

Diseño del sistema séptico para el colegio Polifuncional Calama Santa Cruz, Bolivia

**CE4905: Civil & Environmental Engineering
Senior Design Project**

**Equipo: ISD (Las Ingenieras LSS)
Mary Anderson, Kasey Cornwell and Melissa Trahan**



Traducido por:
HU3292: Empresa de Traducción
Español para propósitos especiales
Universidad Tecnológica de Michigan

Karinne Knutsen
Kelly Guzzardo-Plewa
Nicole Lopez

21 de abril 2006

Índice

<u>Carta de presentación</u>	3
<u>Agradecimientos</u>	4
<u>Introducción</u>	5
<u>Métodos</u>	6
<i>Análisis de suelo</i>	7
<i>Análisis de agua</i>	7
<u>Los Diseños Alternativos</u>	8
<i>El típico sistema séptico boliviano</i>	8
<i>El sistema de filtrado de arena (o vidrio reciclado)</i>	10
<u>Consideraciones y Recomendaciones</u>	12
<i>Análisis económico</i>	12
<i>Recomendaciones para los diseños de sistema séptico</i>	13
<i>Plan general de sitio</i>	14
<u>Glosario</u>	18
<i>Dibujo 1</i>	19
<i>Dibujo 2</i>	19
<i>Mapa de Houghton, Michigan</i>	20
<u>Figuras de diseño (al final de reporte)</u>	

Estimados ciudadanos de Santa Cruz y clientes de los proyectos de ingeniería civil y ambiental asignados por la Profesora e Ingeniera Linda Phillips (Michigan Technological University) y por las varias instituciones de Santa Cruz, Bolivia.

Estudiamos español como segunda lengua y este semestre hemos sido estudiantes de la clase de español para Propósitos Especiales, una clase a nivel intermedio y en la cual repasamos gramática, estudiamos vocabulario para negocios y aprendemos algo de comunicación intercultural. El documento que aquí les ofrecemos fue parte de un proyecto de clase: ocho equipos tradujeron y prepararon ocho diferentes documentos de proyectos basados en los reportes de los equipos ISD (International Senior Design) de las facultades de ingeniería civil y ambiental. Los equipos ISD constan de estudiantes de último año de estudio en nuestra universidad, que fueron a Bolivia para aprender a colaborar en proyectos de ingeniería.

Quisiéramos agradecerlos, primero que todo, por esta oportunidad de sintetizar, resumir, condensar, y finalmente de traducir los proyectos al español para ustedes. Ha sido un proyecto “desafiante” para cada uno de nosotros, pero al mismo tiempo de gran aprendizaje, no sólo del español técnico, sino también de comunicación y cultura a varios niveles, dentro y fuera de la universidad.

Nuestra meta para la “Empresa de Traducción” no ha sido la de hacer una traducción literal, sino de trasladar al papel una síntesis del proyecto ISD para que fuera más fácil de “traducir” a su contexto lingüístico y cultural. A pesar de todo empeño, esfuerzo y motivación durante estas últimas 14 semanas, es posible que la traducción esté aún en su fase preliminar. Por eso, queremos disculparnos de antemano. Lo que sí esperamos que se evidencie en la traducción es el concepto importante de la sostenibilidad ambiental de este proyecto.

Nuestro deseo ha sido también el de fomentar más diálogo y enlaces interculturales como también la reciprocidad entre nuestras culturas.

Cordialmente,

Karinne L. Knutsen

Kelly M. Guzzardo-Plewa

Nicole S. Lopez

*ISD quiere agradecer a las siguientes personas de Santa Cruz, Bolivia por su ayuda y apoyo en cada fase de este proyecto.

Carmen Arias – *Traductora*

Don Teodoro Ganadarillos – *Contratista de perforaciones de suelo*

Rey Gandarillas – *Contratista ayudante de perforaciones de suelo*

Oscar Ortiz – *Ayudante de Campo*

Walter Eid Ortiz – *Ayudante de Campo*

Paul Zelaya – *Traductor*

Gracias también a los profesores y a los estudiantes de Polifuncional Calama por todo su apoyo, ideas, bondad, y hospitalidad. Especialmente a...

Director Anivar Baya Rocha – *Director del colegio de la tarde*

Daphne – *Secretaria de Polifuncional Calama*

Mayber Freddy Caballero Carbajal – *Representante de los estudiantes de último año*

* Vea el glosario al final de este documento para mayor clarificación.

Introducción

Desde 2001, estudiantes de MTU han participado en el diseño de construcción de varios proyectos en varios países en vías de desarrollo. Durante el verano de 2005, dos grupos de estudiantes viajaron a Santa Cruz, Bolivia. Los equipos escogieron proyectos que incluían el diseño de nuevos sistemas sépticos. Cada proyecto acabó concentrándose en los colegios de las afueras de la ciudad de Santa Cruz. Al principio, las ingenieras de ISD escogieron el colegio, Polifuncional Calama en UV125 y Oscar Ungaza de la Vega en UV127. Después de mucho análisis e inspección de los cubículos de baños y problemas asociados con los sistemas sépticos, el proyecto se enfocó en el colegio Calama. Se llegó a esta determinación después de entrevistar a varios profesores y estudiantes del colegio, y de revisar el estado del sistema séptico del colegio.

Los cubículos de baño y el sistema séptico en Calama son anticuados porque el plan original no tomó en cuenta el aumento de la población de estudiantes. Según los planes de Calama, se supone que habrá un aumento del 30% de estudiantes durante los 10 años próximos. Hay seis cubículos de baño; ninguno funcionaba cuando ISD visitó el colegio. Los profesores explicaron que aunque los baños funcionaban, la bomba del agua no estaba prendida y el tazón en el retrete se limpiaba manualmente con baldes de agua cuando necesario, o aproximadamente una vez por semana. En la última visita era evidente que el suelo alrededor del sistema estaba saturado. Además de esta saturación, más detallada inspección del exterior del colegio reveló que había charcos de agua estancada al este y al lado de los cubículos de baño. Se suponía que

el origen de estos charcos era la escorrentía de agua del piso en los cubículos de baño, el fregadero, y posible inundación del tanque séptico.

ISD, después de evaluar las muchas opciones para sistemas sépticos, preparó una recomendación para el colegio. También, colaboró con los estudiantes de último año de Calama para incluir jardines en el plan sugerido. Además de una recomendación para el sistema séptico, el equipo ISD diseñó un plan que permitiría un incremento del 30% de la población estudiantil en los próximos 10 años.

En Bolivia, una situación importante es que mucha gente se traslada del campo a las ciudades y por eso ha habido un aumento enorme en las ciudades desde 1950. Santa Cruz ha tenido un crecimiento más grande que las otras ciudades, y es difícil para los colegios, como Polifuncional Calama, acomodarse al aumento de estudiantes tan rápidamente como necesitan.

Métodos

El trabajo en el sitio consistió de tres fases o etapas: Primero, se hizo una topografía del patio del colegio, segundo las perforaciones de suelo con análisis de suelo y finalmente se hizo un análisis del agua incluyendo las *aguas estancadas.

* Vea el glosario al final de este documento para mayor clarificación.

Análisis de suelo

Se completó una topografía del plan de sitio de Calama. Esta topografía le dio a ISD la información necesaria para comprender mejor el problema y tratar de solucionarlo.

Para establecer el *nivel freático y comprender mejor la composición del suelo, se hizo una serie de perforaciones de suelo. Un constructor de la ciudad, Don Teodoro Gandarillas, completó las perforaciones para determinar el nivel freático, que se encontró a aproximadamente 3 metros debajo de la superficie. El equipo ISD completó tres otras perforaciones para determinar qué tipo de suelo existe en el sitio. Se determinó después de una inspección visual y sensorial que el suelo consiste de arcilla fina y roja. La consistencia es tan compacta como la arcilla que usan los niños para modelar.

Análisis de agua

ISD decidió que sería prudente hacer un análisis de agua en tres lugares en Calama para tratar de averiguar si había contaminantes. Se tomaron unas muestras de agua en dos fuentes, una para tomar agua y otra para lavarse las manos. Un lavamanos estaba afuera del baño y el otro estaba al lado de la cerca al norte.

Los resultados del análisis de agua confirmaron las sospechas que las aguas estancadas cerca de los baños del colegio tienen altas cantidades de contaminación, materia fecal y Escherichia coli (E coli). En cambio, el análisis del agua del grifo del lavabo indicó que no había contaminación.

* Vea el glosario al fin de este documento para mayor clarificación.

Debido a estas investigaciones, se concluyó que hay que mejorar el sistema séptico de Calama. El sitio en Calama tiene bastante espacio para acomodar un sistema séptico nuevo, sin embargo, las características del sitio limitan algunas opciones según las investigaciones iniciales. Los deseos de los clientes son claros, el colegio necesita un sistema séptico que funcione con un mantenimiento mínimo y que pueda acomodar un aumento de estudiantes en el futuro.

Los Diseños Alternativos

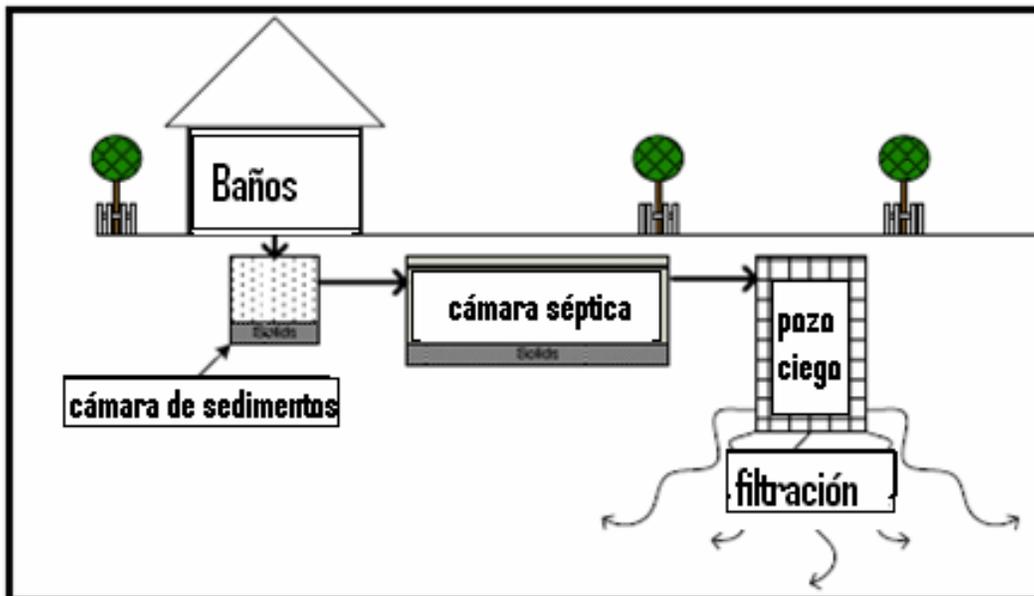
ISD examinó cinco diseños alternativos para el sitio de Calama y sólo uno de ellos es el más recomendable. Este es el sistema de filtrado de arena con una cámara séptica. El sistema séptico actual no es una alternativa recomendada para el colegio de Calama según lo que se comenta abajo.

El típico sistema séptico boliviano

El sistema séptico en Calama consiste de: una *cámara de sedimentación, una *cámara séptica, y un pozo ciego. La cámara de sedimentación permite la recolección de una gran porción de desechos sólidos de las aguas negras antes de que éstas entren en la cámara séptica. Entonces, en la cámara séptica el efluente se separa en partículas pesadas que caen al fondo de la cámara, y en partículas ligeras y aceitosas que forman una capa en la parte de arriba de la cámara. Este proceso permite que el

* Vea el glosario al final de este documento para mayor clarificación.

agua clarificada pase al pozo ciego. Del pozo ciego el agua debería filtrarse en el suelo alrededor del pozo por los agujeros de los muros del pozo (Dibujo 1).



Dibujo 1: Un plan del típico sistema séptico boliviano (del reporte “Septic Design and Master Site Plan of the Polifuncional Calama School” M. Anderson, K. Cornwell y M. Trahan, p11).

• El sistema en Calama no funciona porque:

- El suelo alrededor del pozo ciego es de arcilla que no permite la filtración de agua, pues el suelo no puede absorber las aguas negras del colegio.
- El diseño del sistema no toma en cuenta el aumento de estudiantes en el colegio, y ahora con 2.200 estudiantes el nivel de aguas negras es demasiado alto para el sistema actual.
- Faltan recursos suficientes para bombear la cámara séptica como también para mantenerla en buen estado.

• Las ventajas de un típico sistema séptico boliviano

- Materiales fácilmente disponibles

- Diseño simple y sostenible para el sitio
- Construcción bastante fácil y no requiere mucho espacio
- Costo mínimo

• Las desventajas de un típico sistema séptico boliviano

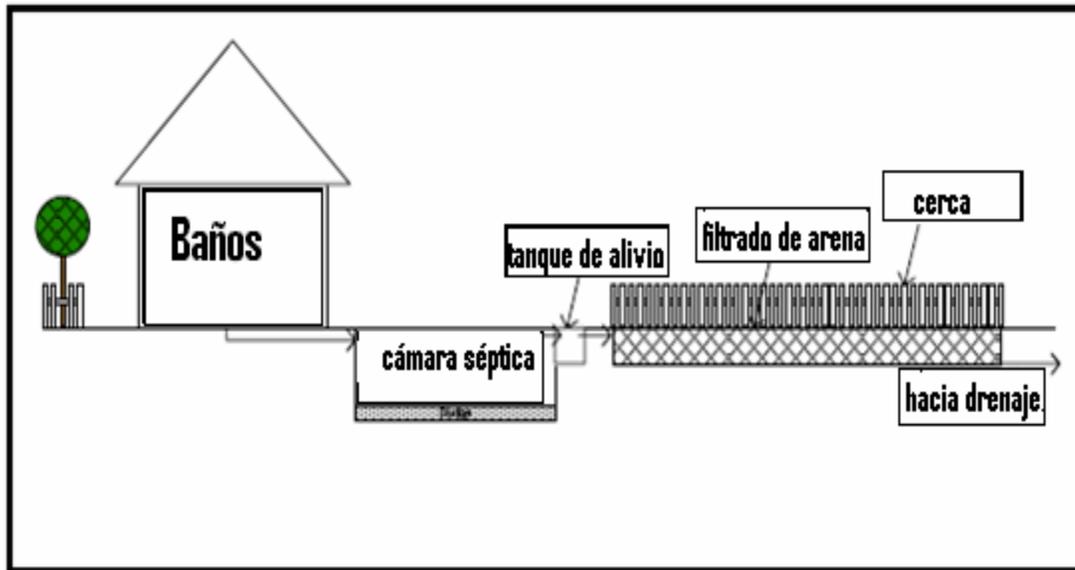
- Agua no filtra en el suelo de arcilla que existe en Calama
- Entonces, peligro de contaminación de agua y suelo
- Faltan recursos suficientes para bombear la cámara séptica
- Diseño es demasiado pequeño para ajustarse a una población creciente
- Hay mal olor cuando no funciona bien

El sistema de filtrado de arena (o vidrio reciclado)

En el diseño recomendado para el colegio Calama (no hay solamente un tipo de filtrado de arena) las aguas negras entran por unas tuberías en dos cámaras sépticas, una del baño de los chicos y una del baño de las chicas. Las cámaras sépticas permiten la recolección de una porción de sólidos antes de que las aguas pasen por el *tanque de alivios. Todo el sistema funcionará por gravedad. Cuando se colme el tanque de alivio, el efluente fluye a la parte de arriba del sistema de filtrado de arena y pasa lentamente por la arena (Dibujo 2). Después de pasar por la arena, los procedimientos físicos eliminan los sólidos del agua, al mismo tiempo que los procedimientos biológicos eliminan las partículas solubles. Sin embargo, a pesar de ser tratada, el agua que sale al drenaje no es agua potable.

* Vea el glosario al final de este documento para mayor clarificación.

Debido al clima tropical, un sistema séptico bueno para Calama sería el que pudiera cargar una gran cantidad de aguas negras. ISD recomienda un sistema de filtrado de arena en la superficie y no subterráneo porque sería más fácil de limpiar y mantener.



Dibujo 2: El plan de sistema de filtrado de arena para Calama (del reporte “Septic Design and Master Site Plan of the Polifuncional Calama School” M. Anderson, K. Cornwell y M. Trahan, p23).

• Las ventajas de un sistema séptico de filtrado de arena

- Usa la tecnología ‘verde’
- El diseño es simple y sostenible para el sitio
- La construcción es bastante fácil
- La permeabilidad de arena permite la filtración gradual del efluente
- Hay suficiente espacio para construirlo

• Las desventajas de un sistema séptico de filtrado de arena

- Los costos de construcción y mantenimiento
- Requiere frecuente mantenimiento

- Eventualmente la arena se desintegra y necesita reemplazarse
- La arena puede atascarse
- Es necesario que la corriente filtre en el suelo, o en este caso al drenaje fuera del colegio (al este)

• Mantenimiento necesario

- Después de tres meses sin lluvia, se recomienda mojar la arena
- Cada 6 meses, habrá que conectar una manguera de agua al contracorriente del filtrado hasta mojar la parte superior del sistema de filtrado
- Cada 6 meses, se recomienda rastrillar 8-10 cm de la superficie de la arena
- Se recomienda limpiar la superficie de la arena frecuentemente
- Es mejor no pisar la arena para no comprimirla (por eso funciona la cerca)

Una opción posible con el sistema de filtrado es usar el vidrio reciclado en vez de arena. Si la arena es difícil de obtener o es muy cara, se puede utilizar el vidrio, porque típicamente el vidrio reciclado es más barato, tiene una permeabilidad igual a la arena y no se atasca como la arena. La ciudad de Santa Cruz creó un programa de reciclaje en 2005 y es posible que Calama pueda utilizar estos materiales en el futuro.

Consideraciones y Recomendaciones

Análisis económico

Una consideración importante para determinar el mejor diseño del sistema séptico para Calama es el costo. Ahora, con el sistema actual, el colegio no tiene los recursos necesarios para el bombeo frecuente del sistema. Por lo tanto, ISD analizó las opciones posibles del diseño tomando en cuenta todos los factores, incluyendo los

requisitos materiales, los costos asociados de la construcción y el mantenimiento. El sistema de filtrado con el tanque séptico es la mejor opción basada en el análisis de costos. El costo calculado no incluye el vidrio reciclado, solamente un filtrado con arena.

El análisis de costos se completó también para el uso continuado del actual sistema séptico, calculando que el sistema requeriría el bombeo cada tres meses. El valor neto actual se determinó para cada sistema inclusive costos de instalación y mantenimiento por 20 años. Se computaron estos costos con un interés del 3%.

Recomendaciones para los diseños de sistema séptico

El suelo en Calama es de arcilla impermeable y esto limita las opciones para sistemas sépticos en el sitio. Además, el sistema actual no se recomienda para el uso continuado en el sitio de Calama ya que no funciona como cuando fue inicialmente instalado. Actúa esencialmente como un tanque de reserva en pequeña escala, contaminando el suelo y el agua subterránea con aguas negras y arriesgando impactos adversos a la población. Como resultado las opciones posibles incluyen un tanque de reserva o diseño de filtrado de arena.

En conclusión, ISD recomienda un sistema de filtrado de arena. Un detalle importante a saber es que el efluente del filtrado de arena se almacenará en un alcantarillado subterráneo y necesitará ser conducido por tuberías por un canal de drenaje existente apenas más allá de las paredes al este del sitio del colegio. En la situación presente, el efluente no filtra en el suelo y por eso debe ser llevado por tuberías a este canal de

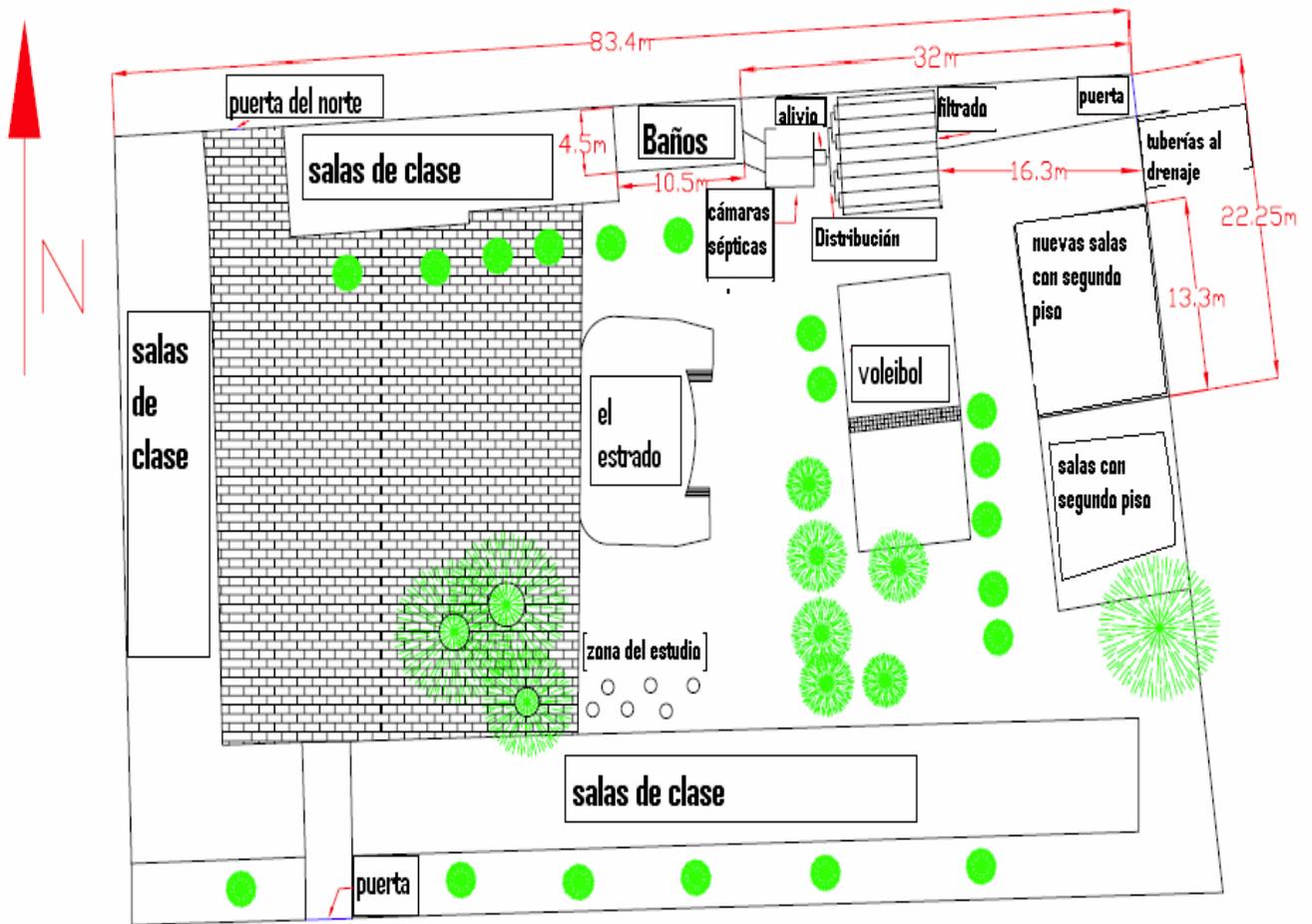
drenaje que está localizado en terreno privado; de otro modo el sistema no funcionará como debe. *Es muy importante notar que el diseño del filtrado de la arena depende del uso de este drenaje en el terreno privado, y se deben tomar medidas apropiadas para asegurar el uso.* Este efluente tendrá una eliminación coliforme aproximada de 99%, y también habrá una reducción de contaminación en general.

El diseño del filtrado de arena acomodará hasta el 30% de crecimiento dentro de 10 años y podrá durar hasta 20 años, a condición de que la arena se reemplace por lo menos cada 5 años y que los lavabos y tanques sépticos se mantengan bien. Los procesos naturales, como una tormenta, la lluvia y la filtración de agua subterránea, permitirán limpiar el filtrado de arena y prevenir atascamiento del filtrado.

Plan general de sitio

El plan para disposición de los varios “sitios” en el colegio pudo fomentarse después de varias reuniones con el Director, Anivar Baya Rocha, y con los estudiantes de último año. Este plan incluye las ubicaciones para aulas adicionales, para el sendero prolongado de ladrillo, la pista de voleibol, y la zona de estudio. Incluido también es el espacio para el diseño séptico del filtrado de la arena (Dibujo 3). Cuando ISD recomendó el diseño séptico del filtrado de arena y el plan general correspondiente se suponía que iba a tomarse en cuenta lo siguiente:

- Habrá que derribar los baños existentes, vaciar el sistema séptico actual de todo desecho, y llenarlo de arena u otro lleno granular.



Dibujo 3: El plan sugerido de ISD para Calama con el filtrado de arena, las salas adicionales de clase, la pista de voleibol y la zona de estudio (del reporte de “Septic Design and Master Site Plan of the Polifuncional Calama School” M. Anderson, K. Cornwell y M. Trahan, p24).

- El agua usada de los fregaderos no entrará en el sistema séptico en el sitio. En cambio, este efluente debería utilizarse de la siguiente manera:
 - Reutilizarlo para regar los jardines
 - Desviarlo a un canal de drenaje al este de las paredes del colegio
 - Desviarlo a un pequeño tanque de reserva

- Construir los baños con por lo menos 12 lavabos totales, 6 para los chicos y 6 para las chicas.
- Cuando construyan las aulas adicionales, dos nuevas estarán localizadas al norte del muro de este y otras cuatro en el segundo piso de la estructura actual.
- Se debe medir exactamente la distancia de la salida del efluente subterráneo de filtrado de arena por el drenaje afuera del colegio, para saber las medidas necesarias de tuberías.
- Habría que obtener permiso para utilizar el drenaje adyacente a la pared del este de Calama para el efluente del filtrado.
- Para limpiar fácilmente, la arena del filtrado debe ser destapada y debería construirse una cerca para no dejar entrar ni personas ni animales.

El diseño recomendado del filtrado de la arena no funcionará adecuadamente si la población estudiantil crece más del proyectado 30% dentro de 10 años. Así, mientras el sistema de filtrado de arena es la mejor opción por ahora, deberían buscarse alternativas en el futuro. La solicitud o petición para incorporar la comunidad de Calama al sistema municipal de alcantarillado es sumamente urgente. El agua estancada alrededor de los baños contiene concentraciones altas de bacterias que pueden causar enfermedad. El personal y los estudiantes de Calama expuestos a estas condiciones son susceptibles a la infección, que puede tener impactos económicos y sanitarios negativos y duraderos.

ISD recomienda que Calama y su comunidad circundante busque activamente incorporarse a la red de alcantarillado municipal de Santa Cruz. Es probable que las aguas negras que ahora saturan el sitio de Calama estén contaminando el agua subterránea y sean perjudiciales al personal y estudiantes. Se ha completado un estudio (por Consultora CAEN SRL) a favor del proveedor de agua de la comunidad, Cospail. El estudio investiga la opción de incluir el área en un sistema sanitario de alcantarillado y planta correspondiente de tratamiento de aguas negras. Esta es una solución ideal para tratamiento de las aguas negras en el sitio de Calama. Hay leyes municipales en Santa Cruz que sostienen esta recomendación: **Reglamento Ambiental Municipal (RAM) Para la Gestión de Aguas Residuales y Lodos y Ley No.1333 del Medio Ambiente**. Actualmente, la escuela descarga el desecho en el suelo, y Cospail no se ocupa de la descarga de Calama. Ambas situaciones están en violación de la ley municipal.

Glosario

Aguas estancadas – charcos de agua posiblemente contaminada.

Cámara de sedimentos – en un típico sistema séptico, el tanque por donde pasan las aguas negras de los baños. Permite la recolección de sólidos (Dibujo 1).

Cámara séptica – en un típico sistema séptico, es el segundo tanque para tratar las aguas negras. En el sistema con el filtrado de arena, es el primer tanque donde se almacenan los sólidos (Dibujos 1 y 2).

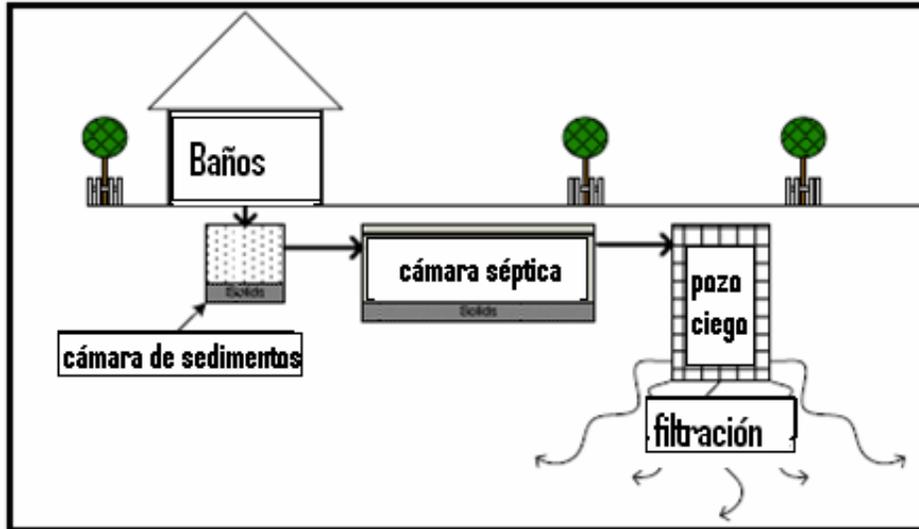
Filtrado de arena – el filtrado de arena sugerido para Calama consiste de un filtrado en la superficie rodeado de una cerca, llena de arena (o vidrio reciclado). Las aguas pasan lentamente entre la arena y cuando sale el filtrado al drenaje son aguas tratadas pero no es agua potable (Dibujo 2).

ISD (International Senior Design) - el equipo ingeniero estudiantil de Michigan Technological University. Estudiantes que se especializan en ingeniería civil o ambiental y que en su último año del programa viajan al extranjero para colaborar en varios proyectos con instituciones en países en vías de desarrollo.

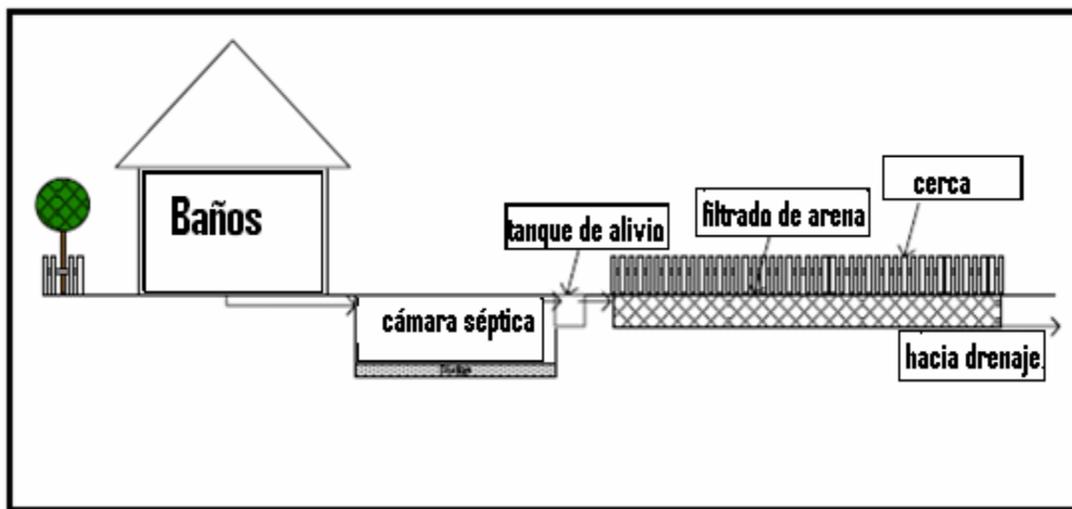
Nivel freático – el lugar preciso donde el suelo se satura completamente con agua.

Saturación – proceso por el cual el suelo llega a su punto máximo de absorción.

Tanque de alivio – un tanque de control de flujo. En el sistema con el filtrado de arena, en lugar del efluente pasar directamente de la cámara séptica por el filtrado, pasa por el tanque de alivio. Este tanque guarda una cantidad de efluente antes de descargarlo al filtrado; el filtrado recibe el efluente varias veces y no todo el día. Por lo tanto el filtrado es más eficaz en eliminar los contaminantes. Con este tanque no se necesita una bomba, pues no falla fácilmente (Dibujo 2).



Dibujo 1: Un plan del típico sistema séptico boliviano (del reporte “Septic Design and Master Site Plan of the Polifuncional Calama School” M. Anderson, K. Cornwell y M. Trahan, p11).



Dibujo 2: El plan de sistema de filtrado de arena para Calama (del reporte “Septic Design and Master Site Plan of the Polifuncional Calama School” M. Anderson, K. Cornwell y M. Trahan, p23).

Michigan Technological University – está localizado en Houghton, Michigan en los estados unidos.

