



Programa de investigación ambiental



**CONVOCATORIA CONTAMINACIÓN MINERA
DEPARTAMENTOS DE ORURO Y POTOSÍ**

**THUSKA UMA
“TRATAMIENTO DE AGUAS DE MINA CON PIEDRA
CALIZA Y COMPOST”**

SEGUIMIENTO DE ACTIVIDADES

**COORDINADOR:
M. Sc. Ing. Juan Carlos Montoya**

Julio de 2009

I. Matriz de avance de actividades programadas según el plan de trabajo

ACTIVIDADES	Periodo de Ejecución de la 1ra Fase	COMENTARIOS
	6 meses	
Elaborar una línea base en los componentes ambiental, económico y social del Ingenio de Machacamarca y de las comunidades de influencia directa e indirecta		
Relevamiento de información secundaria <ul style="list-style-type: none"> • Libros, manuales y revistas. • PPO, PDM y otras investigaciones. • Internet, tesis y trabajos dirigidos 	△	Se realizó el relevamiento con información secundaria, de este proceso se obtuvo un documento de línea base. Además la actividad se ejecutó de acuerdo lo planificado.
Adquisición de imágenes satelitales	△	Se ha comprado las imágenes satelitales con 6 bandas de la zona de estudio. Se procesará con el Arcview 3.3. Con las imágenes satelitales se obtuvo la definición de los puntos de muestreo y la microlocalización.
Levantamiento de información primaria Agua Suelo Económico social	△	Se ha procedido al levantamiento de la información primaria de los componentes agua y suelo, se realizó los análisis físico-químicos en el laboratorio de FCAP-V, tanto de aguas y suelos. Se concluyó el estudio socioeconómico, con la realización de encuestas a la población y las autoridades, a la vez de las entrevistas a los personajes claves.
Levantamiento de información económico y social (de los trabajadores del ingenio, de los relaveros, y de los comunarios aledaños a la empresa)	△	Se realizó el levantamiento de información socio económico con los diferentes actores y comunarios aledaños a la empresa, mediante encuestas, testimonios, entrevistas y otras herramientas de trabajo.
Reuniones de planificación con autoridades de la empresa, autoridades ambientales, alcalde, autoridades comunales.	△	Se han continuado las reuniones con los técnicos de la Empresa Minera Huanuni y el gerente del Ingenio Machacamarca para el trabajo de las piscinas de tratamiento. Asimismo se tiene firmado el convenio firmado con la Empresa Minera Huanuni para el proceso del tratamiento.
Definición de los puntos a muestrear (suelo y agua)	△	Se han definido los puntos de muestreo en agua, suelo, flora y fauna. A la vez se tomaron las muestras, actualmente se encuentran en la fase de laboratorio. Con los puntos a muestrear se conocen las características del agua, y suelo
Firma de convenios con las diferentes instituciones: <ul style="list-style-type: none"> • Empresa Huanuni • Autoridades ambientales • Honorable Alcaldía Machacamarca • FCAPV 	△	Se han firmado con la secretaria de recursos naturales y medio ambiente (prefectura de Oruro), FCAPV y la Honorable Alcaldía de Machacamarca. Con la empresa minera Huanuni la próxima semana.
Excavaciones de calicatas	△	Se han concluido la excavación de tres calicatas: Pacopampa, Chaupingenio y Alantañita Karavi. Se tiene los tres perfiles modales para conocer el estado de los suelos

		en sus diferentes capas.
Análisis de sistematización de la información secundaria de la línea base	△	Se ha recopilado la información secundaria, la sistematización falta complementar con algunos datos de investigaciones que se realizará en las siguientes semanas. Se obtuvo un documento base teórico para sustentar el trabajo
Efectuar el tratamiento pasivo (sedimentación, compost y piedra caliza) y activo (ósmosis inversa) con pruebas de laboratorio y prototipo		
Relevamiento de la información secundaria (tratamiento pasivo y activo)	△	La información secundaria en lo referente a compost (estiércol de llama, ovino, y restos de cocina), caracterización de piedra caliza, membranas orgánicas (tripas de ovino) se ha concluido. Se obtuvo un documento base teórico para sustentar el trabajo
Caracterización de aguas y suelos <ul style="list-style-type: none"> • del río Huanuni de las descargas • antes y después del tratamiento 	△	Para la elaboración de la línea base se tomaron las muestras de agua y suelo a lo largo del río Huanuni, concluyéndose la caracterización de las mismas. Las muestras de agua se tomo en el ingenio de Machacamarca para determinar el tiempo de sedimentación y realizar el análisis químico. Resta aún los muestreos en la etapa del tratamiento antes y después del proceso de tratamiento pasivo activo. Se tiene la caracterización química del agua para las pruebas de sedimentación.
Elaboración de compost con tres diferentes sustratos: Estiércol de llama, ovino y restos de cocina <ul style="list-style-type: none"> • En los ambientes de la FCAPV • Pruebas de laboratorio • Implementación de aceleradores biológicos 	△	En lo que respecta a la elaboración de compost en la FCAPV se concluyó, actualmente se encuentra en marcha el proceso de degradación que estará concluida en la primera semana de abril. Se obtuvo tres compost con diferentes sustratos Luego se elaborara las pruebas de laboratorio para determinar cuál de los tres sustratos teien mejor rendimiento para el tratamiento. A la vez se aplicará aceleradores biológicos para acelerar el crecimiento de las bacterias en el compost.
Ensayos en laboratorio <ul style="list-style-type: none"> • Sedimentación • Compostaje • Ósmosis inversa (membranas organicas) 	△ △ □	Se realizaron pruebas oficiales para caracterizar el tipo de sedimentación y pruebas preliminares de la ósmosis inversa. Las pruebas de laboratorio en compostaje se realizará una vez concluida el proceso de degradación (primera semana de abril). Se tiene los ensayos de laboratorio preliminares de sedimentación y membranas orgánicas.
Estrategia de comunicación <ul style="list-style-type: none"> • Entrevista en noticias de radio Pío XII • Entrevista en televisión canal 15 y canal 6, canal 51 • Artículos de opinión para la página web del PIEB. • Diseño de página web del proyecto Thusca Uma • Elaboración de fototeca 	△	Se ha realizado una entrevista en el noticiero de radio Pío XII. En los medios de televisión una vez concluida las pruebas de laboratorio se efectuara una entrevista. Se envía un artículo de opinión a la página web de la historia del Ingenio de Machacamarca. Se culminó la elaboración de la página web del proyecto. La fototeca se adjunta con el informe.
Construcción de piscinas de tratamiento pasivo (desarenador lamelar, compost y piedra caliza)	△	Bajo la recomendación de bibliografía se construyo un desarenador lamelar para lograr obtener aguas con bajo contenido de sólidos suspendidos en el aguas a tratar, también las piscinas para el tratamiento con compost y piedra caliza, asimismo una tercera piscina que será la

		antesala de la ósmosis inversa.
Traslado de compost, piedra caliza y otros al Ingenio de Machacamarca .	△	Esta actividad se realizó después de un periodo de espera de secado y asentamiento final de la construcción.
Tratamiento de aguas del ingenio con método pasivo (ensayos con sedimentación, oxigenación, compost y piedra caliza).	□	Esta actividad esta en pleno proceso de implementación en el Ingenio de Machacamarca, planificándose su conclusión a mediados de julio, no obstante se tienen todos los resultados de laboratorio.
Tratamiento de aguas con método activo (osmosis inversa con membranas orgánicas)	□	El tratamiento activo se efectivizará a medida que se inicie el tratamiento pasivo, es decir paralelamente, por el mismo hecho que se requiere aguas tratadas con el método pasivo.
Pruebas ecotoxicológicas del aguas en las diferentes etapas de tratamiento con cultivos	□	Se realizo las pruebas eco toxicológicas en los cultivos de cebada, quinua y cebolla, con las aguas sedimenta a diferentes concentraciones (20%, 40% y 60%), quedando a realizar las pruebas con las aguas tratadas de los diferentes métodos (pasivo y Activo) de laboratorio y de campo.
Sistematización de los ensayos de laboratorio y el prototipo de método pasivo y activo	□	Obtenido los datos del ensayo de compost y piedra caliza se obtuvo los análisis de laboratorio que nos determino la cantidad de minerales pesados existentes, conociendo este dato nos dio a calcular el volumen necesario y el posterior diseño de las piscinas de tratamientos (compost, piedra caliza), en el proceso de la osmosis inversa se determino la resistencia de las membranas orgánicas (intestino delgado del ovino), a diferentes presiones osmóticas y presión de operación de la bomba. En el caso de la sistematización del prototipo método pasivo y activo aún resta por concluir.
Elaboración del proyecto a diseño final del tratamiento de aguas del Ingenio de Machacamarca.	□	En esta etapa se realiza la elaboración del proyecto con información primario de laboratorio y el prototipo en la cual nos da parámetros de diseño y construcción en los diferentes métodos pasivo y activo.
Estrategia de comunicación: <ul style="list-style-type: none"> • Entrevista en noticias de radio Pío XII • Elaboración videoteca • Elaboración de fototeca • Organización de seminario taller para la difusión del trabajo • Elaboración de tríptico 	△ △ △ △ □ □	Se realizo entrevistas en el noticiero de radio Pío XII. Se ha elaborado la videoteca Se ha elaborado la fototeca Se está preparando el seminario taller que se prevé llevar adelante en la segunda semana de septiembre Se tiene previsto sacar el tríptico a finales de agosto.

Actividad en marcha de acuerdo a lo previsto: □ Actividad Nueva: ■ Actividad Abandonada: X
Actividad Realizada: △

II. Autoevaluación y comentarios del Coordinador del Proyecto (1 a 3 planas como máximo)

CUADRO RESERVADO PARA EL COORDINADOR DEL PROYECTO

Al cabo de seis meses del trabajo de investigación THUSKA UMA "TRATAMIENTO DE AGUAS DE MINA CON PIEDRA CALIZA Y COMPOST", los comentarios están en función al primer y segundo informe de la Primera fase de estudio, el cuál tiene a considerar los siguientes aspectos de forma general:

Se ha cumplido con el Plan de Trabajo en un 85 %, tal vez dentro los aspectos más positivos se puede enumerar los siguientes:

- ☞ El PIEB ha cumplido con los desembolsos que se ha comprometido en los tiempos establecidos.
- ☞ La predisposición de los profesionales en realizar el trabajo de investigación es ilimitada, inclusive muchos no se fijan mucho en el aspecto económico, sino de demostrar sus aptitudes de investigador (existe material humano).
- ☞ Mucha predisposición del Gerente de la empresa Minera Huanuni para trabajar en temas de remediación ambiental (hubo solicitud de trabajar con las aguas de Huanuni) y de reutilizar esas aguas en riego de cultivos.
- ☞ Los distintos equipos no tienen inconvenientes para salir al campo de manera periódica y de trabajar con los campesinos como con los cooperativistas (relaveros).
- ☞ El trabajo de los tesisistas es óptimo y de manera muy voluntariosa.
- ☞ El relevamiento de información secundaria, la caracterización de aguas, suelos, el procesamiento con imágenes satelitales, la elaboración del compost, los ensayos de laboratorio y el desarrollo de la estrategia de comunicación han sido llevados adelante con mucha dedicación y esmero. Tal vez falta complementar algunos aspectos relativos a puntos específicos. Inclusive ítems que no estaban presupuestados han sido solventados por los propios investigadores.
- ☞ En líneas generales el proyecto está avanzando como estaba previsto y se tiene la segunda fase para concluir la implementación del prototipo, tal vez con algún retraso en las pruebas que necesita el sistema de tratamiento.

En los aspectos negativos se puede mencionar los siguientes:

- ☞ Es necesario que el PIEB cuente con asesoramiento para determinados aspectos, tal vez no tanto técnicos, sino básicamente en el manejo de los recursos económicos que se convierte en una carga pesada por los descargos que uno tiene que efectuar. A veces uno está más pendiente de ello que del trabajo de investigación.
- ☞ La burocracia de las empresas y/o instituciones perjudica el desarrollo de las actividades en algunos casos por falta de planificación y coordinación al interior de la Institución: Ej.: los análisis de aguas tratadas tiene un retraso significativo hasta la fecha por el Laboratorio SPECTROLAB, lo cuál hace variar el cronograma de actividades del presente estudio.

En referencia al cumplimiento del equipo solamente hasta la fecha se ha tenido un problema referido al de la Lic. Ruth Quispe que no ha podido desarrollar su trabajo y se ha tenido que contratar a otra profesional que es la Ing. Rosmery Blanco especialista en recursos naturales renovables. En los demás miembros del equipo no se ha tenido dificultades en su cumplimiento.

Respecto a la multidisciplinariedad del equipo me parece que se tiene bastante equidad de género el 50 % son mujeres y el otro tanto varones. Tal vez, por la profesión de cada uno, pero en nuestro equipo están más agrónomos pero con distinta especialidad, lo que no ha dificultado el trabajo.

Ahora bien la dotación de equipos de apoyo y materiales siempre es mínimo y eso tal vez dificulta el desarrollo normal de las actividades, por ejemplo el uso de computadora (tenemos solamente una) entonces tienen que hacer turno para trabajar y el acceso al Internet es muy limitado por las horas que se dispone con los recursos.

El apoyo de las instituciones en el trabajo es muy importante, básicamente con información secundaria, apoyo de equipos (cámara fotográfica, filmadora, envases, palas, picotas, etc.) lo que contribuido decididamente en el trabajo.

La difusión de los resultados hasta la fecha han mostrado un cierto interés por algunas personas relacionadas a los medios de difusión y comunicación del cual el presente proyecto ha sido parte.

III. Balance de los resultados alcanzados (Hasta 5 planas como máximo)

Deberá presentar un balance analítico de los resultados obtenidos por el proyecto de manera cualitativa. Por otra parte, deberán identificarse las dificultades encontradas en el periodo al que corresponde el informe. (1ra fase de ejecución de la investigación).

Los resultados alcanzados en el recurso edáfico, muestran que son suelos someros del orden entisoles, susceptibles a la erosión con baja cobertura vegetal, en lagunas provocadas por actividades antropogénicas y en otros por fenómenos naturales.

En el proceso de evaluación se pudo determinar que los suelos del sector se encuentran en un grado de contaminación generado por el agua contaminada por actividades mineras, el agua afecta directamente en el proceso de cambiar las propiedades físicas del suelo y degradar su productividad.

El agua afecta mediante el transporte de sólidos producidos por la minería, depositándolos en los espacios porosos del suelo, afectando directamente en la aireación del suelo, textura del suelo, mediante este proceso los suelos se comienzan a mineralizar y degradando sus productividad.

En el proceso de evaluación podemos determinar que las aguas no tienen un grado de contaminación alto antes del ingreso al Ingenio, viendo una contaminación directa en los procesos del Ingenio, relacionando las aguas contaminadas por la actividad minera se puede determinar que el agua contaminada es el principal contaminante del suelo, por el transporte de minerales pesados el suelo, mediante los procesos de movimiento del agua en el suelo donde el agua por efecto de la capilaridad y permeabilidad del suelo, depositando los minerales contaminante en los espacios porosos, provocando la degradación de los mismos.

En cuanto al recurso de flora se puede mencionar que las comunidades vegetales en cuanto a su biodiversidad muestran una dependencia significativa a las actividades propias de las comunidades de la zona en estudio (agrícola, pecuario, otros). Lo cual hace que en zonas donde existe mayor presencia de actividad humana la diversidad reduce bastante con referencia a zonas donde no existe dichas actividades, producto de esto existe comunidades vulnerables y en procesos de degradación.

La parte social por las características de la zona (agrícola, pecuaria, minera, comerciante, otros) es muy heterogénea, aspecto que se debe tomar muy en cuenta para realizar los proyectos a diseño final del presente estudio en especial el reúso de las aguas tratadas. Otro aspecto a considerar es la actividad minera fuera del Ingenio, ya que esta conformada por cooperativistas los cuales las aguas de uso por el ingenio es un recurso importante y si este se lo desvía para su respectivo tratamiento de aguas podría generar conflictos sociales. Para esto es muy importante definir el lugar de la planta de tratamiento de aguas que es parte de la segunda fase del presente estudio.

Con respecto al recurso hídrico, un monitoreo de aguas, muestra que dichas aguas usadas por el ingenio proviene de vertientes zona arriba (comunidad Paco Pampa), y en su recorrido va cambiando sus características físicas y químicas esto posiblemente por que pasa por una zona de actividad minera (ingenio privado). Producto de esto las aguas llegan al Ingenio de Machacamarca con un ph ácido (3,5). Ya en el interior del Ingenio las aguas ya usadas tiene un Ph de 4,5 – 5., el cual es el que se va a tratar.

Los resultados preliminares son alentadores, ya que las aguas tratadas (sedimentación y compost), muestran una reducción significativa de metales, siendo el cadmio el único metal que exceden los límites máximos permisibles de una clase B en cuanto a la norma ambiental vigente.

Los resultados alcanzados en la elaboración de composta, muestran datos importantes de disminución de minerales. Teniendo los datos que nos dan el protocolo de elaboración de composta. Producto de esto se trabajo en laboratorio con tres compost diferentes (de ganado llamuno, ovino, de residuos de cocina).

A continuación se presenta la relación de la disminución de cada elemento en los diferentes compost:

El cadmio con el compost de estiércol camélido tuvo una disminución notable ya que inicialmente contenía 0,953 mg/l a las 24 horas disminuyo a 0,049 mg/l, finalmente a las 72 horas incremento a 0,053 mg/l, por lo que se concluye que el tiempo de permanencia optimo es a las 24 horas.

El hierro con el compost de estiércol camélido tuvo una disminución notable ya que inicialmente contenía 12,12 mg/l a las 24 horas disminuyo a 0,14 mg/l, finalmente a las 72 horas incremento a 0,31 mg/l, por lo que se concluye que el tiempo de permanencia optimo es a las 24 horas.

El Zinc con el compost de estiércol camélido tuvo una disminución notable ya que inicialmente contenía 36,32 mg/l a las 24 horas disminuyo a 2,48 mg/l, finalmente a las 72 horas disminuyo a 0,48 mg/l.

El sulfato con el compost de estiércol camélido tuvo un incremento notable ya que inicialmente contenía 552,9 mg/l a las 24 horas incremento a 1241 mg/l, finalmente a las 72 horas incremento a 1300 mg/l.

El sulfuro con el compost de estiércol camélido tuvo una incremento notable ya que inicialmente contenía 0,001 mg/l a las 24 horas disminuyo a 0,076 mg/l, finalmente a las 72 horas incremento a 0,198 mg/l.

El cadmio con el compost de restos de cocina tuvo una disminución notable ya que inicialmente contenía 0,953 mg/l a las 24 horas disminuyo a 0,034 mg/l, finalmente a las 72 horas incremento a 0,049 mg/l, por lo que se concluye que el tiempo de permanencia optimo es a las 24 horas por ser el más bajo en cadmio.

El hierro con el compost de restos de cocina tuvo una disminución notable ya que inicialmente contenía 12,12 mg/l a las 24 horas disminuyo a 0,28 mg/l, finalmente a las 72 horas incremento a 0,26 mg/l, por lo que se concluye que el tiempo de permanencia optimo es a las 72 horas.

El Zinc con el compost de estiércol camélido tuvo una disminución notable ya que inicialmente contenía 36,32 mg/l a las 24 horas disminuyo a 0,37 mg/l, finalmente a las 72 horas incremento a 0,32 mg/l.

El sulfato con el compost de estiércol camélido tuvo un incremento notable ya que inicialmente contenía 552,9 mg/l a las 24 horas incremento a 1410,4 mg/l, finalmente a las 72 horas incremento a 1350,6 mg/l.

Según la normativa ambiental vigente descrita en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la ley 1333 de Medio Ambiente. La cuál hace referencia a la clasificación de cuerpos de agua, el sulfato de las 24 horas corresponde a la clase "" siendo el valor permisible de sulfato para la clase mg/l y a las 72 horas corresponde a la clase "" siendo el valor permisible del cadmio para la clase mg/l.

El sulfuro con el compost de estiércol camélido tuvo una incremento notable ya que inicialmente contenía 0,001 mg/l a las 24 horas disminuyo a 0,076 mg/l, finalmente a las 72 horas incremento a 0,198 mg/l.

El cadmio con el compost de estiércol ovino tuvo una disminución notable ya que inicialmente contenía 0,953 mg/l a las 24 horas disminuyo a 0,034 mg/l, finalmente a las 72 horas incremento a 0,034 mg/l, por lo que se concluye que el tiempo de permanencia optimo es a las 24 horas.

El hierro con el compost de estiércol ovino tuvo una disminución notable ya que inicialmente contenía 12,12 mg/l a las 24 horas disminuyó a 0,58 mg/l, finalmente a las 72 horas siguió disminuyendo a 0,26 mg/l.

El Zinc con el compost de estiércol ovino tuvo una disminución notable ya que inicialmente contenía 36,32 mg/l a las 24 horas disminuyó a 0,83 mg/l, finalmente a las 72 horas disminuyó a 0,65 mg/l.

El sulfato con el compost de estiércol ovino tuvo un incremento notable ya que inicialmente contenía 552,9 mg/l a las 24 horas incremento a 782,9 mg/l, finalmente a las 72 horas incremento a 822,7 mg/l.

El sulfuro con el compost de estiércol camélido tuvo un incremento notable ya que inicialmente contenía 0,001 mg/l a las 24 horas incremento a 0,02 mg/l, finalmente a las 72 horas disminuyó a 0,01 mg/l.

En el proceso de laboratorio se determinó que es compost de camelidosces el más adecuado para el tratamiento de aguas de actividades mineras.

Planta piloto

Implementación de la planta de tratamientos piloto, se procedió al armado del sistema de tratamiento que consiste en n piedra caliza, luego el composts con diferentes alturas.

En el sistema se cuenta con un sedimentador antes de entrar a las fosa de tratamiento, y con otra que almacena el agua tratada para su posterior tratamiento con la osmosis inversa.

En el proceso de monitoreo se evaluará el pH, Conductividad eléctrica para poder determinar cuanto de vida útil el composts y la cantidad de agua puede tratar, bajo este parámetro solo se presentará datos domados en fecha esperando su complementación cuando se tengan datos suficientes para determinar la vida útil del compost.

En monitoreo de la planta de tratamiento sigue en proceso.

Obteniendo agua tratada de la planta piloto se procedió a realizar las pruebas de osmosis inversa, debido a que el proceso de osmosis inversa para reducir los contaminantes del agua de mina es la última parte del tratamiento, tiende a tener un atraso de por no contar con agua tratada suficiente para realizar pruebas en laboratorios.

Por lo cual se efectuaron pruebas preliminares con soluciones de salmuera; se disolvió cierta cantidad de sal común (NaCl) en agua de grifo, y con estas aguas preparadas se llevó a cabo el experimento en el equipo de osmosis inversa construido.

La primera variable a estudiar es el caudal de agua que pasa a través de la membrana. Dicha variable es muy importante debido a que de ésta depende la presión de trabajo.

Como resultado se espera que la concentración de soluto del agua permeada sea menor que la concentración de soluto del agua de alimentación, para así tener una referencia de que la membrana es apta para rechazar soluto y que el equipo de osmosis inversa presenta un buen rendimiento.

Entonces, como se está trabajando con solución de cloruro de sodio, se puede evaluar la concentración de las soluciones, tanto de alimentación como de permeado, midiendo directamente sus conductividades, ya que se conoce que la conductividad es directamente proporcional a la concentración del electrolito.

Obteniendo resultados de las pruebas

De la primera prueba

La primera prueba que se realizó, nos muestra un bajo caudal, lo que infiere en una presión también baja, por lo que el volumen de permeado fue mínimo en media hora de operación. Pero se puede observar resultados satisfactorios al comparar las conductividades de la solución de alimentación y permeado respectivamente.

De la segunda prueba

Con un flujo de agua un poco más alto que el anterior, de una solución de salmuera más concentrada, se obtuvo resultados regulares, ya que los valores de las conductividades de la alimentación y el permeado se asemejan. Un factor que afectó puede ser que la osmosis inversa funciona mejor para soluciones no concentradas, entonces la concentración utilizada en esta prueba (25 g/L) puede ser muy alta para la operación.

De la tercera prueba

De esta prueba se obtuvieron buenos resultados, el dato de la conductividad de la solución de alimentación es de 92.32 mS. y el del permeado es de 88.15 mS. Por lo que se puede concluir que el caudal empleado y el tiempo de operación son adecuados.

De la cuarta prueba

Se observa que la conductividad del permeado presenta un valor mayor al valor de la conductividad de la solución de alimentación, resultado erróneo que es posible que se deba a que el caudal aplicado es muy elevado, por lo tanto la presión que soporta la membrana no es correcta, ya que hace que los poros de la misma se abran más de lo debido y dejan pasar gran cantidad de partículas de soluto. También se puede observar que el tiempo de operación puede influir en el resultado, no se puede concluir que a mayor tiempo mejores resultados, porque en este caso se puede ver que al operar por una hora (más que en las anteriores tres pruebas) se tiene valores incorrectos de las conductividades. Por lo tanto, el tiempo de operación debe ser una variable motivo de estudio, ya que también interviene en esta parte la vida útil (corta) de la membrana.

De las pruebas de calibración

Se observa que la presión que se manifiesta al interior de la membrana, es proporcional al caudal de agua aplicado al sistema, es decir, que a mayor caudal, mayor presión, pero la relación no es lineal.

También se concluye que la máxima presión que soporta la tripa delgada de ovino corresponde a un valor de 60 mm Hg, ya que al subir a una presión más elevada, la tripa se perforó y reventó. Motivo por el cual, se debe estudiar la presión más adecuada a la que debe operar el proceso y se debe determinar un rango de presión para que el proceso se efectúe de manera satisfactoria.

Dando a conocer que los resultados alcanzados no cuentan con todos los datos necesarios para dar un buen fundamento técnico, ya que en proceso de evaluación de la planta piloto surgieron problemas en el manejo de los caudales de abastecimiento para la planta piloto, la falta de continuidad en las operaciones del ingenio otro factor importante fue la temperatura que causó congelamiento del agua y el daño a los sistemas de accesos de agua a la planta piloto, en el caso de las pruebas de laboratorio no se estimó la tardanza de los resultados de laboratorio.

Por lo cual todos los datos de la planta piloto, la osmosis inversa y la vida útil del composta siguen en proceso de obtención y relacionamiento.