

**DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO  
PARA RESIDUOS LIQUIDOS INDUSTRIALES  
GENERADOS POR LA PLANTA EXTRACTORA  
DE ACETE DE PALMA  
“ATAHUALPA”**

**LA CONCORDIA - ECUADOR**

# INTRODUCCIÓN

## La Palma Africana como producto de fuerte demanda.

- Producto alimenticio
- Cosméticos.

## La obtención del aceite crudo del fruto de palma.

- Planta extractora
- Utilización de agua
- Altas temperaturas

## La inadecuada disposición final de residuos líquidos industriales.

## El desarrollo de la presente investigación.

- Apoyo por parte de la administración de la planta
- Evaluación
- Reconocimiento del lugar
- Análisis físico-químico en campo y laboratorio.
  - Residuos líquidos industriales
  - Agua de río el Diablo
- Diseño de la Planta de Tratamiento
  - Disminución de la contaminación
  - Cumplimiento de la ley
  - Aprovechamiento de sub-productos

## Objetivo general

- Diseño del sistema de tratamiento de los efluentes líquidos industriales generados por la planta extractora de aceite de palma “Atahualpa”

La presente investigación es de tipo descriptivo, complementada con el análisis en campo y laboratorio.

# ANTECEDENTES

## La planta extractora en la actualidad.

- Canaletas de recolección
- Piscinas colmatadas
- Trampa de grasas en desuso y condiciones inadecuada
- Planta extractora en la actualidad

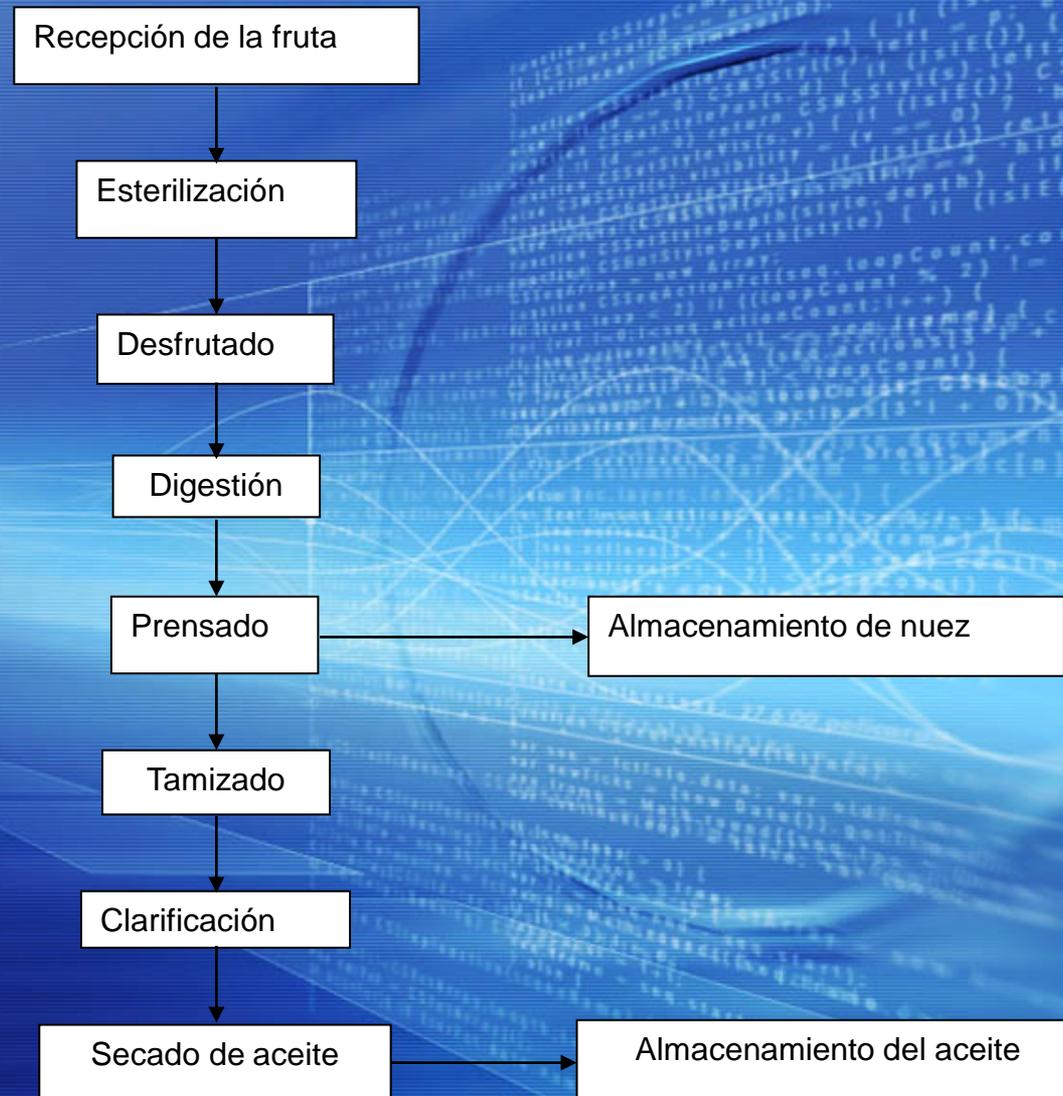
## El agua utilizada para el proceso

## Ubicación de la planta extractora

## Características de la Planta Extractora Atahualpa.

- En la actualidad la planta procesa 10 ton RFF/ hora
- Disposición de residuos sólidos
- Disposición de residuos líquidos industriales
- Turno de trabajo

# Diagrama de flujo para procesos de extracción



## El residuo líquido industrial.

- Proceso de extracción
- Purgas de presión
- Canaletas de recolección.
- Elevadas concentraciones de materia orgánica, aceites y grasas y altas temperaturas.
- Piscinas colmatadas

# PARTE EXPERIMENTAL

## Plan de muestreo

- Residuos líquidos industriales
  - Tres muestreos compuestos
- Río el Diablo
  - Cuatro muestras simples

## Recolección de muestras

- Residuo líquido industrial
  - Desembocadura del canal
  - Vertedero de 90°
  - Recipiente plástico de alta resistencia
- Agua del río el Diablo
  - A un metro de la orilla y 20 centímetros de profundidad
  - Recipientes de vidrio

## Preservación de muestras

- Envases llenos hasta el tope
- Mezcla con 2 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/L
- En refrigeración.
- Los análisis en ninguno de los casos superaron las 48 horas de almacenamiento.

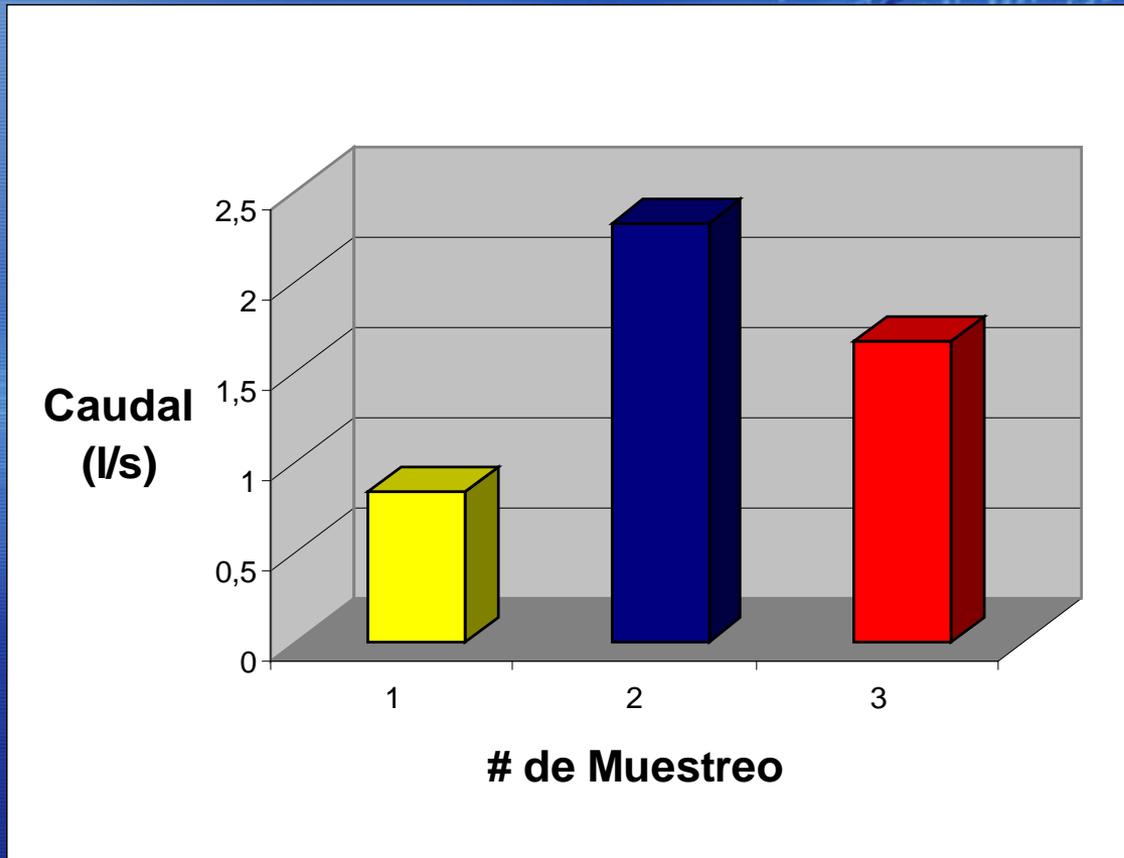
## Métodos de análisis

- Estandarizados por la EPA y modificados
- Equipo HATH

## Resultados

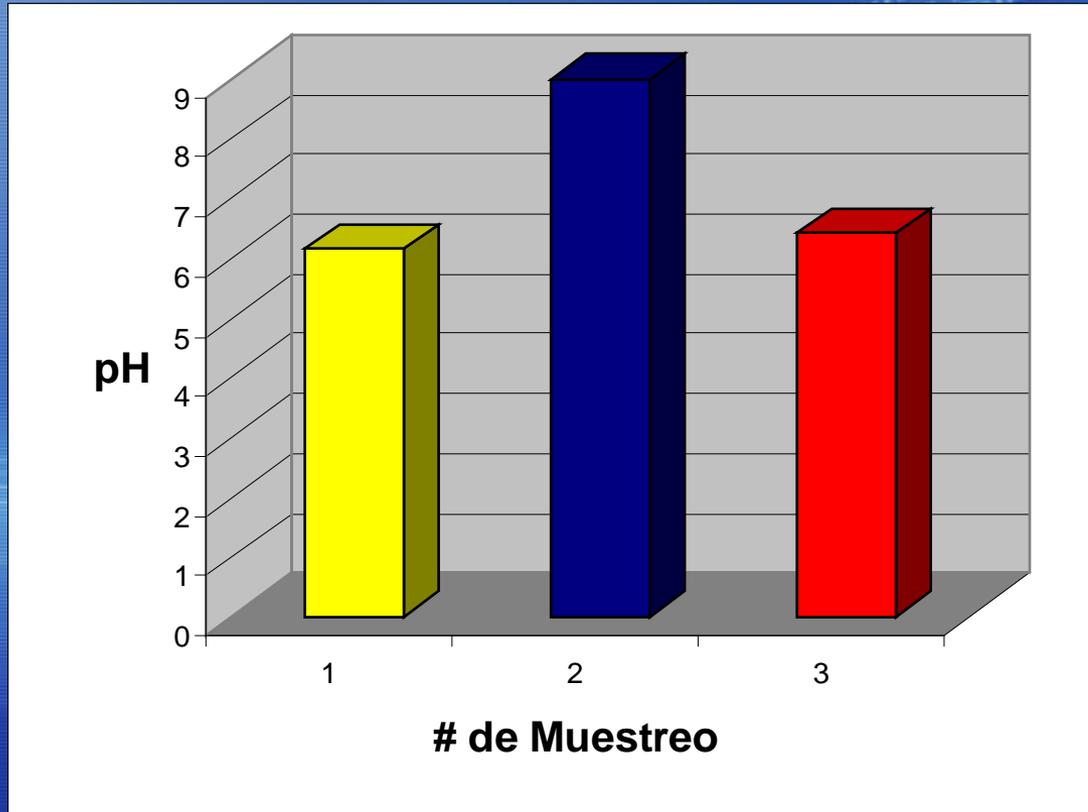
- Datos promedio tomados en los tres muestreos del Residuo Líquido Industrial.
  - Primer muestreo; arranque normal de la planta extractora
  - Segundo muestreo; 100% de funcionamiento de la planta extractora, “detergentes”
  - Tercer muestreo; apagado normal de la planta.

# Comparación del caudal obtenido en los tres muestreos.



\* Caudal del muestreo #2 es: 2.31 (l/s).

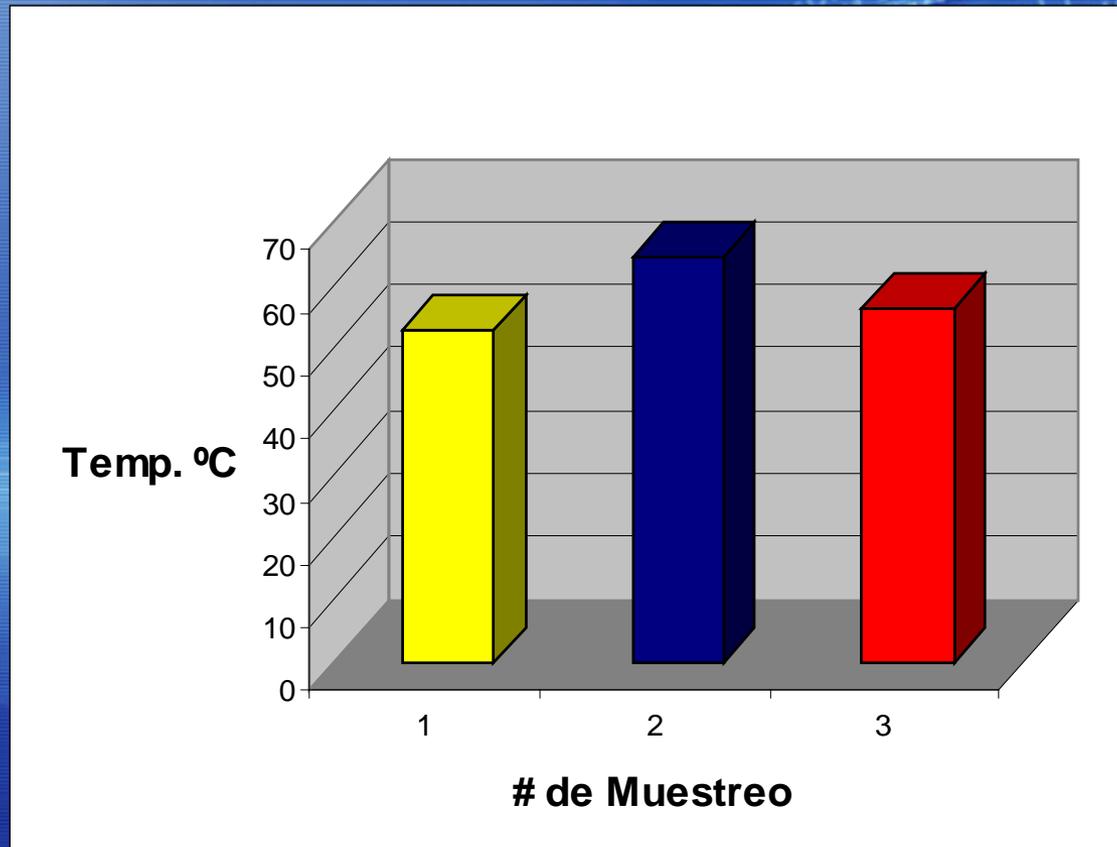
# Comparación del pH obtenido en los tres muestreos.



\* pH muestreo #2 es: 8.99

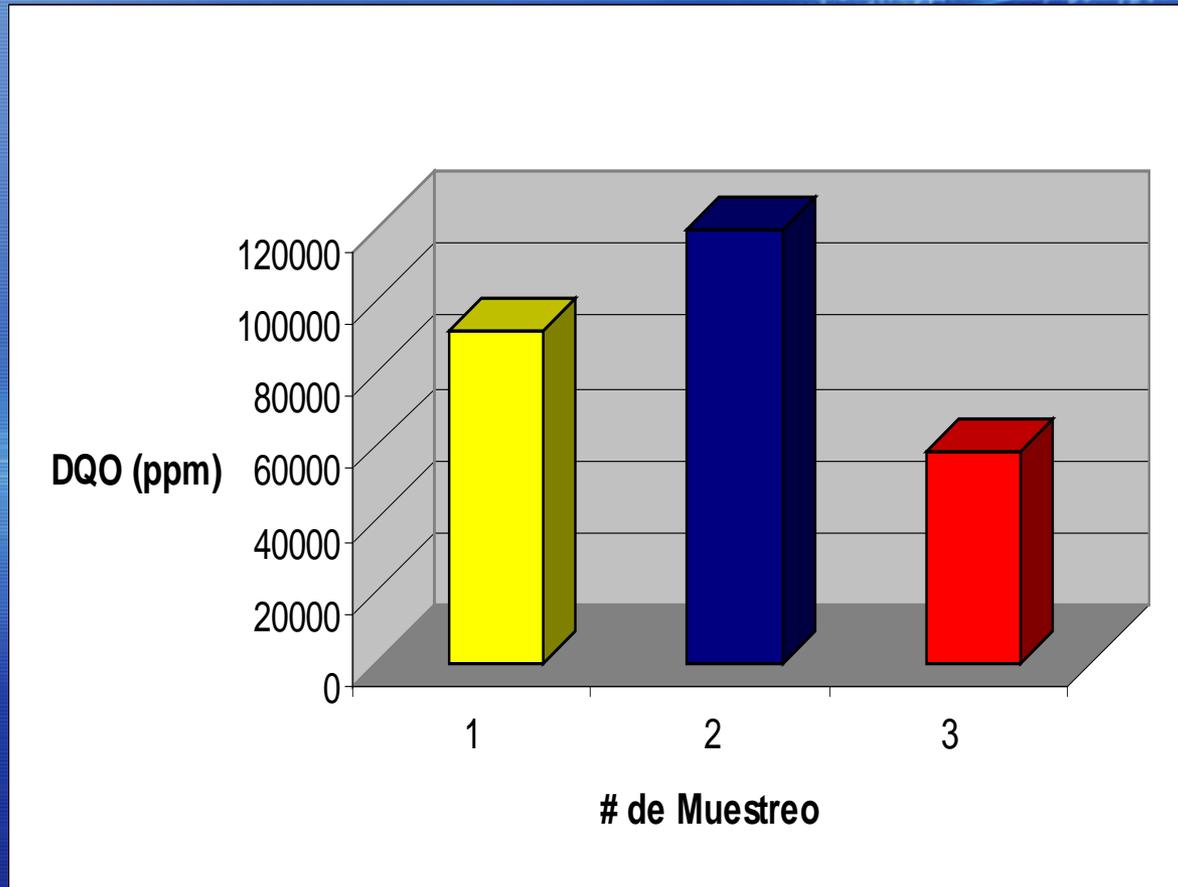
\* (Muestreo #2) es sumamente elevado por el uso de detergentes. Por lo tanto no es un dato representativo y no es tomado en cuenta para los valores de criterio de diseño.

## Comparación de la temperatura obtenida en los tres muestreos



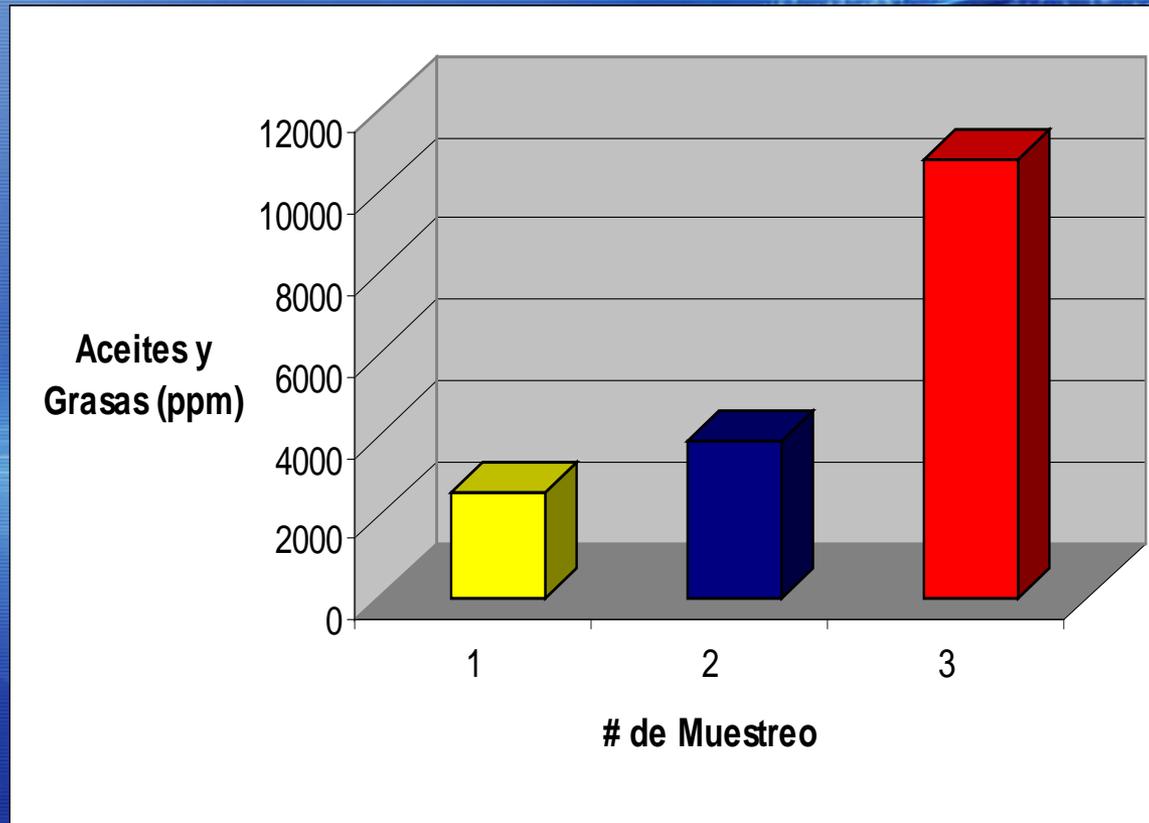
\* La temperatura en el muestreo #2 es: 64.37 °C

# Comparación de la DQO obtenido en los tres muestreos



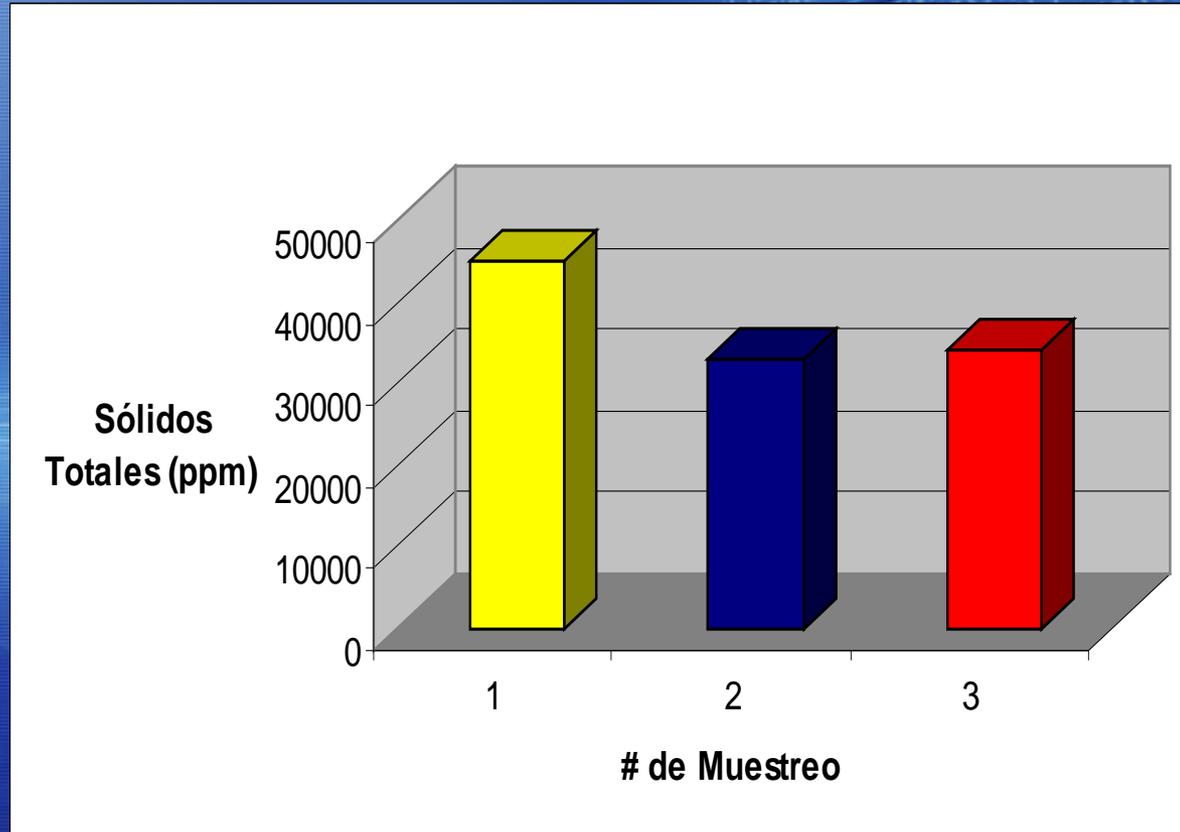
\* La concentración de DQO en muestreo #2 es: 119500 ppm

# Comparación de los aceites y grasas obtenidos en los tres muestreos



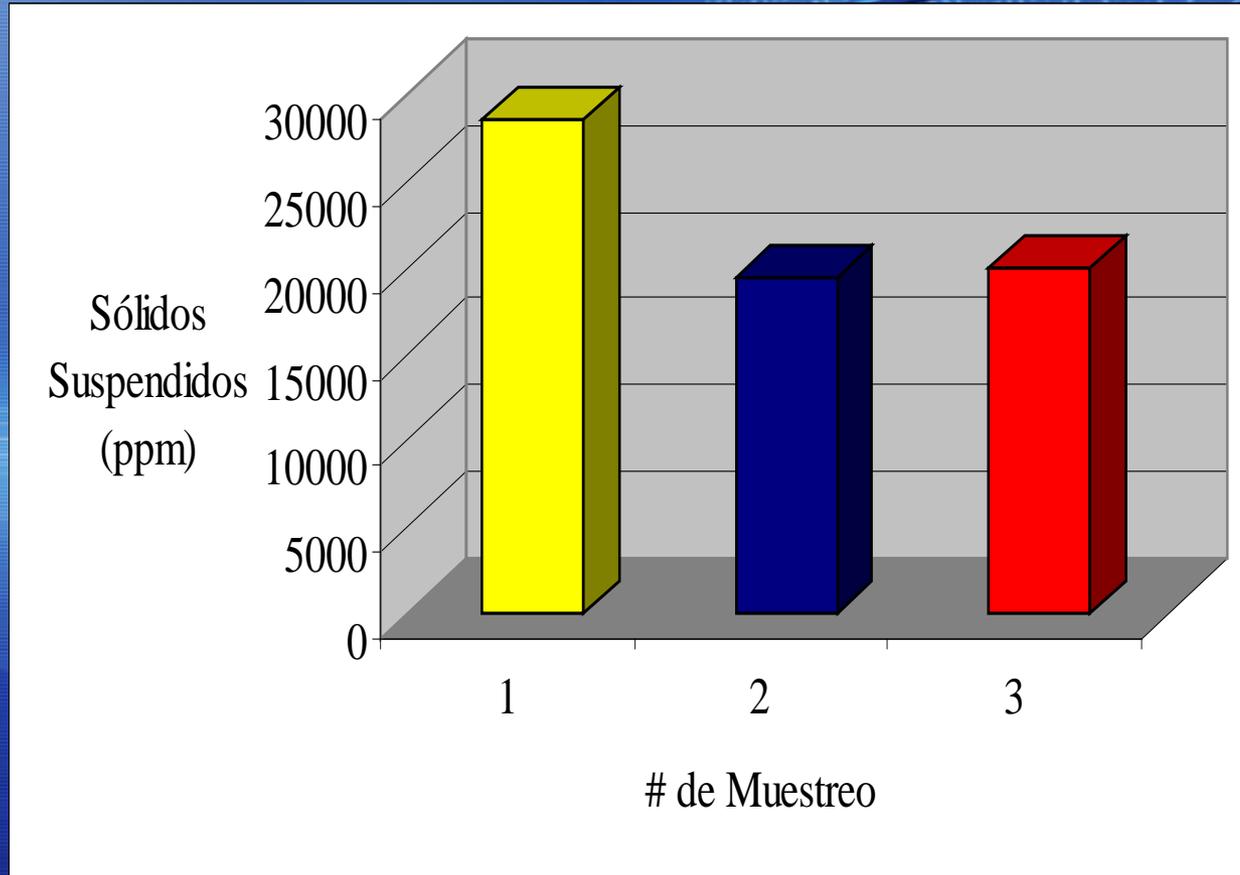
\* La concentración de aceites y grasas en el muestreo #3 es: 10755 ppm

# Comparación de los Sólidos Totales obtenido en los tres muestreos



\* La concentración de sólidos totales en el muestreo #1 es: 44743 ppm

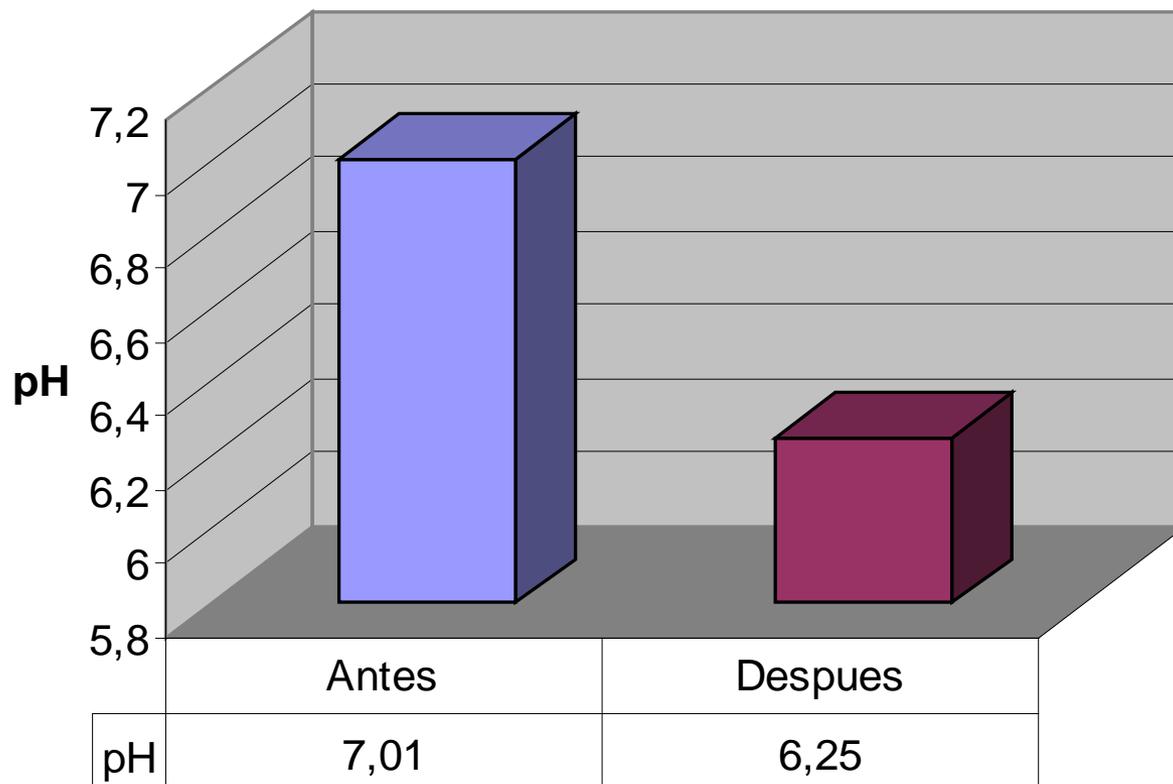
# Comparación de los Sólidos Suspendidos obtenidos en los tres muestreos



\* La concentración de sólidos suspendidos en el muestreo #1 es: 28690 ppm.

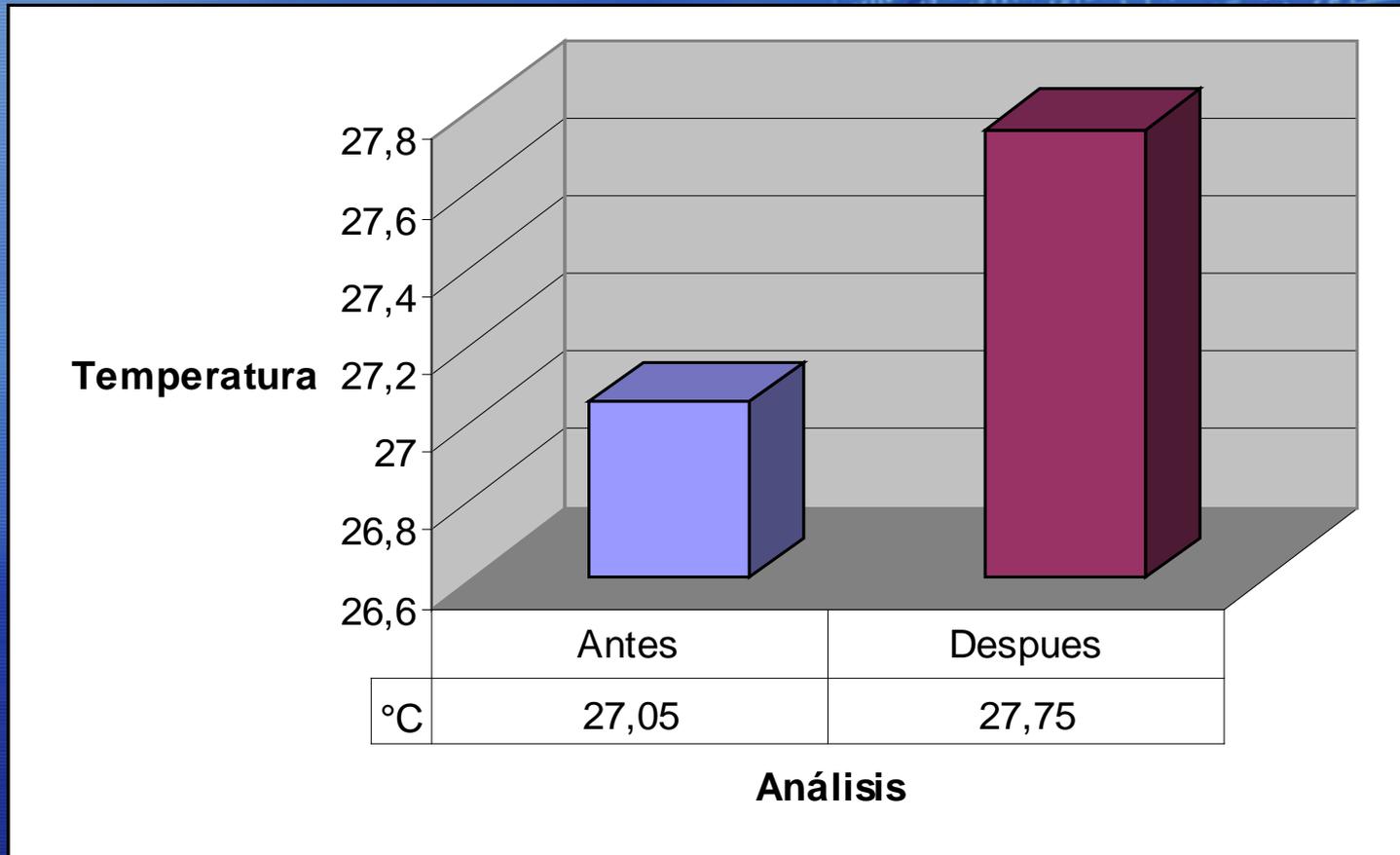
\* Datos promedio tomados en los dos muestreos del agua del río el Diablo

# pH del río el Diablo antes y después de la descarga de las aguas residuales industriales.

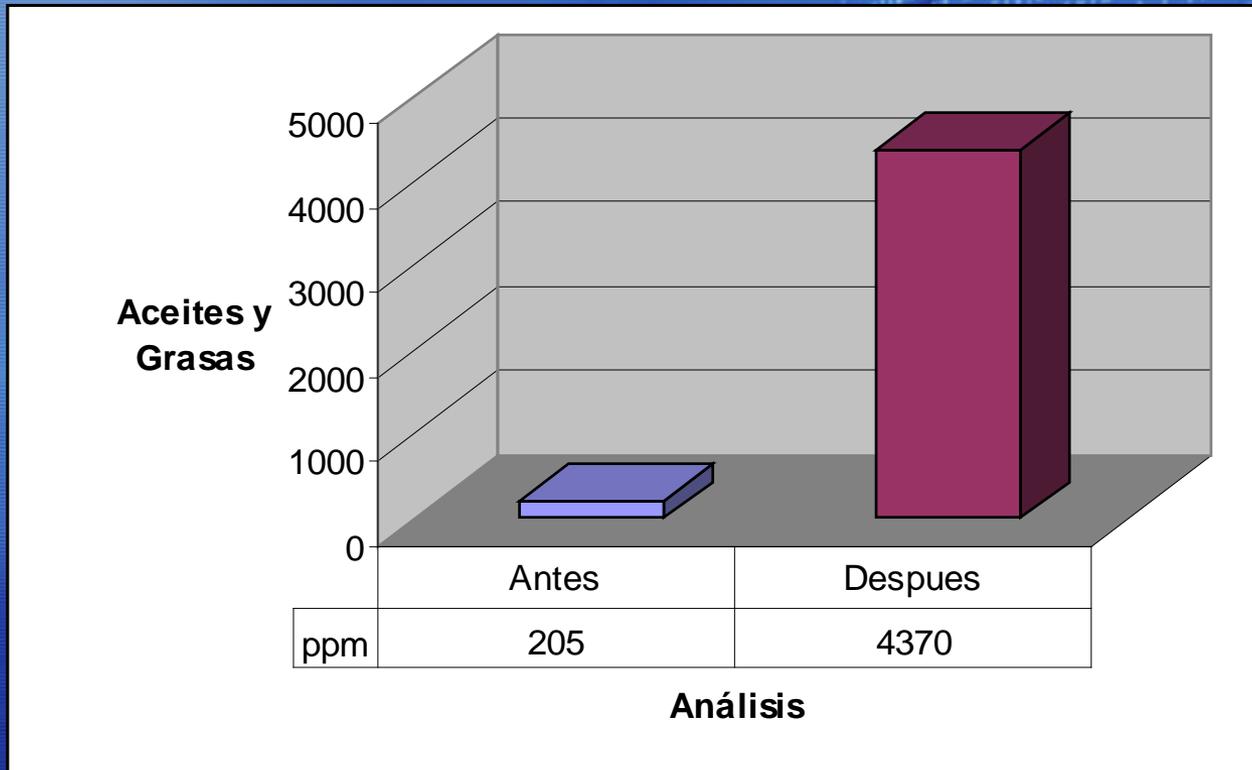


**Análisis**

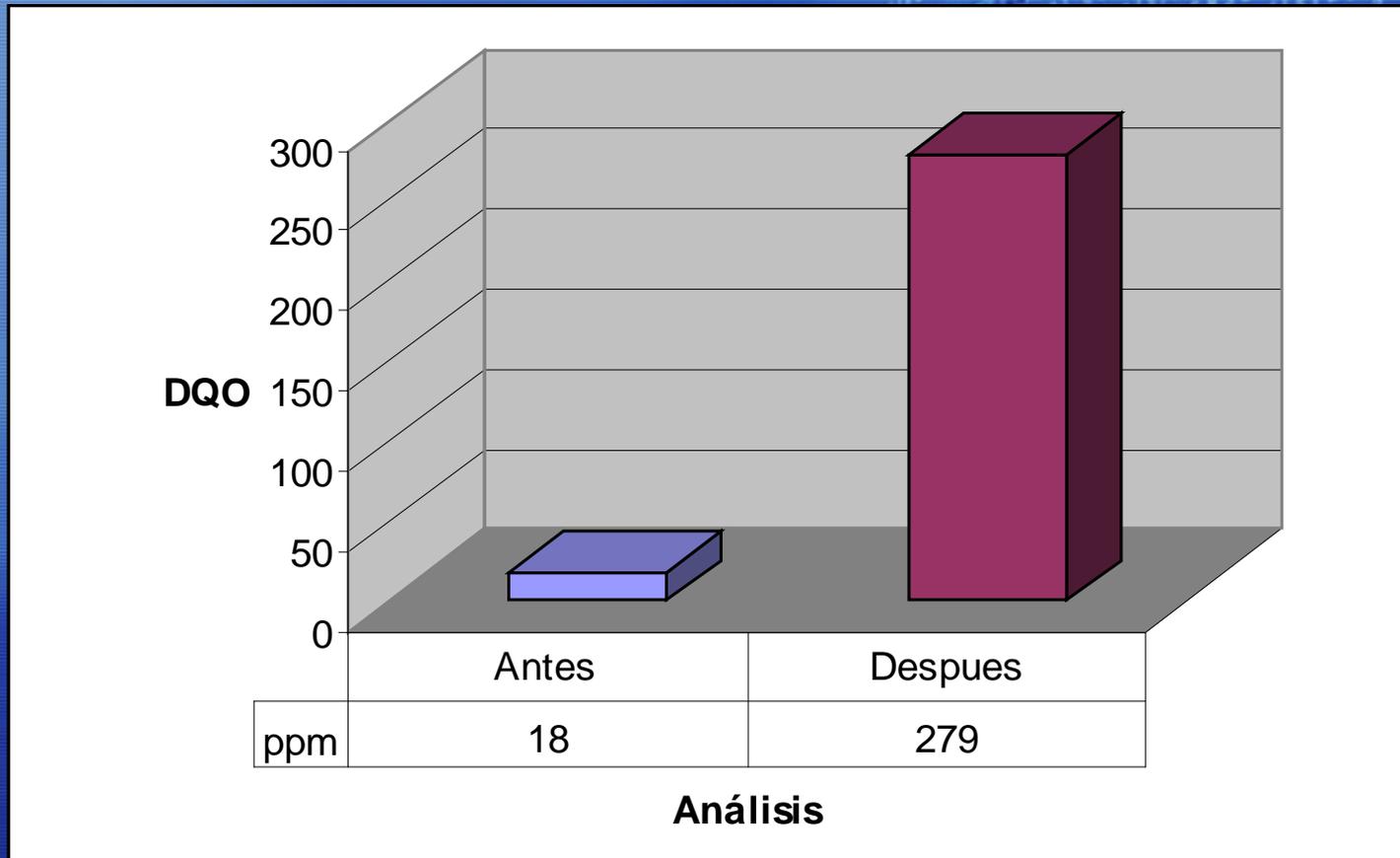
# Temperatura del río el Diablo antes y después de la descarga de las aguas residuales industriales.



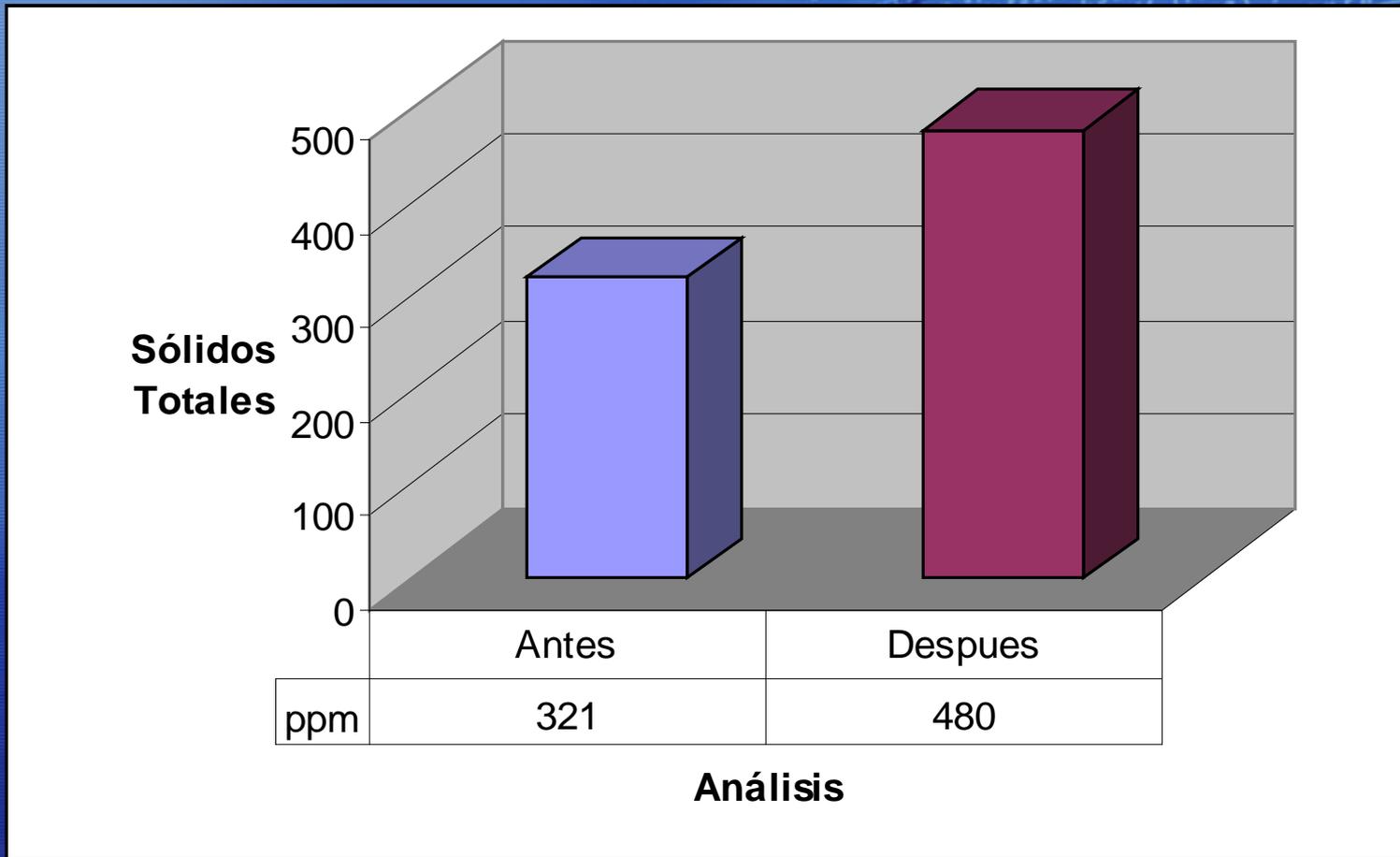
# Aceites y Grasas del río el Diablo antes y después de la descarga de las aguas residuales industriales.



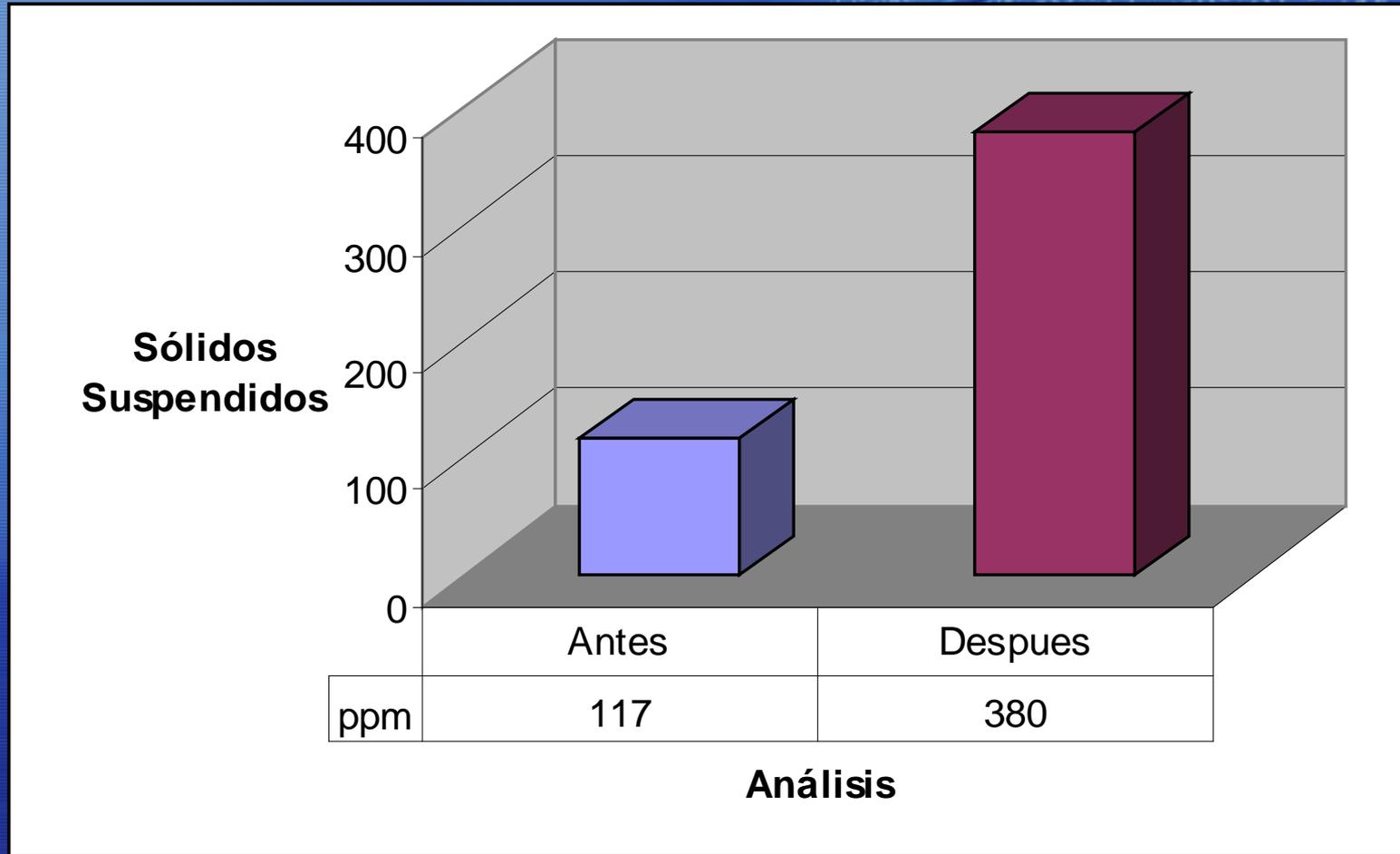
# DQO del río el Diablo antes y después de la descarga de las aguas residuales industriales.



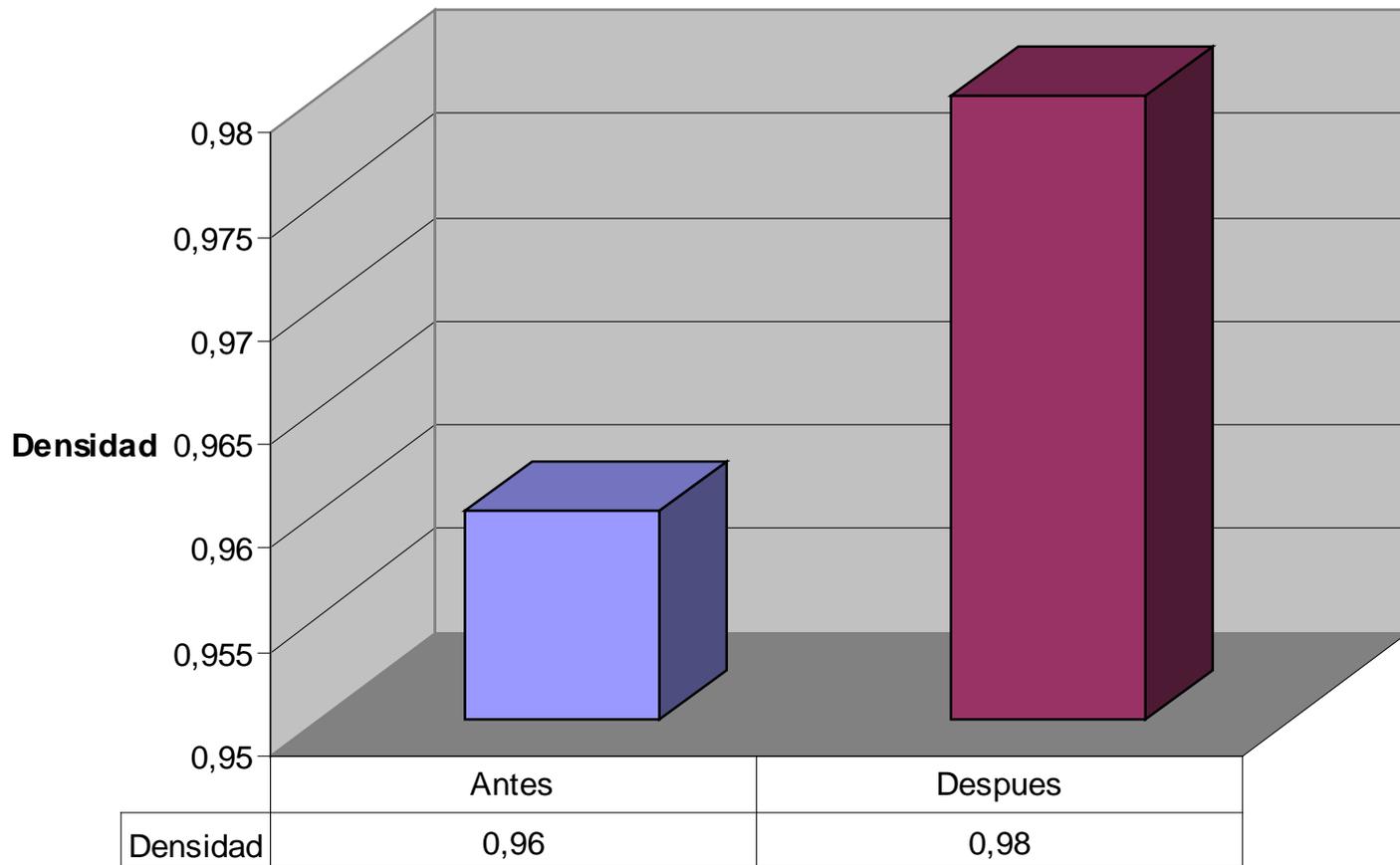
# Sólidos del río el Diablo antes y después de la descarga de las aguas residuales industriales.



# Sólidos Suspendidos del río el Diablo antes y después de la descarga de las aguas residuales industriales.



# Densidad del río el Diablo antes y después de la descarga de las aguas residuales industriales.



Análisis

# DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

## Datos para el criterio de diseño

- Método estadístico de Hansen
- Valores para criterio de diseño

Caudal (l/s)	Temperatura (°C)	PH	Aceites y grasas (ppm)	Sólidos Totales (ppm)	Sólidos Suspendidos (ppm)	DQO (ppm)
3.5	67.8	6.58	12339	45883	29347	129923

## Sistemas existentes utilizables para la PTRLI

- Piscina de forma irregular hecha de concreto, sin divisiones y con un volumen total de 345 m<sup>3</sup>
- Canaleta de recolección del efluente
- Dos piscinas de tratamiento biológico que se encuentran totalmente colmatadas.
- Bombas de distintas capacidades

## Tratamiento primario

### ➤ Diseño del vertedero

- El vertedero seleccionado es de tipo triangular de 90°
- Las dimensiones del vertedero son las siguientes:
  - » Grosor: 1/8" de lamina de metal
  - » Profundidad Total: 25 cm
  - » Ancho Total: 34 cm

### Diseño de rejilla

- Como objetivo principal el retener sólidos de hasta 1.5 cm
- Limpieza manual
- Las dimensiones del canal son:
  - » Ancho: 0.34 m
  - » Altura: 0.25 m
  - » Pendiente: 2.00 %

- Las características de las rejillas
  - » Diámetro de las barras
  - » Profundidad de las barras
  - » Abertura o espaciamiento
  - » Pendiente con la horizontal
  - » Numero de barras

1.0 cm

32.64 cm

1.50 cm

45°

18

## Esquema de rejillas



# DISEÑO DE SEDIMENTADOR

- El objetivo principal del sedimentador es la remoción de los sólidos suspendidos
- Limpieza manual
- El sedimentador cuenta con una pantalla deflectora.
  - Ubicada a 0.75 m de la pared final del sedimentador
- El diseño del sedimentador, esta en función de la velocidad de flujo, caudal y tiempo de retención.
  - $V_{max} = 0.3 \text{ m/s}$
  - $Q \text{ de diseño} = 12.6 \text{ m}^3/\text{h}$
  - $\text{Tiempo de retención} = 7 \text{ min.} = 0.116 \text{ h}$
- Las dimensiones del sedimentador serán:
  - Ancho (a) = 0.80 m
  - Alto (h) = 0.75 m
  - Largo (l) = 2.28 m
  - Volumen = 1.46 m<sup>3</sup>

## Diseño de trampa de grasas

- El objetivo principal de la trampa de grasas es la separación
- Limpieza manual
- La trampa de grasas cuenta con muros retenedores superficiales y sumergidos, cada uno mide 3.45 m de largo y 0.60 m de altura
- Volumen de 343 m<sup>3</sup>
- Se construirán 3 fosas colectoras de la nata de aceites y grasas

## Diseño de tanque de neutralización

- Volumen de 2m<sup>3</sup>
- Tiempo de residencia de 15 minutos.
- Tubos en “T” de 4” cada uno

## Enfriamiento del efluente liquido

- De las 25 horas de tiempo de residencia en la trampa de grasas, 18 horas necesarias para que el efluente alcance la temperatura ambiente, es decir 21 °C.

## Diseño de las canaletas de recolección

- Ancho: 0.34 m
- Profundidad: 0.25 m
- Largo Total: 67.40 m

## Diseño de lecho de secado

- Grava
- Arena

## Diseño de laguna de estabilización anaeróbica

- Volumen: 8360 m<sup>3</sup>
- Tiempo de residencia: 28 días

## Diseño de laguna de estabilización facultativa

- Volumen: 2709 m<sup>3</sup>
- Tiempo de residencia: 9 días

# Eficiencia de la planta de tratamiento de residuos líquidos industriales de la planta extractora “ATAHUALPA”

Eficiencia mínima de remoción de la PTRLI



Unidad de tratamiento	Eficiencia mínima de remoción (%)			
	DQO	Aceites y Grasas	Sólidos Totales	Sólidos Suspendedos
Rejilla	Despreciable	Despreciable	Despreciable	Despreciable
<u>Sedimentador</u>	30	40	60	20
Trampa de grasas	50	99.9	90	40
Neutralizador	Despreciable	Despreciable	Despreciable	Despreciable
Piscina Anaerobia	95	80	60	95
Piscina Facultativa	95	80	60	95



**Concentración mínima a la salida de cada unidad.**

Unidad de tratamiento	Concentración mínima a la salida del cada unidad (ppm)			
	DQO	Aceites y Grasas	Sólidos Totales	Sólidos Suspendidos
<b>Concentración de descarga original</b>	<b>129923</b>	<b>12339</b>	<b>45883</b>	<b>29347</b>
<b>Rejilla</b>	Despreciable	Despreciable	Despreciable	Despreciable
<b>Sedimentador</b>	90946	7403	18353	23478
<b>Trampa de grasas</b>	45473	7	1835	14087
<b>Neutralizador</b>	Despreciable	Despreciable	Despreciable	Despreciable
<b>Piscina Anaerobia</b>	2274	1	734	704
<b>Piscina Facultativa</b>	114	0.2	294	35

### Limites de descargas que la PTRLI debe cumplir según el TULAS

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en <u>hexano</u>	<u>mg/l</u>	0,3
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	<u>D.B.O<sub>5</sub></u>	<u>mg/l</u>	100
Demanda Química de Oxígeno	<u>D.Q.O.</u>	<u>mg/l</u>	250
Sólidos Suspendidos Totales	SS	<u>mg/l</u>	100
Sólidos totales	ST	<u>mg/l</u>	1 600
Temperatura	<u>°C</u>		< 35



## Presupuesto para la construcción general



Descripción	Costo en (\$UD)
Subtotal de canaletas	2434.43
Subtotal del <u>sedimentador</u>	429.54
Subtotal de tanques recolectores	666.58
Subtotal de muros separadores	363.19
Subtotal de Lecho de secado	1177.35
Subtotal de piscinas de tratamiento	58665.7
<b>Total</b>	<b>63736.8</b>



# DISCUSIÓN

- La toma de muestras se la realizó en la descarga de la canaleta
- La temperatura tomada como criterio para el diseño fue de 67.8 °C
- El residuo líquido tarda en reducir su temperatura hasta los 21 °C en un tiempo de 18 horas.
- El pH tomado como criterio de diseño fue de 6.58
- El caudal usado fue de 3.5 l/s
- El sedimentador fue diseñado para remover el 30% de DQO, el 40 % de Aceites y grasas, el 60 % de sólidos Totales y el 20% de sólidos suspendidos
- La trampa de grasas logrará reducir en el 50% la DQO, un 99.9% de aceites y grasas recuperados en tanque de recolección de 1m<sup>3</sup>, el 90% de sólidos totales y el 40 % de sólidos suspendidos.
- La neutralización se realizará por medio de un dosificador de hidróxido de calcio y un agitador mecánico hasta obtener un pH de 7.
- La piscina #1 (anaerobia) tiene un volumen de 8360 m<sup>3</sup> y un tiempo de residencia de 28 días, dentro de las cuales se lograra reducir la DQO en un 95%, los aceites y grasas en un 80 %, los sólidos totales en un 60% y los sólidos suspendidos en un 95%, rendimientos que son los mismos para la laguna #2 (facultativa) cuyo volumen es de 2709 m<sup>3</sup> y un tiempo de residencia de 9 días.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

- La caracterización físico-química del residuo líquido industrial demuestran que el residuo es sumamente contaminante al ambiente
- La caracterización físico- química del río el Diablo demuestra que existe contaminación
- Es de suma importancia que la planta extractora desarrolle el presente proyecto
- El área y los sistemas existentes destinados para el tratamiento del residuo líquido, son de gran utilidad para la ejecución del proyecto, ya que se encuentran en condiciones aptas para ser rediseñados y puestos en funcionamiento.
- Los rendimientos estimados en todos los sistemas de tratamiento planteados, son positivos ya que reducirán la carga contaminante
- Todo el lodo acumulado en los sistemas de tratamiento, debe ser recogido y destinados al Lecho de secado.
- Para la operación y el mantenimiento de la PTRLI (Planta de Tratamiento de Residuos Líquidos Industriales) no es necesario personal técnico o capacitado para dicha tarea.
- El costo total de construcción de la planta es de 63736.8 dólares americanos, el mayor costo pertenece a la excavación de las piscinas y el desalojo del material retirado que suman un total de 58665.7 dólares americanos.

# RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar a cabo la ejecución del proyecto para reducir la contaminación ambiental, con el fin de cumplir con la normativa ambiental vigente.
- Destinar adecuadamente los residuos que genera la planta de tratamiento, ya que estos son subproductos con carga de nutrientes y que pueden generar ingresos económicos a la empresa.
- Realizar periódicamente un adecuado mantenimiento de todos los sistemas de la PTRLI (Planta de Tratamiento de Residuos Líquidos Industriales).
- La torta proveniente del lecho de secado se lo puede destinar a camas de formación de bio-abono o se lo puede colocar directamente sobre la carona de la palma africana como fuente de nutrientes.
- El efluente tratado en la PTRLI podrá ser dispuesto para regadío, debido a que este contiene nutrientes importantes para la plantación de palma africana.
- Los aceites y grasas recuperados en la PTRLI, podrán ser dispuestos como productos de segunda clase, ideales para la fabricación de jabón, cosméticos, entre otros.
- Construir un sistema adecuado de recolección de agua lluvia alrededor de todas las instalaciones de la planta extractora, incluida la PTRLI, para evitar que el agua lluvia se mezcle con el proceso de tratamiento.
- Se tiene que realizar una caracterización semestral del efluente tratado, con el fin de verificar la eficiencia del proceso.
- Adquirir una motobomba o una draga que ayude con la limpieza de los sedimentos acumulados en todos los sistemas de tratamiento.
- Controlar continuamente el correcto funcionamiento de la PTRLI.

















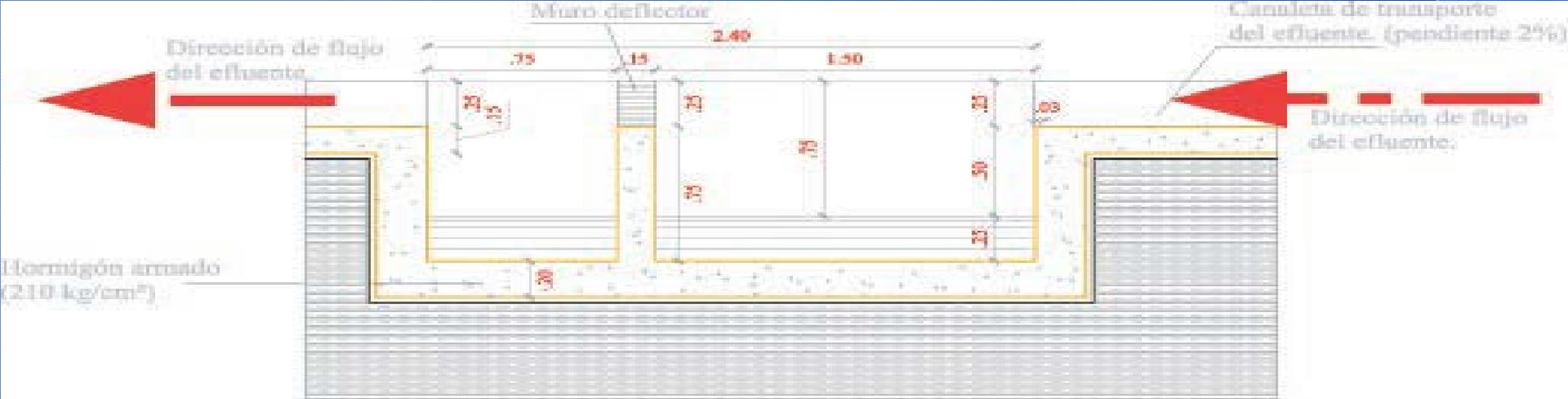
## SISTEMA DE CANALETAS DE RECOLECCIÓN sin escala

Sedimento de arena y fibra

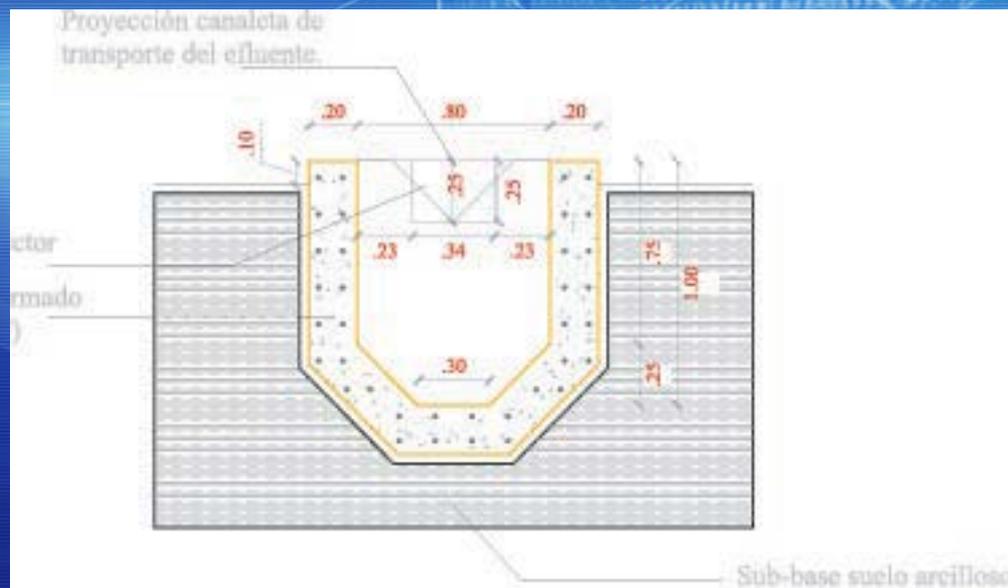
Rejilla metálica



CORTE LONGITUDINAL  
CANALETA DE TRANSPORTE

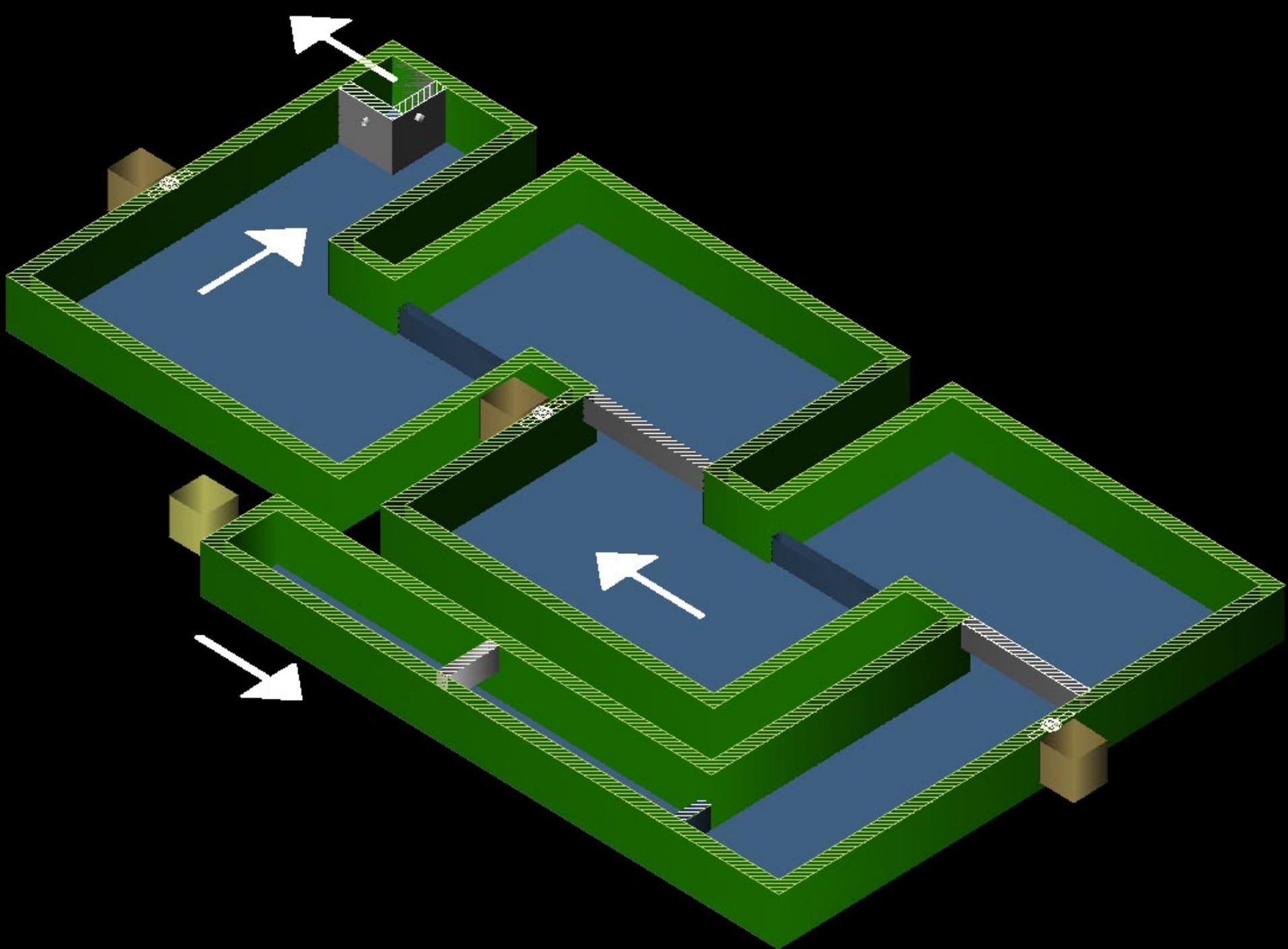


## CORTE LONGITUDINAL DEL SEDIMENTADOR



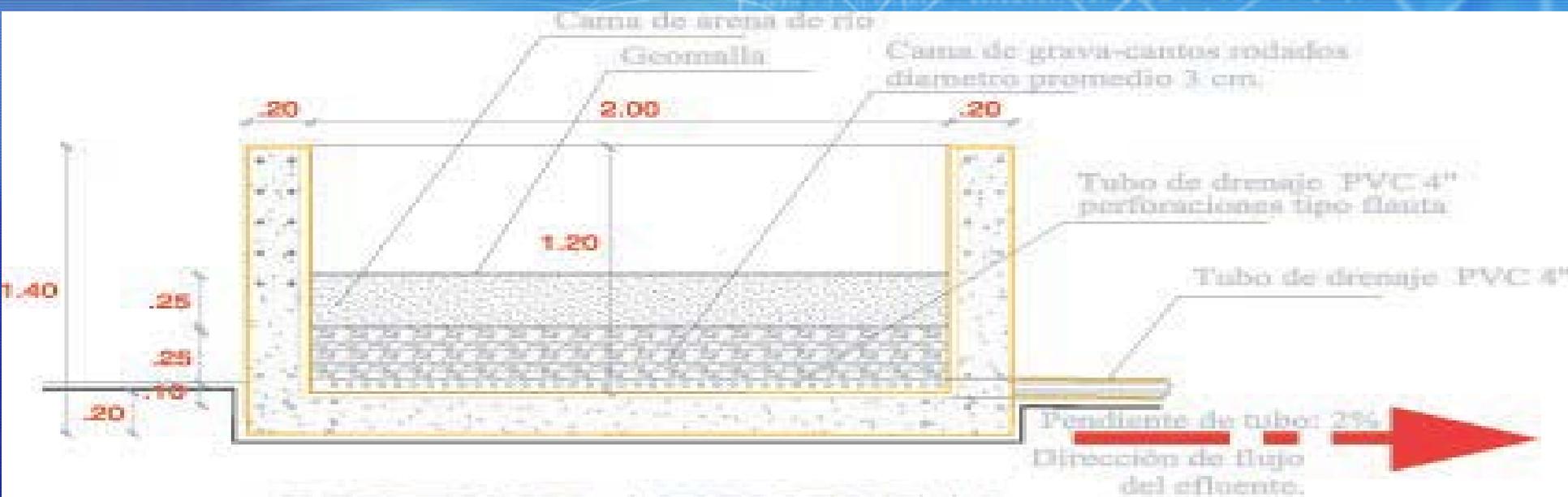
## CORTE TRANSVERSAL DEL SEDIMENTADOR



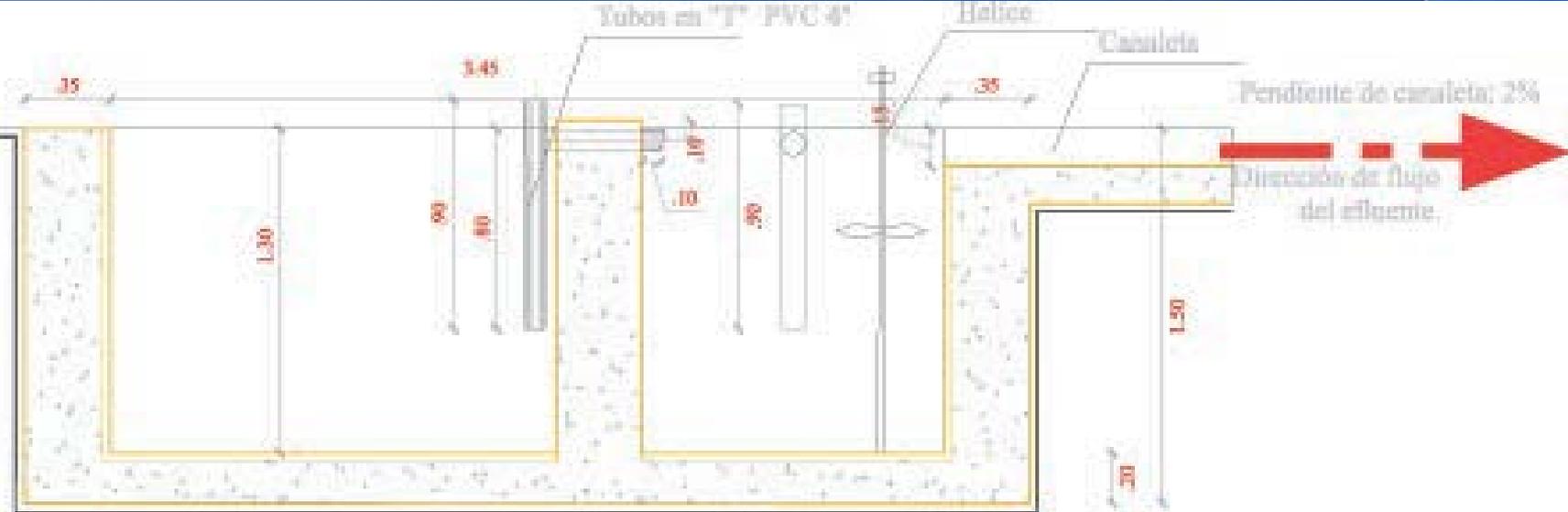




CORTE LONGITUDINAL  
LECHO DE SECADO



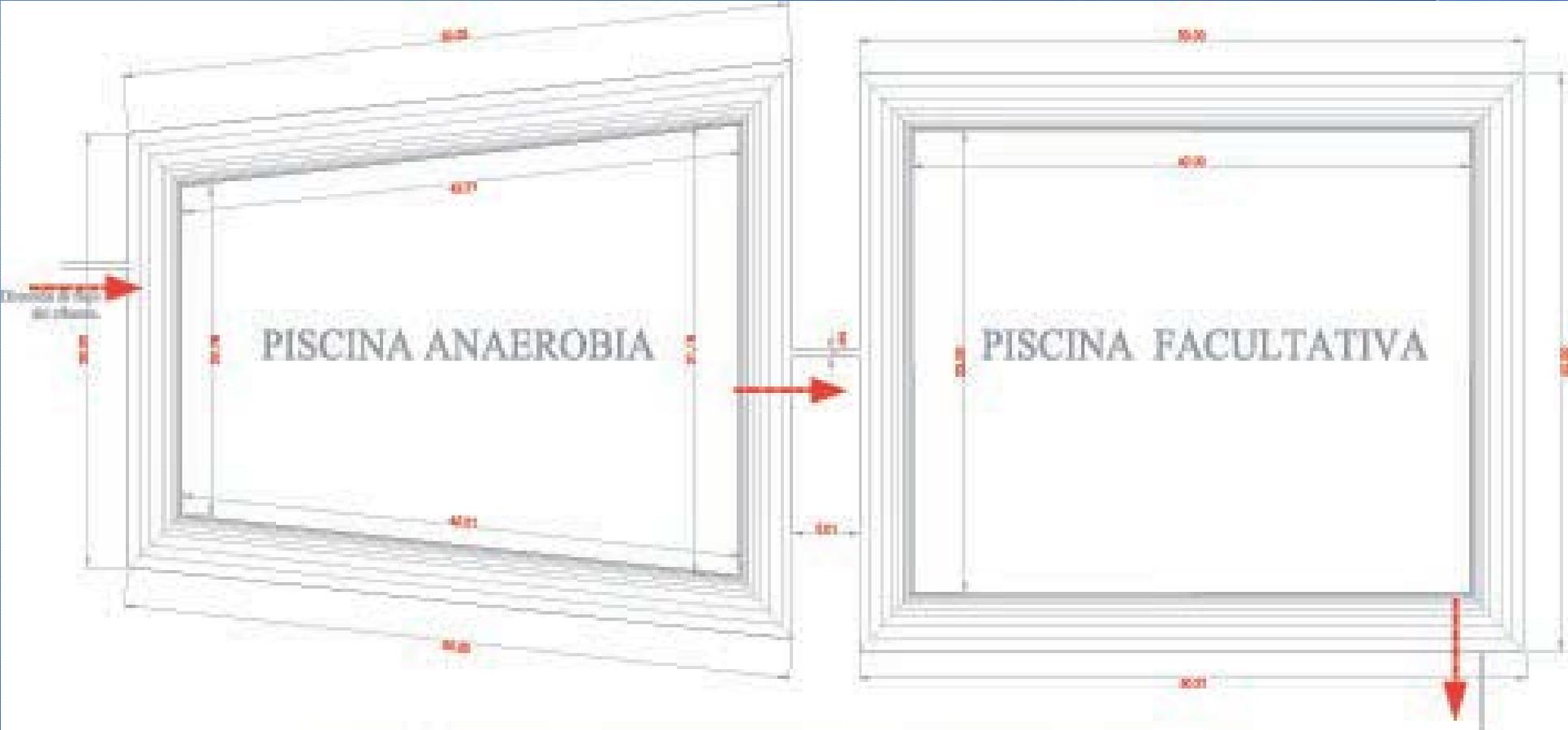
CORTE TRANSVERSAL  
LECHO DE SECADO



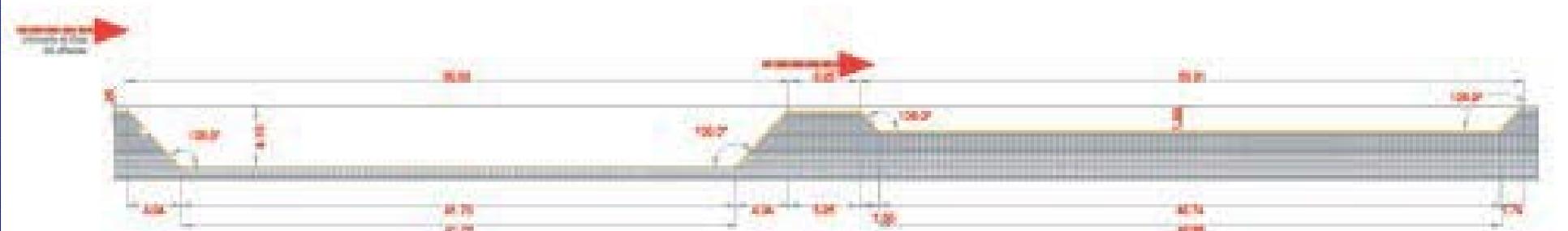
CORTE TRANSVERSAL DEL NEUTRALIZADOR



CORTE LONGITUDINAL DEL NEUTRALIZADOR Y LA TRAMPA DE GRASAS



SISTEMA DE PISCINAS ANAEROBIA Y FACULTATIVA



CORTE LONGITUDINAL



## DIAGRAMA DE PROCESO

sin escala

