UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Ciencias Ambientales

Carrera de Ing. Ambiental

TESISTA: Jorge Esteban Coronel Arias

DIRECTOR: Dr. Carlos Ordoñez

TRIBUNAL:

Ing. Katty Coral

Ing. Ana Lucía Silva

- **TEMA DE LA TESIS DE GRADO PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL:**

REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN LOS EFLUENTES LÍQUIDOS RESIDUALES DE LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA AIQUISA.

INTRODUCCIÓN:

- La Palma Africana es originaria del Golfo de Guinea, llega América con los colonizadores portugueses al Brasil y comienza a expandirse por toda América.

- En el Ecuador se inicia a plantar Palma Africana en Santo Domingo de los Colorados provincia de Pichincha y Quinindé provincia de Esmeraldas, en los años de 1953 – 1954 para su posterior propagación en la zona oriental y en la mayor parte del del país con condiciones climáticas afines.

- La Planta extractora AIQUISA, esta ubicada en el kilómetro tres de la vía Quinindé – Santo Domingo sector de San José y comienza a producir aceite rojo de palma en el año de 1984 con una producción media de 4.5 TRFF/hora (toneladas de racimos de fruta fresca), incrementando su producción hasta alcanzar en la actualidad una media de 9 TRFF/hora.

Definición del Problema:

- El componente principal en los efluentes líquidos residuales de la industria extractora de palma son los "sólidos suspendidos" que están constituidos por residuos de fibras, partículas finas de tierra, o de fragmentos de la cáscara de la nuez.

- Estos sólidos básicamente de carácter orgánico son los responsables de los altos valores de la Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) que presentan los efluentes líquidos y, constituyen el principal problema ambiental de la Industria de extracción de aceite de palma.

- El sistema convencional de tratamiento de las aguas residuales (lagunas de oxidación), no contempla una remoción preliminar de los sólidos suspendidos que significaría una reducción considerable de la carga orgánica hacía las lagunas de oxidación que al momento actual conservan gran cantidad de sólidos suspendidos hasta las últimas etapas del tratamiento.

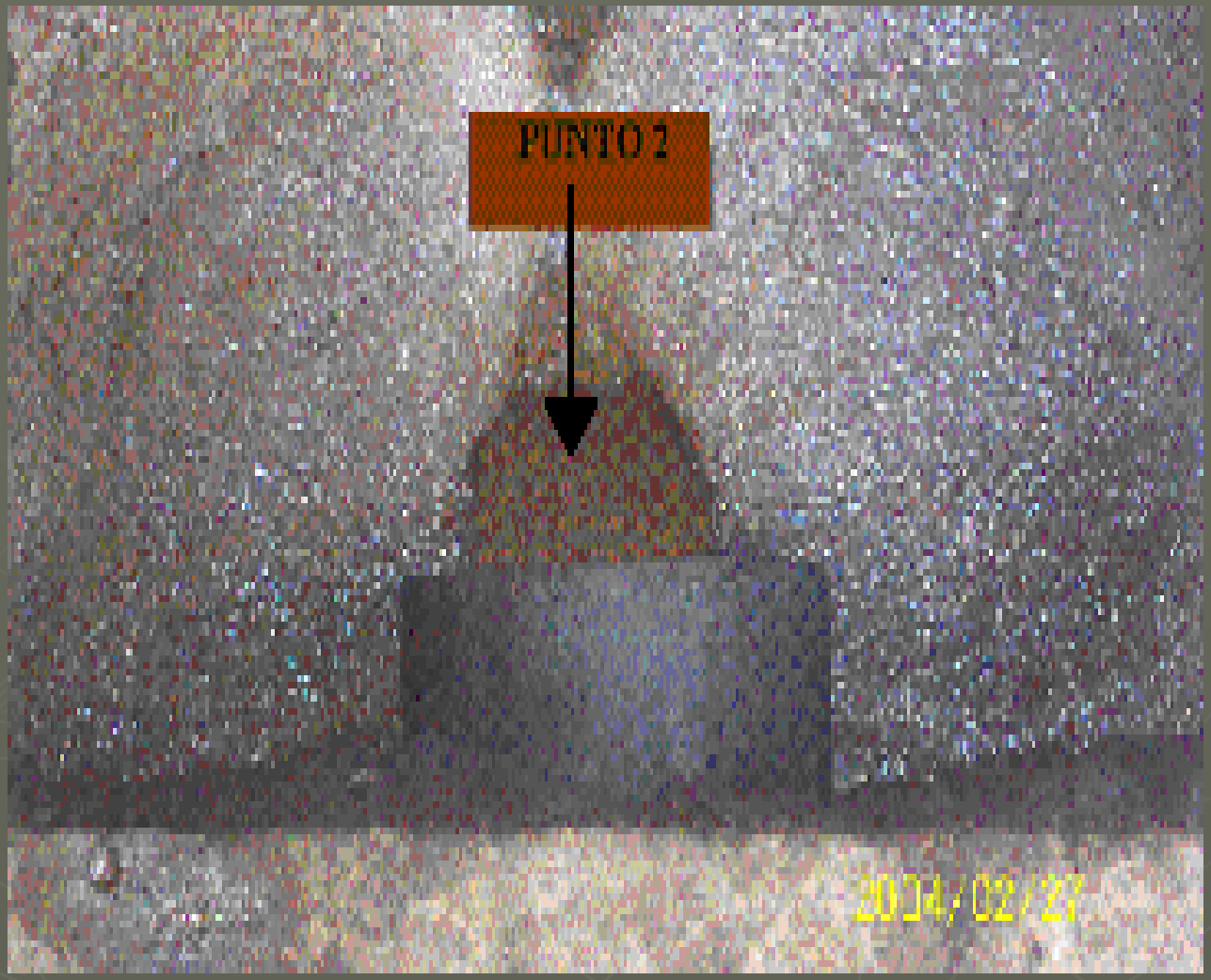
PARTE EXPERIMENTAL

- Para el presente estudio se utilizaron varios métodos de ensayo basados en procedimientos con estándares universales, además de realizar mediciones in situ de algunos parámetros (pH, temperatura, caudal, etc.) que fueron necesarios para la caracterización del efluente, y en caso de la medición de otros parámetros (sólidos totales, sólidos suspendidos) se tomaron muestras, para su posterior análisis en el laboratorio de la planta extractora AIQUISA, y en algunos de los casos se preservaron las muestras para ser analizadas en el laboratorio de la Universidad Internacional SEK.

Puntos de Muestreo:
Punto 1:

Punto 2:

Vista Frontal



Vista Superior

Caracterización Físico – Química:

- El primer paso es la caracterización del efluente para saber que tipo de efluente estamos tratando, además de verificar la eficiencia de el sistema actual de tratamiento.

Muestreo # 4				**Fecha:** 25/03/2004		
Tipo de Muestra: Compuesta			**Volumen de Muestra:** 50ml			
Frecuencia: 10 minutos			**Entrada al Sistema**		**Salida del Sistema**	
Muestra #	**Hora**	**Caudal** (L/s)	**pH**	**Temperatura** (ºC)	**pH**	**Temperatura** (ºC)
1	15:00	3,2	4,76	52	4,85	51
2	15:30	2,9	4,76	54	4,88	51
3	16:00	2,3	4,81	56	4,88	50
4	16:30	3,1	4,83	55	4,88	51
5	17:00	3,0	4,76	54	4,91	52
6	17:30	3,1	4,75	52	4,87	53
7	18:00	2,8	4,74	54	4,88	54
8	18:30	2,4	4,77	59	4,84	55
9	19:00	2,8	4,86	57	4,83	54
10	19:30	2,6	4,82	55	4,88	54
	Promedio	**2,8**	**4,79**	**55**	**4,87**	**53**

Volumen de Muestra: 50ml		**Entrada al Sistema**		**Salida del Sistema**	
Muestra #	**Unidad**	**Sólidos Totales**	**Sólidos Suspendidos**	**Sólidos Totales**	**Sólidos Suspendidos**
1	mg / L	62150	40680	54840	25660
2	mg / L	49840	29980	46400	26920
3	mg / L	38000	20280	44080	25320
4	mg / L	56210	36060	38610	20040
5	mg / L	68200	46780	45970	25940
6	mg / L	66240	46700	51140	29500
7	mg / L	56740	30760	53100	30920
8	mg / L	45500	26940	47390	26260
9	mg / L	49731	25580	45670	23260
10	mg / L	43470	23520	43370	23060
Promedio		**53608**	**32728**	**47057**	**25688**
Remoción de Sólidos Totales = 13 %			**Remoción de Sólidos Suspendidos = 22 %**		

Pruebas de Tratabilidad:

- Se realizaron varias pruebas de tratabilidad, tanto en el laboratorio de la Universidad Internacional SEK como en el laboratorio de AIQUISA:

- Coagulación / Floculación: Ensayo con coagulantes metálicos

Coagulante	Sulfato de Aluminio comercial	**Temperatura del agua**	55 ºC	**pH**	4,6
Volumen de muestra	1000 ml	**Mezcla:**		rápida: 1min lenta: 9 min reposo: 5 min	

Jarra #	**Dosis de Coagulante (mg/L)**	**Turbidez Residual (FTU)**
1	0	>> 3000
2	100	>> 3000
3	150	>> 3000
4	200	>> 3000
5	250	>> 3000
6	300	>> 3000

(*) >>: Sobre el rango máximo de medición

Coagulante	Cloruro Férrico	**Temperatura del agua**	55 ºC	**pH**	4.6
Volumen de muestra	1000 ml	**Mezcla:**		rápida: 1min lenta: 9 min reposo: 5 min	

Jarra #	**Dosis (mg/L)**	**Turbidez Residual (FTU)**
1	0	>> 3000
2	100	>> 3000
3	150	>> 3000
4	200	>> 3000
5	250	>> 3000
6	300	>> 3000

(*) >>: Sobre el rango máximo de medición

Ensayo con Polielectrolito no – ionico (Nalco 7530 tipo poliacrilamida)

Coagulante	Polielectrolito no-iónico (poliacrilamida) Nalco 7530	**Temperatura del agua**	55 ºC	**pH**	4,6
Volumen de muestra	1000 ml	**Mezcla:**		rápida: 1min lenta: 9 min reposo: 5 min	

Jarra #	**Dosis (mg/L)**	**Turbidez Residual (FTU)**
1	0	>> 3000
2	100	>> 3000
3	150	>> 3000
4	200	>> 3000
5	250	>> 3000
6	300	>> 3000

(*) >>: Sobre el rango máximo de medición

Coagulante	Sulfato de Aluminio comercial	**Ayudante de Coagulación**	Polielectrolito no-iónico (poliacrilamida) Nalco 7530	**Temperatura del agua**	55 ºC	**pH**	4,6
Volumen de muestra	1000 ml			**Mezcla:**		rápida: 1min lenta: 9 min reposo: 5 min	
Jarra #	**Dosis de Coagulante (mg/L)**			**Dosis de Ayudante (mg/L)**		**Turbidez Residual (FTU)**	
1	0			0		>> 3000	
2	50			180		>> 3000	
3	100			180		>> 3000	
4	150			180		>> 3000	
5	200			180		>> 3000	
6	300			180		>> 3000	

(*) >>: Sobre el rango máximo de medición

Coagulante	Sulfato de Aluminio comercial	Cloruro de Sodio (Sal)	**Temperatura del agua**	21 ºC	**pH**	4,6
Volumen de muestra	1000 ml		**Mezcla:**		rápida: 1min lenta: 9 min reposo: 5 min	
Jarra #	**Dosis de Coagulante (mg/L)**		**Dosis Sal (mg/L)**		**Turbidez Residual (FTU)**	
1	0		0		>> 3000	
2	150		5000		>> 3000	
3	150		5000		>> 3000	
4	150		5000		>> 3000	
5	150		5000		>> 3000	
6	150		5000		>> 3000	

(*) >>: Sobre el rango máximo de medición

- Filtración

Ensayo de filtración por gravedad

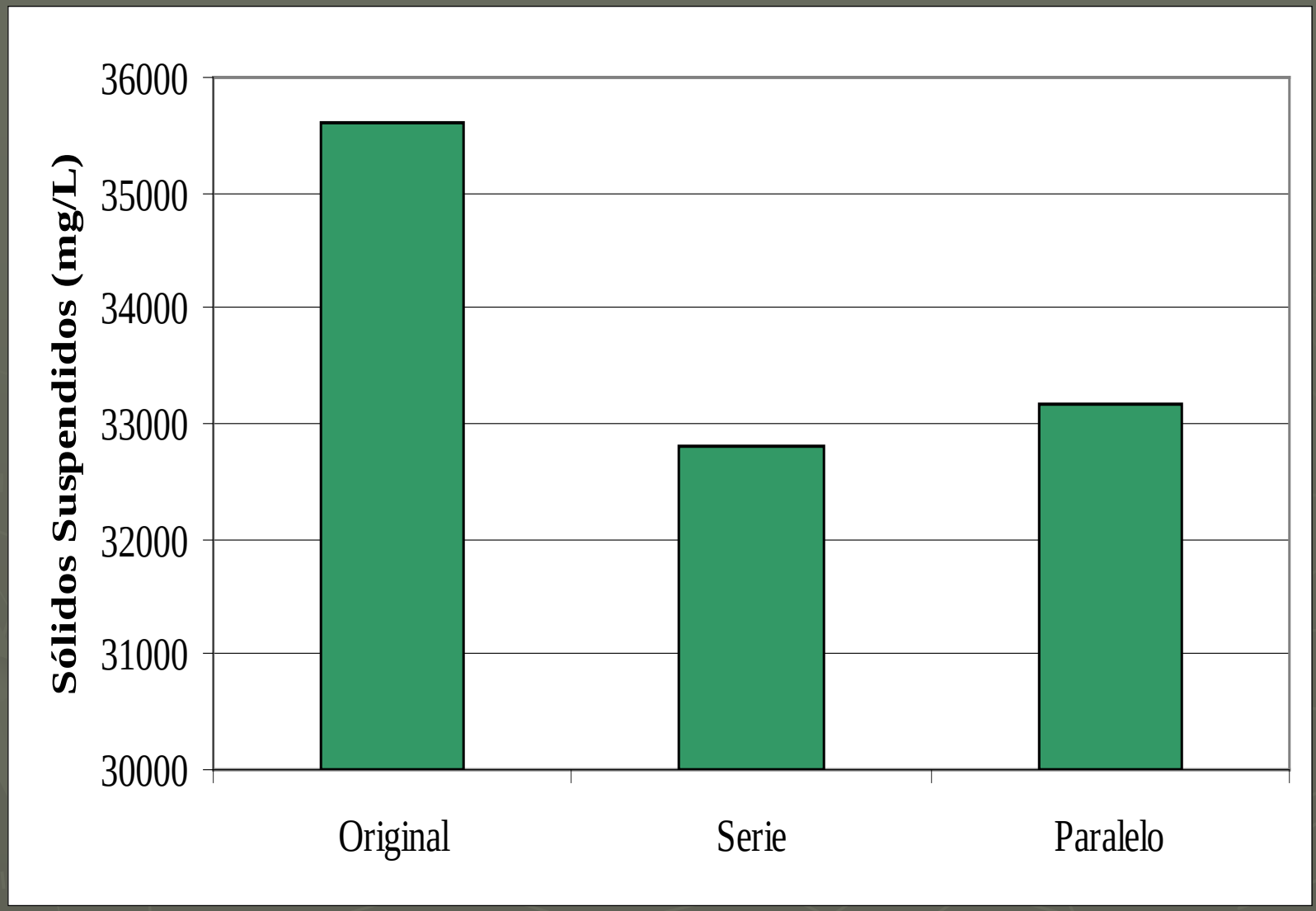
Tipo de Filtro	Fieltro	**Temperatura del agua**	21 ºC	**pH**	4,6
Volumen de muestra	50 ml	**Tiempo de Filtración**	15 min	**Tamaño de poro**	≈ 50 µm (*)

Filtro #	**Turbidez Residual del filtrado (FTU)**	**Promedio**
1	3364	3732
2	3779	
3	4052	

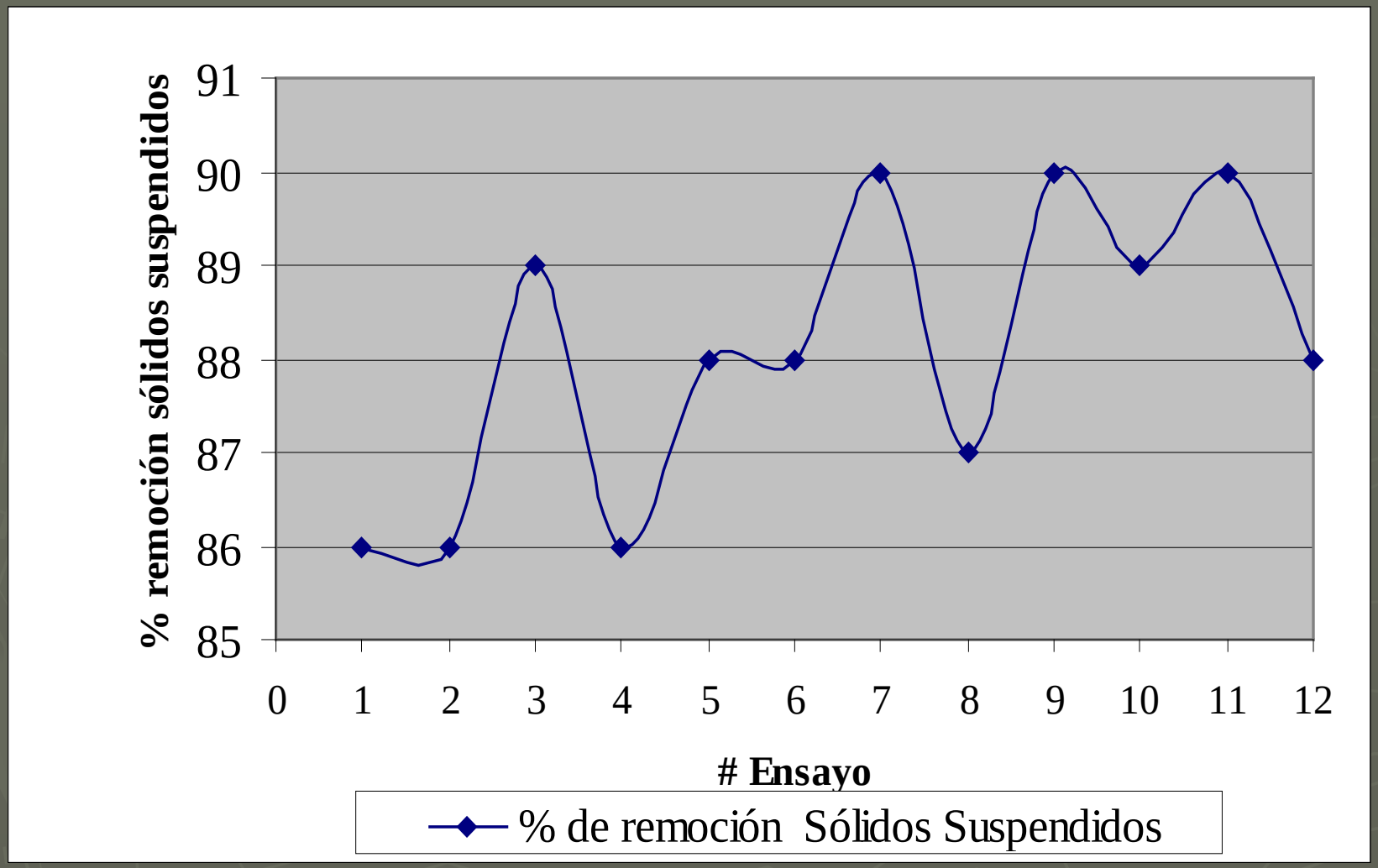
(*) ≈ 50 µm: Valor aproximado del tamaño de poro

Filtración en serie y paralelo por gravedad

Sólidos Suspendidos retenidos en el Ensayo de filtración en serie y paralelo utilizando fieltro como medio filtrante.



Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos en el fieltro (filtración por gravedad)



Filtro Prensa

- La ecuación proporcionada por el fabricante ACS para calcular el tamaño del filtro prensa es:

$$T_{FP} = (V_L \times C \times P) / P_L$$

Donde:

V_L es el volumen de lodo por ciclo (8 horas)

C es el contenido de sólidos en el lodo (fracción en peso)

P es el peso del agua en libras por 1 galón de lodo

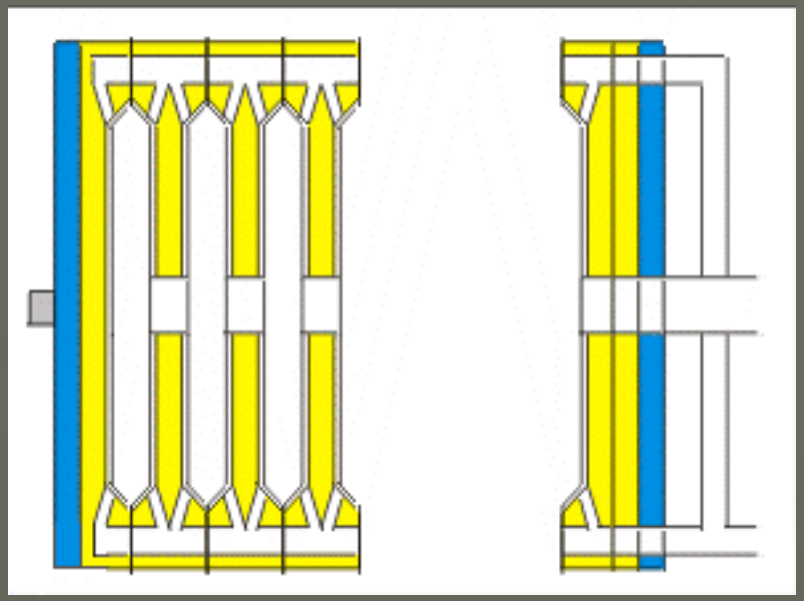
P_L es el peso del lodo en libras por pies cúbico

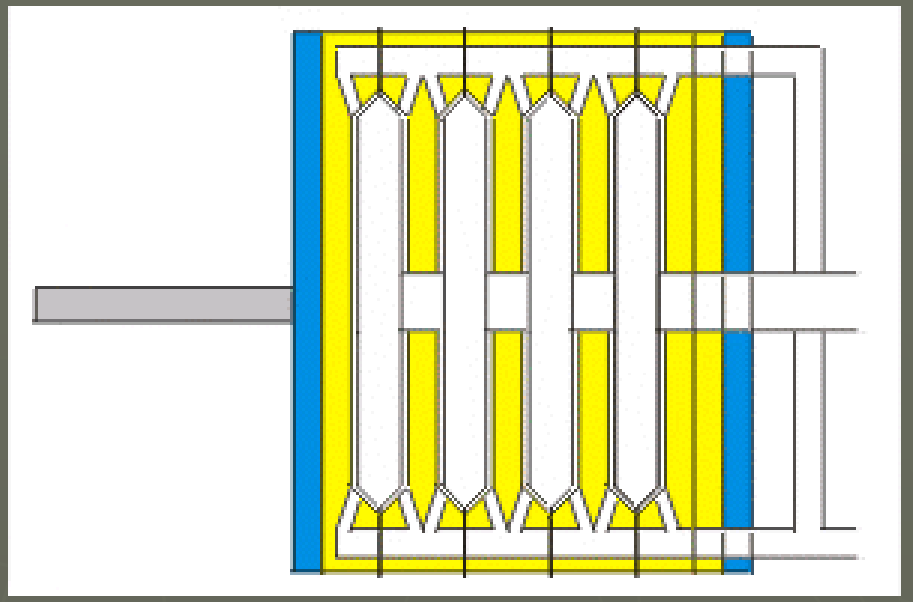
T_{FP} = 78.3 pies cúbicos

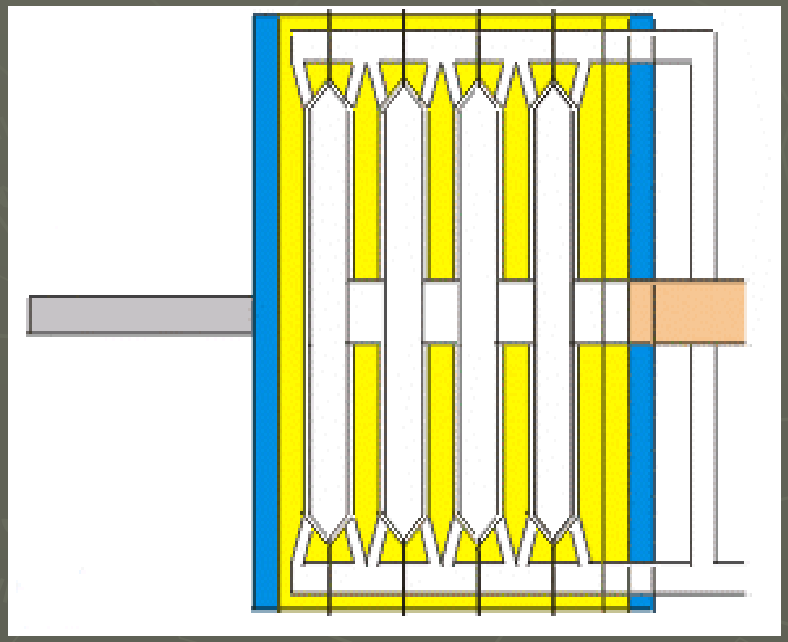
Capacidad ft^3		0.3	0.5	0.6	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	15.0	20.0	25.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100.0	150.0	200.0
AA	Area ft^2	7	10	14	21	35	42	67	88																
	Cámaras	2	3	4	6	9	13	19	25					Solo cierre manual						Peso de embarque 720 + 20 lbs por placa					
	Largo (L)	48	50	52	59	68	74	89	104																
A	Area ft^2				19	32	44	64	89	108	128	178	223	240											
	Cámaras				3	5	7	10	14	17	21	28	35	40						Peso de embarque 1,610 + 30 lbs por placa					
	Largo (L)				81	85	90	97	106	113	120	129	155	168											
B	Area ft^2						40	60	80	100	120	160	200	240	300	400	500								
	Cámaras						4	6	8	11	13	17	21	26	32	43	54			Peso de embarque 3,150 + 50 lbs por placa					
	Largo (L)						89	94	99	104	109	119	129	139	154	180	205								
C	Area ft^2														300	400	500	600							
	Cámaras		Peso de embarque 6,500 + 95 lbs por placa												20	27	34	41							
	Largo (L)														136	154	172	187							
	Largo (L)														136	154	172	187							
D	Area ft^2															413	510	730	820	1000	1460	1640	2040		
	Cámaras		Peso de embarque 9,800 + 110 lbs por placa													17	21	25	34	42	50	67	84		
	Largo (L)															121	132	143	168	191	213	260	307		
E	Area ft^2																			1047	1260	1690	2090	3170	
	Cámaras		Peso de embarque 11,500 + 150 lbs por placa																	34	41	55	68	103	
	Largo (L)																			189	206	238	275	360	
F	Area ft^2																					1640	2110	3166	4220
	Cámaras		Peso de embarque 13,200 + 210 lbs por												Tamaño Optimo							41	52	78	104

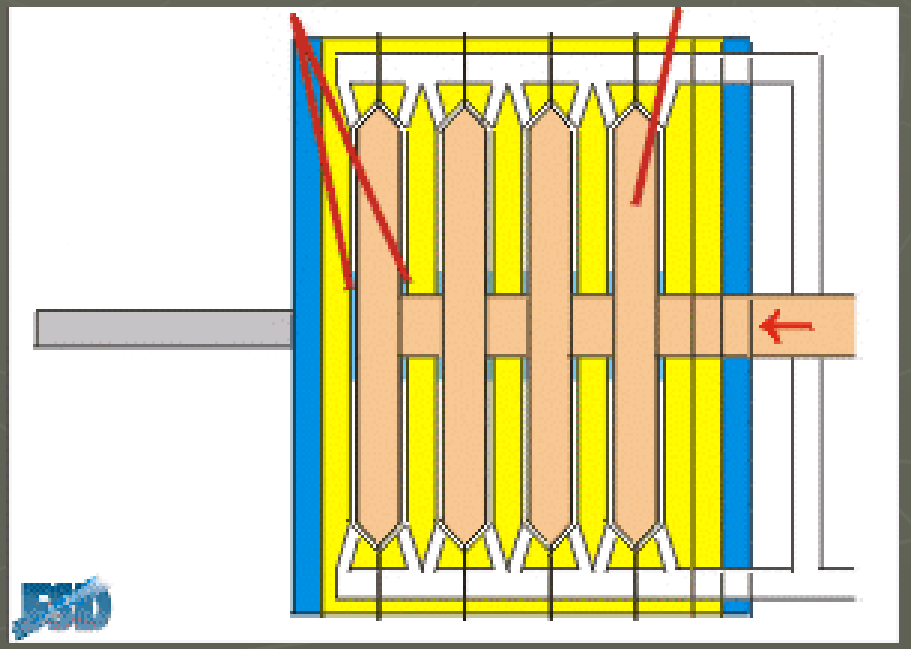
Filtro Prensa de Placas ACS

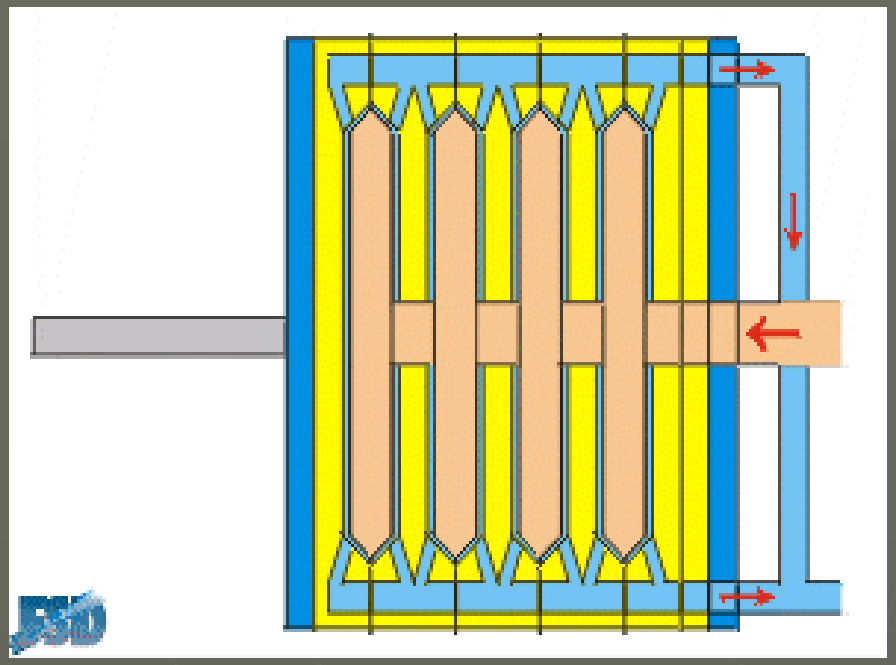
Funcionamiento del Filtro Prensa:

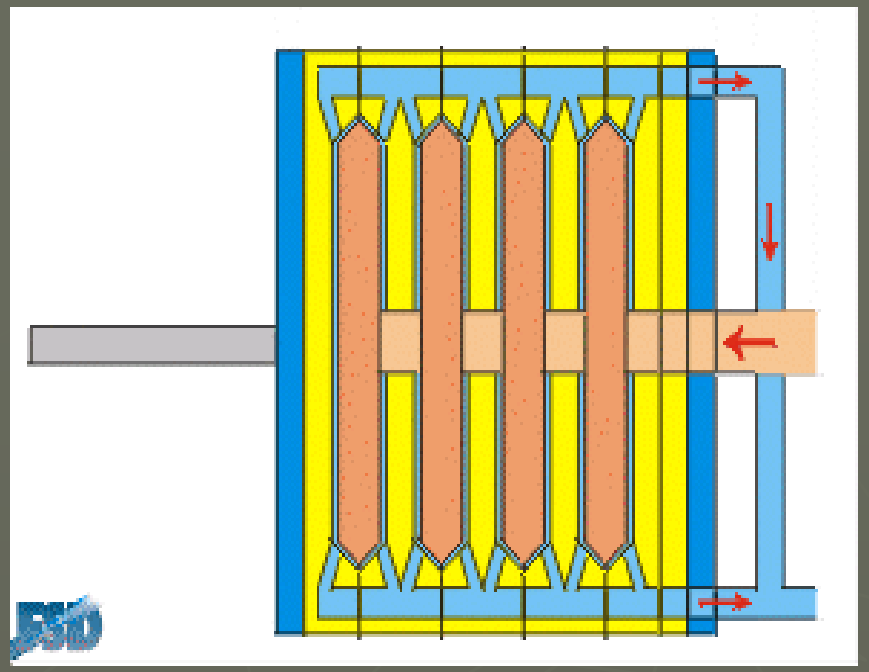


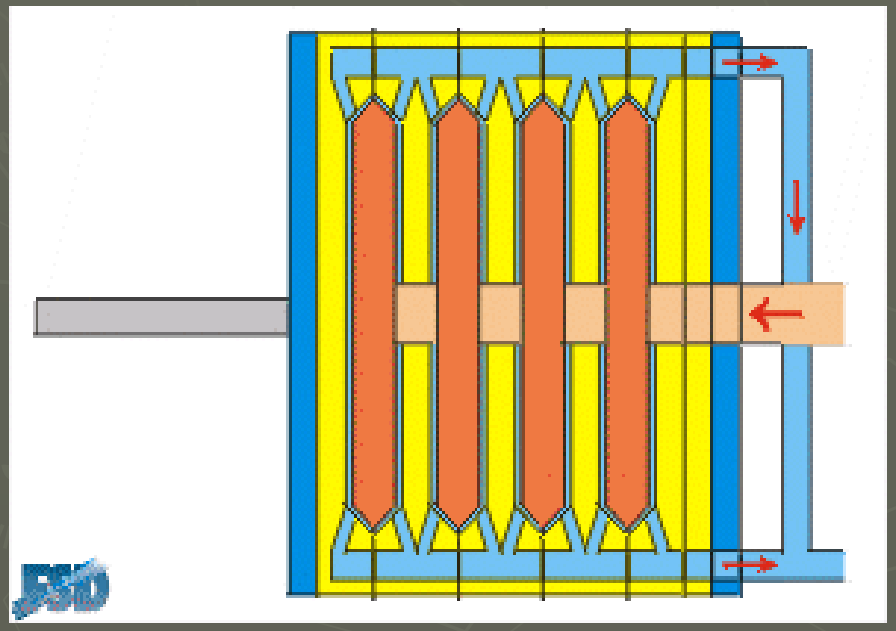


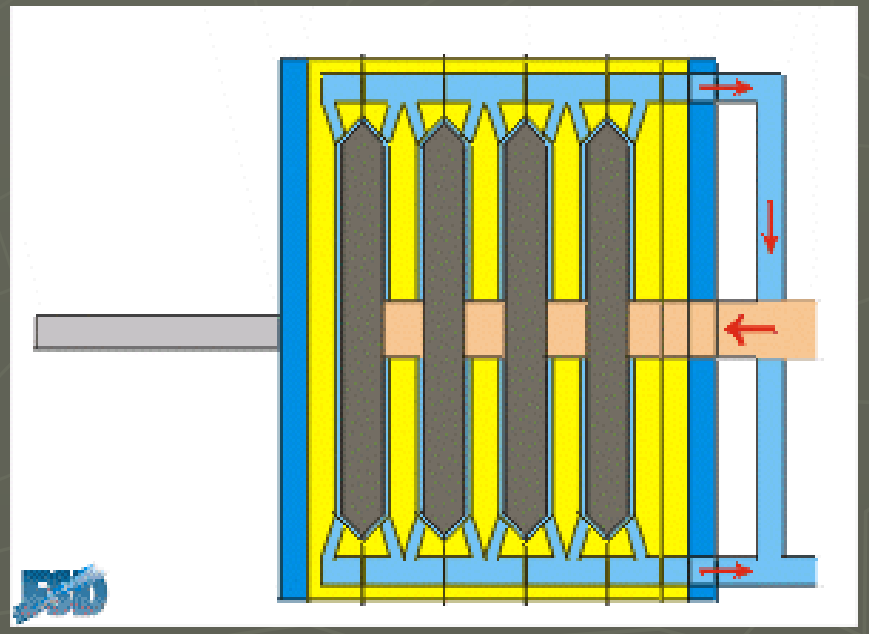


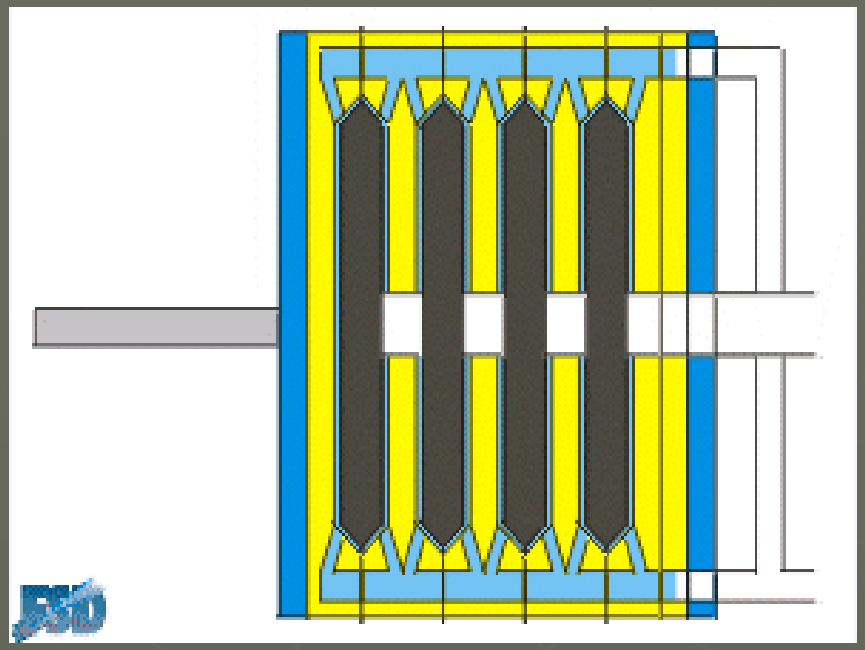


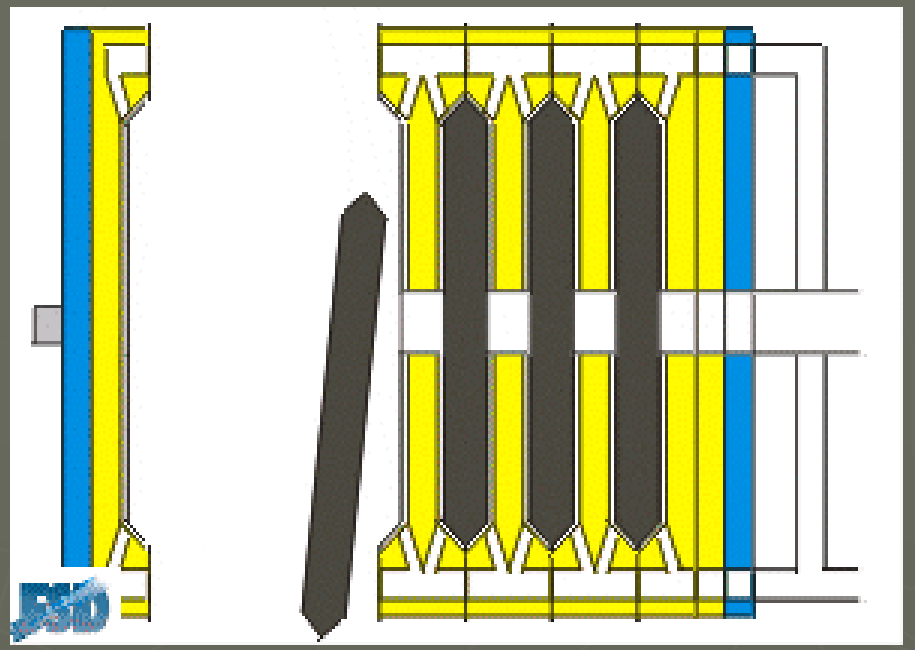


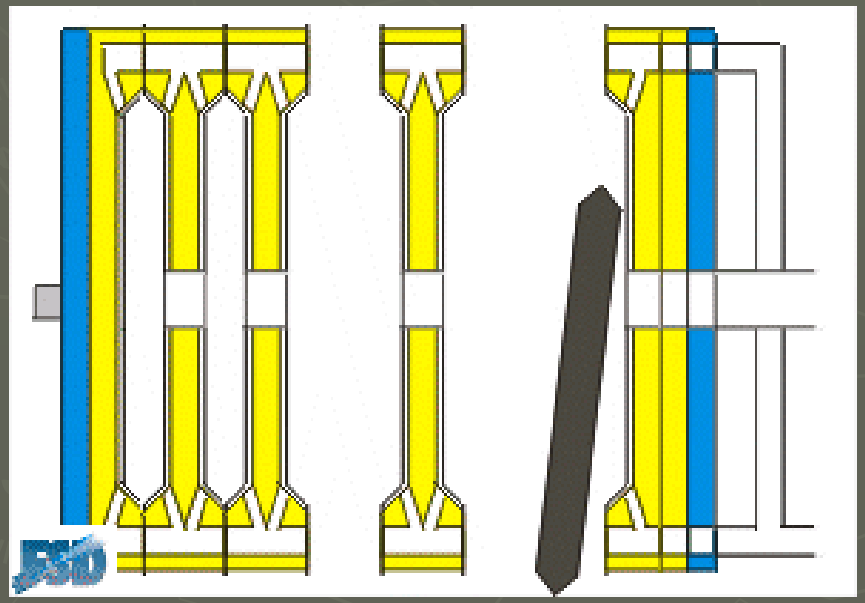


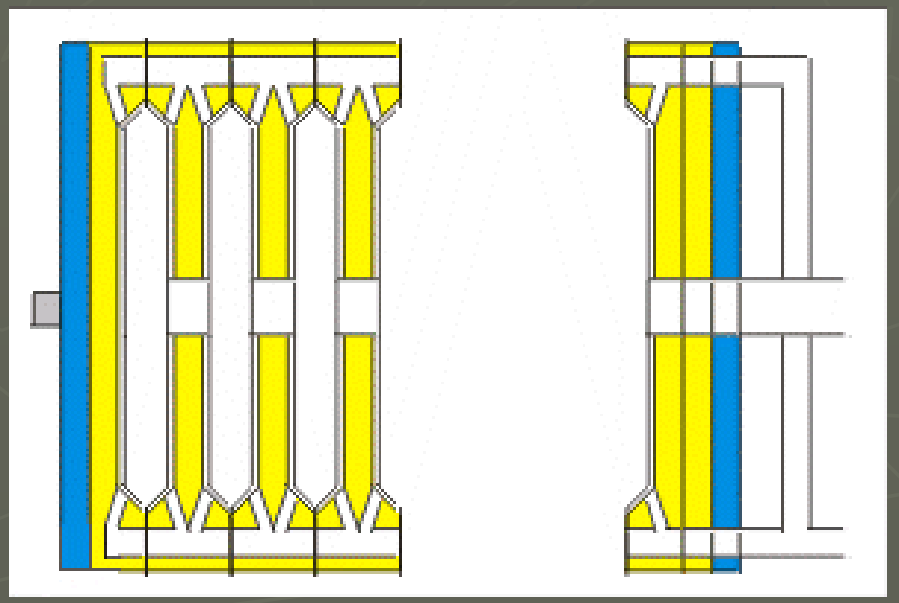












• Discusión

- Los muestreos de esta investigación se realizaron durante la época lluviosa en los meses de enero a mayo del 2004, observando que existe influencia directa de la lluvia sobre el caudal de descarga del efluente, ya que el promedio es de 2.8 L/s y cuando llovía existía un significativo incremento del mismo a 4.2 L/s.

- La temperatura del efluente es alta con un promedio de entrada al sistema de 60ºC y un promedio de salida de 57ºC, apreciándose que por condiciones de temperatura ambiental y por el tiempo bajo de retención del sistema casi no se produce enfriamiento del efluente.

- El pH promedio es ácido (4.8) ya que el efluente esta constituido por ácidos grasos. Se tomó en cuenta este dato al realizar las pruebas de tratabilidad de coagulación/floculación.

- El porcentaje de remoción de sólidos totales y sólidos suspendidos es bastante bajo (13 % y 22 % respectivamente) con el sistema actual, debido a que el tiempo de retención no es suficiente.

- Debido a la falta de mantenimiento del sistema como se puede observar en el tercer muestreo (tabla 3.6.), existe una mayor concentración de sólidos totales a la salida que a la entrada del sistema, ya que el desarenador y el sedimentador están colmatados de sólidos, ocasionando una disminución del volumen y por lo tanto disminuye el tiempo de retención.

- En los ensayos realizados de coagulación / floculación se probaron coagulantes metálicos (sulfato de aluminio y cloruro férrico) sin obtener ningún resultado positivo, a pesar de haber variado pH, temperatura, y las concentraciones del Coagulante, observando que definitivamente no funciona.

- Se probaron varios tipos de ayudantes de coagulación o floculantes como polímeros orgánicos, polielectrolitos aniónicos, polielectrolitos catiónicos, y polielectrolitos no – iónicos; observando que con el polielectrolito no – iónico (Nalco 7530) si produjo la formación de flocs, pero no sedimentaban debido a la falta de peso de los mismos.

- Se observó la formación de flocs en la agitación rápida, pero con el transcurso del tiempo y en la agitación lenta los flocs que se habían formado tenían menor tamaño ocasionando que al momento del reposo no sedimenten.

- La sedimentación de los flocs era demasiado lenta, siendo poco práctico, debido a que el tiempo de retención sería elevado necesitándose un sedimentador grande.

- Durante las pruebas de filtración se decidió comprobar la calidad del filtrado midiendo la turbidez residual, además cual de los filtros retenía más sólidos, en el menor tiempo.

- El filtro cuantitativo con un tamaño de poro de 2.5µm es el que más sólidos suspendidos retiene pero es de más de un día el tiempo requerido, lo cual no es práctico.

- Con el filtro cualitativo con un tamaño de poro de 25µm el tiempo de filtración era de una hora para un mismo volumen de muestra, obviamente se retiene menos sólidos aumentando el valor de la turbidez residual.

- Finalmente se utilizó como filtro el “fieltro” el cual remueve una cantidad apreciable de sólidos en un tiempo de 15 minutos, lo cual es aceptable.

- Debido a que se desea disminuir la carga orgánica que llega a las lagunas de oxidación el fieltro es la mejor opción aún cuando el efluente mantiene una concentración de sólidos suspendidos obviamente menor ocasionando que la degradación en las lagunas de oxidación sea más eficiente.

- Se probó también la filtración al vacío pero se presentó la limitación de que la bomba utilizada en el laboratorio de la Universidad SEK para este tipo de pruebas no tiene la suficiente potencia, ocasionando que no se pueda probar la filtración al vacío con los tres tipos de filtros. Sin embargo en el ensayo que se pudo completar no se observó mayor influencia del sistema de filtración al vacío en comparación al de gravedad y que de efectuarse la filtración al vacío se requeriría de una bomba con mayor potencia elevando los costos de operación.

- Debido a la limitación anteriormente descrita solo se realizó pruebas de filtración al vacío con el fieltro, el tiempo de filtrado disminuyó a 10 minutos de los 15 minutos registrados en la filtración por gravedad, y la turbidez residual disminuyó muy poco, comprobándose que no amerita el uso de vacío.

- Se experimentó dos opciones de filtración en serie y en paralelo utilizando como medio filtrante el fieltro, para observar la eficiencia de los dos sistemas sin observar mayor alteración en la remoción.

• Conclusiones

- El sistema actual de remoción de los sólidos suspendidos de la planta extractora de aceite de palma africana AIQUISA, previo a la degradación de la materia orgánica en las lagunas de oxidación es ineficiente por su tamaño, ocasionando que la remoción de los sólidos sea demasiado baja y a su vez la carga orgánica que llega a las lagunas de oxidación sea alta para la capacidad que tienen.

- La materia prima en la extracción de aceite es la fruta proveniente de la palma africana, por consiguiente los sólidos suspendidos existentes en los efluentes líquidos son de carácter orgánico, los cuales influyen directamente en los elevados valores de la DBO_5.

- El circuito de agua lluvia esta conectado al sistema de aguas de proceso, por eso existe un incremento del caudal cuando llueve.

- En el sistema de tratamiento se ha quedado pequeño con respecto a la producción actual de la planta, ya que estaba diseñado para un menor caudal disminuyendo su eficiencia, necesitándose la implementación de un nuevo tratamiento para mejorar el efluente y aumentar la eficiencia de las lagunas de oxidación.

- De acuerdo a las pruebas de tratabilidad realizadas, coagulación / floculación no es adecuado para tratar este tipo de efluente, ya que las partículas en suspensión no se aglomeran para formar flocs y sedimenten rápidamente, esto se debe a la ausencia de carga eléctrica de estas partículas y a la alta concentración de las mismas.

- La filtración es una buena opción para remover los sólidos suspendidos, ya que es un tratamiento con una operación bastante simple; con la filtración se obtiene un efluente clarificado facilitando la degradación de la materia orgánica residual en las lagunas de oxidación.

- Los lodos recuperados en la filtración tienen un uso agrícola por su alto contenido de nutrientes, por lo tanto se podría vender este lodo para amortizar la inversión y hacer que la filtración sea una actividad auto sustentable.

- Al implementar un tratamiento de remoción de los sólidos suspendidos se estará disminuyendo la carga orgánica que actualmente se esta descargando al cuerpo de agua más cercano, disminuyendo así el impacto ambiental ocasionado por esta actividad industrial.

- La filtración en serie y en paralelo tienen casi la misma eficiencia de remoción de sólidos suspendidos por lo tanto la filtración en serie (ej: filtro prensa) es más apropiada aplicar por ser económicamente más rentable y menos complicado.

- Tanto la filtración por gravedad como la filtración al vacío arrojan resultados parecidos de turbidez residual y tiempo de filtración, por lo que en este caso es más apropiado la filtración por gravedad ya que no se esta ocupando energía.

- El porcentaje de remoción promedio para los sólidos suspendidos obtenido en el presente trabajo mediante filtración a través de un “fieltro” es de 88% con un máximo de 90%.

- Con la remoción de sólidos suspendidos conseguida a través de la filtración, la carga contaminante orgánica se reduce a 798 Kg/día, facilitando enormemente el trabajo de las lagunas de oxidación.

- La cantidad de “torta” obtenida después del proceso de filtración esta en el orden de 5.8 TON/día.

• Recomendaciones

- Se debe dar más atención a los tratamientos existentes en la planta y en general a la parte ambiental que en la actualidad presenta problemas.

- Se debe dar un mantenimiento periódico al sistema actual de tratamiento, mínimo una vez por mes para qué no se colmate de sólidos el sedimentador y el desarenador evitando así la disminución del volumen y el tiempo de retención.

- Se recomienda separar las aguas lluvias de las aguas residuales para evitar que se contaminen además de no tener un aumento de caudal a ser tratado.

- Implementando el sistema de tratamiento sugerido: filtro prensa, se debe dar un mantenimiento periódico al filtro para que tenga la misma eficiencia a lo largo del tiempo.

- Debido a la gran cantidad de lodo retenido se debe verificar los usos del mismo, para su posterior comercialización y que no se convierta en un subproducto más sin uso es decir un residuo, por lo que se recomienda el compostaje de donde se obtiene compost que es un nutriente para el suelo mejorando la estructura y ayudando a reducir la erosión además de aumentar la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.

- Todo el personal encargado del mantenimiento del sistema debe estar provisto de equipo de seguridad industrial y en general esta regla debe aplicarse a todos los obreros de la planta.

GRACIAS.