



INFORME FINAL

SISTEMA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO (SMAPA) DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIS.,

**INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
COORDINACIÓN DE HIDRÁULICA**

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO SABINAL

Abril 2009

Contenido

Contenido.....	i
Figuras.....	ii
Tablas.....	iv
Resumen ejecutivo.....	1
Introducción.....	2
Metodología de levantamiento.....	3
Problemática identificada.....	7
Del nacimiento y hasta Rochester.....	7
Paso por la colonia Terán.....	12
Parque Tucthlán hasta parque Madero.....	14
Fraccionamiento del bosque hasta colonia evolución política mexicana.....	24
Problemática general en el río Sabinal.....	25
Especificación de acciones de remediación.....	27
DESCRIPCIÓN GENERAL.....	27
CONSIDERACIONES BÁSICAS DE PROYECTO.....	27
Gastos de Bombeo.....	27
Cargas de Bombeo.....	27
Localización.....	28
Tipo de Energía a Utilizar en el Bombeo.....	28
Tipo y Números de Bombas.....	28
CLASIFICACION Y TIPOS DE ESTACIONES DE BOMBEO.....	31
Planteamiento de la Instalación.....	37
Dimensionamiento de la Cámara Húmeda.....	37
Alternativas para calcular el volumen del cárcamo.....	38
Recomendaciones para una correcta instalación del equipo.....	39
Requisitos en la succión.....	42
Requisitos en la descarga.....	42
Materiales.....	43
Accesorios.....	43
Consideraciones adicionales.....	44
Protección sanitaria de la calidad del agua.....	45
Edificios.....	45
Ejemplo de cálculo:.....	46
Conclusiones.....	52

Figuras

Figura 1. Disposición de secciones para levantamiento de información sobre descargas y embovedados a lo largo del río Sabinal.....	4
Figura 2. Formato de levantamiento de información.....	5
Figura 3. Fotografías del sitio de nacimiento del río Sabinal.....	8
Figura 4. Captación de agua cruda en Berriozabal.	9
Figura 5. Aspecto de deforestación generalizada en los alrededores al manantial.....	9
Figura 6. Estanques de crianza de trucha en la parte alta del río Sabinal.....	9
Figura 7. Aspecto del río aguas debajo de las granjas.	9
Figura 8. Aspecto del río Sabinal antes de su llagada a Rochester.....	10
Figura 9. Aspecto del sitio de desfogue de agua de la captación en Berriozabal al río Bochil.....	11
Figura 10. Aspecto del cauce del río Bochil 50 m aguas abajo del desfogue de origen.....	11
Figura 11. Aspecto del río Bochil 200 m aguas abajo del desfogue de origen.	11
Figura 12. Aspecto del río Bochil aguas abajo del desfogue de origen, aproximadamente 1 Km.	11
Figura 13. Aspecto del río Sabinal en Rochester.	12
Figura 14. Aspecto del río Bochil en Rochester.	12
Figura 15. Confluencia de los ríos Bochil y Sabinal.....	12
Figura 16. Aspecto del río Sabinal tras captar las aguas del río Bochil.....	12
Figura 17. Aspecto del río Sabinal detrás de las instalaciones de PEMEX, a la entrada poniente de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.....	13
Figura 18. Descargas identificadas en la colonia Terán.....	14
Figura 19. Localización del sitio con problemas de conexión de descargas a red municipal.....	14
Figura 20. Localización de la descarga 10-5 y 10-7.....	15
Figura 21. Descargas 10-5 y 10-7.....	16
Figura 22. Localización de la descarga 10-11.....	16
Figura 23. Descarga 10-11.....	17
Figura 24. Localización de la descarga 11-7.....	17
Figura 25. Descarga 11-7.....	18
Figura 26. Localización de la descarga 12-46.....	18
Figura 27. Descarga 12-46.....	19
Figura 28. Localización de las descargas 13-19 y 13-20.....	19
Figura 29. Descargas 13-19 y 13-20.....	20
Figura 30. Localización de las descargas 13-45 y 13-52.....	20
Figura 31. Descargas 13-45 y 13-52.....	21
Figura 32. Localización de descargas 14-39,40,41 y 14-48.....	21
Figura 33. Localización de descargas 14-47.....	22
Figura 34. Descargas identificadas en el plano 14.....	22
Figura 35. Localización de las descargas 15-1 y 15-3.....	23

Figura 36. Descargas 15-1 y 15-3.	23
Figura 37. Situación del río Sabinal con base en el levantamiento de descargas y embovedados.....	26
Figura 41. 4 Turbulencia debida a la succión.	35
Figura 42. Distancia del fondo del cárcamo a la campana de succión.	36
Figura 43. Solución con mamparas para reducir turbulencia.....	36
Figura 44. Con carga de succión.....	36
Figura 45. Con altura de succión.....	37
Figura 46. Instalación incorrecta de Tuberías. Reglas generales a considerar	40
Figura 47. Instalación correcta de tuberías.	41
Figura 48. Instalación incorrecta (izquierda) y correcta (derecha) de codo horizontal.	41
Figura 49. Instalación recomendada de codo vertical (izquierda) y no recomendada pero permisible (derecha).	42
Figura 50. Instalación de descarga mediante múltiple.....	43
Figura 51. Método recomendado para instalación de pernos de anclaje.	44



DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA CUENCA
DEL RÍO SABINAL
INFORME FINAL



Tablas

Tabla 1. Concentrado de información de los inventarios de descargas y embovedados en el río Sabinal.	7
Tabla 2. Relación de descargas que afectan sustancialmente la calidad del agua del río Sabinal.....	15
Tabla 3. Situación de las descargas del fraccionamiento del bosque y hasta la colonia política mexicana.	25
Tabla 4. Valores para la succi'on máxima a considerar en el proyecto.	30
Tabla 5. Cálculo del volumen requerido para cada uno de los 15 cárcamos de bombeo.	50
Tabla 6. Datos de diseño de los 15 cárcamos de bombeo.	50
Tabla 7. determinación de altura y diámetro de cada uno de los 15 cárcamos requeridos.	51

Resumen ejecutivo

Como resultado del diagnóstico realizado sobre las descargas y embovedados se define la problemática del río Sabinal en cuatro zonas: La primera que inicia en su nacimiento en el sitio denominado cerro Burro y hasta la confluencia del río Sabinal con el río Bochil, que conduce aguas residuales de la ciudad de Berriozabal. En esta zona la calidad del agua es buena, no se aprecian descargas de aguas residuales y el uso que se le da al agua es para abrevadero de animales y riego de frutales y jardines de los terrenos colindantes. También existe una granja piscícola que toma agua el río para el llenado de los estanques. Después de la confluencia referida, el agua que se transporta es literalmente agua residual, que da inicio a la segunda zona de análisis de problemática.

La tercera zona identificada inicia justo detrás de las instalaciones de la Comisión Federal de Electricidad, frente al club campestre de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en el poniente de la ciudad, y concluye hasta el cruce del río Sabinal con la calle 16 Poniente, Norte. Esta zona presenta en su inicio carencia de agua circulante, considerando que el estudio se realizó en época de estiaje bajo la consideración de que en esa época el agua circulante no será pluvial y se podrá evaluar el origen del agua de forma directa. Es en la colonia Terán donde inician a aparecer descargas domésticas, su magnitud y frecuencia no es grave y se presume que las conexiones existentes se deben a incapacidad del SMAPA para regularizar las descargas al río, ya que existe infraestructura de drenaje en la colonia. La calidad aparente del agua en esta zona no es mala, su aspecto es claro y no se percibe olor.

La cuarta zona de evaluación corresponde a la región que inicia en el cruce de la calle 16 poniente con el río Sabinal, y concluye en el cruce del río con el libramiento norte. A lo largo de esta región existe gran cantidad de descargas pluviales y de aguas residuales, se cuantificó aproximadamente el 60% del total de las descargas identificadas a lo largo del río Sabinal. La solución real del problema de descargas consiste en la regularización de las descargas identificadas a las redes de colectores, subcolectores y atarjeas existentes en la ciudad. Sin embargo y dada la complejidad que implica la tarea de regularización, misma que deberá iniciarse a la brevedad, se propone la construcción de 15 cárcamos de bombeo. Cada uno de los cárcamos propuestos corresponde con las descargas de mayor impacto identificadas a lo largo del cauce del río. La operación de los cárcamos se considera solo en época de estiaje y no representa una solución definitiva al problema, sino por el contrario, una solución temporal mientras se regulariza el total de las descargas identificadas a las redes de drenaje. Se presenta el anteproyecto de cada uno de los cárcamos propuestos.

Finalmente la zona terminal del río Sabinal, donde la totalidad de las descargas obedecen a fallas de los colectores marginales existentes que derraman las aguas residuales al río. Esta situación requiere la atención del SMAPA, pues se debe a falta de mantenimiento de los colectores marginales.



DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA CUENCA
DEL RÍO SABINAL
INFORME FINAL



Introducción

Con la finalidad de identificar el origen de la contaminación existente en el río Sabinal, el SMAPA solicitó al IMTA la elaboración de un diagnóstico ambiental de la cuenca del mismo río. El diagnóstico considera el levantamiento de todas las descargas de aguas residuales, afluentes y embovedados con desembocadura al cauce del río Sabinal, a través de un inventario de descargas y de embovedados. Ambos inventarios se realizaron en apego a la metodología acordada por el SMAPA y el IMTA, buscando recabar la información relevante que permitiera valorar el nivel de impacto de cada una de las descargas identificadas sobre la calidad ambiental del río.

El criterio de levantamiento considera solo aquellas descargas o embovedados vertiendo al río Sabinal, no se consideran aquellas descargas o embovedados secos, es decir, que no estaban vertiendo a lo largo del periodo de levantamiento que corresponde a la época de estiaje. De esta forma se presume que el total de descargas identificadas corresponde al total de descargas que en realidad vierten aguas residuales al río Sabinal.

El río Sanbinal se puede describir, de acuerdo con este estudio, como un río que nace en el manantial ubicado en el cerro Burro en el municipio de Berriozabal y que lleva agua de buena calidad aparente al municipio de Berriozabal para uso doméstico mediante conducciones por gravedad construidas con ese fin. El caudal excedente escurre y se junta con el río Bochil, que lleva alta concentración de aguas residuales de la ciudad de Berriozabal, en el sitio identificado como Rochester, es en este punto donde el caudal circulante por el río Sabinal se incrementa considerablemente a causa de las aguas residuales que conduce.

De este punto y a lo largo de su recorrido, debido en parte a que no hay aportaciones adicionales parte del agua del río Sabinal se infiltra y otra parte se evapora. Lo anterior se aprecia a partir de la llegada del río Sabinal a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y a lo largo de la zona aledaña al club campestre de la ciudad. Las aportaciones al río vuelven a aparecer en el poblado de Terán, siendo estas poco caudalosas y sin un efecto aparente grave para el deterioro ambiental del río.

El estado aparente del río es bueno, no se percibe olores, hasta su cruce con la calle 16 poniente norte donde se localiza un embovedado vertiendo aguas residuales en una magnitud aproximada a los 20 l/s. A partir de este punto y hasta el cruce del río Sabinal con la calle Av. Araucarias en el fraccionamiento el Vergel, donde se localiza un embovedado con un caudal vertido estimado al río de 0.5 l/s, se lograron identificar 15 descargar totales con aportaciones superiores a 1 l/s. De las 15 descargas mencionadas solo cuatro de ellas son tuberías y 11 corresponden a embovedados. Esta sección del río corresponde a la zona centro de Tuxtla Gutiérrez y es además donde se perciben los olores más desagradables característicos de aguas residuales.

Lo anteriormente expuesto no implica que el número de descargas expuestas en el párrafo anterior sea el total de descargas identificadas en todo el río, existen muchas más, sin embargo, como se mencionó previamente solo se consideró aquellas vertiendo agua residual al río. Estas son las descargas para las cuales se propone una alternativa de solución en este informe.

A partir del cruce del río Sabinal con el libramiento norte, a la altura del Supremo Tribunal de Justicia se cuantificaron varias descargas de aguas residuales al río, sin embargo, estas no corresponden a descargas directas de predios o de embovedados sino de escurrimientos y derrames de los colectores marginales instalados a lo largo del río y que llevan el agua a la planta de tratamiento de aguas residuales de paso limón. Estas fallas no requieren de infraestructura adicional sino de mantenimiento y corrección por parte del SMAPA.

Otro problema identificado es la falta de infraestructura en la parte final oriente del río Sabinal. Esto inicia en la colonia cerro de Guadalupe y hasta donde concluye la mancha urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. En esta zona la totalidad de las viviendas que colindan al río (norte) y que la pendiente del cerro no permite se conecten a la infraestructura existente instalada en la cara sur del cerro de Guadalupe, vierten sus aguas residuales al río. En este caso el gobierno del estado construye un colector marginal de 6 pulgadas que tiene la finalidad de recolectar estas aguas y llevarlas a la planta de tratamiento existente. De tal forma que no se consideran acciones de remediación para esta sección del río.

El informe que se presenta en este documento esta organizado de la siguiente forma: La primera sección describe la metodología empleada para efectuar el levantamiento de descargas y embovedados a lo largo del río Sabinal. La segunda sección corresponde a la descripción detallada de la problemática identificada a lo largo del río Sabinal. La tercera sección incluye la especificación de cada una de las acciones de remediación realizadas para evitar que el agua residual siga vertiendo al río en las descargas identificadas como prioritarias. Se describe además acciones generales para la mejora de las condiciones ambientales de la cuenca del río Sabinal, producto de las inspecciones realizadas a lo largo del río. Finalmente la cuarta sección son conclusiones generales del proyecto.

Metodología de levantamiento

El levantamiento de información de descargas y embovedados se realizó a través del recorrido de todo el cauce del río Sabinal. Con la finalidad de ordenar la información se dividió el total del cauce en 21 secciones, tal como se ilustra en la Figura 1.

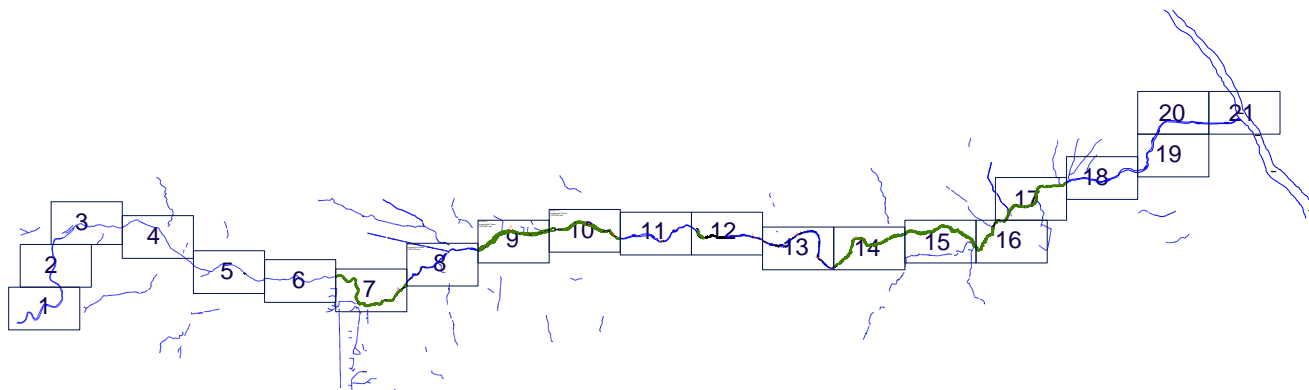
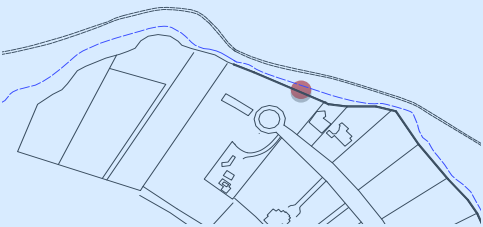



Figura 1. Disposición de secciones para levantamiento de información sobre descargas y embovedados a lo largo del río Sabinal.

El inventario de descargas y el de embovedados se enfoca a cualquier estructura de descarga localizada dentro de la mancha urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Dada esta consideración se identifican las primeras descargas en el plano No 4, frente al club de golf del fraccionamiento campestre y las últimas descargas en el plano 19, frente a la colonia Evolución Política.

Para los dos inventarios se recopiló la misma información, la cual fue evaluada y definida en conjunto con personal del SMAPA. La Figura 2 muestra un formato de levantamiento de información relativa a descargas o embovedados.

COORDENADAS (UTM): X: 478770.3284 Y: 1853016.0111	FECHA (dd/m/año): 22 de Ddiciembre del 2008	DESCARGA
NÚMERO DE DESCARGA: 4-01	DESCARGA A: <input checked="" type="checkbox"/> RÍO SABINAL <input type="checkbox"/> ARROYO	1
SITIO DE ESTUDIO: RIO SABINAL	LOCALIZACIÓN: RIO SABINAL, DETRÁS DEL FRACCIONAMIENTO CLUB CAMPESTRE	

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN:	ARCHIVO FOTOGRAFICO (Sitio de Referencia):
	

ARCHIVO FOTOGRAFICO (Detalle)	DATOS TÉCNICOS ADICIONALES:
	ORIGEN DE AGUA: <input type="checkbox"/> ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL <input type="checkbox"/> AGUA RESIDUAL <input checked="" type="checkbox"/> DESCARGA DIRECTA DEL PREDIO
	OTRA: _____
	TIPO Y MATERIAL DE LA TUBERIA DE DESCARGA: _____ TUBO DE P.V.C.
	DIAMETRO DE LA TUBERIA: _____ 4 PULGADAS
	CAUDAL ESTIMADO: _____ SIN CAUDAL
	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA DE DESCARGA: TUBERIA DE P.V.C. BAJO BARDA
	OTROS: _____
	_____ MARGEN DERECHO

Figura 2. Formato de levantamiento de información.

La parte superior del formato (numerada como 1) contiene los campos de localización de la estructura como son:

- coordenadas UTM; Obtenidas a través de la georeferenciación de la estructura mediante el uso de GPS
- Numeración; Número consecutivo conformado por el número del plano de localización y el consecutivo del levantamiento.
- Sitio de estudio; El cuerpo de agua donde se localiza la estructura.
- Fecha de levantamiento; La fecha de visita del sitio.
- Sitio de descarga; en el caso de que se trate de algún afluente o arroyo deberá especificarse.
- Localización; Dirección para localizar la estructura de acuerdo a la traza urbana.

- g) Tipo de estructura; De que tipo de descarga se trata, descarga de aguas residuales o embovedado.

La parte inferior del formato contiene los registros de identificación de la descarga numerados como 2, dentro de los registros de identificación se considera:

- a) Croquis de localización; Es un croquis que permita identificar a lo largo del cauce del río la descarga.
- b) Archivo fotográfico del sitio de referencia; Fotografía que permita identificar la descarga.
- c) Archivo fotográfico de detalle; Fotografía que permita corroborar los datos técnicos.
- d) Datos técnicos; Características generales de la descarga, se considera el origen de la descarga con tres parámetros: escurrimiento, agua residual, descarga de predio; material de la estructura, diámetro o tamaño de la estructura, caudal descargado; descripción y un campo para información adicional de identificación.

Como resultado de los levantamientos se identificó un total de 420 descargas, 287 de ellas corresponden a descargas a través de tubería, 81 embovedados, 25 canales a cielo abierto y zanjas, 19 secciones en muro, es decir aperturas sobre los muros de revestimiento del río, y 8 escurrimientos debidos a fugas de colectores marginales al río. La Tabla 1 muestra un concentrado del número y tipo de estructura de descarga al río Sabinal. Cada una de las estructuras identificadas se clasifica por su tipo (descarga, embovedado, canal, sección en muro, fugas) y el material de construcción, ligadas todas ellas a la sección del río correspondiente de su levantamiento (columna izquierda).

Tabla 1. Concentrado de información de los inventarios de descargas y embovedados en el río Sabinal.

PLANO	ESTRUCTURA DE LA DESCARGA															TOTAL DESCARGAS		
	TUBERIA					EMBOVEDADO			CANAL A CIELO ABIERTO		ZANJAS	SECCIONES EN MURO			ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL		FUGAS	
	POLIDUCTO	POLIETILENO	FIERRO	A-C	P.V.C.	CONCRETO	MAMPOSTERIA	CONCRETO	MAMP/CONC	CONCRETO		MAMPOSTERIA	MAMPOSTERIA	CONCRETO				LADRILLO
4					10	2		1										13
5					18	2				1	1					2		24
6					10	1			2			1			1			15
7		1				5		2	2						4	2		16
8	2				13	5		1	2	1	1				1			26
9	1				1	2	1			5	1							11
10			1	1	4	7			1	4								18
11				3	17	6				1								32
12					3	30				2					2			66
13		1		1	13	13	3	3	20									54
14				3	6	24		2	6			3			4			48
15					1	1				1								3
16		1				4												5
17					1	22		1		3						1	5	33
18		1			30	5									2		2	40
19		1			13	1									1			16
TOTALES	3	5	1	9	161	108	4	20	57	18	6	1	6	10	3	3	5	420

El detalle de cada una de las estructuras de descarga localizadas se incluye en los Anexos 1 y 2 de este informe, donde se encuentra el total de las descargas encontradas e inventariadas de acuerdo al procedimiento descrito, clasificadas como a) embovedados que incluye los afluetes, canales y descargas a cielo abierto localizadas y b) descargas que son todas las descargas de aguas negras o pluviales entubadas que convergen a río Sabinal.

Problemática identificada

La descripción de la problemática de la cuenca del río Sabina se divide en cuatro partes. La primera abarca de su nacimiento hasta el punto conocido como Rochester en el municipio de Berriozabal. La segunda en su paso por la colonia Teran. La tercera desde el parque Tuchtlan y hasta el parque Madero y la cuarta que inicia en el fraccionamiento el bosque y hasta la colonia evolución política mexicana. Tal y como se describe en la sección siguiente.

Del nacimiento y hasta Rochester.

El río Sabinal nace en el sitio conocido como “cerro burro” en el municipio de Berriozabal que colinda con el municipio de Tuxtla Gutierrez. Las fotografías que forman parte de la Figura 3 buscan ilustrar el aspecto general del sitio descrito. La primer visita se realizó en época de estiaje, específicamente en

el mes de febrero y la cantidad de agua que emergía a la superficie de la cueva donde se localiza el manantial era poca como se ilustra en la fotografía de recuadro superior izquierdo.



Figura 3. Fotografías del sitio de nacimiento del río Sabinal.

En el punto de nacimiento el municipio de Berriozabal tiene instalada una línea de conducción que lleva agua del manantial hasta una estación de captación localizada dentro de la ciudad, ver Figura 4. No es posible determinar directamente la cantidad de agua conducida por esta línea ya que no cuenta con medidor instalado y el gasto varía dependiendo del tirante del agua en el manantial. El resto del agua que nace en este sitio escurre por el cauce del río Sabinal. La calidad del agua en este sitio aparentemente es adecuada pues no existe alguna fuente de contaminación cercana, sin embargo si se nota deforestación en los alrededores, ver Figura 5.

Existen aprovechamientos del agua del río pasando los primeros 2.5 Km aguas abajo, estos son principalmente de dos ranchos localizados sobre la margen del río. Los aprovechamientos consisten en el abasto de agua para satisfacción de necesidades propias de los habitantes. No cuentan con

sanitarios de agua corriente y ambos sitios cuentan con una fosa séptica, valdría la pena corroborar si estas están construidas adecuadamente. El otro uso identificado es el riego de algunos frutales y para abrevadero de animales de granja en proporciones domésticas.



Figura 4. Captación de agua cruda en Berriozabal.



Figura 5. Aspecto de deforestación generalizada en los alrededores al manantial.

Uno de los usos que llama la atención es la piscicultura en uno de los dos ranchos, pues tiene construidos tres estanques con trucha arco iris, ver Figura 6. Llama la atención que el agua esta circulando y el excedente se vierte de regreso al río. A pesar de que los aprovechamientos no son muy demandantes, el caudal del río en estiaje es muy reducido, ver Figura 7.



Figura 6. Estanques de crianza de trucha en la parte alta del río Sabinal.



Figura 7. Aspecto del río aguas debajo de las granjas.

El río Sabinal sigue su curso aguas abajo prácticamente sin sufrir aprovechamientos ni descargas hasta el punto identificado en el municipio de Berrizabal como “Rochester” sitio de confluencia del río Sabinal y el río Bochil. El aspecto de río hasta Rochester es de un río saludable, donde inclusive se usa de abrevadero por los ganaderos de la región, como lo ilustran las imágenes de la Figura 8.



Figura 8. Aspecto del río Sabinal antes de su llegada a Rochester.

El sitio denominado Rochester es importante para la salud del río pues como ya se dijo es la confluencia del río Sabinal con el Bochil. Es necesario destacar que el río Bochil conduce las aguas residuales que los pobladores de Berriozabal vierten a él. El aspecto es preciso destacar que la totalidad del agua del río Bochil se capta para suministro de Berriozaba, solo los excedentes se vierten al cauce del río. Este detalle se ilustra en la Figura 9 que muestra el desfogue de excedencias al río Bochil de los tanques de captación de agua cruda para suministro a Berriozabal, mismos que captan agua del río Sabinal. Como se muestra, no escurre agua por el río dada la época del año en que se visitó el sitio. Testimonios del personal de protección civil que asistieron a la visita ratifican que es muy raro cuando se vierte agua al Bochil por este desfogue.

Es importante comentar que al río Bochil comienza a recibir descargas a pocos metros aguas abajo del punto de desfogue de las captaciones, aproximadamente a 50 m se aprecian las primeras descargas, mismas que se acumulan para dar origen al caudal que escurre y forma el río. Este detalle se muestra en la Figura 10. Esta situación se repite a lo largo del río dando forma al caudal que se logra apreciar si uno verifica el río aguas abajo. La Figura 11 y la Figura 12 muestran el estado del río completamente contaminado y formado por aguas residuales conduciendo una fuerte cantidad de basura inorgánica (pet, bolsas de plástico, botellas, etc.).



Figura 9. Aspecto del sitio de desfogue de agua de la captación en Berriozabal al río Bochil.



Figura 10. Aspecto del cauce del río Bochil 50 m aguas abajo del desfogue de origen.



Figura 11. Aspecto del río Bochil 200 m aguas abajo del desfogue de origen.



Figura 12. Aspecto del río Bochil aguas abajo del desfogue de origen, aproximadamente 1 Km.



Figura 13. Aspecto del río Sabinal en Rochester.



Figura 14. Aspecto del río Bochil en Rochester.



Figura 15. Confluencia de los ríos Bochil y Sabinal.



Figura 16. Aspecto del río Sabinal tras captar las aguas del río Bochil.

La confluencia de los ríos Sabinal y Bochil se ilustra en la Figura 13 a la Figura 16. En este sitio la apariencia del agua que fluye por el río Sabinal es todavía buena (Figura 13), por el contrario el apariencia de agua del río Bochil es muy mala (Figura 14). El aspecto final del río Sabinal es como se ilustra en la Figura 15 y Figura 16, aspecto que sigue aguas abajo hasta dejar el municipio de Berriozabal.

Esta descripción busca establecer que el río Sabinal es sano hasta la confluencia con el río Bochil, que conduce mucha del agua residual que se genera en el municipio de Berriozabal.

Paso por la colonia Terán

El siguiente punto de referencia se establece a la entrada poniente de la ciudad de Tuxtla Gutierrez. Justo detrás de las instalaciones de PEMEX y Comisión Federal de Electricidad. En este punto, al contrario de lo que pudiese pensarse, el río no conduce agua. Esta situación se ilustra en la Figura 17.



Figura 17. Aspecto del río Sabinal detrás de las instalaciones de PEMEX, a la entrada poniente de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

Es de pensarse que la totalidad del agua que el río conducía y que se verificó en el punto identificado como Rochester se infiltró a lo largo del trayecto, ya que no se identifican aprovechamientos.

El siguiente punto con problemática identificada es el paso del río Sabinal por la colonia Teran, donde se localizan muchas descargas de aguas residuales directas de domicilios. Al realizar los recorridos se pudo corroborar que parte de la problemática de esta colonia es que la infraestructura existente es insuficiente para captar la totalidad de las descargas en la colonia, y en algunos casos debida a la falta de responsabilidad de los colonos quienes descargas sus residuos directamente al río, bajo el argumento de que el SMAPA les recomienda hacerlo de esa forma. De cualquier forma, es preciso destacar que para esta zona es necesario regularizar las descargas a los colectores existentes, además de verificar el estado físico de las atarjeas y subcolectores buscando que tengan la capacidad máxima de conducción de acuerdo al diseño y que permitan el desalojo de las aguas residuales producidas en esta colonia.

La Figura 18 muestra el estado de algunas de las descargas identificadas en paso del río Sabinal por la Colonia. La mayoría de las descargas identificadas son de tipo domiciliario y solo algunas cuantas son caudalosas que nos permitan afirmar que colectan el agua de varios domicilios. Para esta sección del río, dado que constructivamente no se vislumbra problema de conexión de las descargas a la infraestructura existente de drenaje y el número de descargas de aguas residuales identificadas para la zona, un total de 57, no se considera elevado. Se propone como solución la conexión del total de descargas a la red de drenaje existente.



Figura 18. Descargas identificadas en la colonia Terán.

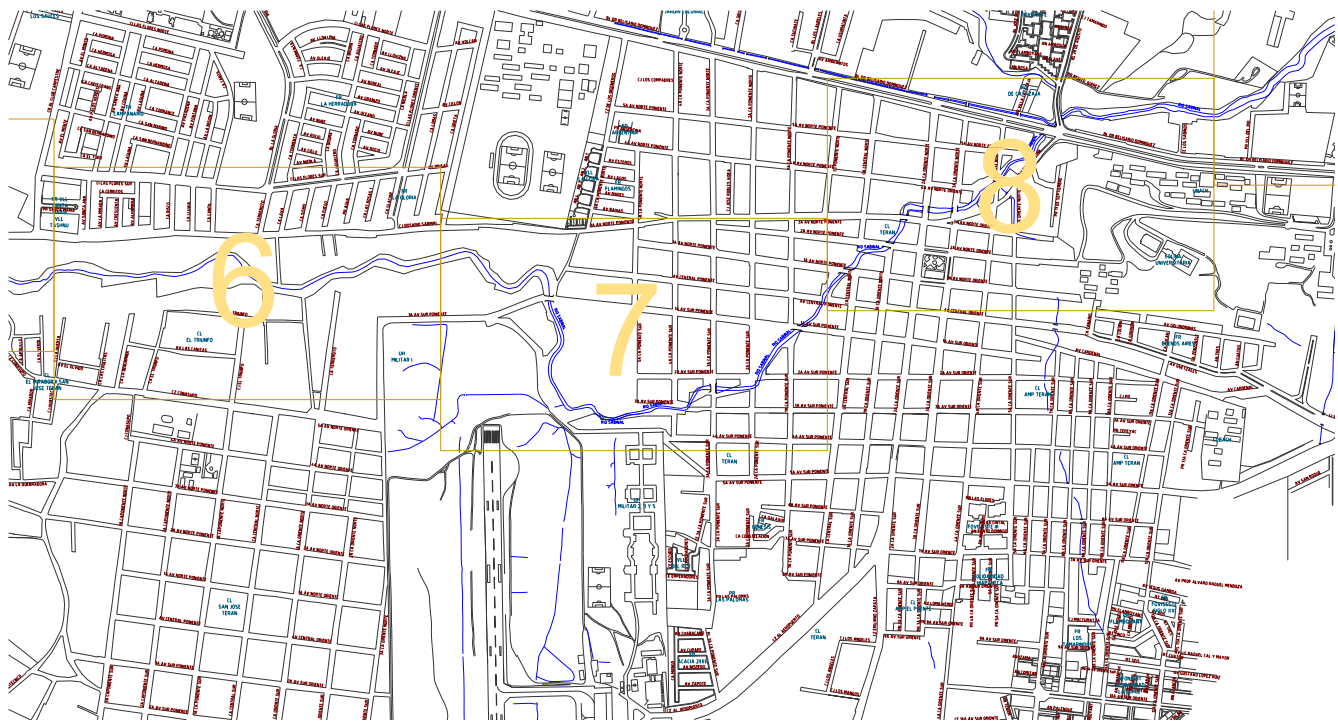


Figura 19. Localización del sitio con problemas de conexión de descargas a red municipal.

Las descargas identificadas para esta zona de evaluación son aquellas pertenecientes a los planos 6, 7 y 8, tal y como se ilustra en la Figura 19.

Parque Tuchtlán hasta parque Madero

La sección donde se presenta la problemática más grave desde el punto de vista de aspecto físico, corresponde a la zona que inicia en el parque Tuchtlán y hasta el parque Madero. Esto porque a lo largo de esta zona el río cruza la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, en su mayor parte por lugares de

esparcimiento como es el caso de los parques, zonas comerciales y habitacionales. El aspecto del río en esta zona es desagradable y se debe principalmente a 15 descargas de aguas residuales. El total de las descargas identificadas como problemáticas se incluye en la Tabla 2, donde se incluye el gasto aforado al momento de visitar para inspección y levantamiento.

Tabla 2. Relación de descargas que afectan sustancialmente la calidad del agua del río Sabinal.

N	FICHA	Gasto de agua residual circulando	
		maximo (l/s)	minimo (l/s)
1	FICHA 10-5	3	1.00
2	FICHA 10-7	3	1.00
3	FICHA 10-11	3	1.00
4	FICHA 11-7	30	10.00
5	FICHA 12-46	60	20.00
6	FICHA 13-19	9	3.00
7	FICHA 13-20	3	1.00
8	FICHA 13-45	60	20.00
9	FICHA 13-52	60	20.00
10	FICHA 14-39,40,41	3	1.00
11	FICHA 14-43	3	1.00
12	FICHA 14-47	1.5	0.50
13	FICHA 14-48	1.5	0.50
14	FICHA 15-1	1.5	0.50
15	FICHA 15-3	1	0.50

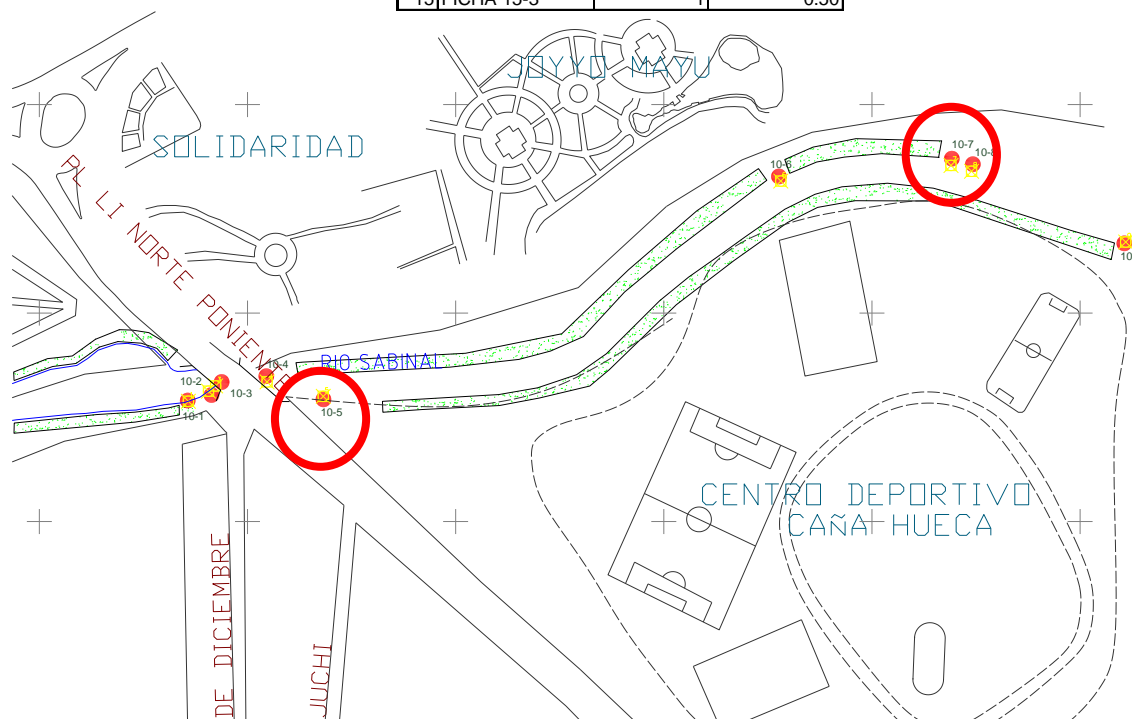


Figura 20. Localización de la descarga 10-5 y 10-7.



Figura 23. Descarga 10-11.

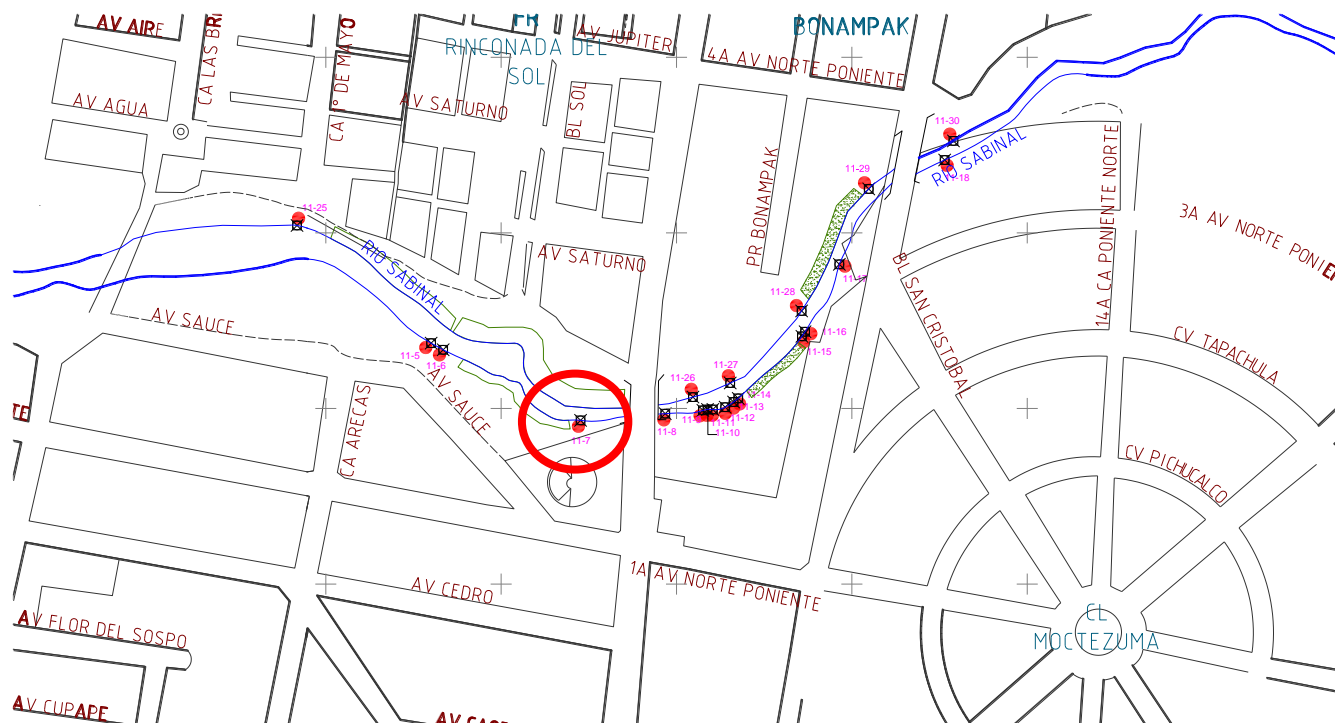


Figura 24. Localización de la descarga 11-7.



Figura 25. Descarga 11-7.

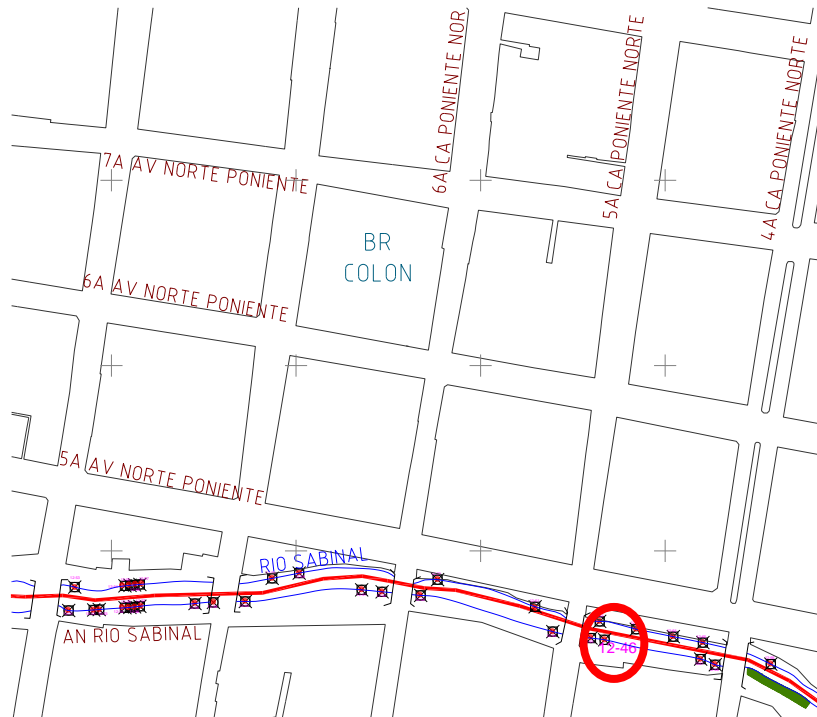


Figura 26. Localización de la descarga 12-46.



Figura 27. Descarga 12-46.

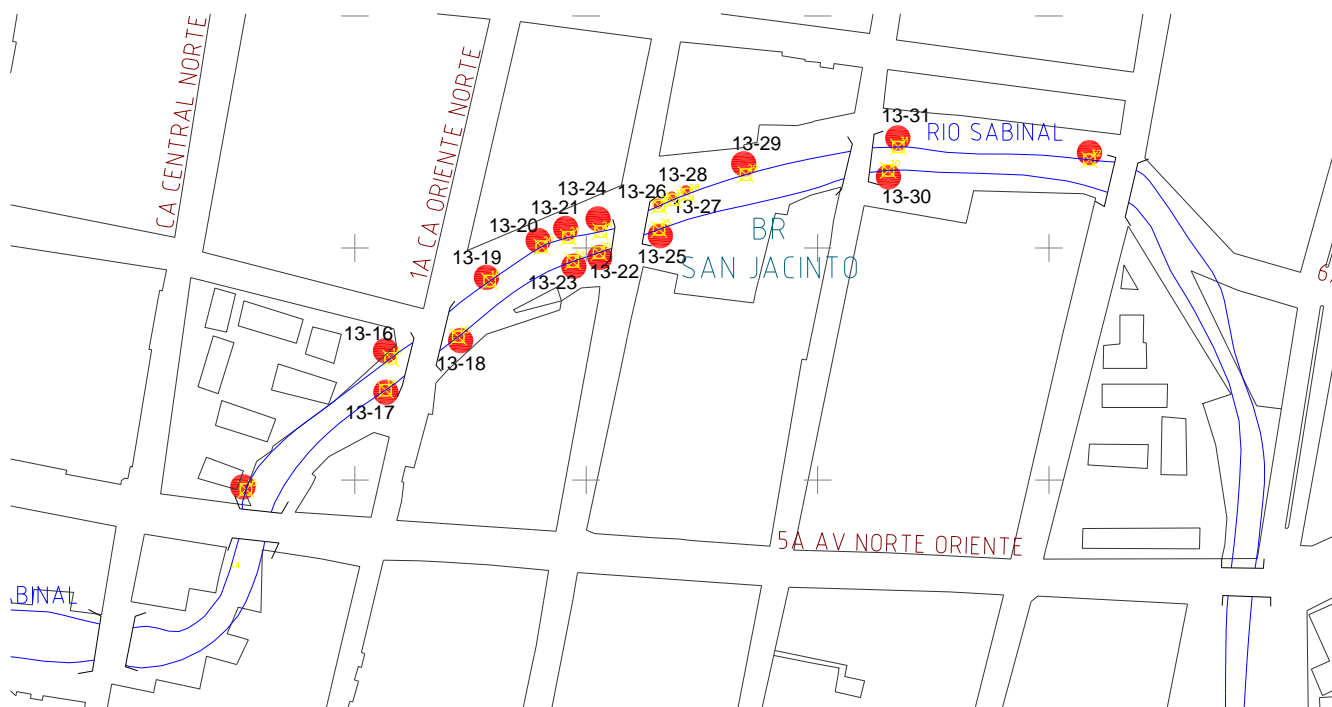


Figura 28. Localización de las descargas 13-19 y 13-20.



Figura 29. Descargas 13-19 y 13-20.

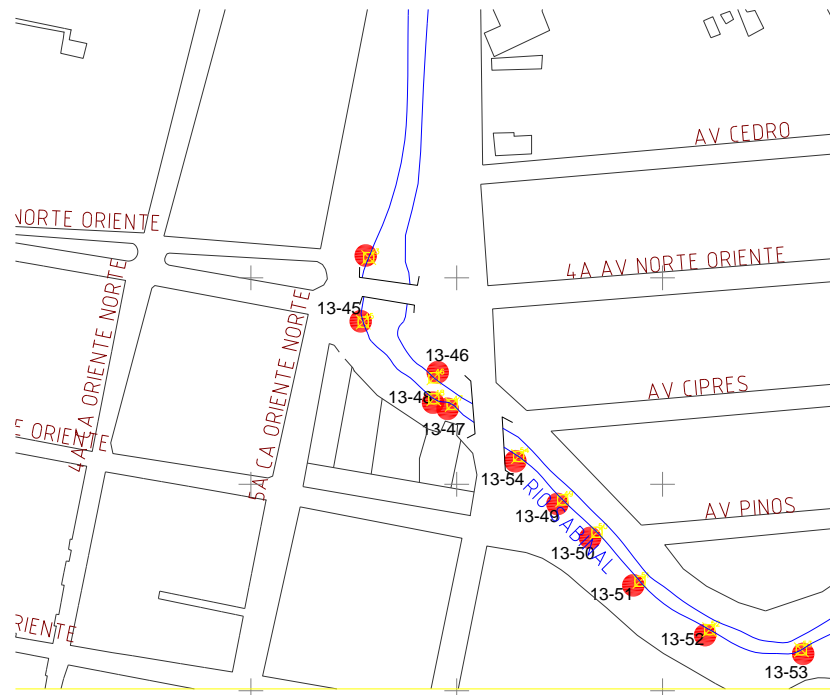


Figura 30. Localización de las descargas 13-45 y 13-52.



Figura 31. Descargas 13-45 y 13-52.

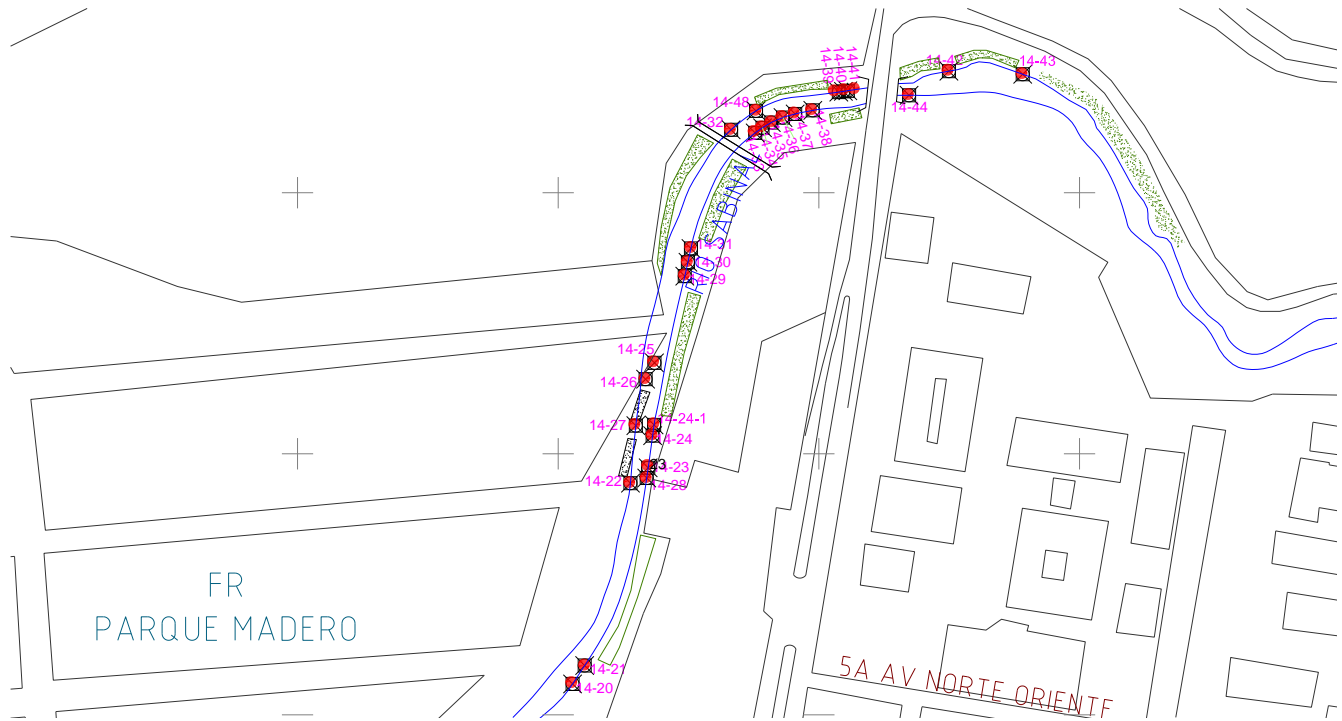


Figura 32. Localización de descargas 14-39,40,41 y 14-48.

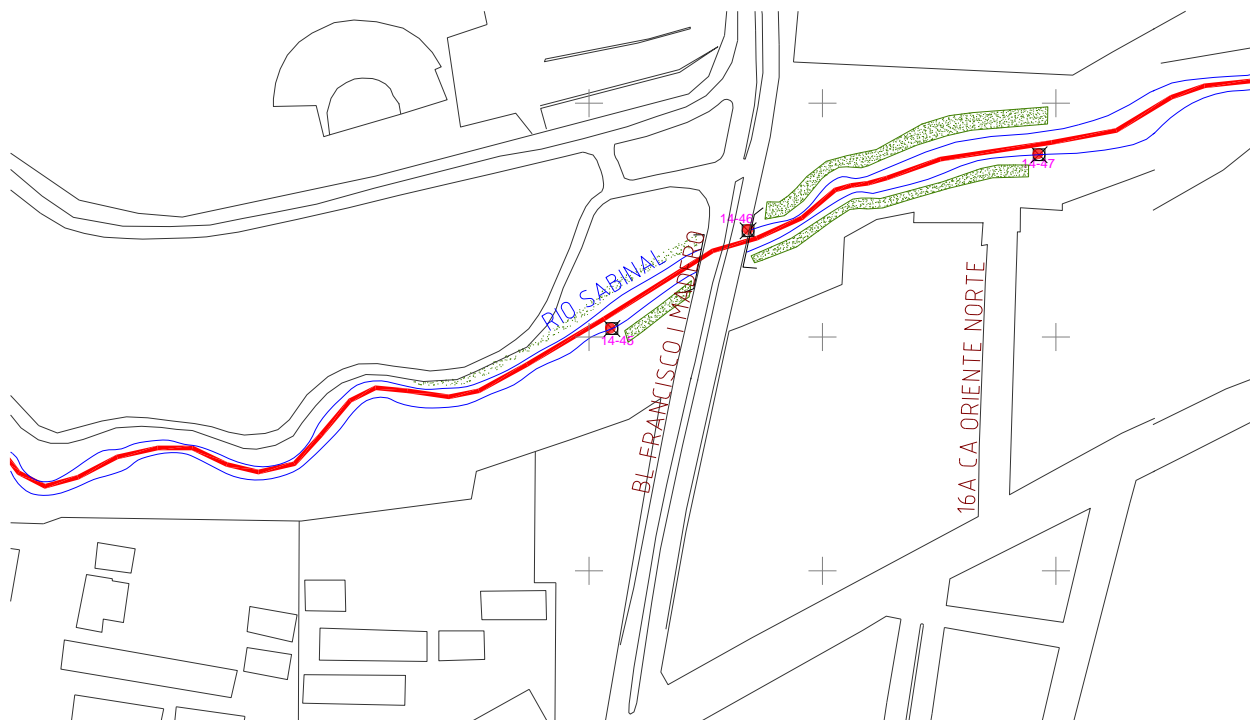


Figura 33. Localización de descargas 14-47.



Figura 34. Descargas identificadas en el plano 14.

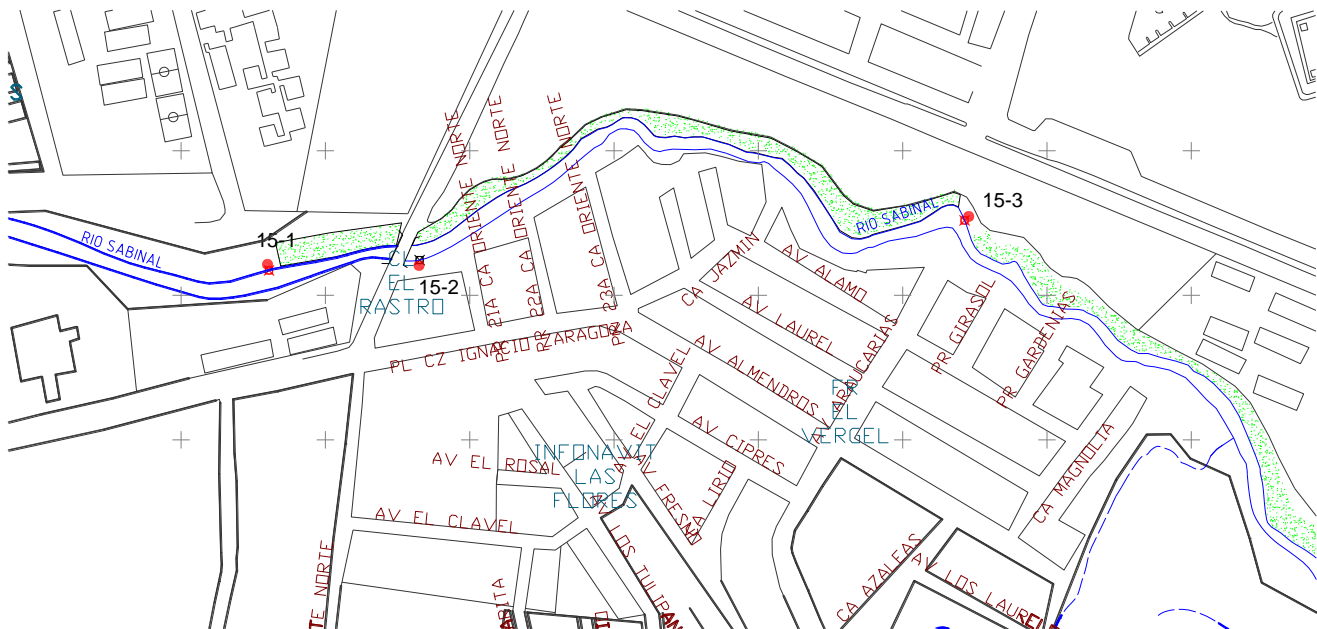


Figura 35. Localización de las descargas 15-1 y 15-3.



Figura 36. Descargas 15-1 y 15-3.

De la Figura 20 a la Figura 36 buscan ilustrar cada una de las descargas detectadas en la zona urbana del río Sabinal. Para cada una de estas descargas se propone y evaluó alternativas de encauzamiento y tratamiento local, a fin de evitar que el agua residual siga vertiendo al río.

Es preciso destacar que las soluciones analizadas son a corto plazo y buscan remediar de manera inmediata el esto del río. No son sustitutas de la única solución de impacto que es evitar que se hagan descargas al los afluentes o embovedados que vierten al río. Lo que se logrará con un programa fuerte de regularización de conexiones sanitarias en la ciudad, mismo que deberá estar acompañado

de de un programa de rehabilitación y sustitución de las tuberías de drenaje existentes. Con ello se evitará que el agua residual no llegue a su destino final que es las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Fraccionamiento del bosque hasta colonia evolución política mexicana

La parte final del río Sabinal, tras su paso por el parque Madero y hasta el final de la mancha urbana, sufre de aportaciones de agua residual provenientes de los colectores marginales que conducen el agua a la planta de tratamiento de aguas residuales de Paso Limón y directamente de los predios colindantes con el margen del río y que carecen de infraestructura de recolección de aguas residuales.

La Tabla 3 contiene fotografías que buscan ilustrar la situación generalizada de las descargas localizadas en la zona de referencia. Como se mencionó previamente, estas descargas son originadas, en primera instancia, por falta de mantenimiento o deficiencias operativas de la infraestructura existente. Para la remediación de dichas fallas no se requiere de infraestructura adicional, sino de que el SMAPA repare las fallas que original el desbordamiento de los colectores, además de la elaboración y seguimiento de los programas de mantenimiento existentes para este fin.

En relación a las dos colonias ubicadas al final de cauce del río Sabina, Patria Nueva y política mexicana, es necesario destacar que al momento de realizar el levantamiento se pudo observar la construcción de un colector marginal para la recolección de las aguas residuales producidas por estas colonias. Se recomienda verificar el diseño y en particular el dimensionamiento de los colectores que se construyen pues aparentemente son de capacidad reducida, 4 pulgadas, dadas las condiciones de descarga observadas para la región de cobertura. Lo anterior se puede observar en las dos últimas fotografías incluidas en la Tabla 3.

Tabla 3. Situación de las descargas del fraccionamiento del bosque y hasta la colonia política mexicana.



Problemática general en el río Sabinal

La problemática general del río Sabinal, de acuerdo a la Figura 37, se puede describir como un río que en su nacimiento y hasta el punto denominado como Rochester no recibe descargas fuertes de aguas residuales. Que en su confluencia con el río Bochil, en Rochester, se contamina dada la alta aportación de aguas residuales conducidas por el río Bochil, todo esto en el municipio de Berriozabal.

Que de Rochester y hasta su llegada a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, la totalidad del agua conducida por el río se infiltra, dado que en el punto justo detrás del club de golf, no escurre agua por el río.

Es en Terán donde se inicia nuevamente la conducción de agua por el río, parte por la diferencia de niveles y por otro lado por las aportaciones que recibe de la colonia Terán. Se logra apreciar incidencia de descargas domiciliarias y afluentes, sin embargo el aspecto de la calidad del agua no es grave, tanto aparente como de acuerdo a los índices obtenidos. La situación de las descargas existentes, por no considerarse grave y dado que existe infraestructura de recolección de aguas residuales, se sugiere se incorpore a las redes de drenaje existentes, ver anexo de fichas del levantamiento de descargas.

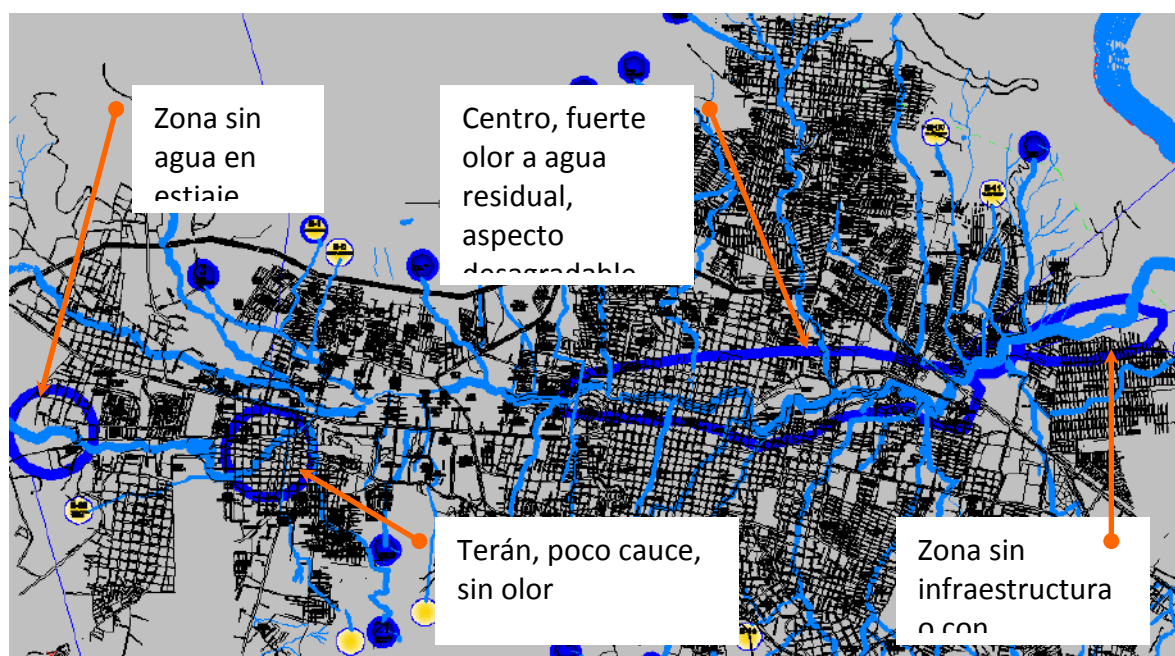


Figura 37. Situación del río Sabinal con base en el levantamiento de descargas y embovedados.

La zona que le sigue, correspondiente al centro de la ciudad a partir de la calle 16 poniente y hasta el fraccionamiento del bosque, se considera la zona de gravedad, dadas las 15 aportaciones de aguas residuales identificadas y catalogadas como graves. Para esta zona se proponen, como medida inicial, la construcción de cárcamos de rebombeo que permitan la incorporación de las aguas residuales a la infraestructura de recolección. Para ello se supone que la capacidad de los colectores existentes está calculada con base en la población de la zona, misma que no se ha incrementado por ser esta la zona más antigua de la ciudad.

Finalmente queda la zona en la que la operación de la infraestructura es deficiente, esta comprende las regiones correspondientes a la colonia Patria Nueva y Política Mexicana, en las cuales no existe infraestructura de drenaje para los predios que colindan con el río Sabinal, lado norte. El total de

predios en estas circunstancias descarga mediante tuberías de PVC directamente al río. Son muchas y de magnitud considerable las descargas bajo estas condiciones.

Afortunadamente, el municipio lleva a cabo acciones de construcción de colectores para transportar esta agua a la planta de tratamiento Paso Limón. Los colectores en ejecución son de diámetro reducido, 4 pulgadas, es recomendable verificar si su capacidad esta acorde a las necesidades actuales, más las necesidades proyectadas de la zona, misma que esta en crecimiento.

De esta forma queda definida la problemática general del río Sabinal relativa a las descargas de aguas residuales

Especificación de acciones de remediación

DESCRIPCIÓN GENERAL.

Este capítulo trata exclusivamente del pluviales y residuales (negras), cuando éstas no pueden incorporarse por gravedad a una red de distribución de agua potable o de alcantarillado pluvial y/o sanitario del sistema Intermunicipal; o en su caso, a la planta de Tratamiento respectiva, o hacia algún punto de descarga determinada.

CONSIDERACIONES BÁSICAS DE PROYECTO.

Gastos de Bombeo.

La estación de bombeo trabajará con un gasto máximo igual al del día de máximo consumo y se deberán considerar capacidades de bombas para los gastos mínimo y menores que el máximo, mientras que se llega al periodo de diseño. El periodo de diseño para las estructuras civiles deberá ser el máximo posible dentro de las limitaciones de financiamiento eligiéndose un mínimo de 20 años. En cambio los equipos de bombeo pueden ir aumentándose a medida que lo requieran las necesidades.

Cargas de Bombeo.

Deberá obtenerse y analizarse la información relacionada con la Carga Dinámica Total (CDT): alturas de succión y descarga y alturas totales, estáticas y dinámicas, que se tendrán bajo las diferentes condiciones de bombeo.

Requisitos de Potencia (teórica).

Los requisitos de potencia son el producto de los gastos y altura de bombeo, considerando la eficiencia de los equipos. La fórmula principal para estimar la potencia teórica necesaria para los motores, es la siguiente:

$$Pot (HP) = QH / K\eta$$

Donde:

HP = Potencia necesaria (en caballos).

Q = Gasto, en litros por segundo, o galones por minuto.

H = Carga dinámica total, en metros columna de agua (mca) o en pies.

K = Coeficiente de conversión: 76 para Sistema Métrico, 3960 para Sistema Inglés.

η = Eficiencia del equipo de bombeo:

Bombas chicas $\frac{3}{4}$ " a 2" de succión = 30 – 50%.

Bombas medianas 2" a 6" de succión = 50 – 75%.

Bombas grandes 6" o mayores = 75 – 80%..

Localización.

Para la ubicación de esta estructura hidráulica, deberá considerarse lo siguiente :

Topografía.

Geotecnia (mecánica de suelos).

Comunicaciones y accesos.

Alimentación eléctrica, en baja y alta tensión.

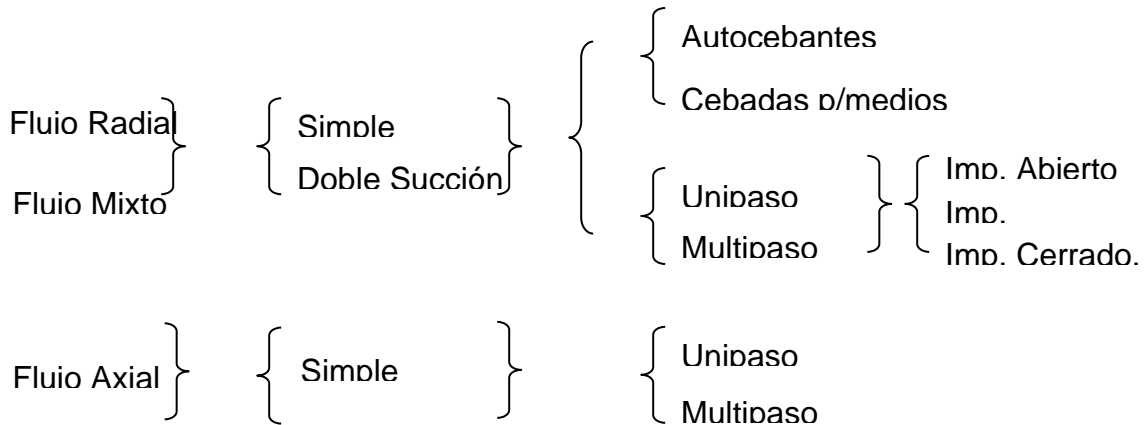
Terreno disponible.

Tipo de Energía a Utilizar en el Bombeo.

Si se selecciona energía eléctrica, deberá conocerse : el ciclaje, fases, voltaje, limitaciones de carga, demanda máxima permisible y demandas ordinarias, factor de potencia y costos entre otras variables.

Tipo y Números de Bombas.

Los diferentes tipos de bombas que existen en la industria, son de características tan variadas que rebasan, con mucho, los alcances del presente documento, por lo que a continuación se presenta su clasificación, considerando únicamente las de mayor utilización, en los sectores de agua potable, aguas negras y pluviales que son de tipo centrífuga.



Clasificación de las bombas por el tipo de succión.

Las Bombas, de acuerdo con su tipo de succión, se pueden clasificar en :

- Simple Succión.
- Doble Succión.

Clasificación de las bombas por su dirección de flujo.

- Bombas de Flujo Radial.
- Bombas de Flujo Axial.
- Bombas de Flujo Mixto.

Clasificación de las bombas por la posición de su flecha.

- Bombas horizontales.
- Bombas verticales.
- Bombas con motor sumergido.

Para la selección de cada tipo de bomba, deberán tomarse en cuenta los siguientes factores:

- Succión
- Numero de pasos.
- Tipo de impulsores.
- Curvas características.
- Velocidad.
- Sumergencia, carga neta positiva de succión (NPSH), y

Estudio de cavitación si fuera necesario.

El número de bombas a instalar dependerá del gasto, sus variaciones y seguridad del sistema, con un mínimo de dos bombas para el 100% del gasto de proyecto cada una. Inclusive en sistemas de abastecimiento para grandes poblaciones se aconseja tener un equipo de bombeo para manejar el 200% del gasto de diseño de la estación. Este valor puede reducirse pero en general es conveniente un valor mínimo de 150%, con tres bombas, cada una para el 50% del gasto de diseño.

Características del Cárcamo de Bombeo.

Pueden ser de una sola cámara o de dos; alturas de succión; accesos.

Tabla 4. Valores para la succión máxima a considerar en el proyecto.

SUCCIÓN MÁXIMA A DIFERENTES ALTITUDES			
Altura sobre el nivel del mar	Presión barométrica, Kg/cm ²	Altura equivalente m de agua	Succión máxima disponible de las bombas m.
0	1.033	10.33	7.60
400	0.966	9.86	7.30
800	0.938	9.38	7.00
1200	0.890	8.90	6.40
1600	0.845	8.45	6.10
2000	0.804	8.04	5.80
2400	0.765	7.65	5.50
3200	0.695	6.95	5.20

Diseño de los Cárcamos.

Se deberán considerar: Capacidad, dimensiones, controles, acceso, limpieza, drenaje, demasías, iluminación y ventilación.

Motores Eléctricos.

Considerar: Tipo, velocidad, voltaje potencia y sobrecarga, reguladores de velocidad, corriente de arranque y operación, eficiencias con carga y sin carga.

Subestación Eléctrica.

Considerar: Tipo, capacidad, dimensiones, tableros y contactos.

Tuberías, Válvulas y Accesorios.

Consideración general a la economía. Accesibilidad para reparaciones y operación. Pendientes, apoyos, atraques, desfuegos, amortiguadores de golpe de ariete, protección contra corrosión y cargas externas. Operación de las válvulas.

Edificios Complementarios.

Servicios, talleres, almacén, vigilancia.

Automatización.

Control de niveles, máximo y mínimo, influente, medición, etc.

CLASIFICACION Y TIPOS DE ESTACIONES DE BOMBEO.

Clasificación.

Se acostumbra clasificar las estaciones de bombeo en primarias y secundarias.

Las estaciones primarias toman el agua de alguna fuente de abastecimiento o de algún cárcamo, y la elevan a otro almacenamiento, al tratamiento, a la red directamente o a una combinación de ellas.

Las estaciones secundarias mejoran las condiciones de una primaria incrementando presión o gasto, pero con la alimentación de una estación primaria.

Tipos Básicos.

Las **estaciones primarias** pueden construirse básicamente de dos tipos :

- a) Estaciones de dos cámaras, y
- b) Estaciones de una cámara.

Estaciones de dos cámaras. Se consideran dos cámaras o cárcamos. En uno se tendrá la entrada del agua y un depósito que sirva para conectar la succión; en el otro, que se denomina **cámara seca**, se colocan los equipos de bombeo. La primera cámara puede no existir como tal, sino que puede ser simplemente una fuente natural.

Estaciones de una cámara. Generalmente se usan para bombas de eje vertical o sumergibles y consisten de una sola cámara donde se tiene la entrada del agua, el almacenamiento necesario y los equipos de bombeo, antes mencionados.

Dimensiones de las Cámaras Secas.

Las **cámaras secas** se dimensionarán de acuerdo con el número y dimensión de las unidades de bombeo a instalarse. Sin embargo, deberá considerarse el espacio para lo siguiente :

Válvulas y accesorios.

Controles eléctricos.

Amortiguadores de golpe de ariete.

Apoyos y atraques.

El múltiple a construirse adentro o fuera del cárcamo.

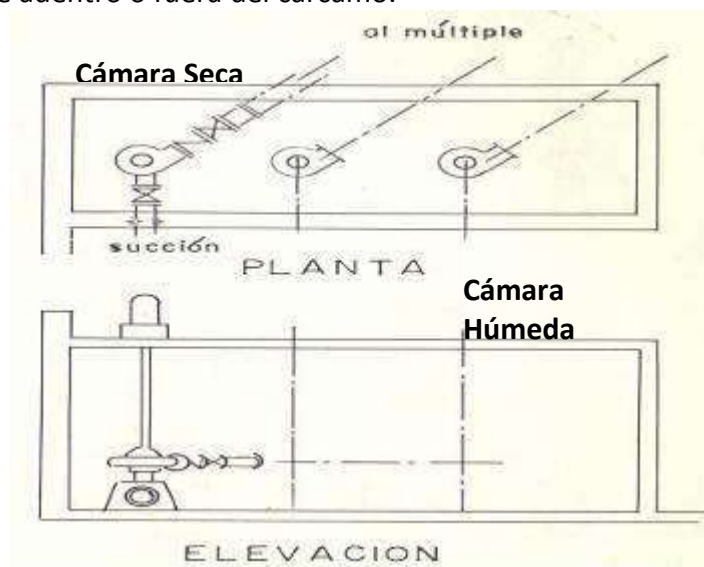


Figura 38. Estación de bombeo con bombas verticales en dos cámaras.

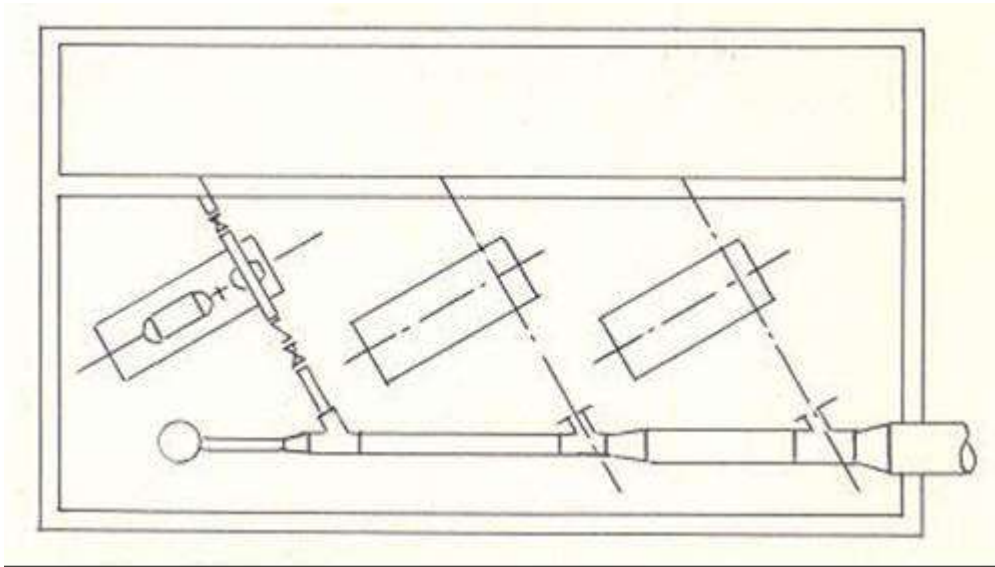


Figura 39. Estación de bombeo con bombas horizontales en dos cámaras (generalmente con cargas de succión).

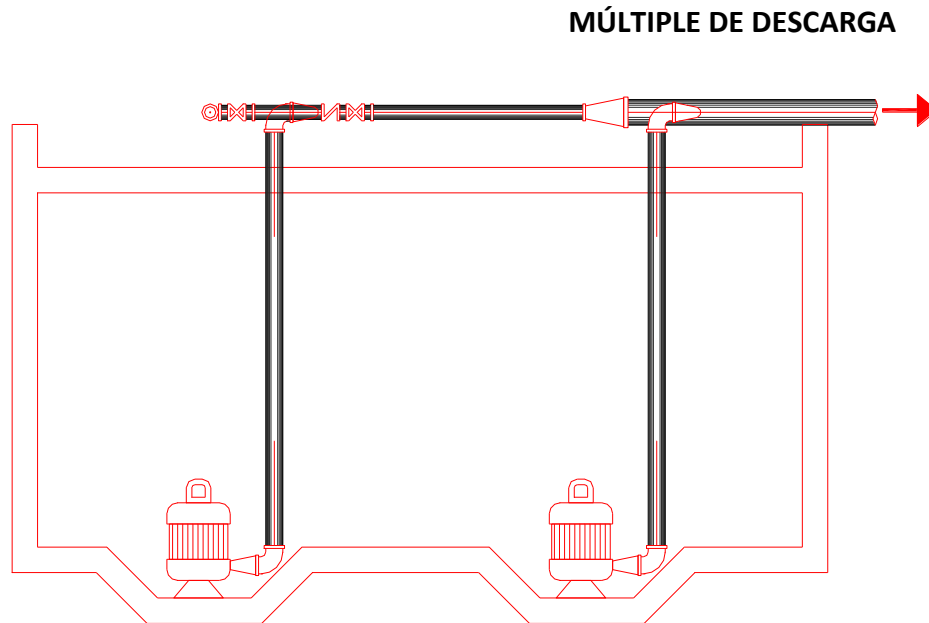


Figura 40. Estación de bombeo con bombas sumergibles.

Las unidades se colocaran de modo que ocupen el mínimo espacio y debe considerarse la circulación entre unidades y el tamaño de las bases.

Las **cámaras de succión (pozo húmedo)** en estaciones de dos cámaras se dimensionaran según se tenga una instalación con carga de succión o altura de succión.

Con Carga de Succión:

Se debe considerar una altura mínima del agua de 1m sobre el eje de las bombas para asegurar que siempre estarán cebadas. En caso de bombas muy grandes, debe considerarse un mínimo de 0.50m por sobre la parte mas alta de la carcasa de la bomba.

La longitud será la misma que la de la cámara seca.

Podrán quedar ambas cámaras adosadas con un muro común o separado, dependiendo esto primordialmente del comportamiento del suelo.

El ancho será el mismo para asegurar un volumen que permita absorber fluctuaciones entre entradas y salidas del tal manera que las bombas no paren y arranquen con frecuencia. Un mínimo de 15 minutos puede considerarse aceptable aun cuando deberá tenderse a valores mayores.

Con Altura de Succión :

El nivel mínimo del agua en la cámara de succión se considerara en atención a:

La carga neta positiva de succión para evitar cavitación, vibraciones y reducción en la capacidad y eficiencia.

La altura mínima sobre la boca se succión para evitar la entrada del aire (valor común: más de 0.50m dependiendo del diámetro de la boca).

La longitud y el ancho se consideraran igualmente que en el caso anterior.

Las cámaras para bombas de eje vertical se dimensionarán de acuerdo con : las dimensiones de lo equipos; el volumen de compensación, y la altura mínima del agua para tener la sumergencia adecuada (*dato del fabricante*).

La distancia entre el fondo del cárcamo y la campana de succión deberá ser como se indica en la .

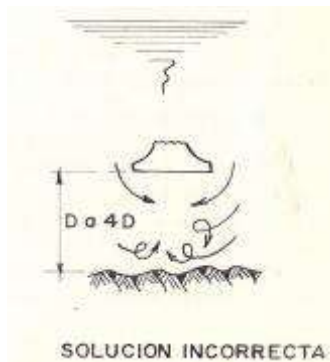


Figura 41. 4 Turbulencia debida a la succión.

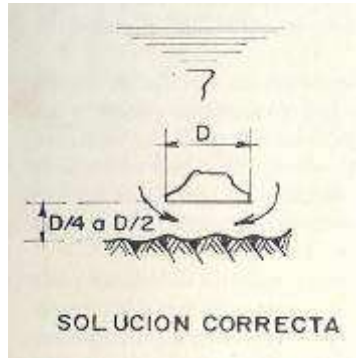


Figura 42. Distancia del fondo del cárcamo a la campana de succión.

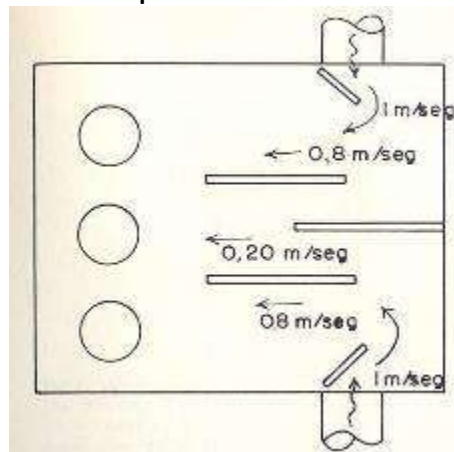


Figura 43. Solución con mamparas para reducir turbulencia.

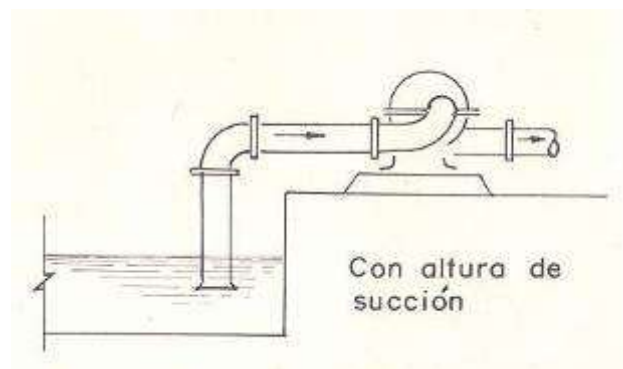


Figura 44. Con carga de succión.

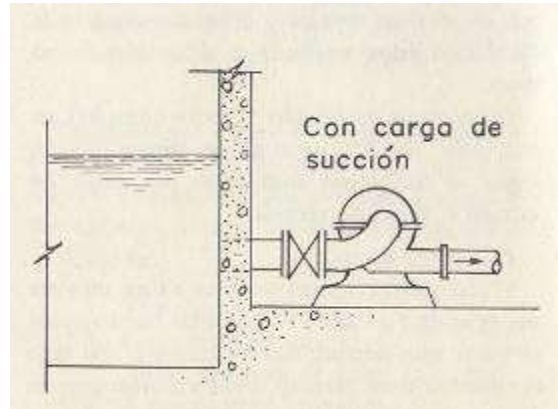


Figura 45. Con altura de succión.

Planteamiento de la Instalación.

El fabricante del equipo de bombeo deberá proporcionar todos los datos necesarios para poder plantear correctamente la instalación. Sin embargo, pueden hacerse anteproyectos de la estación utilizando catálogos o usando los datos de una bomba semejante a la que se pretenda instalar.

Una vez conocidas las características del equipo que se adquirirá, pueden hacerse los ajustes necesarios.

Una instalación puede estar incorrecta cuando afecta:

El consumo de potencia debido a pérdidas por fricción, alta carga de velocidad y otras pérdidas, sin afectar directamente la eficiencia de la bomba.

La eficiencia de la bomba debido a pérdidas hidráulicas, turbulencia, vortices y/o entrada de aire en la succión.

Dimensionamiento de la Cámara Húmeda.

El dimensionamiento de un cárcamo depende del tipo de que se trate. En un **cárcamo de flujo constante** no es importante el volumen del mismo, aunque se deben guardar ciertas dimensiones geométricas (que son las que definen su volumen), ya que las cámaras no retienen ni regulan el gasto, puesto que el agua que entra es evacuada por las bombas inmediatamente. En un **cárcamo de tipo**

intermitente es muy importante el volumen que se retiene en la o cámaras de bombeo. Sin embargo, el dimensionamiento geométrico para un gasto normal de operación es el mismo para ambos tipos.

En el caso de las aguas negras, la retención de éstas en un cárcamo por un tiempo mayor de un cierto límite, generalmente produce condiciones sépticas que ocasionan olores desagradables. Este es un problema especialmente en climas cálidos. Se ha sugerido en tiempo máximo de retención de 30 minutos.

Por otro lado, es conveniente diseñar un cárcamo cuyo volumen sea el mínimo posible, pero compatible con las condiciones adecuadas de operación.

Esto plantea la necesidad de establecer una relación conveniente entre dicho volumen, los caudales, el requisito de tiempo de retención, las características del equipo de bombeo y el programa de operación (tiempos de arranque y parada) de dicho equipo.

La duración mínima de un ciclo de bombeo se presenta cuando el caudal de entrada es exactamente igual a la mitad de la capacidad de la bomba; en estas condiciones la duración del tiempo en que está encendida la bomba es igual al tiempo en que permanece apagada. Si el caudal es mayor la bomba permanecerá encendida por más tiempo y viceversa; en ambos casos, la duración del ciclo es mayor que el mínimo.

Para bombas y motores grandes, T (duración mínima de un ciclo de bombeo en minutos) no debe ser menor que 20 minutos. Para bombas menores, T puede ser reducido a 10 minutos, aunque lo recomendable es 15 minutos. Si esto conduce a un volumen excesivo de una estación de bombeo pequeña que tiene dos bombas idénticas, una de las cuales es de reserva, se puede reducir a la mitad el volumen del cárcamo operando las bombas en forma alternada, ya que esto ocasiona que el valor de T para el cárcamo sea la mitad del valor efectivo de T para el equipo.

En lo que se refiere a la capacidad de los equipos de bombeo, es conveniente asignar 2 equipos para cada capacidad (las bombas menores, serían destinadas a los caudales cercanos al mínimo) y operarlos alternadamente.

La determinación del volumen del cárcamo se hace en función de los tiempos de duración del ciclo de operación y de las capacidades de los equipos de bombeo.

Alternativas para calcular el volumen del cárcamo.

Análisis del diseño de un sistema de bombeo, que trabaja parando, la ó las bomba(s) a nivel mínimo y arrancando cuando el agua alcanza el nivel máximo. Los valores límites que deben observarse son:

Variable	Valor Límite	Observaciones
tp (min). Tiempo de paro en flujo mínimo	30 minutos	Se requiere evitar sedimentación excesiva y septicidad.
Tf (min). Tiempo de funcionamiento en flujo mínimo.	3 a 5 minutos	
K Número de ciclos por hora en flujo máximo	12 ciclos/hr	Se requiere evitar un número excesivo de arranques al motor.

Recomendaciones para una correcta instalación del equipo.

El fabricante deberá proporcionar todos los datos necesarios para poder planear correctamente la instalación. Sin embargo, pueden hacerse anteproyectos de la estación utilizando catálogos o usando los datos de una bomba semejante a la que se pretenda instalar. Una vez conocidas las características del equipo que se adquirirá. Pueden hacerse los ajustes necesarios.

Es común que se de mayor importancia a la elección de la bomba y equipos de cebado sin consideración debida a la importancia de las tuberías y accesorios, lo que puede afectar la eficiencia de la estación. Por consiguiente, deberá tomarse en cuenta lo mostrado en el siguiente dibujo y lo descrito en el inciso 3.9.

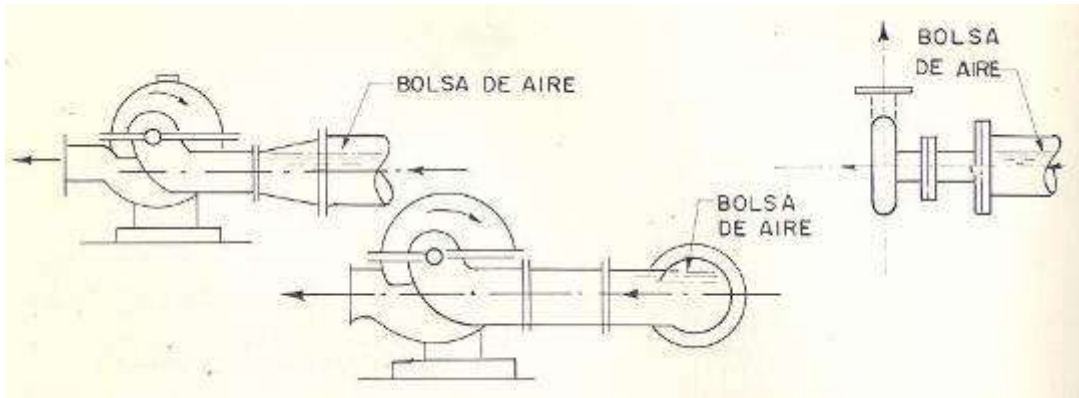


Figura 46. Instalación incorrecta de Tuberías. Reglas generales a considerar

Nunca deberán usarse tuberías de diámetro menor que los diámetros de succión y descarga de la bomba, de preferencia mayores.

El diámetro de la tubería de succión será igual o mayor que el diámetro de la tubería de descarga.

Úsense reducciones excéntricas en la succión para evitar la formación de bolsas de aire. La Figura 41 y la Figura 42 ilustran la instalación incorrecta y correcta, respectivamente.

Los aumentos y reducciones en la descarga y succión deberán graduales para que aseguren un escurrimiento eficiente y ahorro de energía.

Deben instalarse las tuberías de succión y descarga lo más directamente posible y con un mínimo de codos y otras piezas especiales.

La tubería de succión deberá ser colocada exactamente horizontal o con pendiente uniforme hacia arriba del cárcamo de succión hacia la bomba.

Nunca debe ponerse un codo en un plano horizontal directamente en la brida de descarga de la bomba. Entre el codo y la brida de succión úsese un tramo recto de por lo menos 4 a 6 veces el diámetro del tubo. Las figuras 13.10 13.11 muestran instalaciones incorrecta y correcta, respectivamente.

Un codo en las circunstancias desfavorables señaladas causa empuje desigual y pérdidas hidráulicas. Esto se debe a un mejor llenado de un lado de la cámara de succión y ojo del impulsor que en el otro.

Siempre que sea posible, la reducción en la succión y el aumento en la descarga deberán instalarse directamente a las bridas de la bomba. Esto producirá las pérdidas hidráulicas que puedan afectar la eficiencia de la bomba. Esto producirá mejor conversión de la velocidad y reducirá las pérdidas

hidráulicas que puedan causar válvulas o codos conectados directamente y que puedan afectar la eficiencia de la bomba.

Selecciónense tuberías, válvulas y piezas especiales de un tamaño tal que resulte económica la instalación.

En general, se puede decir que los diámetros pequeños aumentan el costo de bombeo, pero el costo inicial es menor; los diámetros grandes reducen el costo de bombeo, pero el costo inicial es grande.

Las instalaciones con codos verticales pueden hacerse como se indica en las figuras siguientes :

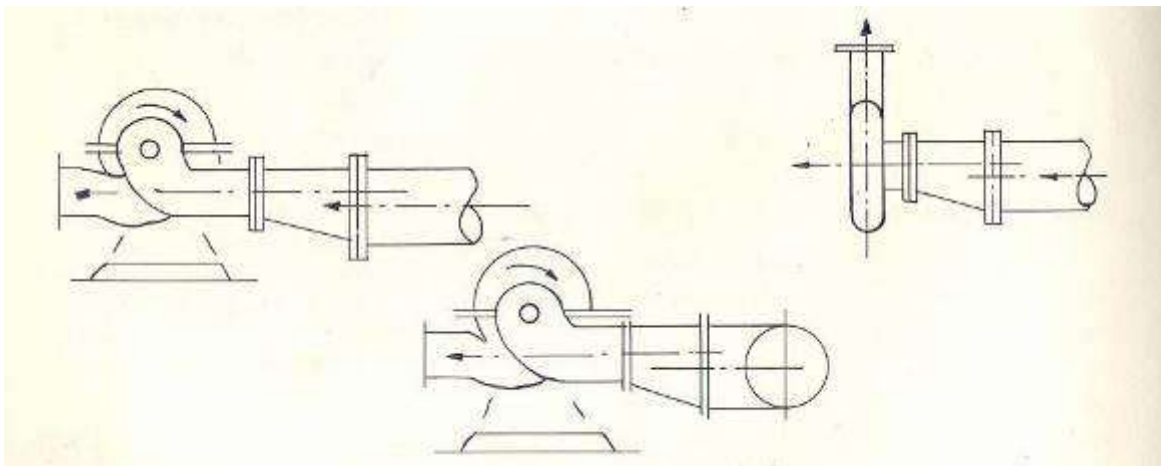


Figura 47. Instalación correcta de tuberías.

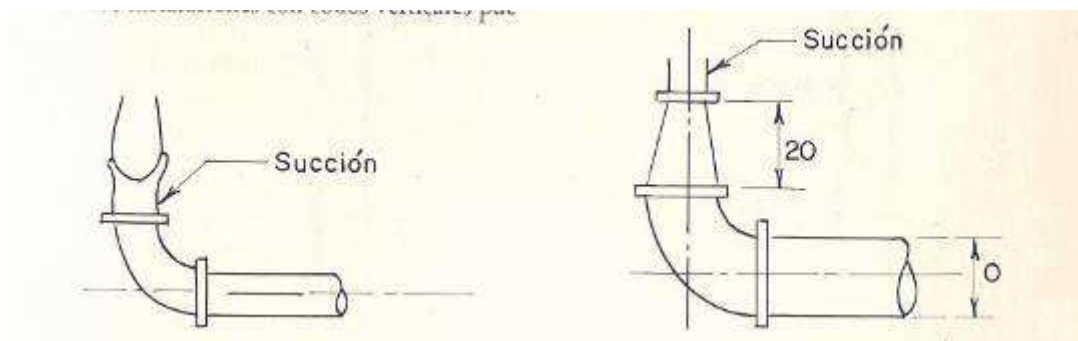


Figura 48. Instalación incorrecta (izquierda) y correcta (derecha) de codo horizontal.

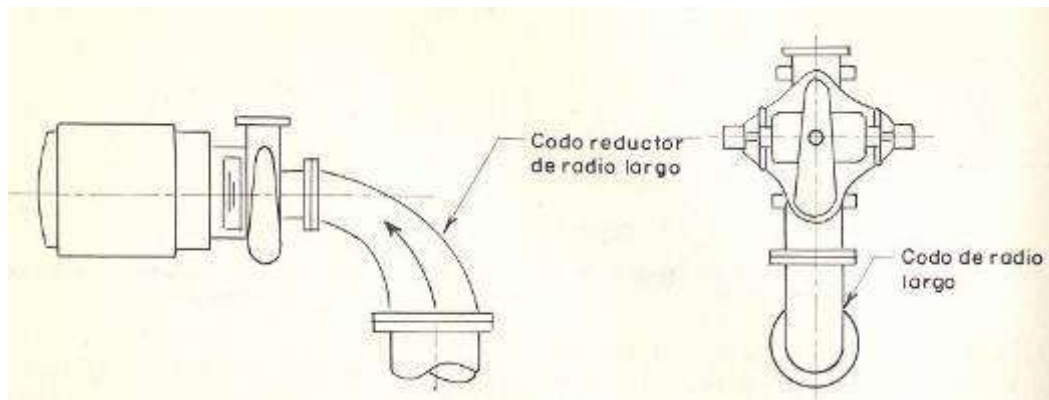


Figura 49. Instalación recomendada de codo vertical (izquierda) y no recomendada pero permisible (derecha).

Requisitos en la succión.

Asegúrese que la presión absoluta sea mayor que la presión de vapor de agua.

Siempre que sea posible evítense las instalaciones con altura de succión. Cuando se tenga que hacer así, se deberá hacer el estudio de la altura de succión permisible.

Requisitos en la descarga.

Deberá instalarse una válvula de seccionamiento y una de retención junto a la bomba.

Colóquense la válvula de retención entre la bomba y la válvula de seccionamiento y después del aumento.

La válvula de retención protegerá la bomba contra sobre presiones durante un golpe de ariete si se usa válvula de pie, y contra rotación contraria si no se usa válvula de pie.

La válvula de seccionamiento puede usarse para controlar el gasto de la bomba.

Los aumentos en la descarga son concéntricos.

Las conexiones al múltiple de descarga deberán ser similares a las que se recomiendan en el inciso anterior, considerándose obviamente el escurrimiento en sentido contrario.

En muchas ocasiones es necesario mantener el nivel en el cárcamo de succión. Si las salidas son mayores que las entradas podrán tenerse arranques y paradas frecuentes. Esto podría eliminarse con

el uso de una derivación o paso lateral, conectando el múltiple de descarga con el cárcamo de succión intercalando una válvula de seccionamiento.

Materiales.

En general, las válvulas son de fierro fundido y requieren conexión con bridas.

Las piezas especiales pueden ser de acero, fierro fundido o fierro negro.

En general, se recomienda que los múltiples sean de acero con piezas soldadas. Los múltiples de fierro fundido usados con conexiones con bridas pueden requerir la función de muchas piezas que no sean de fabricación estándar.

Las líneas de succión y descarga pueden ser de acero, fierro fundido y fierro negro.

Accesorios.

Juntas flexibles. En general, se usan juntas Gibault para conectar tuberías de fierro fundido y asbesto-cemento y juntas Dresser para tuberías de acero.

Atraques. Las tuberías deberán atracarse perfectamente y se deberá hacer el cálculo de la fuerza que actuará en ellas para lograr un diseño adecuado.

Provéanse las conexiones para el dispositivo amortiguador del golpe de ariete.

En las líneas de descarga habrá que colocar válvulas de entrada y alivio de aire en las crestas para evitar vacíos por rotura de la columna de agua y para eliminar aire acumulado.

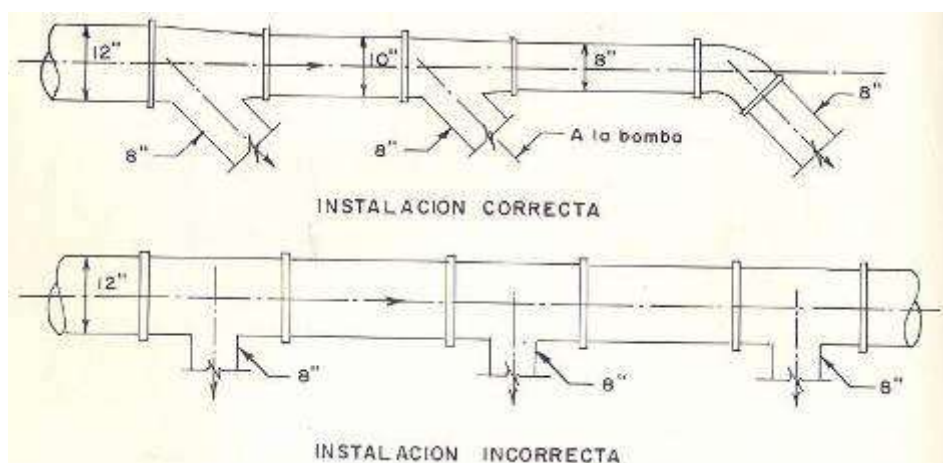


Figura 50. Instalación de descarga mediante múltiple.

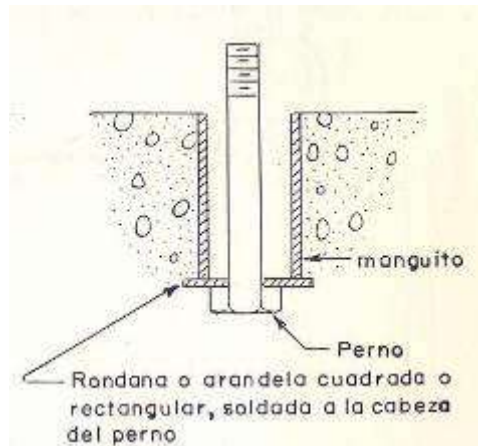


Figura 51. Método recomendado para instalación de pernos de anclaje.

Consideraciones adicionales.

Las bombas en instalaciones interiores se colocarán en lugares limpios, secos e iluminados.

En instalaciones exteriores, lo importante es la elección apropiada del motor (a prueba de goteo, a prueba de polvo o ambas).

Se proporcionará suficiente espacio para que, en un caso dado, se pueda desarmar la bomba.

Para bombas grandes con carcasas y rotores pesados deberá preverse una grúa viajera o facilidades para colocar un polipasto.

En estaciones interiores conviene tener un buen sistema de drenaje o un sumidero con bomba de achique.

Las bases para apoyar bombas centrífugas operadas con motores eléctricos no requieren un análisis dinámico como sería el caso de apoyar bombas recíprocas, o bombas centrífugas operadas con motores de combustión.

Para el caso más común, como bombas con motores eléctricos, las bases son cualquier estructura suficientemente pesada para proporcionar un soporte rígido al área total de la placa de apoyo y absorber cualquier esfuerzo y vibración normales.

Las bases de concreto semienterradas son las más satisfactorias. Las dimensiones dependerán del tamaño del equipo y de las características del suelo.

El fabricante proporcionará los dibujos necesarios para la localización de los pernos de anclaje.

Protección sanitaria de la calidad del agua.

Cuando se usa una estación de dos cámaras, deberán tomarse las precauciones necesarias para que la cámara de succión sea perfectamente impermeable y esté protegida contra: a) inundaciones; b) posible contacto del agua con objetos, personas o animales, y c) entrada del agua pluvial. Para ello, los registros y ventilas deberán diseñarse adecuadamente; asimismo, se tomarán las precauciones debidas a fin de que el sitio de localización tenga un drenaje adecuado.

Edificios.

La arquitectura y el acceso de una estación de bombeo deben ser atractivos y la operación no debe causar molestias a la vecindad. Deberá tenderse siempre hacia la construcción de estaciones estéticas, interior y exteriormente, con acceso libre al público.

Los materiales de muros, pisos, etc., deberán requerir poco mantenimiento (vitricotas, losetas de granito o vinílicas, etc.).

La ventilación e iluminación, tanto natural como artificial, son especialmente importantes. Deberá pensarse en posibles modificaciones y expansiones.

Las estaciones situadas en áreas residenciales deberán, de preferencia, ser subterráneas y muy silenciosas. Si no es posible, la arquitectura deberá armonizar con la zona circundante.

El problema puede también resolverse con el uso de bombas sumergibles.

Otros factores que influyen en el diseño son:

Existencia de taller, almacén, oficinas, baños, etc.

La localización interior o exterior de la subestación.

La localización de los tableros de control.

Las facilidades para mover los equipos.

La adecuada localización de los drenajes para evitar la contaminación del agua.

Ejemplo de cálculo:

$$Q_{\max} \text{ (aguas negras)} = 60 \text{ lps}$$

$$Q_{\min} \text{ (aguas negras)} = 15 \text{ lps}$$

Se asume:

$$T_f = 5 \text{ min}$$

$$\text{Caudal de bombeo} = Q_B = m Q_{\max} ; m > 1 ; m = \frac{Q_{\max} + Q_{\min}}{Q_{\max}}$$

$$Q_B = 1.25 (60 \text{ lps})$$

$$Q_B = 75 \text{ lps}$$

Se procede a calcular las otras variables del problema:

$$Q_{\min} = \eta Q_{\max} ; \eta < 1$$

$$\eta = \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}}$$

$$\eta = \frac{15 \text{ lps}}{60 \text{ lps}}$$

$$\eta = 0.25$$

$$tF(\text{min}) = \frac{tP(\text{min}) \eta}{m - \eta}$$

$$5 \text{ minutos} = \frac{tP(\text{min}) 0.25}{1.25 - 0.25} \text{ de donde:}$$

$$tP(\text{min}) = \frac{tF(\text{min}) / \eta}{m - \eta}$$

$$tP(\text{min}) = \frac{5 \text{ min} / 0.25}{1.25 - 0.25} = \frac{20 \text{ min}}{1} = 20 \text{ min}$$

Vol = Volumen del cárcamo

$$\text{Vol} = tP(\text{min}) * Q_{\text{min}}$$

$$\text{Vol} = 20 \text{ min} * 15 \text{ lps} * 60 \text{ seg}$$

$$\text{Vol} = 20 \text{ minutos} * 900 \text{ LPM}$$

$$\text{Vol} = 18,000 \text{ litros}$$

$$\text{Vol} = 18 \text{ m}^3$$

$t_c(\text{min})$ = Tiempo del ciclo en flujo mínimo

$$t_c(\text{min}) = tF(\text{min}) + tP(\text{min})$$

$$t_c(\text{min}) = 5 \text{ minutos} + 20 \text{ minutos}$$

$$t_c(\text{min}) = 25 \text{ minutos}$$

$$\text{Número de ciclos en flujo mínimo} = 60 \text{ minutos} / 25 \text{ minutos} = 2.4 \text{ ciclos/hora}$$

$tP(\text{max})$ = Tiempo de paro en flujo máximo

$$tP(\text{max}) = tP(\text{min}) * \eta$$

$$tP(\text{max}) = 20 \text{ minutos} (0.25)$$

$$tP(\text{max}) = 5 \text{ min}$$

$tF(\text{max})$ = tiempo de funcionamiento en flujo máximo

$$tF(\text{max}) = tP(\text{max}) / m - 1$$

$$tF(\text{max}) = 5 \text{ minutos} / 1.25 - 1$$

$$tF(\text{max}) = 20 \text{ minutos}$$

K = No. ciclos / Hora en flujo máximo

$$K = \frac{60(m-1)}{mtP(\text{max})}$$

$$K = \frac{60(1.25-1)}{1.25(5 \text{ min})}$$

$$K = \frac{15}{6.25}$$

$$K = 2.4 \text{ ciclos/hora}$$

$V = tP(\text{max}) Q_{\text{max}}$

$$V = 5 \text{ minutos} (60 \text{ lps} * 60 \text{ seg})$$

$$V = 5 \text{ minutos} (3,600 \text{ LPM})$$

$$V = 18,000 \text{ lts.}$$

$$V = 18 \text{ m}^3.$$

NOTA: En general el número de ciclos en flujo máximo es mayor que el número de ciclos en flujo mínimo; los valores numéricos asumidos de las variables produjeron resultados iguales en este ejemplo y siempre que se cumpla la relación:

$$\eta = \frac{m-1}{(m-\eta)}$$

Alternativa No.2.: Para un ciclo mayor a 10 minutos que es lo que recomiendan los fabricantes de bombas.

$$Q_{\max} = 60 \text{ lps}$$

$$Q_{\min} = 15 \text{ lps}$$

De la fórmula:

$$Vol_{teórico} = \frac{600}{\frac{1}{Q_{\max}} + \frac{1}{Q_{\max} - Q_{\min}}}$$

$$Vol_{teórico} = \frac{600}{\frac{1}{0.06} + \frac{1}{0.06 - 0.015}}$$

$$Vol_{teórico} = \frac{600}{16.66 + 22.22}$$

$$Vol_{teórico} = \frac{600}{38.88}$$

$$Vol_{teórico} = 15.43 \text{ m}^3$$

De la fórmula:

$$Vol_{real} = (Q_{\max} \text{ previsto} - Q_{\max}) 600$$

$$Vol_{real} = ((0.06 * 1.5) - 0.06) 600$$

$$Vol_{real} = (0.03) 600$$

$$Vol_{real} = 18 m^3.$$

$$\text{Tiempo llenado } Q_{\min} = \frac{Vol}{Q_{\min}}$$

$$\text{Tiempo llenado } Q_{\min} = \frac{18m^3}{0.015m^3 / seg}$$

$$\text{Tiempo llenado } Q_{\min} = 1,200 \text{ seg} / 60 = 20 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo llenado } Q_{\max} = \frac{Vol}{Q_{\max}}$$

$$\text{Tiempo llenado } Q_{\max} = \frac{18m^3}{0.060m^3 / seg}$$

$$\text{Tiempo llenado } Q_{\max} = 300 \text{ seg} / 60 = 5 \text{ minutos}$$

$$\text{Tiempo de Vaciado} = \frac{Vol}{Q_{\max} - Q_{\min}}$$

$$\text{Tiempo de Vaciado} = \frac{18m^3}{0.060m^3 / seg - 0.015m^3 / seg}$$

$$\text{Tiempo de Vaciado} = \frac{18m^3}{0.045m^3 / seg} = 400 \text{ seg}$$

$$\text{Tiempo de Vaciado o gasto mínimo} = 6.66 \text{ minutos}$$

$$\text{Ciclo} = \text{Tiempo llenado} + \text{Tiempo vaciado}$$

$$\text{Ciclo} = 30 \text{ minutos} + 6.66 \text{ minutos} = 26.66 \text{ minutos}$$

$$\text{Ciclos / Hora} = 60 \text{ minutos} / 26.66 \text{ minutos} = 2.25 \text{ ciclos/hora}$$

Diseño de 15 cárcamos para las descargas identificadas como prioritarias a lo largo del río Sabinal.

La metodología descrita en párrafos anteriores se aplica para el caso de las descargas identificadas como prioritarias, esto con base al análisis de impacto realizado a lo largo del proyecto. Las descargas a que se refiere el párrafo anterior son las mostradas en la Tabla 6, en la que se muestran además los

valores de los datos de diseño requeridos de acuerdo a la metodología planteada y a la valoración de cada una de las descargas en sitio.

Siguiendo la metodología de cálculo plantada se obtiene el volumen requerido para cada uno de los cárcamos determinados. La Tabla 6 ilustra el valor de volumen requerido para el buen funcionamiento del desalojo de las aguas residuales.

Finalmente, determinado el volumen de cada uno de los cárcamos y de acuerdo a la configuración de un cárcamo tipo, como el mostrado en el Plano 01 adjunto, es posible calcular el altura (H) y el diámetro (d) para cada uno de los cárcamos propuestos, tal y como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 5. Cálculo del volumen requerido para cada uno de los 15 cárcamos de bombeo.

N	FICHA	Gasto de agua residual de los embovedados		Tp (tiempo de paro en flujo mínimo)	Tf (tiempo de funcionamiento en flujo mínimo)	K (Numero de ciclos por hora en flujo maximo)	m	Qb (caudal bombeado)	eficiencia (Qmin/Qmax)	Tp (min) (tiempo de paro en flujo mínimo)
		maximo (l/s)	minimo (l/s)	min	min	ciclos/hora				(tf/efic)*(m-efic)
1	FICHA 10-5	3	1.00		30		1.333333333	4	0.333333333	90
2	FICHA 10-7	3	1.00		30		1.333333333	4	0.333333333	90
3	FICHA 10-11	3	1.00		30		1.333333333	4	0.333333333	90
4	FICHA 11-7	30	10.00		30		1.333333333	40	0.333333333	90.000000
5	FICHA 12-46	60	20.00		30		1.333333333	80	0.333333333	90
6	FICHA 13-19	9	3.00		30		1.333333333	12	0.333333333	90
7	FICHA 13-20	3	1.00		30		1.333333333	4	0.333333333	90
8	FICHA 13-45	60	20.00		30		1.333333333	80	0.333333333	90
9	FICHA 13-52	60	20.00		30		1.333333333	80	0.333333333	90
10	FICHA 14-39,40,4	3	1.00		30		1.333333333	4	0.333333333	90
11	FICHA 14-43	3	1.00		30		1.333333333	4	0.333333333	90
12	FICHA 14-47	1.5	0.50		30		1.333333333	2	0.333333333	90
13	FICHA 14-48	1.5	0.50		30		1.333333333	2	0.333333333	90
14	FICHA 15-1	1.5	0.50		30		1.333333333	2	0.333333333	90
15	FICHA 15-3	1	0.50		30		1.5	1.5	0.5	60

Tabla 6. Datos de diseño de los 15 cárcamos de bombeo.

N	FICHA	Tc (tiempo de ciclo de flujo mínimo)	Numero de ciclos en flujo mínimo	Tiempo de paro en flujo maximo (Tp (max))	tiempo de funcionamiento en flujo maximo Tp(max)	no de ciclos / hora (flujo max)	Tf(max)	Vol teorico (l)	Vol real (l)
		Tf+Tp	hr/Tc	Tp(min)*efic	Tp(max)/(m-1)	0(m-1)/mTp(max)	Tf(max)/(1/Qmax+1/(Qn	(Qmax_prev-Qmax)*Tfmax	x
1	FICHA 10-5	120	0.5	30	90	0.5	30.00	2,160.00	2,700
2	FICHA 10-7	120	0.5	30	90	0.5	30.00	2,160.00	2,700
3	FICHA 10-11	120	0.5	30	90	0.5	30.00	2,160.00	2,700
4	FICHA 11-7	120	0.5	30	90	0.5	15.00	10,800.00	13,500
5	FICHA 12-46	120	0.5	30	90	0.5	10.00	14,400.00	18,000
6	FICHA 13-19	120	0.5	30	90	0.5	30.00	6,480.00	8,100
7	FICHA 13-20	120	0.5	30	90	0.5	30.00	2,160.00	2,700
8	FICHA 13-45	120	0.5	30	90	0.5	10.00	14,400.00	18,000
9	FICHA 13-52	120	0.5	30	90	0.5	10.00	14,400.00	18,000
10	FICHA 14-39,40,4	120	0.5	30	90	0.5	30.00	2,160.00	2,700
11	FICHA 14-43	120	0.5	30	90	0.5	30.00	2,160.00	2,700
12	FICHA 14-47	120	0.5	30	90	0.5	30.00	1,080.00	1,350
13	FICHA 14-48	120	0.5	30	90	0.5	30.00	1,080.00	1,350
14	FICHA 15-1	120	0.5	30	90	0.5	30.00	1,080.00	1,350
15	FICHA 15-3	90	0.666666667	30	60	0.666666667	30.00	600.00	900

Tabla 7. determinación de altura y diámetro de cada uno de los 15 cárcamos requeridos.

N		costo de inversion de una PTAR (2002)	costo de inversion de una PTAR (2009)	superficie requerida	costo de inversion de humedal (2002)	costo de inversion de humedal (2009)	superficie requerida	H (ALTURA)	DIAM FINAL (DF)
	FICHA	K\$	K\$	HAS	K\$		m2	m	m
1	FICHA 10-5	2,697.62	4,284.29	0.02393	2,071.03	3,289.15	452.198999	5	3
2	FICHA 10-7	2,697.62	4,284.29	0.02393	670.88	1,065.47	452.198999	5	3
3	FICHA 10-11	2,697.62	4,284.29	0.02393	670.88	1,065.47	452.198999	5	3
4	FICHA 11-7	13,040.11	20,709.92	0.63660	670.88	1,065.47	12031.7721	7	5
5	FICHA 12-46	20,954.44	33,279.23	1.70937	670.88	1,065.47	32307.0527	9	5
6	FICHA 13-19	5,721.04	9,085.99	0.11449	5,864.76	9,314.23	2163.85116	7	4
7	FICHA 13-20	2,697.62	4,284.29	0.02393	2,071.03	3,289.15	452.198999	5	3
8	FICHA 13-45	20,954.44	33,279.23	1.70937	12,415.89	19,718.56	32307.0527	9	5
9	FICHA 13-52	20,954.44	33,279.23	1.70937	670.88	1,065.47	32307.0527	9	5
10	FICHA 14-39,40,4	2,697.62	4,284.29	0.02393	2,071.03	3,289.15	452.198999	5	3
11	FICHA 14-43	2,697.62	4,284.29	0.02393	2,071.03	3,289.15	452.198999	5	3
12	FICHA 14-47	1,678.75	2,666.14	0.00891	-322.55	-512.26	168.407664	5	2
13	FICHA 14-48	1,678.75	2,666.14	0.00891	-322.55	-512.26	168.407664	5	2
14	FICHA 15-1	1,678.75	2,666.14	0.00891	670.88	1,065.47	168.407664	5	2
15	FICHA 15-3	1,272.00	2,020.15	0.00500	-1,722.70	-2,735.94	94.5	5	2

Tabla 8. Costo de cárcamos y especificación de los equipos de bombeo seleccionados.

N		BOMBAS	COSTO CARCAMO
	FICHA		\$
1	FICHA 10-5	BCA-03-52-23/43	80,928.68
2	FICHA 10-7	BCA-03-52-23/43	80,928.68
3	FICHA 10-11	BCA-03-52-23/43	80,928.68
4	FICHA 11-7	BCB-06-104-23/43	391,203.24
5	FICHA 12-46	BCB-06-204-23/43	419,088.75
6	FICHA 13-19	BCB-02-32-23/43	114,420.87
7	FICHA 13-20	BCA-03-52-23/43	80,928.68
8	FICHA 13-45	BCB-06-204-23/43	419,088.75
9	FICHA 13-52	BCB-06-204-23/43	419,088.75
10	FICHA 14-39,40,4	BCA-03-52-23/43	80,928.68
11	FICHA 14-43	BCA-03-52-23/43	80,928.68
12	FICHA 14-47	BCB-02-32-23/43	50,362.54
13	FICHA 14-48	BCB-02-32-23/43	50,362.54
14	FICHA 15-1	BCB-02-32-23/43	50,362.54
15	FICHA 15-3	BCB-02-32-23/43	38,160.00
			2,437,710.05

La Tabla 8 incluye el costo directo de construcción y equipamiento de cada uno de los cárcamos definidos. La especificación particular de cada una de las bombas seleccionadas se muestra en el Anexo B, donde se incluyen las fichas técnicas de cada uno de los equipos listados para los cárcamos. El Anexo B incluye además la curva característica y de operación de los equipos seleccionados.

La separación de conceptos que permite llegar al costo de la Tabla 8, se muestra en el Anexo C donde se presenta el análisis de las alternativas de manera individual.

Conclusiones

La remediación de la problemática presentada en este informe requiere de la estrecha colaboración del municipio, del SMAPA y de los ciudadanos. Las soluciones planteadas en este informe deben considerarse solo como parciales y no definitivas. **La solución definitiva consiste en la incorporación de la totalidad de las descargas que actualmente se vierten, a los afluentes o de forma directa al río Sabinal, a la red de alcantarillado existente.** Dado que la proyección de los colectores se realizó con base en la densidad de población de la ciudad, considerando además que la problemática de descargas más fuerte es en el centro de la ciudad, que es la zona más antigua de Tuxtla Gutiérrez, es de suponerse que la capacidad de los colectores existentes es suficiente y que tienen la capacidad de colectar la totalidad de agua residual producida por esa zona de la ciudad.

La evaluación de alternativas adicionales al bombeo se realizó considerando los humedales como medio de tratamiento y lodos activados como métodos físico químicos. La información en la Tabla 7 muestra los valores obtenidos para el costo índice y la superficie de instalación demanda para el tipo de tratamiento. No se descarta esta posibilidad, sin embargo, no es una solución económica ni de corto plazo.