



**INSTITUTO COSTARRICENSE DE  
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**

**DEPENDENCIA:  
SUBGERENCIA DE SISTEMAS COMUNALES**

**INFORME DE VIAJE AL EXTERIOR  
DEL 2 AL 11 DE MARZO DE 2020**

**TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS**

**CURSO:**

---

**CURSO REGIONAL DE: EVALUACION Y OPERACION DE  
PLANTAS DE FILTRACIÓN RÁPIDA**

---

**Elaborado por:  
Ing. José Ricardo Peralta Ballester**

***FECHA: MARZO 2020***



# TABLA DE CONTENIDOS

1.	FICHA INFORMATIVA .....	5
2.	INTRODUCCION .....	6
3.	OBJETIVOS .....	7
3.1	Objetivo del curso .....	7
3.2	Objetivos específicos del curso.....	7
4.	DESARROLLO DEL INFORME .....	8
4.1	Antecedentes.....	8
4.2	Desarrollo del Curso .....	8
4.2.1	Lunes 02 Marzo .....	8
	<b>4.2.1.1 Contaminantes fisicoquímicos en las aguas superficiales y normas de calidad .....</b>	<b>8</b>
	<b>4.2.1.2 Contaminantes microbiológicos de las aguas (Bacteriología) .....</b>	<b>9</b>
	<b>4.2.1.3 Contaminantes microbiológicos de las aguas (Parasitología).....</b>	<b>9</b>
	<b>4.2.1.4 Laboratorio 1: Determinación de parámetros de dosificación .....</b>	<b>9</b>
4.2.2	Martes 3 de Marzo .....	10
	<b>4.2.2.1 Tipos de plantas y Criterios de Selección.....</b>	<b>10</b>
	Tipos de procesos y operaciones unitarias: .....	10
	<b>4.2.2.2 Parámetros óptimos de diseño .....</b>	<b>11</b>
	<b>4.2.2.3 Teoría de coagulación.....</b>	<b>12</b>
	<b>4.2.2.4 Teoría de mezcla rápida .....</b>	<b>13</b>
	<b>4.2.2.5 Metodología de evaluación del Proceso y Unidades de Mezcla Rápida ...</b>	<b>14</b>
4.2.3	Miércoles 4 de marzo .....	14
	<b>4.2.3.1 Teoría de Trazadores .....</b>	<b>14</b>
	<b>4.2.3.2 Floculación .....</b>	<b>16</b>
	<b>4.2.3.3 Evaluación de Unidades de Floculación.....</b>	<b>17</b>
	<b>4.2.3.4 Evaluación y Operación de Instalaciones de Dosificación de Sustancias Químicas.....</b>	<b>18</b>
	<b>4.2.3.5 Teoría de Sedimentación.....</b>	<b>18</b>
4.2.4	Jueves 5 de marzo .....	20
	<b>4.2.4.1 Evaluación de la Decantación.....</b>	<b>20</b>

<b>4.2.4.2 Teoría de filtración y tipo de unidades</b> .....	21
• 4.2.5 Viernes 6 de marzo.....	23
<b>4.2.5.1 Evaluación del proceso y Unidades de filtración</b> .....	23
<b>4.2.5.2 Evaluación de las instalaciones de Cloración</b> .....	24
<b>4.2.5.3 Metodología de evaluación</b> .....	24
<b>4.2.5.4 Tiempo de Contacto</b> .....	25
<b>4.2.5.5 Características del sistema de Aplicación</b> .....	25
<b>4.2.5.6 Características de la caseta de cloracion</b> .....	25
4.2.6 Lunes 9 y martes 10 de marzo.....	26
4.2.6 miércoles 11 de marzo .....	27
Se realiza una revisión de toda la información recolectada los días 9 y 10 de marzo y se hacen los cálculos para estimar los parámetros y gráficas y así determinar el estado del funcionamiento de la planta de Puerto Maldonado. ....	27
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	27
6. OBSERVACIONES FINALES.....	29
7. ANEXOS.....	30

## 1. FICHA INFORMATIVA

**País y ciudad visitado:** Perú, Lima.

**Fecha de la visita:** 2 al 11 marzo 2020

**Funcionarias de misión AyA:** José Ricardo Peralta Ballester

**Motivo del viaje:** Curso “Curso Regional de Evaluación y Operación de Plantas de de Filtración Rápida”

**Contacto en el lugar de misión:**

- Ing Elvis Rojas Tirado, Presidente Capítulo de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Consejo Departamento de Lima, Colegio de ingenieros del Perú. Teléfono: +51 999 620 552
- Ing. Victor Maldonado Yactayo, Coordinador del curso, Lima,Perú. Teléfono: +51 999 659 569. Correo: [vmaldonado@ingenieriasanitaria.com.pe](mailto:vmaldonado@ingenieriasanitaria.com.pe) y [vmaldonado@uni.edu.pe](mailto:vmaldonado@uni.edu.pe)

**Docentes:**

- El curso fue impartido por el Ing. Víctor Maldonado Yacta, la Blga. Carmen Vargas García y la Blga. Margarita Aurazo profesionales en el área de ingeniería sanitaria y contaminantes microbiológicos presentes en el agua respectivamente.
- El Ing Víctor Maldonado es consultor, especialista en formulación de proyectos de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. Especialista en diseño, operación y evaluación de plantas de tratamiento de agua (PTA) para consumo humano y plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR).
- La Blga. Carmen Vargas García es consultora con amplia experiencia en formulación de planes de seguridad del agua, calidad de agua y vigilancia sanitaria.
- La Blga. Margarita Aurazo es consultora especialista en calidad de agua.

**Institución Organizadora:**

- La Asociación Peruana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental

## 2. INTRODUCCION

El curso está orientado a profesionales en el área de ingeniería civil, sanitaria o química que estén relacionados con la evaluación y/o operación de las plantas de tratamiento de filtración rápida de tecnología apropiada.

La metodología del curso se base en clases magistrales con duración promedio de 8:30 a 17:30, en las que se desarrolla la teoría necesaria de las plantas de filtración rápida y su evaluación, durante los días 2 de marzo al 6 marzo. Durante el fin de semana del 7 y 8 fue necesario el traslado a la ciudad de Puerto Maldonado para realizar la evaluación de la operación de la planta de esta ciudad, la cual se llevó a cabo durante los días 9 y 10 de marzo y el regreso a Lima, el mismo 10 de marzo para el día 11 revisar los resultados de la evaluación realizada los días lunes y martes.

El curso se impartió en el Consejo Nacional del Colegio de Ingenieros del Perú. AV. Arequipa N°4947, Miraflores, Lima-Perú.

La bibliografía del curso fue la siguiente:

- Tratamiento de agua potable para consumo humano, Plantas de Filtración Rápida. Manual I: Teoría Tomo I
- Tratamiento de agua potable para consumo humano, Plantas de Filtración Rápida. Manual I: Teoría Tomo II
- Tratamiento de agua potable para consumo humano, Plantas de Filtración Rápida. Manual II: Diseño de plantas de tecnología apropiada.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo del curso**

Aprender a evaluar y operar plantas de filtración rápida con tecnología apropiada para apoyar las ASADAS en todo el país donde se implementen plantas de este tipo.

#### **3.2 Objetivos específicos del curso**

- Evaluar los parámetros de cada uno de los procesos que conforman una planta de tratamiento de agua del tipo de filtración rápida, las características de las estructuras, su comportamiento hidráulico y eficiencia.
- Operar y/o supervisar adecuadamente una planta de tratamiento de agua, con énfasis en sistemas de tecnología apropiada para América latina. Completar la formación como evaluadores de plantas de filtración rápida.
- Realizar evaluación de la operación de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Puerto Maldonado.

## 4. DESARROLLO DEL INFORME

### 4.1 Antecedentes

Debido a la necesidad que existe cada vez mayor de utilizar la tecnología de filtración rápida en las comunidades rurales, y siendo esta opción altamente utilizada y comprobada su efectividad a lo largo de los años en diferentes países alrededor del mundo, se ve la necesidad de capacitar al personal en la operación y evaluación de las plantas de filtración rápida que se construyan y se pongan a operar de la subgerencia de acueductos rurales en esta metodología.

### 4.2 Desarrollo del Curso

#### 4.2.1 Lunes 02 Marzo

##### ***4.2.1.1 Contaminantes fisicoquímicos en las aguas superficiales y normas de calidad***

##### Contaminantes físicos:

La contaminación física se detecta con los sentidos y tiene incidencia directa en las características estéticas del agua, son los siguientes:

- Turbiedad: causante coloides o partículas en suspensión
- Color: Origen-orgánico (sustancias húmicas), inorgánico (Fe, Mn). El color verdadero corresponde a materia disuelta y color aparente corresponde a materia en suspendida.
- Olor y sabor: el origen puede ser materia orgánica o inorgánica.
- Temperatura: acelera o retarda: el desarrollo bacteriano, la absorción de oxígeno e influye en la coagulación, sedimentación y filtración
- pH:

##### Contaminantes químicos:

Se pueden clasificar en dos grupos:

- Inorgánicos: metales pesados, iones disueltos. Los metales se eliminan con tratamiento avanzado, se busca que se oxide, se precipite y el resto se filtre.



- Orgánicos: pesticidas, pcbs.

Algunos ejemplos son: aceites y grasas, agentes espumantes, alcalinidad, aluminio, amonio, entre otros

#### **4.2.1.2 Contaminantes microbiológicos de las aguas (Bacteriología)**

Las bacterias patógenas que se transmiten mediante el agua tienen un origen en los seres humanos y animales de sangre caliente enfermos, mediante descargas de aguas residuales al ambiente sin tratar, drenajes de lluvia, descargas de plantas con tratamiento deficiente, etc.

Entre las bacterias patógenas de gran impacto en la salud se encuentran:

- Vibrio cholerae
- Escherichia coli
- Salmonella typhi
- Shigella.

#### **4.2.1.3 Contaminantes microbiológicos de las aguas (Parasitología)**

El enteroparasitismo provoca diarrea, anemia, bronquitis, anorexia, alergias, eleva los índices de desnutrición infantil, aumenta las tasas de mortalidad y el cloro como único sistema de tratamiento no es eficiente para su remoción.

Los principales factores que inciden en su hidro transmisibilidad son:

- Largo tiempo de persistencia en el agua
- Resistencia a la desinfección con cloro
- Bajas dosis infectivas

Debido a las condiciones anteriores es de suma importancia analizar las fuentes de agua cruda que se tienen disponible para poder orientar el proceso adecuado para poder combatir los parásitos, entre los cuales el tratamiento con ozono y filtración con diatomeas y perlitas muestran un porcentaje de remoción del 99%

#### **4.2.1.4 Laboratorio 1: Determinación de parámetros de dosificación.**

Se realizó la prueba de jarras con una muestra de las siguientes características:

- pH: 7.7
- Turbiedad: 135 UNT
- Alcalinidad: 121 mg/l

Las condiciones del ensayo fueron las siguientes:

#### **Mezcla rápida**

- V: 300 rpm. Gradiente de velocidad:  $400s^{-1}$
- Tiempo: 5s

#### **Floculación**

- V: 34 rpm. Gradiente de velocidad:  $40s^{-1}$
- Tiempo: 20 min

#### **Decantación**

- Tiempo: 10 min
- H (altura de muestreo): 6cm

#### **Coagulante**

- Sulfato de aluminio, C: 1%

Con el ensayo en donde se simula el proceso de mezcla rápida, lenta y sedimentación de una planta de tratamiento de filtración rápida se determina la dosis óptima, concentración óptima y pH. El ensayo es una herramienta muy valiosa para analizar definir los parámetros de dosificación a la entrada de una planta de tratamiento considerando la calidad del agua cruda.

### **4.2.2 Martes 3 de Marzo**

#### **4.2.2.1 Tipos de plantas y Criterios de Selección**

*Tipos de procesos y operaciones unitarias:*

A continuación, se detallan los procesos unitarios que componen una planta de tratamiento.

- Procesos químicos
- Procesos físicos o biológicos  
Son procesos mediante el cual las sustancias objetables contenidas en el agua son removidas o transformadas en sustancias inocuas.

Dentro de los procesos y operaciones unitarias empleadas en el tratamiento del agua se tienen los siguientes:

- Transferencia de sólidos: cribado, sedimentación, flotación y filtración
- Transferencia de iones: Coagulación, precipitación química, absorción e intercambio iónico.
- Transferencia de gases: aireación, desinfección, recarbonatación
- Transferencia de molecular o de nutrientes: degradación de la materia orgánica
- Estabilización de solutos
- Desalinización
- Fluoración

Tipos de plantas de tratamiento para agua potable

Clasificación de la planta según el tipo de procesos involucrados

- **Plantas de Filtración Rápida completas**- se componen de mecanismos de remoción físicos y químicos. Cuentan con proceso de coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección.
- **Plantas de Filtración Directa**- cuenta con el proceso de Mezcla rápida, filtración y desinfección.
- **Plantas de Filtración Lenta** se componen de mecanismos de remoción físicos y biológicos. Cuentan con proceso de desarenador, sedimentación, prefiltración en grava, filtración lenta y desinfección.

**Clasificación de la planta según el tipo de tecnología empleada**

- Plantas convencionales clásico
- Plantas convencionales de tecnología apropiada
- Plantas Patentadas o paquete

#### **4.2.2.2 Parámetros óptimos de diseño**

Para el proceso de diseño se requiere determinar los parámetros óptimos de diseño de la planta que son:

- Dosificación
  - Variación de la dosis optima
  - Concentración de la dosis optima
  - pH optimo
  - selección y dosis de optima de ayudande de coagulación y/o filtración

- Floculación
  - Tiempo optimo
  - Secuencia de gradientes de velocidad optimas
- Decantación
  - Velocidad de sedimentación
- Filtración Direct
  - Dosis optima
  - Tiempo de prefloculacion
  - Gradiente de velocidad

#### **4.2.2.3 Teoría de coagulación**

Es un proceso donde se requiere transformar pequeñas partículas coloidales en grandes aglomerados sedimentables.

Existen dos etapas:

- Desestabilización: vencer la barrera de repulsión entre los coloides (mezcla rápida), se logra agregando al agua cruda partículas de carga contraría (hidrólisis) mediante el coagulante.
- Floculación: transporte de partículas coloidales desestabilizadas para provocar su crecimiento (floculador).

Mecanismos de la coagulación:

- Compresión de la capa doble
- Adsorción y neutralización de la carga
- Captura de un precipitado de hidróxido metálico
- Adsorción y puente interparticular

Tipos de coagulación:

- Por adsorción: adsorción de las especies hidrolíticas por el coloide provocando neutralización de la carga. Se presenta en agua turbia.
- Por barrido o arrastre de partículas: se produce por interacciones entre el coloide y el hidróxido precipitado. Se presenta en aguas claras.

Factores que influyen en la coagulación:

- Concentración de coloides.
- Alcalinidad
- pH
- Temperatura

Variables químicas del proceso:

- Dosis óptima
- pH óptimo
- Alcalinidad
- Concentración óptima de la solución del coagulante (% en peso)

#### **4.2.2.4 Teoría de mezcla rápida**

##### Mezcla rápida

Tiene como objetivo mezclar en forma homogénea e instantánea el coagulante con la masa de agua, con el fin de desestabilizar las partículas coloidales.

En la unidad de mezcla rápida se desarrolla la primera etapa del proceso de coagulación.

Parámetros del proceso de mezcla rápida:

- Intensidad de agitación.  $G$  ( $s^{-1}$ )
- Tiempo de retención.  $T$  (s)

<b>Rango óptimo de gradientes de velocidad para mezcla rápida</b>	
<b>Gradiente de velocidad <math>S^{-1}</math></b>	<b>Unidades de mezcla</b>
700-1300	Difusores y resalto hidráulico
3000-5000	Mezcladores en línea

Notas:

1. Si el gradiente es demasiado intenso (mayor a 5000), se va a dificultar la formación de flóculos.

2. La intensidad de agitación (G), recomendada es de: 700 a 1300 s<sup>-1</sup>
3. El tiempo de retención (T) recomendado 10<sup>-1</sup> a 7 s.

Factores que modifican la eficiencia de la mezcla rápida:

- Características de agua cruda:
  - Concentración coloides
  - pH
  - Alcalinidad
- Sistema de aplicación del coagulante
  - Secuencia de aplicación de sustancia química
  - Dosificación constante
  - Distribución uniforme en toda la sección
- Intensidad y tiempo de mezcla
- Tipo de dispositivo de mezcla- Mecánicos: retromezclador
  - Hidráulicos: Resalto hidráulico, línea, caídas, contracciones, velocidad o cambio de flujo

#### ***4.2.2.5 Metodología de evaluación del Proceso y Unidades de Mezcla Rápida***

Aspectos por revisar:

- Geometría de la Unidad
- Punto de aplicación del coagulante
- Punto de aplicación del modificador de pH
- Secuencia de aplicación
- Intensidad de aplicación
- Tiempo de retención
- Condiciones hidráulicas de la unidad y de las interconexiones.

#### **4.2.3 Miércoles 4 de marzo**

##### ***4.2.3.1 Teoría de Trazadores***

Aplicaciones de uso de Trazadores

- Periodo de Retención
- Tipo de Flujo (pistón, mezclado)

- Espacios muertos
- Cortocircuitos Hidráulicos
- Medición de Caudales
- Distribución de caudales

Dependiendo de la curva de concentración del trazador en el efluente del reactor así es las características del flujo hidráulico

Sustancias que se puede usar como trazadores

1. Colorantes: fluoresceína, Rodamina
2. Iones: Cloruro de sodio o potasio, fluoruros, nitratos de litio o de sodio
3. Acido: clorhídrico y benzoico
4. Isotopos radioactivos

Dosificación de trazadores de forma instantánea:

$$W=VCK/I$$

W= gramos aplicar, V=m<sup>3</sup> (volumen de la estructura), I=Pureza del trazador(con sal 90%), C= g/m<sup>3</sup>, K= constante de corrección para estimar (W) en función de la sustancia que se cuantificará durante el ensayo.

Si utiliza NaCl, K=1.65

Consideraciones sobre la aplicación de Trazadores

1. El trazador debe aplicarse totalmente disuelto
2. El caudal afluente debe ser constante
3. Debe segregarse el flujo de la unidad en estudio
4. Los depósitos de lodos causan interferencias
5. Se debe estabilizar el reactor
6. Registrar la variación de concentración del trazador en función de la conductividad.

7. Los reactores deben evaluarse de aguas abajo para aguas arriba.

#### **4.2.3.2 Floculación**

Tiene como objetivo promover la colisión entre partículas desestabilizadas, con el fin de aglomerarlas y lograr su crecimiento para obtener partículas floculentas de gran peso y tamaño, que puedan decantar con mayor facilidad.

Mecanismos de transporte del proceso de floculación:

- Floculación pericinética o browniana: el flóculo podría crecer al tamaño de 1micra por movimiento browniano.
- Floculación ortocinética o gradiente de velocidad: complementario al anterior, y es la que permite que el flóculo sea grande y pesado.
- Sedimentación Diferencial

Factores que afectan el proceso de floculación

- Naturaleza de las aguas
- Factores ambientales
- El tiempo retención
- El número de compartimientos
- La intensidad de agitación
- Las variaciones del caudal

Como evaluar los parámetros óptimos de floculación:

- Aplicar parámetro de velocidad y tiempo de retención para la mezcla
- Concluido el periodo de mezcla, cambiar a una velocidad que reproduzca un gradiente de floculación, seleccionado dentro del rango recomendado de (80-20 s-1)
- Al cabo de cinco minutos de floculación retirar la primera jarra, colocar el tomador de muestras y tomar una muestra a los diez minutos
- Cada cinco minutos de intervalo, retirar una a una las demás jarras y proceder con cada una de modo similar a lo indicado con la primera jarra.



- Repetir la prueba por lo menos con cuatro gradientes.

Clasificación de las unidades de floculación

Contacto de sólidos: Suspensión hidráulica o suspensión mecánica

Potencia: Hidráulica: Pantallas, helicoidales, medios porosos, otros

Mecánicos: Rotatorios, alternativos o reciprocantes.

#### **4.2.3.3 Evaluación de Unidades de Floculación**

Aspectos Por Evaluar en el Proceso de Floculación:

- Características de la Unidad
- Caudal de Operación
- Parámetros óptimos de floculación: gradientes de velocidad y tiempos de retención
- Tiempo de retención de la unidad de floculación
- Gradientes de velocidad en la unidad
- Características hidráulicas de la unidad: tipo de flujo, espacios muertos y cortocircuitos
- Tiempo de formación del floculo
- Tamaño del flóculo producido.

Determinaciones para realizar en el campo

- Perdida de carga por nivelación
- Medir la temperatura del agua y determinar la viscosidad dinámica y densidad del agua.
- Determinar el tiempo real de retención en la unidad, mediante la aplicación de trazadores
- Calcular el gradiente de velocidad.
- Ubicar en que parte del floculador se empiezan a formar los flóculos
- Determinar el volumen de la unidad que antecede al punto en que se inicia la formación del floculo
- Determinar el caudal de operación de la unidad.
- Determinar el tiempo de formación inicial del floculo en la unidad
- Comparar con el tiempo de formación inicial en el laboratorio.

#### **4.2.3.4 Evaluación y Operación de Instalaciones de Dosificación de Sustancias Químicas**

Evaluación del sistema de dosificación:

Determinar en el laboratorio:

- Dosis optima de coagulante
- Concentración óptima de coagulante
- pH óptimo de coagulación
- Dosis de modificador de pH
- Dosis de ayudante de coagulación

En planta:

- Identificar las sustancias químicas utilizadas en el tratamiento
- Verificar envases, rotulados y forma de presentación

Evaluación del sistema de dosificación:

- Recepción
- Almacenamiento = área de almacenamiento =  $(P \cdot t) / (d \cdot H)$ , P= peso medio diario (kg), t= periodo de almacenamiento (d), d=Densidad del producto (kg/m<sup>3</sup>), H= altura de almacenamiento.
- Transferencia
- Dosificación:  $Q \cdot D = q \cdot C$ , Q= caudal de operación(l/d), D=dosis optimo promedio del químico (mg/l), q=caudal de la solución del químico (l/h), C=concentración del al solución en (mg/l).

Flexibilidad del dosificador:

- Determinar el peso máximo a dosificar o caudal
- Determinar el peso mínimo a dosificar o caudal
- Con los valores anteriores puede valorar el grado de flexibilidad existente o real aplicar el equipo de dosificación en la aperturas máxima y mínima.

Determinar el tiempo máximo de retención de la solución

#### **4.2.3.5 Teoría de Sedimentación**

Objeto: Remoción por efecto gravitacional de partículas en suspensión en un fluido.

Sedimentación según el tipo de partículas

- Partículas discretas: no cambian de forma, tamaño o densidad durante el proceso. Con este tipo de partículas, se presenta la *sedimentación simple*.
- Partículas flocúlenas: cambian de forma, de tamaño y densidad durante el proceso. Con este tipo de partículas, se presenta *sedimentación floculenta o decantación*.

#### Sedimentación según la Concentración de Partículas

- Sedimentación por caída libre
- Sedimentación interferida para concentraciones mayores a 500 mg/l

#### Metodología para determinación de velocidad óptima de sedimentación:

- Reproducir en el equipo de prueba de jaras los parámetros óptimos de dosificación, mezcla y floculación
- Dejar sedimentar el agua floculada y tomar muestras a una profundidad(hs), a intervalos pre-establecidos (Ts) y determinar turbiedad residual (tf)
- Calcula las velocidades de sedimentación para cada muestra  $V_s = h_s / T_s$

Se debe buscar una tasa de sedimentación que produzca turbiedades efluentes del sedimentador menores o iguales a 2 UNT.

#### Factores que modifican la eficiencia de la decantación:

- Características de agua cruda:
  - Variación de la temperatura: aguas más frías, son más densas; las aguas más calientes son menos densas, variaciones de concentración
- Condiciones hidráulicas:
  - En la zona de la entrada.
  - En la zona de decantación.
  - En la zona de salida

- Factores externos
  - Acondicionamiento previo
  - Operación y mantenimiento
  - Factores ambientales: vientos

Tabla 2: Tipo de decantadores

Sedimentadores o Decantadores estáticos	Desareandores	
	Sedimentadores	Flujo Horizontal
		Flujo Vertical
		Flujo helicoidal
Decantador dinámicos	Suspension hidráulica	
	Suspensión mecanica	Agitación Separación Pulsante o de vacío
Decantadores laminares	Flujo ascendente	

#### 4.2.4 Jueves 5 de marzo

##### 4.2.4.1 Evaluación de la Decantación

Principales factores a evaluar:

- Eficiencia
- Comportamiento del canal de distribución
- Tiempo de retención
- Características hidráulicas
- Velocidad optima de sedimentación
- Carga superficial real
- Características de las zonas de entrada y salida

## Evaluación del canal de distribución a los decantadores

- Metodología:
  - Agregar trazador al inicio del canal y tomar muestras en la entrada del cada decantador
  - Encontrar el porcentaje de trazador que esta ingresando a cada unidad
  - Multiplicar porcentajes de trazador por el caudal total y determinar el caudal de cada unidad.
  - La desviación del caudal entre  $q$  y  $q_n$  no debe exceder del 10%; lo aceptable es 5%
- Velocidad optima de Sedimentación  
Reproducir en el equipo de prueba de jarras los parámetros óptimos de dosificación, mezcla y floculación, dejar sedimentar y tomar muestras para valorar la velocidad optima
- Carga Superficial real
  - Determinar con trazadores el tiempo de retención real  $T_o$  Horas
  - Determinar la profundidad de la unidad (H) m
  - Calcular la carga superficial real  $q$  ( $m^3/m^2 d$ )  
 $q=(864*100*H)/(60*T_o)$
- Gradiente de velocidad
  - Determinar caudal de operación  $Q$  ( $m^3/s$ )
  - Determinar la sección de entrada (A)  $m^2$
  - Determinar velocidad de paso (V)  $m/s$   $V= Q/A$
  - Ecuación para determinar el gradiente de velocidad en los orificios y compuertas:
    - $G=(Y/u)^{1/2}(1/2g)^{1/2}(f/4Rh)^{1/2}(V)^{3/2}$
    - U= viscosidad cinemática
    - Rh=Radio hidráulico =  $A/P$  ( cm)
    - Y=Densidad del agua ( $kg/m^3$ )
    - n=coeficiente de rugosidad
    - $f=0.02$  coeficiente de Darcy Weissbach
- Estructura de Salía
  - Determinar la longitud de recolección
  - Determinar la tasa de recolección  $q_a=Q/L$
  - Q= caudal de operación de la unidad  $q_a=1.3$  a  $3 l/sm$

### **4.2.4.2 Teoría de filtración y tipo de unidades**

Mecanismos de remoción:

- De transporte - Cernido, intercepción, sedimentación, acción hidrodinámica, difusión, impacto inercial, mecanismos de transporte combinado.
- De adherencia- interacción combinada de las fuerzas electrostáticas y las de Van der Waals, puente químico entre las partículas y la superficie de los granos.

Factores que influyen en la Filtración:

- Características de la suspensión, tipo de partículas suspendidas, Tamaño de las partículas, densidad de las partículas, dureza de los flóculos, temperatura del agua.

Características del medio Filtrante:

- Tipo de medio filtrante
- Granulometría del medio filtrante: Tamaño efectivo, CU, Tamaño mínimo y máximo, densidad y coeficiente de esfericidad, Ce.
- Espesor de la capa filtrante.

Características hidráulicas

- Tasa de filtración
- Carga hidráulica disponible

### Tipos de Unidades de filtración rápida

Velocidad de Filtración	Medio Filtrante	Sentido del Flujo	Carga sobre el Lecho	Sistema de Control
Rápidos	Arena	Ascendente Descendente	Por gravedad	Tasa Constante
	Antracita			
	Mixtos: arena y antracita			

	Mixtos: arena, antracita y granate	Flujo mixto	Por Presión	Tasa Declinante
--	--	-------------	-------------	--------------------

### **Ventajas de los sistemas de Filtración con Tasa Declinante**

- Las variaciones de las tasas de filtración son graduales y lentas.
- La pérdida de carga es evidente
- La calidad del efluente es mejor cuando la tasa decrece gradualmente de principio a fin de la carrera.
- El volumen de agua producido por unidad de pérdida de carga debida a retención de partículas es mayor.
- La carga hidráulica necesaria para obtener carreras de igual duración que en sistemas de tasa constante, es menor.
- No hay posibilidad de que se produzcan en el interior del medio filtrante presiones negativas o inferiores a la atmosférica.

#### **• 4.2.5 Viernes 6 de marzo**

##### ***4.2.5.1 Evaluación del proceso y Unidades de filtración***

- Evaluar la eficiencia-calidad del agua filtrada versus la frecuencia acumulada.
- Expansión del medio filtrante: fijar la varilla a la pared del filtro colocando el extremo inferior sobre el lecho filtrante
  - Proceder a efectuar normalmente la operación de lavado
  - Después de dos minutos, retirar suavemente la varilla y verificar el contenido de arena en las cajitas. Medir la altura (Delta L) entre el extremo inferior y la ultima cajita en que se encontró arena.
  - % Expansión= (Delta L)/L (L=altura de lecho)

- Medición de la profundidad del lecho
- Evaluación del grado de intermezcla de antracita/arena-extraer una muestra representativa de todo el espesor del lecho. Si el lecho es doble, tomar por separado la arena y la antracita, midiendo la profundidad de cada capa.
- Realizar prueba de bolas de lodo
- Duración de Lavado
- Canaletas desniveladas
- Topografía de la grava-llevar los datos al esquema y dibujar las curvas de nivel de la grava.
- Calidad del filtrado inicial-
  - A partir de que el filtro recién lavado reinicia la operación, tomar muestras de agua filtrada cada minuto.
  - Analizar las muestras, determinar contenido de turbiedad o colocar, dependiendo de cuán sea el que predomine.
  - Graficar turbiedad o color, versus tiempo en minutos.

#### ***4.2.5.2 Evaluación de las instalaciones de Cloración***

- Dosis de cloro: optima y real
- Tiempo real de contacto
- Características del sistema de aplicación
- Características de las caseta de cloración
- Concentración de THM en el efluente.

#### ***4.2.5.3 Metodología de evaluación***

- Determinar la demanda de cloro del agua
- Implantar esta dosis en el equipo y tomar cloro residual en el punto mas alejado del a red de distribución



- Si el contenido de cloro residual es menor al estipulado por la norma, incrementar gradualmente la dosis hasta obtener el contenido de cloro residual adecuado en el punto mas alejado.

#### **4.2.5.4 Tiempo de Contacto**

- Determinar las estructuras en las que se efectúa el contacto entre el cloro y el agua.
- En un punto posterior a estas tomar una muestra y determinar cloro residual
- Incrementar súbitamente la dosis en un 30% y anotar el tiempo ( $t_1$ ) en que llevo a cabo.
- A partir de este momento tomar muestras a intervalos y determinar cloro residual.
- Anotar el tiempo ( $t_2$ ) en el que se produce un incremento significativo del cloro residual
- Terminar el tiempo real de contacto.

#### **4.2.5.5 Características del sistema de Aplicación**

- Comprobar si la aplicación se efectúa en un punto de alta turbulencia
- Existencia y características del difusor
- Si el difusor esta totalmente sumergido en la masa de agua.

#### **4.2.5.6 Características de la caseta de cloracion**

- Ventilación apropiada
- Existencia de equipo de protección y juzgar si esta ubicado en el lugar correcto
- Existencia y estado del sistema de alarmas
- Si la cantidad de cilindros en operación, almacenados y vacíos es adecuada
- Sistema de transporte de los cilindros

- Existencia y estado de la balanza
- Capacidad del almacén.

#### **4.2.6 Lunes 9 y martes 10 de marzo**

Durante estos dos días se visita la planta de la empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tambopata en Puerto Maldonado en el Departamento de Madre de Dios y se hicieron las siguientes evaluaciones de la planta:

- Calibración de las bombas dosificadoras de sulfato de aluminio, polímero y cal, midiendo caudales versus rpm de la bomba y valoración de dosis real.
- Floculador, se evalúa el gradiente de cada tramo, el gradiente en la compuerta de entrada del decantador, y tiempo de retención de cada uno de los tramos
- Uso de trazadores para determinar tipo de flujo en el floculador
- Evaluación del decantador, tiempo de retención, tasa de sedimentación, tipo de flujo y turbiedad efluente
- Uso de trazador para determinar tipo de flujo en el Decantador
- Evaluación de filtros, medición de dimensiones, tasa de filtración, altura de arenas, expansión máxima y mínima.
- Evaluación de calidad de filtrado.
- Se valora el tiempo necesario para el lavado del filtro, el cual corresponde al tiempo para que la turbiedad del agua de limpieza alcance 5 UTN.
- Pruebas de laboratorio para verificar dosis optima de aluminio, dosis optima de cal, de polímero y ajuste de dosis de sulfato de aluminio con polímero.
- Determinación del tiempo de contacto

#### **4.2.6 miércoles 11 de marzo**

*Se realiza una revisión de toda la información recolectada los días 9 y 10 de marzo y se hacen los cálculos para estimar los parámetros y gráficas y así determinar el estado del funcionamiento de la planta de Puerto Maldonado.*

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El curso permitió repasar los conceptos básicos de diseño de cada uno de los diferentes componentes de una planta de tratamiento (mezcla rápida, floculación, decantación, filtración, dosificación y desinfección) y conocer en detalle los aspectos que deben evaluarse y como se deben evaluar para establecer el estado de funcionamiento de una planta y los aspectos a corregir. Además de conocer la teoría de trazadores que es indispensable para la evaluación de la operación de una planta de tratamiento.

Se considera que el objetivo general del curso, así como los específicos se pudieron cumplir. La parte práctica realizada en la planta potabilizadora de Puerto Maldonado logro que se pudiera cumplir con el objetivo principal del curso que era realizar un caso de evaluación de una planta potabilizadora. Esta evaluación fue realizada por todos los estudiantes del curso, tomando todas las diferentes medidas y acciones para obtener la información de cada uno de los procesos para evaluar la planta.

De la práctica realizada de evaluación de la planta en mención, se observó que la planta tiene aspectos que están funcionando de acuerdo a las recomendaciones de laboratorio y diseño, pero que hay otros aspectos tales como la decantación, que no están funcionando en las mejores condiciones, sin embargo se concluyó que esta tecnología es bastante eficiente, que aun cuando una parte como la decantación no está funcionando en las mejores condiciones se logra al final del tratamiento una agua que cumple con las normas de calidad de agua efluente establecida.

Un aspecto importante del curso es que además de la teoría de diseño y evaluación de los diferentes procesos, fueron las prácticas de laboratorio para determinar los parámetros óptimos de operación los cuales se deben usar de guía para evaluar la operación de la planta, tales como dosis optima, pH optimo, concentración de la solución, velocidad de sedimentación, tiempo de floculación, y dosis optima de cloración

Por otra parte, como parte de la evaluación de un planta potabilizadora es importante tener un registro de los parámetros más importantes, tales como turbiedad de entrada a la planta, turbiedad a la salida del floculador, turbiedad a la salida del sedimentador, tiempo de las carreras de los filtros, turbiedad final, cloro residual dentro de los parámetros más importante. Además, a la entrada y salida se deben verificar el color, pH, alcalinidad y cloro residual, por lo que se le debe solicitar a los operadores llevar este registro por lo menos cada 4 horas durante todos los días del año.

Para un óptimo funcionamiento de las plantas de tratamiento es importante tanto un buen diseño, como una adecuada operación y mantenimiento; por lo que es importante la formación y capacitación de los operadores y supervisores de la planta para que la planta de tratamiento trabaje de forma óptima.

En lo que respecta a la Subgerencia de Sistemas Comunales se recomienda programas de acompañamiento a las ASADAS en la operación de las plantas de tratamiento; así mismo se recomienda que los operadores lleven la capacitación del curso de la Escuela de Operadores de Plantas Potabilizadoras del AyA para que tengan la formación tanto teórica como práctica del funcionamiento de las plantas de tratamiento, y que todos los procesos se realicen de forma correcta.

## **6. OBSERVACIONES FINALES**

El curso fue muy valioso y considero que se logró el objetivo general planteado de adquirir conocimientos teóricos, prácticos y criterios técnicos para la correcta evaluación de los parámetros operativos en cada uno de los procesos de tratamiento que conforman una planta potabilizadora de filtración rápida para su correcta operación.

Además de lograr los objetivos específicos:

- De adquirir conocimientos técnicos que permitan mejorar la operación y/o supervisión de las plantas potabilizadoras de filtración rápida.
- Evaluar los parámetros de cada uno de los procesos que conforma una planta potabilizadora de filtración rápida, las características de sus estructuras y comportamiento hidráulico y como mejorar la eficiencia.
- Adquirir los conocimientos para apoyar a los operadores de las plantas de filtración rápida de las ASADA, para apoyar en lograr una la operación correcta de la plantas de filtración.

## 7. ANEXOS

# CURSO REGIONAL DE: EVALUACIÓN Y OPERACIÓN DE PLANTAS DE FILTRACIÓN RÁPIDA

Del 02 al 11 de marzo de 2020  
Lima – Perú

INSTITUCION OFERTANTE



Participantes a curso de evaluación y operación de PRF de marzo del 2019.

**CURSO REGIONAL DE:  
EVALUACIÓN Y OPERACIÓN DE PLANTAS DE FILTRACIÓN RÁPIDA**

Lima, del 02 al 11 de marzo 2020

La Asociación Peruana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental ofrecerá el curso regional de "Evaluación y Operación de Plantas de Filtración Rápida".

**INFORMACIÓN GENERAL**

**OBJETIVOS**

- Evaluar los parámetros de cada uno de los procesos que conforman una planta de tratamiento de agua del tipo de filtración rápida (PFR), las características de las estructuras, su comportamiento hidráulico y eficiencia.
- Operar y/o supervisar adecuadamente una planta de tratamiento de agua, con énfasis en sistemas de tecnología apropiada para América Latina.
- Incluir estas materias en sus syllabus, en el caso de docentes.
- Actuar como coordinadores y/o instructores locales en cursos similares.
- Adiestrar al personal de nivel técnico.

**REQUISITOS**

Ser ingeniero sanitario, ambiental, civil, químico o biólogo, con especialización en ingeniería sanitaria o tener una experiencia mínima de dos años en el área de tratamiento de agua para consumo humano. También pueden participar docentes en el área de ingeniería sanitaria y bachilleres en ingeniería sanitaria y ambiental.

**TEMARIO**

- Contaminantes de las aguas superficiales.
- Breve síntesis de la teoría de los procesos que componen una PFR.
- Metodología de laboratorio para determinar los parámetros operacionales óptimos de los procesos.
- Metodología de evaluación de los procesos y unidades de las PFR.
- Criterios de operación de los sistemas.
- Criterios para la elaboración del Manual de Operación y Mantenimiento de la PTA.
- Aplicaciones prácticas. Los participantes evaluarán la planta de tratamiento de agua potable La Pastora de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tambopata EMAPAT S.A. en Puerto Maldonado, departamento de Madre de Dios, Perú.

**DURACIÓN**

- Ocho (8) días útiles, con una intensidad de 8 horas diarias. Las clases de teoría serán en Lima y la aplicación práctica se realizará en la PTA La planta de tratamiento de agua potable La Pastora de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tambopata EMAPAT S.A. en Puerto Maldonado, departamento de Madre de Dios, Perú.

**NÚMERO DE PARTICIPANTES**

- 25 participantes.

**Nota:** Los participantes deberán traer sus laptops para el procesamiento de la información, esto es para el día 11 de marzo.

**LÍMITE DE INSCRIPCIÓN**

24 de febrero de 2020. Para inscripción extemporánea consultar al Ing. Víctor Maldonado Yactayo, al [vmaldonado@ingenieriasanitaria.com.pe](mailto:vmaldonado@ingenieriasanitaria.com.pe) o [vmaldonado@uni.edu.pe](mailto:vmaldonado@uni.edu.pe)



#### COSTO

- S. / 2100.00 (Dos mil cien con 00/100 Soles – incluido IGV). (US\$ 630.00 con 00/100 Dólares Americanos). Tipo de cambio a diciembre de 2019.
- El costo incluye material didáctico: Los manuales de Teoría, de Evaluación y Operación de Plantas de Filtración Rápida y el de Operación, Mantenimiento y Control de Calidad.
- **Nota:** El costo arriba indicado no incluye: almuerzos, pasajes locales en la ciudad de Lima, ni alojamiento, ni pasajes Lima-Puerto Maldonado-Lima. Si está incluido el costo del transporte a la Planta de tratamiento de agua potable La Pastora de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tambopata EMAPAT S.A. en Puerto Maldonado, departamento de Madre de Dios – Perú, los dos días 09 y 10 de marzo de la aplicación práctica.

#### FORMA DE PAGO

Depósito en Nuevos Soles en Cuenta Corriente BBVA Continental N° 0011-0117-0100031805-93  
Depósito en Dólares en Cuenta Corriente BBVA Continental N° 0011-0117-0100073044-98

Cta. Cte. de detracción en el Banco de la Nación. 00005067987. Porcentaje detracción: 12%  
Para el caso de extranjeros, previa confirmación de participación al curso, pueden realizar el pago en efectivo el primer día del curso. También pueden hacer la transferencia en dólares desde el extranjero.  
Código SWIST: BCONPEPL. Nombre de banco: BBVA Continental. Beneficiario: Asociación Peruana de Ingeniería sanitaria y Ambiental. Deberá comunicar depósito al [vmaldonado@ingenieriasanitaria.com.pe](mailto:vmaldonado@ingenieriasanitaria.com.pe) o [vmaldonado@uni.edu.pe](mailto:vmaldonado@uni.edu.pe)

#### FACTURACION

Razón Social: Asociación Peruana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental RUC: 204138697402  
Dirección: Pasaje Los Pinos N° 114 Interior. 705. Miraflores – Lima – Perú

#### ORGANIZAN

Asociación Peruana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. . Pasaje Los Pinos N° 114 Interior. 705. Miraflores – Lima – Perú

#### LUGAR

Las clases se desarrollarán en el local del Consejo Nacional del Colegio de Ingenieros del Perú. Av. Arequipa N° 4947, Miraflores, Lima-Perú.

- Las aplicaciones prácticas del curso (los días 09 y 10 de marzo) se realizarán en la planta de tratamiento de agua potable La Pastora de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tambopata EMAPAT S.A. en el departamento de Madre de Dios- Perú.

#### CERTIFICACION

Asociación Peruana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (APIS)



#### INFORMES E INSCRIPCIONES

- Ing. Víctor Maldonado Yactayo  
Teléfono: (51) 999-659-569  
E-mail: [vmaldonado@ingenieriasanitaria.com.pe](mailto:vmaldonado@ingenieriasanitaria.com.pe) ; [vmaldonado@uni.edu.pe](mailto:vmaldonado@uni.edu.pe)
- Internet: <http://www.ingenieriasanitaria.com.pe>

#### INFORMACIÓN ADICIONAL PARA EXTRANJEROS

##### TRASLADO DEL AEROPUERTO

Indicar número de vuelo, línea aérea y hora de llegada al Aeropuerto Internacional Jorge Chávez para traslado al hotel, enviar estos datos al E-mail: [vmaldonado@ingenieriasanitaria.com.pe](mailto:vmaldonado@ingenieriasanitaria.com.pe) ; [vmaldonado@uni.edu.pe](mailto:vmaldonado@uni.edu.pe); o al teléfono (51) 999-659569  
**(ESTE SERVICIO ES DE CORTESÍA, SOLO PARA DIAS PREVIOS AL INICIO DEL CURSO).**

##### TARIFA DE TRASLADO REFERENCIAL

Como referencia indicamos que el costo del traslado, del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez al distrito de Miraflores es del orden de US\$ 20,00 para aquellas personas que no se interesen por el servicio anterior.

##### INFORMACIÓN REFERENCIAL DE HOSPEDAJE

###### Casa de Huéspedes Porta

- Dirección: Calle Porta 669 Miraflores - Lima - Perú
- Teléfonos: (511) 2420505
- E-mail: [info@hostalporta.com](mailto:info@hostalporta.com)
- Web: <http://www.hostalporta.com>

##### INFORMACION PARA HACER TURISMO

En la Web siguiente puede encontrar información para realizar turismo en Lima y dentro del país.  
Nos puede escribir si desea información o ayuda adicional.  
<http://www.promperu.gob.pe/>

CURSO REGIONAL DE EVALUACIÓN, OPERACIÓN DE PLANTAS DE FILTRACIÓN RÁPIDA  
Lima, del 02 al 11 de marzo 2020

**AGENDA PRIMERA SEMANA**

**Lunes, 02 marzo**

- 08:00 - 08:30 Inscripción  
08:30 - 08:45 Inauguración  
08:45 - 10:45 Contaminantes fisicoquímicos de las aguas superficiales y normas de calidad.  
*Ing. Víctor Maldonado*  
10:45 - 11:00 Café  
11:00 - 12:00 Contaminantes microbiológicos de las aguas - Bacteriología.  
*Blga. Carmen Vargas García*  
12:00 - 13:00 Contaminantes microbiológicos de las aguas - Parasitología.  
*Blga. Margarita Aurazo de Zumaeta*  
13:00 - 14:00 Almuerzo  
14:00 - 17:30 Laboratorio 1: Parámetros óptimos de dosificación.  
*Ing. Víctor Maldonado e Ing. Arturo Zapata*

**Martes, 03 marzo**

- 08:30 - 10:30 Tipos de plantas y criterios de selección.  
*Ing. Víctor Maldonado*  
10:30 - 11:00 Café  
11:00 - 13:00 Teoría de la coagulación  
*Ing. Víctor Maldonado*  
13:00 - 14:00 Almuerzo  
14:00 - 15:30 Teoría de mezcla rápida y metodología de evaluación del proceso.  
*Ing. Víctor Maldonado*  
15:30 - 18:00 Laboratorio 2: Parámetros óptimos de floculación – Decantación, filtración directa.  
*Ing. Víctor Maldonado, Ing. Arturo Zapata.*

**Miércoles, 04 marzo**

- 08:30 - 10:00 Teoría de trazadores  
*Ing. Víctor Maldonado*  
10:00 - 10:30 Café  
10:30 - 13:00 Teoría de la floculación y metodología de evaluación del proceso.  
*Ing. Víctor Maldonado*  
13:00 - 14:00 Almuerzo  
14:00 - 15:30 Evaluación y operación de las instalaciones de dosificación.  
*Ing. Víctor Maldonado*  
15:30 - 16:00 Café  
16:00 - 17:30 Teoría de decantación y evaluación - operación de unidades de manto de lodos.  
*Ing. Víctor Maldonado*

**Jueves, 05 marzo**

- 08:30 - 10:30 Metodología de evaluación del proceso de decantación y operación de decantadores convencionales y laminares.  
*Ing. Víctor Maldonado*  
10:30 - 11:00 Café  
08:30 - 10:30 Teoría del proceso de filtración. Operación de filtros de nivel y tasa constante.  
*Ing. Víctor Maldonado*  
13:00 - 14:00 Almuerzo  
14:00 - 15:00 Continua evaluación y operación de filtros de nivel y tasa constante  
*Ing. Víctor Maldonado*

15:30 - 16:00	Café
16:00 - 17:30	Teoría de desinfección. <i>Ing. Víctor Maldonado</i>
<b><u>Viernes, 06 marzo</u></b>	
08:30 - 10:30	Metodología de evaluación del proceso y unidades de filtración. Operación de filtros de tasa declinante y lavado mutuo. <i>Ing. Víctor Maldonado</i>
10:30 - 11:00	Café
11:00 - 13:00	Evaluación de las instalaciones de cloración. <i>Ing. Víctor Maldonado</i>
13:00 - 14:00	Almuerzo
14:00 - 16:00	Laboratorio 3 Demanda de cloro <i>Ing. Víctor Maldonado, Ing. Arturo Zapata, Blga. Carmen Barzola Choque</i>

#### AGENDA SEGUNDA SEMANA

##### **Lunes 09 de marzo**

De 08:00 a 18:00	Prácticas de evaluación-operación en la PTAP La Pastora de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tambopata EMAPAT S.A. en Puerto Maldonado, departamento de Madre de Dios - Perú. <i>Ing. Víctor Maldonado; e Ing. Arturo Zapata</i>
------------------	--

##### **Martes 10 marzo**

De 08:00 a 12:00	Prácticas de evaluación-operación en la PTAP La Pastora de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tambopata EMAPAT S.A. en Puerto Maldonado, departamento de Madre de Dios - Perú. <i>Ing. Víctor Maldonado; e Ing. Arturo Zapata</i>
------------------	--

Retorno a la ciudad de Lima el vuelo Latam sale a las 15:06 horas de Puerto Maldonado a Lima

##### **Miércoles 11 marzo**

De 08:00 a 13:00	Procesamiento y análisis de datos y diagnóstico de la evaluación. <i>Ing. Víctor Maldonado</i>
13:00	Clausura