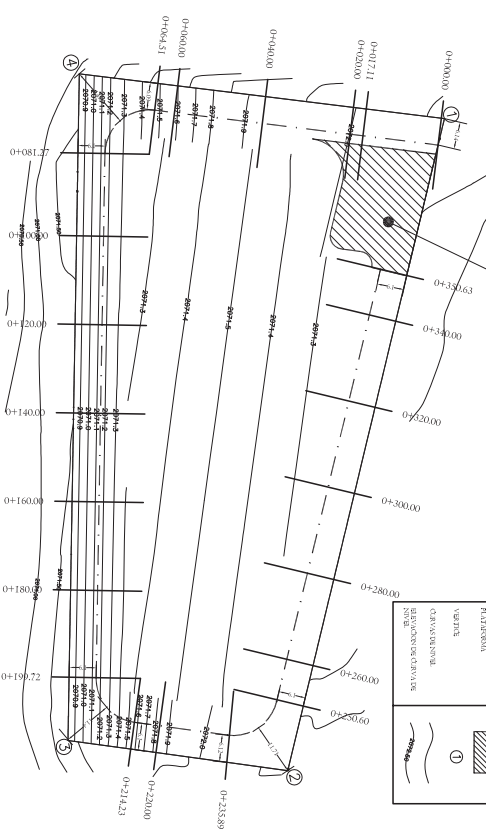
MONORRELLENO DE LODO
DE SW LUDS DE LA F&Z, GTO.
ORDEN DEL MONORRELLENO DE LODO PARA LA PLANTA POTABILIZADORA

TOPOGRAFIA DEL SITO
1/1

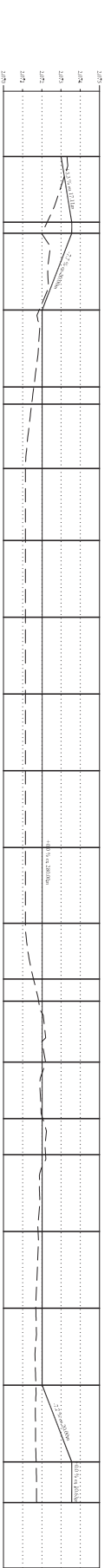
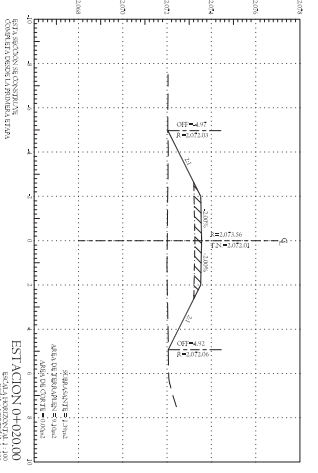
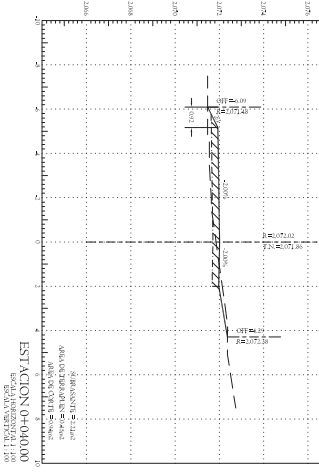
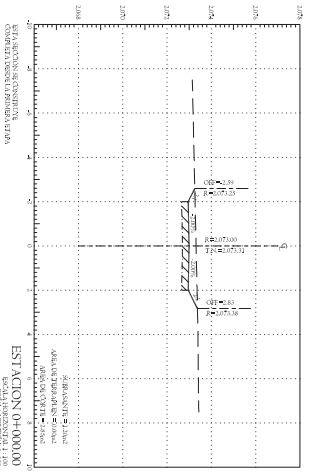
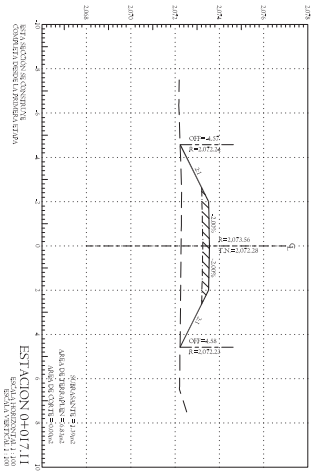
FECHA:	CLASIFICACIÓN	ADICIONALES:	ESCALA:	REVISIÓN:
JUN-2009	INT-104-TS-01	Metros	1:250	



SIMBOLOGIA	
	LINEA DEL TERRENO EXISTENTE
	LINEA DE ALINEAMIENTO PROPUESTA
	PLATAFORMA
	VEREDA
	CAJON DE DRENAJE
	CAJON DE DRENAJE EXISTENTE
	CAJON DE DRENAJE EXISTENTE

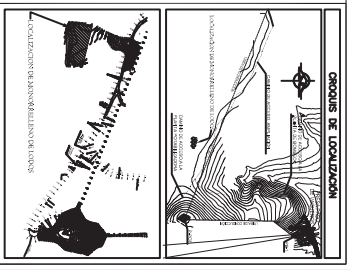


- Notas:
- El terreno se levantó por medio de un nivel de mano.
 - El grado de compensación de los niveles es de 4.90%.
 - Las secciones se tomaron en forma de mano.
 - Las secciones se tomaron en forma de mano.
 - Las secciones se tomaron en forma de mano.



ESTACION	0+000.00	0+050.00	0+100.00	0+150.00	0+200.00	0+250.00
ALINEAMIENTO	0+000.00	0+050.00	0+100.00	0+150.00	0+200.00	0+250.00
VEREDA	0+000.00	0+050.00	0+100.00	0+150.00	0+200.00	0+250.00
CAJON DE DRENAJE	0+000.00	0+050.00	0+100.00	0+150.00	0+200.00	0+250.00
CAJON DE DRENAJE EXISTENTE	0+000.00	0+050.00	0+100.00	0+150.00	0+200.00	0+250.00

PERFILES DEL TERRENO Y RASANTE DE BORDOS
ACOTACIONES: METROS
ESCALA HORIZONTAL: 1:500
ESCALA VERTICAL: 1:50



ESTACION	0+000.00	0+050.00	0+100.00	0+150.00	0+200.00	0+250.00
ALINEAMIENTO	0+000.00	0+050.00	0+100.00	0+150.00	0+200.00	0+250.00
VEREDA	0+000.00	0+050.00	0+100.00	0+150.00	0+200.00	0+250.00
CAJON DE DRENAJE	0+000.00	0+050.00	0+100.00	0+150.00	0+200.00	0+250.00
CAJON DE DRENAJE EXISTENTE	0+000.00	0+050.00	0+100.00	0+150.00	0+200.00	0+250.00

UNIVERSIDAD
MICHIGANA DE SAN
NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE
INGENIERIA CIVIL

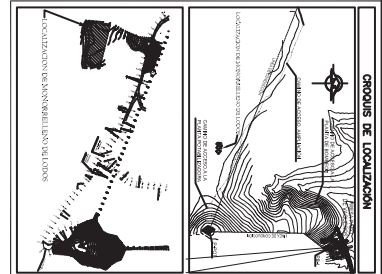
TESIS
DISEÑO DEL MONITOREO DE LOS BOROS PARA LA PLANTA
DISTRIBUCION DE SANIDAD DE LA PLANTA.

Presentado y defendido
por:
Ing. **JOSE LUIS GARCIA**
Ingeniero Civil

Asesor de Tesis:
Ing. **JOSE LUIS GARCIA**
Ingeniero Civil

TRAZO Y FORMACION DE BOROS
-Escala: 1:500-
-Escala: 1:500-
-Escala: 1:500-

TRAZO Y FORMACION DE BOROS
-Escala: 1:500-
-Escala: 1:500-
-Escala: 1:500-



CANTIDADES DE OBRA		
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Trazo y nivelación del área de trabajo	m ²	1,858.34
Exposición en color y adobado alipo de la capa subyacente	m ³	216.39
Formación y compactación de cambrones a 90% de compactación en material producido de la excavación	m ³	1,410.66
Tiende y compactación de la capa subyacente formada con material seleccionado, comprendida al 95% de su PVSNI	m ³	927.95

- Notas:
- El material para formación de bordes será material de banco
 - El material para compactación de los bancos será del 95%
 - proctor
 - Las anotaciones se encuentran en metros, excepto las indicadas en otras unidades.
 - Los levantamientos se encuentran en metros sobre el nivel del mar.

UNIVERSIDAD
MICHOCANANA DE SAN
NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE
INGENIERIA CIVIL

TESIS

DISEÑO DEL MONORELLENO DE LADOS PARA LA PLANTA
PO RADIOLICION DE SAN LAB DE LA PZ CIVIL

Proyecto y diseño:
ING. Carlos Roberto Torres Rosales

Asesor de tesis:
ING. Carlos Roberto Torres Rosales

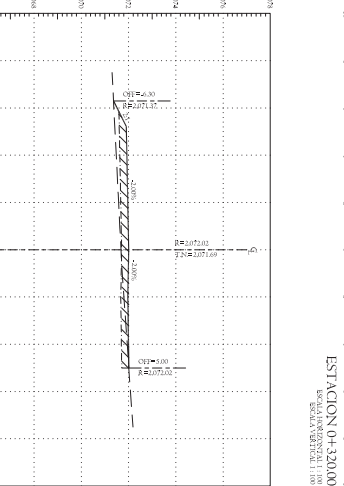
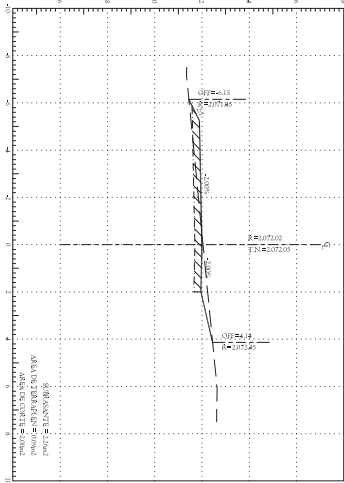
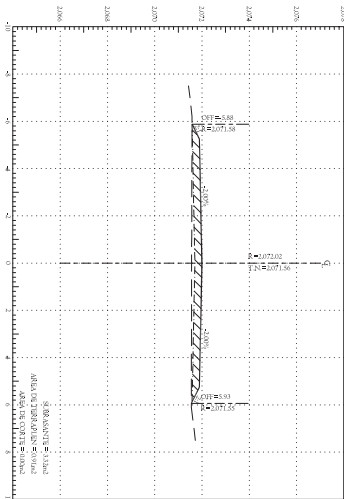
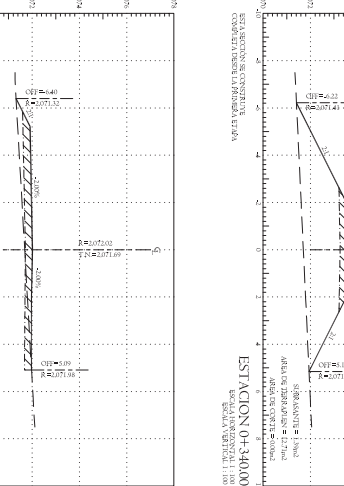
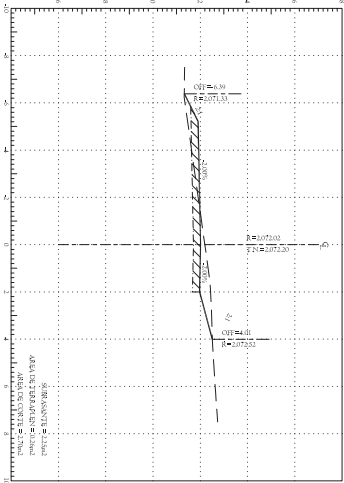
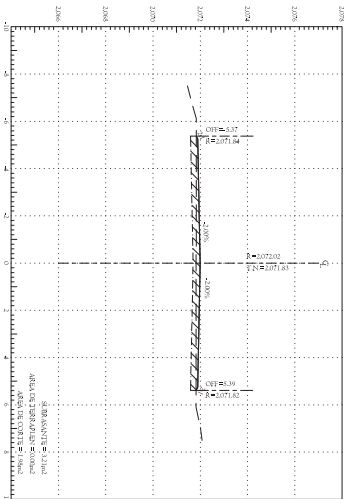
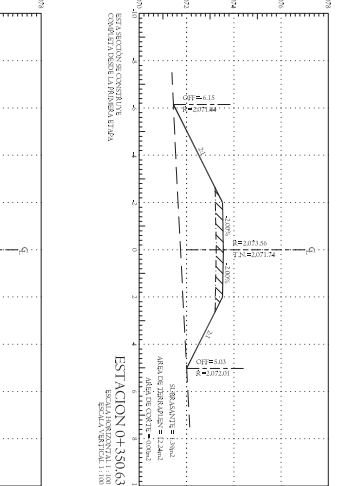
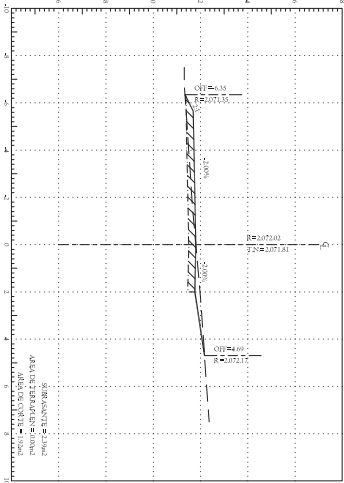
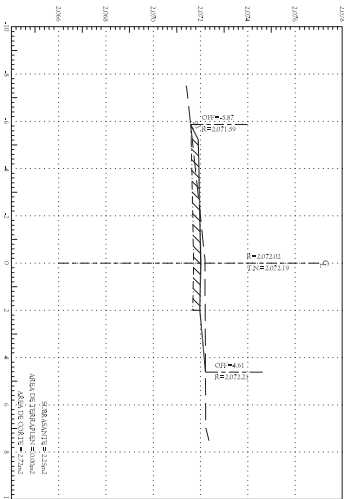
CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO DE LA
UNIVERSIDAD MICHOCANANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

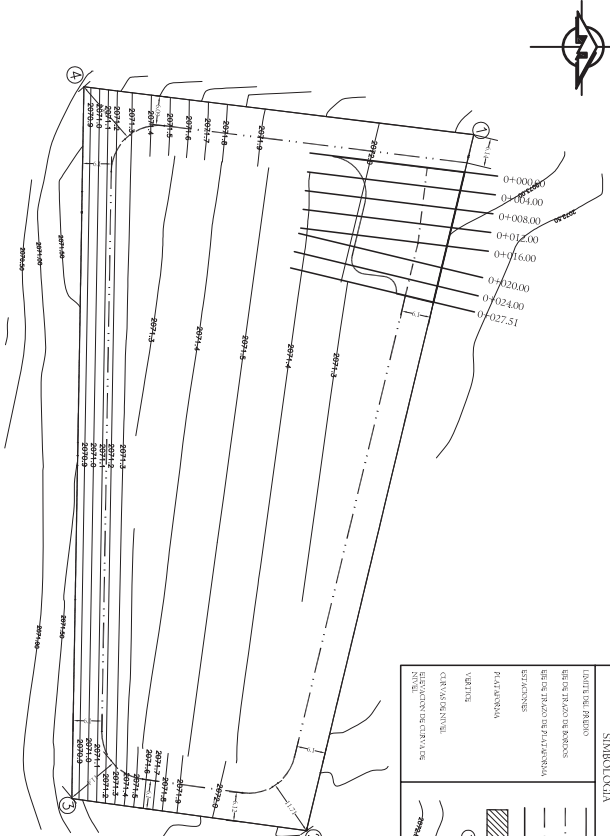
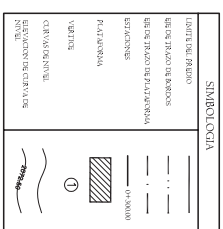
TRAZO Y FORMACION DE BORDOS

TESIS

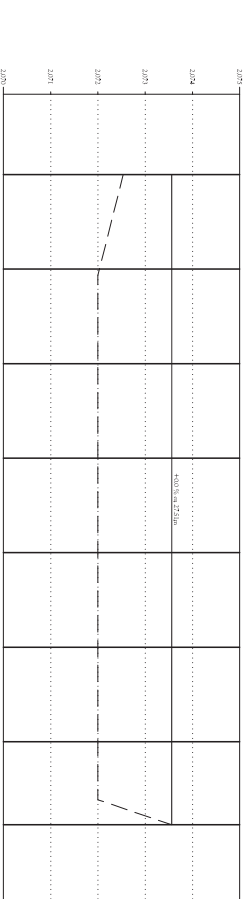
ESTACIONAMIENTO MONORELLENO DE LADOS
PO RADIOLICION DE SAN LAB DE LA PZ CIVIL

2009-2010





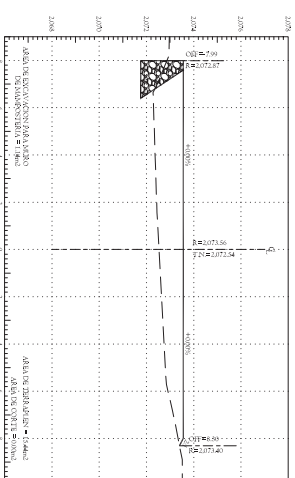
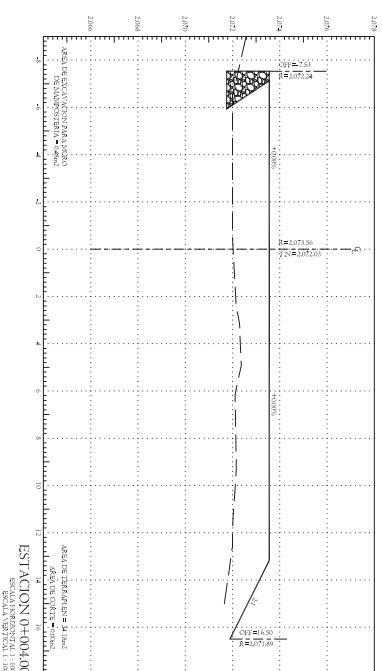
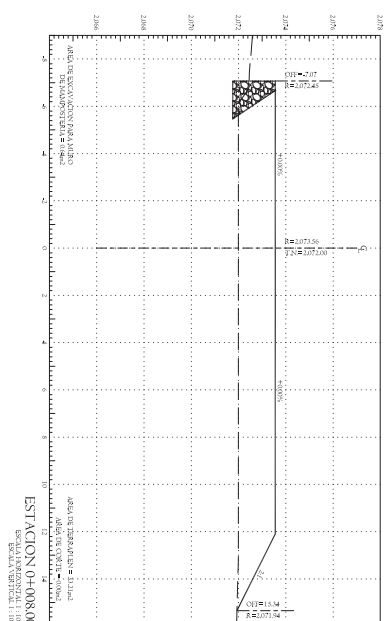
- El material para la formación de la plataforma será de banco.
- El grado de compactación del material de relleno para la formación de la plataforma será del 95% de su P.V.M.
- Las acotaciones se encuentran en metros, excepto las indicadas en otras unidades.
- Las elevaciones se encuentran en metros sobre el nivel del mar.



RELATION		EXPONENT		VOLUME	
TIME (MIN)	STANDARD	CONC.	TIME (MIN)	CONC.	TIME (MIN)
1.072.54	1.075.56		1.02	0.00	0.00
1.075.03	1.075.56		1.53	0.00	66.74
1.072.08	1.075.56		1.56	0.00	67.95
1.072.13	1.075.56		1.56	0.00	67.24
1.072.08	1.075.56		1.56	0.00	66.64
1.072.08	1.075.56		1.56	0.00	67.62
1.072.08	1.075.56		1.56	0.00	66.62
1.075.56	1.075.56	0.00	0.00	0.00	1.0.25

PERFILES DEL TERRENO Y RASANTE DE BORDOS

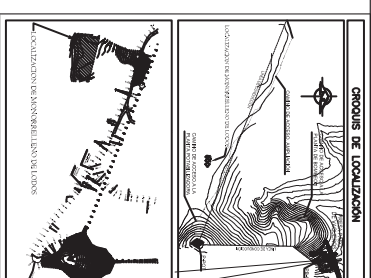
ESCALA HORIZONTAL: 1:100
ESCALA VERTICAL: 1:50

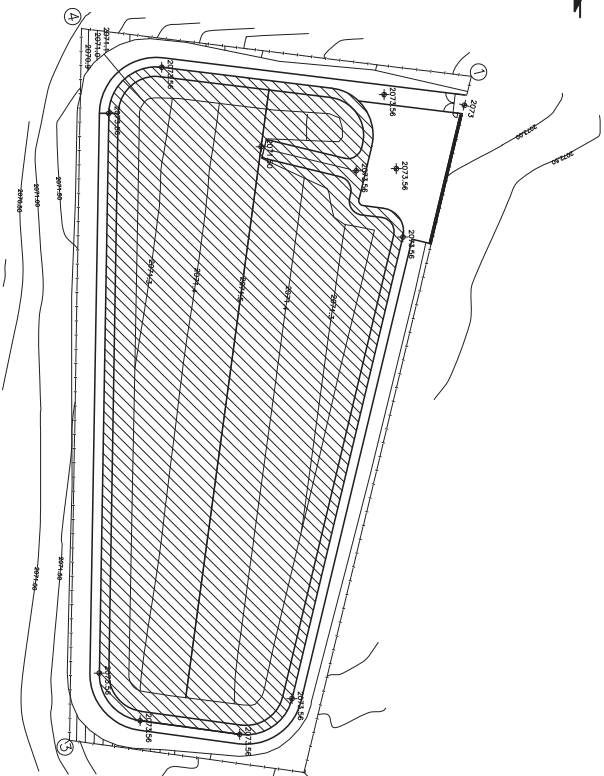


CATEGORÍAS DE OBRA		
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Trazo del surco de arado	m ²	505,28
Volúmenes de Corte	m ³	23,84
Volúmenes de Formación de la plataforma	m ³	845,30

• La extensión para construcción de muros de mampostería se encuentra cuantificada en el plano Trazos de mampostería con sus tablas de mampostería.

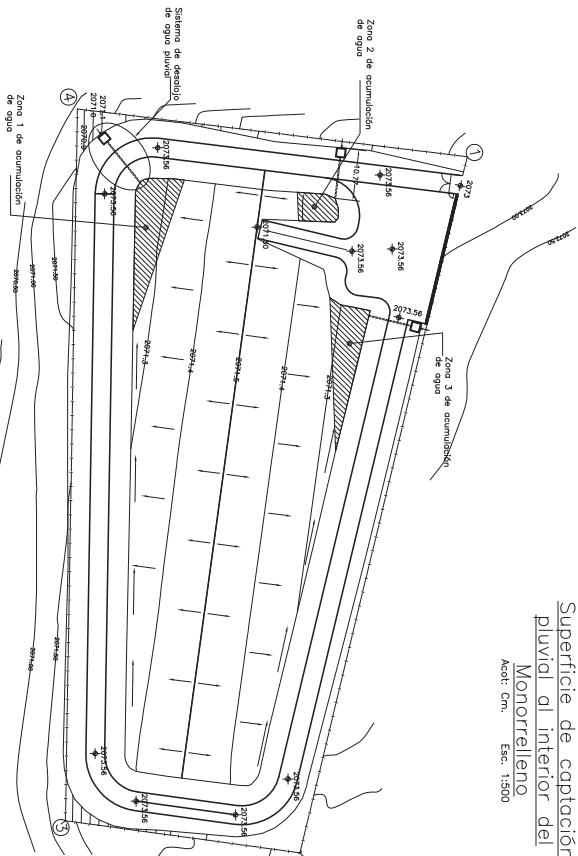
- Notas:
- Las acotaciones se encuentran en metros, excepto las indicadas en otras unidades.
 - Las elevaciones se encuentran en metros sobre el nivel del mar.

[illegible]



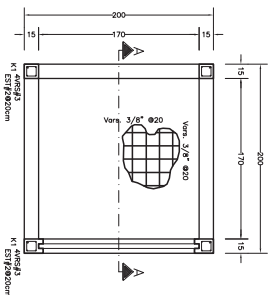
Superficie de captación
pluvial al interior del
Monorrelleno

Acot: Cm. Esc: 1:500



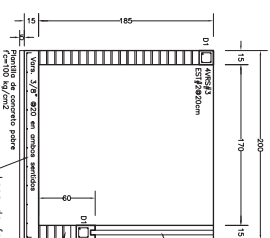
Superficie de captación pluvial al
interior del Monorrelleno

Acot: Cm. Esc: 1:500

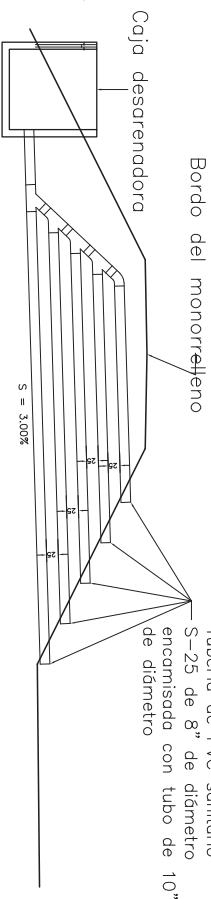


PLANTA

CAJA DESARENADORA
Acot: Cm. Esc: 1:25



CORTE A-A



Caja desarenadora

Bordo del monorrelleno

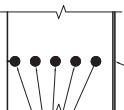
Tubería de PVC sanitario
S-25 de 8" de diámetro
encamisado con tubo de 10"

S = 3.00%

Sistema de desalajo de agua pluvial

Acot: Cm. Esc: 1:50

Bordo del monorrelleno



En la parte de entrada
del livivado al tubo se
colocará un cedazo con
el fin de evitar el paso
de tierra al cárcamo.

Vista frontal del sistema de desalajo
de agua pluvial

Acot: Cm. Esc: 1:50

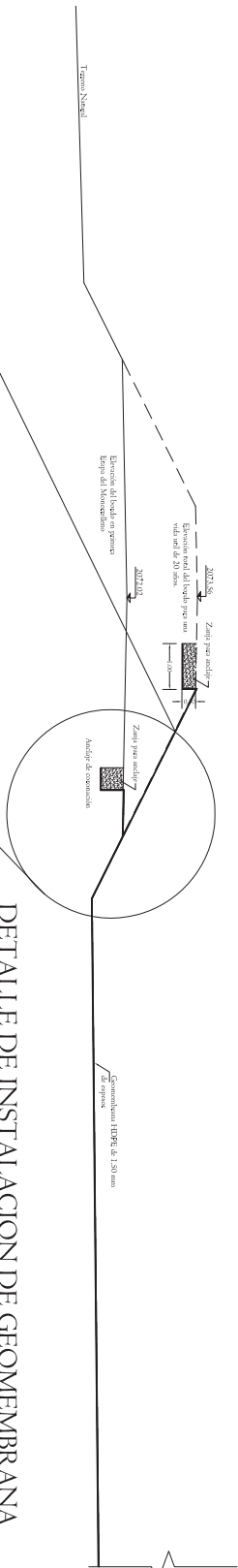
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Tubería de PVC sanitario S-25 10"	m	64.30
Tubería de PVC sanitario S-25 8"	m	64.30
Tubo de PVC sanitario S-25 de 8"	m	2.00
Codo de 45° PVC de 10" de diámetro	m	2.00
Codo de 45° PVC de 8" de diámetro	m	6.00
Yee de PVC de 10" de diámetro	m	6.00
Yee de PVC de 8" de diámetro	m	6.00
Cedazo, tamiz de cuerpo y malla de acero inoxidable con el tamiz #50 de 8" de diámetro	pza	9.00



DATOS DE PROYECTO	
CONCEPTO	UNIDAD
SUPERFICIE DE CAPTACIÓN PLUVIAL	m²
INDICACION DE TORNAR	40.00
INDICACION DE TORNAR	40.00
PERIODO DE RETORNO	10.00
COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	0.70
INDICACION DE LA TORNAR SELECCIONADA	0.005

Notas:
• Las acotaciones se encuentran en metros.
• Las elevaciones se encuentran en metros
sobre el nivel del mar.

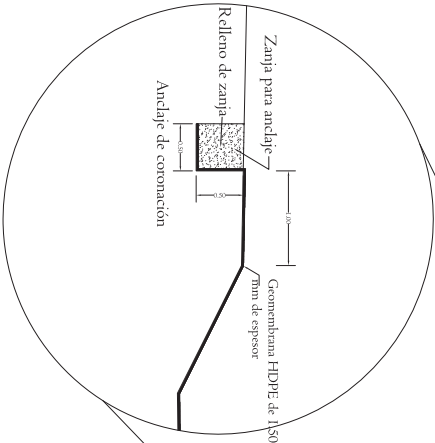




DETALLE DE INSTALACION DE GEOMEMBRANA

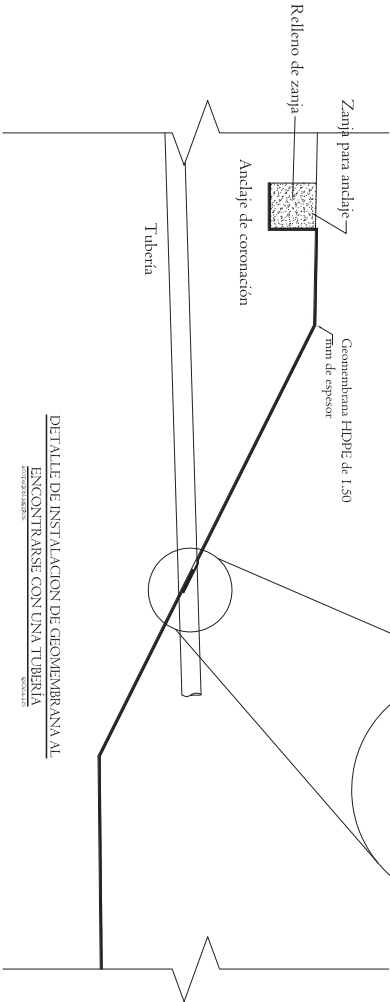
ACOTACIONES EN METROS

ESCALA: 1:50



DETALLE DE ANCLAJE DE CORONACIÓN DE LA GEOMEMBRANA

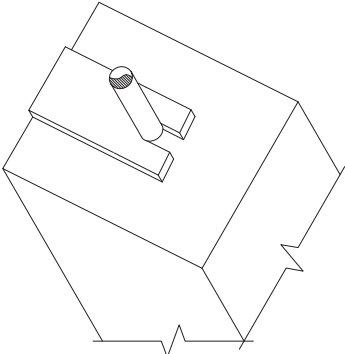
ACOTACIONES EN METROS



DETALLE DE INSTALACION DE GEOMEMBRANA AL ENCONTRARSE CON UNA TUBERIA

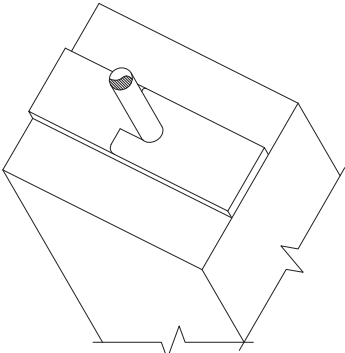
ACOTACIONES EN METROS

CANTIDADES DE OBRA		
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Excavación en zanja para la instalación de la geomembrana	m ³	95.85
Geomembrana del tipo HDPE (polietileno de alta densidad) de 1.50 mm de espesor y en rollos de 7 metros de ancho polidifluor o similar	m ²	55.994.13
Relleno de zanja para anclaje de coronación de la geomembrana con material procedente de la construcción	m ³	95.85



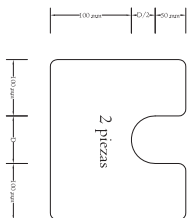
INSTALACION DE GEOMEMBRANA POR DEBAJO DE LA TUBERIA

ACOTACIONES EN METROS



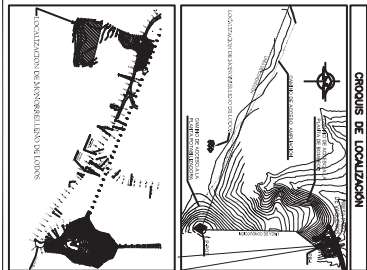
INSTALACION DE GEOMEMBRANA SOBRE LA TUBERIA

ACOTACIONES EN METROS



CORTE DE LA GEOMEMBRANA PARA SU COLOCACION ALREDEDOR DE UNA TUBERIA

ACOTACIONES EN METROS



SIMBOLOGIA	
LINEA CONTINUA	Geomembrana HDPE
LINEA TRAZADA EN VARIAS	Tubería
LINEA TRAZADA EN LA ALTERNATIVA	Tubería
ESTACIONES	0+00000
PERALTE	1
VERIFICACION DE CUBIERTA	1
VERIFICACION DE CUBIERTA	1

- Notas:
- La distribución de la geomembrana se sugiere en el proyecto, el proveedor puede realizar cambios en el rollo para su instalación según lo considere.
 - Las acotaciones se encuentran en metros, excepto las de diámetro.
 - Las derivaciones se encuentran en metros sobre el nivel del mar.

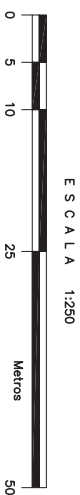
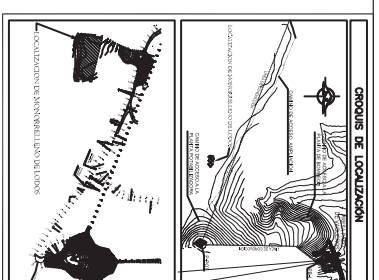
UNIVERSIDAD
MICHOACANA DE SAN
NICOLAS DE HIDALGO

Facultad de
Ingeniería Civil

TECNOLOGIA DE
INGENIERIA CIVIL

DETALLES DE COLOCACION DE LA
GEOMEMBRANA

FECHA: 15/05/2019



ACOTACION: METROS ESCALA: 1:250

La colocación de las celdas será siguiendo el eje de centro del monovalentilmo de lobos, una vez colocadas todas las celdas al centro se comenzará con una segunda fila y de esta forma se irán avanzando hasta los bordes. Un vez avanzada seguirá el proceso hasta alcanzar los bordes. Una vez completada toda una cubierta de celdas se procederá a comenzar de la misma forma una segunda cubierta y así de manera sucesiva hasta completar el periodo de utilidad de la primera etapa.

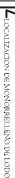
Cada cubierta de células deberá ser conformada de tal manera que su superficie mantenga la misma configuración de pendiente que el trazado al nivel de fondo del monorrelleño lodos,

TESIS
DISEÑO DEL MONORELLENO DE LÓDOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUIS DE LA PAZ, QTO.
Propósito y diseño:
Ing. Santiago Ricardo Herra Argenteo
Matrícula: 07006116-0

W.C. Guillermo Benjamin Pérez Morón

MONORELLENO DE LODOO

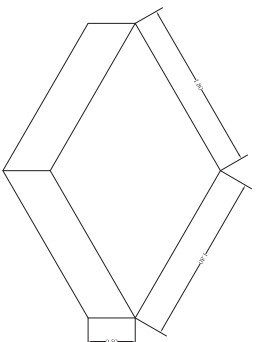
FECHA:	CLASIFICACIÓN:	ADICIONALES:	ESCALA:	PREVISIÓN:
11/11/2008	UR-PT-001-01	Mediana	1-250	



5. El personal del monorrelleno de lodos carga en la pala de un cargador frontal ubicado en la bodega del monorrelleno la cantidad de 156.5 kg de cal que tambien se encuentran almacenados en bodega.

LOW
MAY

9. Una vez que el material a través de la cal ha alcanzado una buena manejabilidad y consistencia se compactará con un compactador vibratorio de tipo manual.



ESCALA: 1:25

FECHA:	CLASIFICACION:	ADICIONALES:	ESCALA:	REVISION:
11/11-2009	1111-1111-0111-01	Melma	1-250	



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



ANEXO C

NORMATIVIDAD RELATIVA



DISEÑO DEL MONORRELLENO DE LODOS PARA LA PLANTA
POTABILIZADORA DE SAN LUÍS DE LA PAZ, GTO.
JNHA



1. Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-200. De libre consulta en:
www.semarnat.gob.mx
2. Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993. De libre consulta en:
www.semarnat.gob.mx
3. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. De libre consulta en:
www.semarnat.gob.mx
4. Norma N-CMT-1-01/02. 1. Materiales para terracerías. 01. Materiales para terraplén. De consulta libre en:
<http://normas.imt.mx/NORMAS/j%20CMT/1%20Terracerias/01%20Mat%20Terraplen/N-CMT-1-01-02.pdf>
5. Norma N-CMT-1-03/02. 1. Materiales para terracerías. 03. Materiales para subrasante. De consulta libre en:
<http://normas.imt.mx/NORMAS/j%20CMT/1%20Terracerias/03%20Mat%20Subrasante/N-CMT-1-03-02.pdf>