



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción
Carrera ingeniería civil

**“Calidad y eficiencia del tratamiento en la planta potabilizadora de
agua en la ciudad de Ocotlán”.**

**Monografía para optar al título
Ingeniero Civil**

**Elaborado por
Aura Manuela Espinoza Maltez.**

**Tutor:
M.S.c. Ing. José Angel Baltodano Maldonado.**

Managua, Noviembre 2012.

DEDICATORIA

A mis padres por darme inspiración y animó para seguir adelante en los obstáculos de la vida para continuar luchando.

Especialmente dedico todo este logro a mi padre, que es mi ejemplo a seguir. Por haberme apoyado e inculcado desde mi niñez todos los valores que me permitieran alcanzar este logro. Que desde el primer día de clases en la universidad hasta el último estuvo pendiente de mí dándome amor y fortaleza.

A mi madre que por medio de sus oraciones he conseguido la paciencia para culminar este trabajo.

A mi familia, que ha estado pendiente de mí y me ha apoyado en el alcance de mis metas.

AGRADECIMIENTOS

Gracias en primer lugar a Dios y a la santa madre de Dios por darme la capacidad y fuerza de realizar y terminar el trabajo monográfico.

Gracia a mi padre que me enseñó el valor de la unidad de la familia para apoyarme en ella y poder alcanzar mis metas y a la madre que Dios me dio que estuvo dándome apoyo.

Agradezco a mi familia, esposo e hijos por haberme apoyado durante todo el proceso que implicó el desarrollo de esta monografía.

Gratitud para aquellas personas que aportaron a la realización de esta monografía.

De la misma forma agradezco al tutor, el Ing. José Ángel Baltodano, por el apoyo brindado en la elaboración de esta monografía.

Nuestros más sinceros agradecimientos a todos aquellos, que no se han mencionado, pero que de una forma u otra contribuyeron al desarrollo de esta monografía.

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del tratamiento y la calidad del agua en la planta potabilizadora de agua en la ciudad de Ocotol’.

En esta investigación se procura conocer cuales son las etapas del tratamiento. También la calidad del agua después de ser procesada, por medio de pruebas de laboratorios tomando en cuenta las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua.

Para la recopilación de la información se realizaron visitas de campo a la planta potabilizadora de agua en la ciudad de Ocotol, dónde se solicito el apoyo a ENACAL (Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado). Ya que es la encargada de dirigir los procesos de operaciones y darle mantenimiento a la planta potabilizadora de agua.

En la visita a la planta potabilizadora de agua se observó la infraestructura y se averiguó sobre el mantenimiento, la dosificación de coagulantes, parámetros (físicos, químicos y bacteriológicos), la frecuencia con que se realizan los muestreos y químicos utilizados para el tratamiento de agua.

También se investigó sobre la contaminación del Río Dípilto ya que esta es la fuente de abastecimiento de agua para los pobladores de Ocotol.

Habiendo obtenido toda la información mediante comparación de las pruebas de laboratorios con las normas de calidad de agua (CAPRE) se analizaron las etapas de potabilización y las pruebas requeridas para saber cual es la calidad del agua y eficiencia del tratamiento en la planta potabilizadora para poder así comprobar en que condiciones esta actualmente procesando la planta potabilizadora de agua en la ciudad de Ocotol.

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I	PÁGINA
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedente	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos general y específico	4
1.5 Descripción de Ocotál y su población.	5
CAPITULO II	
Marco teórico	
2.1 Agua.	8
2.2 Calidad de agua cruda y calidad de agua tratada.	9
2.3 Características físicas.	10
2.4 Características químicas.	11
2.5 Características bacteriológicas.	13
2.6 Norma de calidad para el consumo humano (CAPRE).	14
2.7 Planta de filtración rápida.	14
2.8 Planta de filtración lenta.	14
2.9 Prueba de jarras.	15
2.10 Los principales procesos de transferencia utilizados en el tratamiento del agua para consumo humano.	15
CAPITULO III	
Diseño metodológico.	16
3.1 Localización del proyecto.	17
3.2 Los parámetros que se consideran en la potabilización del agua	17
3.3 Descripción de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.	18
3.4 Los procesos de potabilización de agua.	23
3.5 Mantenimiento de la planta potabilizadora de agua.	27
3.6 Caudal de diseño y caudal con que se trabaja.	31
3.7 Costos de operación.	31
3.8 Fuente de Abastecimiento, El Río Dípilto.	32
3.9 Equipos y métodos empleados para el análisis de la calidad de agua.	33
3.10 Esquema de la planta potabilizadora de Ocotál.	33

3.11 Resultados de las pruebas de laboratorio.	34
3.12 La calidad del agua y la eficiencia de la planta potabilizadora en la ciudad de Ocotál.	35
3.13 Alternativas para mejorar el sistema en la planta potabilizadora de agua, en la ciudad de Ocotál.	35
Conclusión.	37
Recomendaciones.	38
Bibliografía.	39

INDICE DE TABLA.

TABLA. 1 Métodos y equipos utilizados.	33
TABLA. 2 Resultados de las pruebas de laboratorio.	34

INDICE DE FIGURA.

FIGURA. 1 Ubicación de Río Dipilto, Ocotál.	7
FIGURA. 2 Presa de captación de agua (sector de las cabañas), Ocotál.	19
FIGURA 3 Aireadores de planta convencional.	20
FIGURA 4 Planta convencional.	22
FIGURA 5 Tanque de aguas claras.	23
FIGURA 6 Coagulación - floculación.	25
FIGURA 7 Río Dípilto.	32
FIGURA 8 Esquema de planta potabilizadora.	33

ANEXOS

Normas para agua de consumo humano del (CAPRE).

Tabla 1.1 parámetros bacteriológicos.

Coliformes Fecales	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Todo tipo de agua de bebida.	negativo	Negativo
Agua que entra al sistema de distribución.	negativo	Negativo
Agua en el sistema de distribución.	negativo	Negativo

El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la E.Coli.

Nota: La bacteria coliformes total no es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias.

Tabla 1.2 Parámetros organolépticos.

Parámetros	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Color verdadero	mg/(pt - co)	1	15
Turbiedad	UNT.	1	5
Olor	Factor dilución	0	-
Sabor	Factor dilución	0	-

Tabla 1.3 Parámetros físico químico.

Parámetros	Unidad	Valor recomendado	Valor admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Iones hidrógenos	Valor PH	6.5 a 8.5 a)	
Cloro residual	mg/l	0.5 a 1.0 b)	
Cloruros	mg/l	25	250
Conductividad	μs/cm		400
Dureza	mg/l CaCO ₃	-	400
Sulfatos	mg/l	25	250
Aluminio	mg/l	-	0.2
Calcio	mg/l CaCO ₃	-	100
Cobre	mg/l	1.0	2.0
Magnesio	mg/l CaCO ₃	30	50
Sodio	mg/l	25	200
Potasio	mg/l	-	10
Sólidos totales Disueltos	mg/l	-	1000
Zinc	mg/l	-	3

Tabla 1.4 Parámetros para sustancias no deseadas.

Parámetros	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Nitratos (NO ₃ ⁻¹)	mg/l	25	50
Nitritos (NO ₂ ⁻¹)	mg/l		(*)
Amonio	mg/l	0.05	0.5
Hierro	mg/l	-	0.3
Manganeso	mg/l	0.1	0.5
Fluoruro	mg/l	-	0.7 - 1.5 (**)
Sulfuro hidrogeno	mg/l	-	0.05

(*) Nitritos: valor máximo admisible 0.1 - 3.0

VR: valor recomendado.

(**) 1.5 mg / l para temperaturas entre 8 a 12 °C

0.7 mg / l para temperaturas entre 25 a 30 °C

Tabla 1.5 Parámetros para sustancias inorgánicas significativas para la salud.

Parámetros	Unidad	Valor máximo admisible
Arsénico	mg/l	0.01
Cadmio	mg/l	0.05
Cianuro	mg/l	0.05
Cromo	mg/l	0.05
Mercurio	mg/l	0.001
Níquel	mg/l	0.05
Plomo	mg/l	0.01
Antimonio	mg/l	0.05
Selenio	mg/l	0.01

Técnicas y normas utilizadas en la planta para controlar y caracterizar la calidad del agua en el proceso de potabilización.

Tablas 2.1 Granulometría de los filtros.

Capa	Tamaño	Espesor
1	3/4"-1/2"	0.05 m
2	1/2"-1/4"	0.05 m
3	1/4"-1/8"	0.05 m
4	1/2"-1/4"	0.05 m
5	3/4"-1/2"	0.05 m
6	1-3/4"	0.11 m
Total		0.36 m

Tablas 2.2 Especificaciones del material de los filtros.

Material	Descripción	Especificaciones
arena	Tamaño efectivo (D 10)	0.5 mm
	Coeficiente de uniformidad	1.5
	Densidad relativa	2.65 gr/cm
	Porosidad	0.42
Antracita	Tamaño efectivo (D 10)	0.9 mm
	Coeficiente de uniformidad	1.5
	Densidad relativa	1.6 gr/cm cubico
	Porosidad	0.47
	Dureza mínima (escala de mohr)	2.7
	Porcentaje máximo de planos	2 %

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Abastecimiento: conjunto de instalaciones para la captación de agua, conducción tratamiento de potabilización de la misma, almacenamiento, transporte y distribución del agua de consumo humano hasta las acometidas de los consumidores, con la dotación y calidad previstas en esta disposición.

Agua cruda: Agua que no ha sido sometida a proceso de tratamiento.

Agua dura: Agua que contiene cationes divalentes y sales disueltas en concentraciones tales que interfieren con la formación de la espuma del jabón.

Agua potable: Agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a la salud.

Aeración: Proceso en el que se produce un contacto entre el aire y el agua con el objetivo de Oxigenarla o de excluir gases o sustancias volátiles.

Aireador: Dispositivo o equipo que permite transferir aire al agua.

Análisis microbiológico del agua: Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

Análisis organoléptico: Se refiere a olor, sabor y percepción visual de sustancias y materiales flotantes y/o suspendidos en el agua.

Calibración: Determinación, verificación o rectificación de la graduación de cualquier instrumento que proporcione medidas cuantitativas.

Capacidad de almacenamiento: Volumen de agua retenido en un tanque o embalse.

Capacidad hidráulica: Caudal que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación.

Caudal de diseño: Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

Clarificación: Proceso de separación de los sólidos del agua por acción de la gravedad.

Cloro residual: Concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado.

Coagulación: Aglutinación de las partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua mediante la adición de coagulantes.

Coagulantes: Sustancias químicas que inducen el aglutinamiento de las partículas muy finas, ocasionando la formación de partículas más grandes y pesadas.

Coloides: Sólidos finamente divididos (que no disuelven) que permanecen dispersos en un líquido por largo tiempo debido a su menor diámetro y a la presencia de una carga eléctrica en su superficie.

Contaminación del agua: Alteración de sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas.

Control de calidad del agua potable: Análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos realizados al agua en cualquier punto de la red de distribución, con el objeto de garantizar el cumplimiento de las disposiciones establecidas.

Criterio de diseño: Parámetros establecidos como base de diseño de una obra.

Desarenador: Componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación.

Densidad: Relación existente entre la masa de un cuerpo y el volumen ocupado por éste.

Desinfección: Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.

Desinfectante: Sustancia que tiene el poder de destruir microorganismos patógenos.

Dosificación: Acción mediante la cual se suministra una sustancia química al agua.

Dosis óptima: Concentración que produce la mayor eficiencia de reacción en un proceso químico.

Drenaje: Dispositivo para la extracción o inyección de agua de una superficie.

Eficiencia de remoción: Medida de la efectividad de un proceso en la remoción de una sustancia específica.

Efluente: Flujo proveniente de un sistema hidráulico.

Escherichia Coli (E. Coli): Bacilo aerobio gram negativo que no produce esporas, pertenece a la familia de los entero bacteriáceas. Se desarrolla a $44 + 0.5$ °C en medios complejos, fermenta la lactosa liberando ácido y gas.

Filtración: Proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso.

Filtración lenta: Proceso de filtración a baja velocidad.

Filtración rápida: Proceso de filtración a alta velocidad.

Floculación: Aglutinación de partículas inducida por una agitación lenta de la suspensión coagulada.

Flotación: Proceso de separación de los sólidos del agua mediante adhesión de micro burbujas de aire a las partículas para llevarlas a la superficie.

Fuente de abastecimiento de agua: Depósito o curso de agua superficial o subterráneo, natural o artificial, utilizado en un sistema de suministro de agua.

Granulometría: Técnica para la medida del tamaño de los granos o partículas y estudio de la distribución de los mismos con arreglo a una escala de clasificación.

Índice coliformes: Número estimado de microorganismos del grupo coliformes presentes en 100 cm^3 .

Instrumento de medición (transductor y elementos primarios): Elementos encargados de medir una variable transformándola en una variable fácil de medir; por ejemplo, en voltaje o corriente.

Mantenimiento preventivo: Conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia de trabajo, evitando que se produzcan paradas forzadas o imprevistas.

Mantenimiento correctivo: Conjunto de actividades que se deben llevar a cabo cuando un equipo, instrumento o estructura ha tenido una parada forzosa o imprevista.

Material flotante: Aquellos materiales que se sostienen en equilibrio en la superficie del agua y que influyen en su apariencia.

Mezcla rápida: Agitación violenta para producir dispersión instantánea de un producto químico en la masa de agua.

Mezcla lenta: Agitación suave del agua con los coagulantes, con el fin de favorecer la formación de los flóculos.

Muestra compuesta de agua: Integración de muestras puntuales tomadas a intervalos programados y por períodos determinados, preparadas a partir de mezclas de volúmenes iguales o proporcionales al flujo durante el periodo de toma de muestras.

Norma de calidad del agua potable: Valores de referencia admisibles para algunas características presentes en el agua potable, que proporcionan una base para estimar su calidad.

Operación: Conjunto de acciones para mantener en funcionamiento un sistema.

Ozonización / Ozonizador: Aplicación de ozono al agua. El ozonizador es el dispositivo empleado para hacer este proceso.

Parámetros de control de un proceso: Criterios preestablecidos que se utilizan como base para compararlos con los obtenidos en un proceso, con el fin de controlar o medir la eficiencia del mismo.

Parámetros de diseño: Criterios preestablecidos con los que se diseñan y construyen cada uno de los equipos de la planta de tratamiento.

Patógenos: Microorganismos que pueden causar enfermedades en otros organismos, ya sea en humanos, animales y plantas.

Pérdida de carga: Disminución de la energía de un fluido debido a la resistencia que encuentra

pH óptimo: Valor de pH que produce la máxima eficiencia en un proceso determinado.

Período de diseño: Tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, en el cual su capacidad es atender la demanda proyectada para este tiempo.

Porosidad: Relación entre el volumen de los poros formados dentro de un medio filtrante y el volumen total del mismo.

Pos cloración: Adición de cloro al efluente de la planta para propósitos de desinfección después de que éste ha sido tratado.

Potencia: Tasa a la cual se ejecuta un trabajo.

Potencial de hidrógeno (pH): Expresión de la intensidad de la condición básica o ácida del líquido.

Precisión: Define límites máximo y mínimo de error en un instrumento en condiciones normales.

Pre cloración: Adición de cloro al iniciar un proceso o una serie de procesos.

Pre tratamiento: Proceso previo que tiene como objetivo remover el material orgánico e inorgánico flotante, suspendido o disuelto del agua antes del tratamiento final.

Prueba de jarras: Ensayo de laboratorio que simula las condiciones en que se realizan los procesos de oxidación química, coagulación, floculación y sedimentación en la planta.

Punto de muestreo: Sitio específico destinado para tomar una muestra representativa del cuerpo de agua.

Red de distribución: Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.

Registro de control de calidad: Recopilación de resultados de análisis del agua.

Sedimentación: Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad, previa adición de químicos coagulantes.

Sistema de suministro de agua potable: Conjunto de obras, equipos y materiales utilizados para la captación, aducción, conducción, tratamiento y distribución del agua potable para consumo humano.

Sistema de conducción: Conjunto de tuberías, ductos o canales que sirven para conducir un fluido.

Sólidos disueltos: Mezcla de un sólido (solute) en un líquido solvente en forma homogénea.

Sólidos suspendidos: Pequeñas partículas de sólidos dispersas en el agua; no disueltas.

Solubilidad: Capacidad de una sustancia o soluto de mezclarse homogéneamente en un solvente para unas condiciones de presión y temperatura específicas.

Sustancias flotantes: Materiales que se sostienen en equilibrio en la superficie del agua y que influyen en su apariencia.

Tiempo de contacto para la desinfección: Tiempo que toma al agua moverse desde el punto de aplicación del desinfectante hasta el punto donde se mide la concentración residual del mismo.

Tiempo de operación: Periodo de funcionamiento de un sistema.

Valor admisible: Valor establecido para la concentración de un componente o sustancia, que garantiza que el agua de consumo humano no representa riesgo para la salud del consumidor.

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCION.

Debido a los problemas de escasez de agua en la ciudad de Ocotal, La Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL) capta agua del Río Dípilto, la que posteriormente será procesada por una planta potabilizadora de agua.

Una planta de tratamiento de agua potable (P.T.A.P.) es una secuencia de operaciones, o procesos unitarios, convencionalmente seleccionados para potabilizar determinada cantidad de agua.

Se pueden clasificar bajo los criterios:

❖ Por el tipo de procesos involucrados:

Planta de filtración rápida.

Planta de filtración lenta.

❖ Por la clase de tecnología empleada en su concepción:

Sistema de tecnología convencional o local.

Sistemas de tecnología patentados o importadas.

La planta potabilizadora de agua en la ciudad de Ocotal se encuentra en operación desde julio de 1989 para beneficiar a la población de la ciudad de Ocotal.

Esta planta por medio de una serie de procesos como son: captación, pre tratamiento, aireación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección le dan al agua el tratamiento adecuado para que cumpla con las características físicas, químicas y bacteriológicas que establece las normas de calidad de agua para el consumo humano. Estos datos son verificado por medio de pruebas de laboratorio que se le realiza al agua tratada.

1.2 ANTECEDENTES.

Ocotal es la cabecera departamental de Nueva Segovia, situada en la riberia del Río Dípilto. Este constituye la principal fuente de abastecimiento de la planta potabilizadora de agua en la ciudad de Ocotal, en los últimos años se ha observado una disminución de caudal y desmejoramiento de la calidad del agua producto de fenómenos naturales y la actividad humana.

La Empresa de Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL). Efectuó un estudio técnico económico que planteó que la solución más económica para el suministro de agua potable en la ciudad de Ocotal, consistiría en captar el agua mediante una presa ubicada aguas arriba en el Río Dípilto ubicado específicamente en finca la cabaña y llevarla por gravedad hasta una planta de tratamiento ubicada en las colinas y desde ahí distribuirla por gravedad hasta la ciudad.

En 1998 se inauguró la primera etapa de la planta de tratamiento de agua potable (P.T.A.P.) planificada en 1982, la segunda etapa el aprovechamiento del Río Quisulí se planeó comenzar a construirse en 1994 para satisfacer la demanda de agua potable en el 2009, según la memoria del diseño de la planta de tratamiento de agua potable (P.T.A.P.)

Los procesos que se realizan para la potabilización del agua son:

Pre tratamiento: Se elimina arena que pueda traer el agua.

Aireación: De forma natural se elimina el hierro y manganeso.

Mezcla rápida: Se elimina la turbidez del agua.

Floculación: Se obtendrá mayor remoción de turbiedad y color.

Sedimentación: En este proceso se verifica la deposición de las partículas en suspensión por la acción de gravedad.

Filtración: En este proceso se da la remoción de las partículas que no alcanzarán a sedimentarse. Haciendo pasar el agua a través de un material poroso.

Cloración: Se aplica cloro en gas al agua.

1.3 JUSTIFICACION.

Como en la naturaleza el agua entra en contacto con el suelo y la atmósfera va adquiriendo elementos y compuestos que alteran su composición original, reflejada en sus características físicas, químicas y bacteriológicas.

Por lo tanto no es suficiente suministrar agua por tuberías, sino suministrar agua saludable para los usuarios.

La planta potabilizadora de agua en la ciudad de Ocotál sirve para que el agua cruda captada del Río Dípilto sea tratada para así remover las partículas patógenas que presente y poder así brindarle a la población beneficiada agua en condiciones aceptables para el consumo humano; Regidas por las normas de calidad del agua (CAPRE).

Esta planta de tratamiento de agua ayuda para que la población consumidora tenga agua segura y exenta de organismos causantes de enfermedades, esto se determina por medio de pruebas de laboratorio tomando en cuenta los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua tratada.

Con esta investigación se pretende conocer los procesos que se realizan en la planta potabilizadora de agua y ver en donde presenta deficiencia el tratamiento para así poder proponer planes que ayuden a mejorar el proceso de potabilización de agua en la ciudad de Ocotál.

1.4 OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

Evaluar la eficiencia del tratamiento y la calidad del agua potable en la ciudad de Ocotal.

OBJETIVO ESPECIFICO.

1. Evaluar cada etapa del sistema de potabilización.
2. Analizar las pruebas de laboratorio (características físicas, químicas, bacteriológicas), realizar por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, (ENACAL).
3. Proponer planes de mejora para el sistema de potabilización.

1.5 DESCRIPCION DE OCOTAL Y SU POBLACION.

La ciudad de Ocotal es un municipio y cabecera departamental de Nueva Segovia en Nicaragua. Tiene una superficie de 85.23 Km² y una población de 40,000 habitantes con una densidad poblacional de 372 hab/Km².

La ciudad de Ocotal es conocida como "La Sultana del Norte", y también se le denomina "La Ciudad de los Pinos". Ocotal debe su nombre a la existencia en la zona de abundantes pinos de ocote.

Limites:

Norte: Municipio de Dípilto.

Sur: Municipio de Totogalpa.

Este: Municipio de Mozonte.

Oeste: Municipio de Macuelizo.

La ciudad de Ocotal está dividida en 5 Distritos y 5 Zonas rurales, ubicadas al oeste del municipio. La zona urbana concentra al 98% de la población y está compuesta por 26 barrios y están agrupadas en 10 Zonas Urbanas. La tasa de crecimiento ha sido del 3.05% en los últimos años.

La carretera panamericana que entra en Nicaragua por el paso fronterizo de "Las Manos" procedente de Honduras cruza el pueblo lo que le da acceso a unas buenas comunicaciones con el resto de Nicaragua. Parten de Ocotal las carreteras que unen las principales poblaciones de Nueva Segovia, como Jalapa y Quilalí al noreste, Macuelizo y Santa María al noroeste.

Es un centro de servicios para su comarca, obedeciendo a su categoría de Cabecera Departamental, por lo que tiene desarrollada también una pequeña industria ligera y artesanal que sirve a las necesidades de sus habitantes. La producción agrícola principal es el café.

El clima de Ocotal, como en el resto del departamento únicamente tiene 2 estaciones; invierno: mayo a octubre. La temperatura en esta época oscila entre 20 y 26 °c. Verano: siendo los más calurosos los meses de marzo y abril, con temperaturas de hasta 30 °c. Las temperaturas mínimas en el mes de diciembre las cuales descienden hasta 10 °c.

Geografía: El municipio de Ocotál está situado en la zona conocida como "Tierras Altas del Interior" y se caracteriza por un relieve escarpado en el norte y sur, mesetas al Oeste y un valle en el centro. Se encuentra a una altitud de 612 m sobre el nivel del mar.

Hidrografía: Los Ríos principales que pasan por el municipio son el Dípilto, el Río Segovia o Coco, el Mozonte y el Macuelizo. Hay diferentes barrancos que van a desembocar en estos como. Las Jaguas y El Quebrantadero.

Etimología: El nombre "Ocotál"; castellanizada de "Ocotlalpan". Es decir "lugar donde abunda el ocote".

Historia: Ocotál estaba ocupado por diferentes grupos étnicos que probablemente muchos siglos atrás habían emigrado desde México hacia América Central que hablaban una variedad del náhuatl. Los yacimientos de oro que se sacaron a orillas del Río Choluteca y otros lugares, impulsaron el establecimiento de asentamientos españoles.

El 9 de octubre de 1809 Ocotál se establece como municipio. En 1847 el nombre de Ocotál aparece por primera vez en una ley de la República.

El desarrollo de la ciudad de Ocotál ha estado marcado por la emigración de las zonas rurales al núcleo urbano.

La fiesta patronal de Ocotál se celebra el 15 de agosto en honor de la Asunción de la Bendita Virgen María.

Actividades económicas productivas.

La producción agropecuaria y forestal se encuentra en la parte alta y media de la sub cuenca que corresponde al municipio de Dípilto en el cual están asentadas las comunidades de importancia que aportan un gran valor hídrico a la Sub cuenca.

En cuanto a Ocotál es un municipio prestador de bienes y servicios, su economía esta sustentada en el comercio y transformación de productos forestales, agrícolas y cafetaleros.

Situación Actual del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable:

En Ocotal se abastece el agua por zona, los días lunes, miércoles y viernes en la zona norte que son 12 barrios; los días martes, jueves, sábado la zona sur que son 18 barrios y el día domingo se abren todas las válvulas.

La Empresa de Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), encargada de la administración, operación y mantenimiento de esta planta lleva registros de los parámetros de la calidad de agua tratada que se utiliza en este trabajo para caracterizar el agua y poder conocer de manera más eficaz el funcionamiento de la planta potabilizadora en la ciudad de Ocotal.



FIGURA 1- Ubicación de Río Dipilto, Ocotal.

CAPITULO II

MARCO TEORICO.

DEFINICIONES.

2.1 Agua.

El agua (H₂O); que es producida por la unión de una molécula de oxígeno y dos moléculas de hidrógeno, es un líquido vital para el ser humano, animales y plantas.

Tipos de Fuente

Aguas atmosféricas: Son las aguas de lluvias, estas son menos expuestas a la contaminación con bacterias y parásitos, pero no constituyen fuente de aprovechamiento constante, pues deben colectarse y almacenarse en épocas de lluvias para usarse durante el verano.

Aguas superficiales: Corrientes (Ríos, Arroyos y Quebradas) y estancadas (Lagos, Lagunas y Quebradas). Proviene en gran parte y pueden recibir de manantiales. Están sometidas a la acción del calor, la luz y estas pueden ser contaminadas por el vertedero de afluentes cargados de sustancias orgánicas.

Aguas sub superficiales (Manantiales y afloramientos). Es el agua que se infiltra en el sub suelo y que al desplazarse a través de los pozos de los manantiales subterráneos y que por sus elevaciones o pendientes pueden reaparecer en la superficie en forma de manantiales.

Aguas sub terráneas: Son aquellas que se han infiltrado desde la superficie de la tierra hacia abajo por los poros del suelo a través de la gravedad, hasta que alcanza un estrato impermeable.

El agua tiene diferente usos:

- Consumo humano
- Recreación
- Industria
- Riego
- Actividades acuáticas
- Navegación
- Energía hidroeléctrica

2.2 Calidad de agua cruda.

Las aguas superficiales presentan diferentes características para los diferentes casos y se ven afectadas por los elementos naturales y por el ser humano.

Las aguas subterráneas presentan condiciones uniformes.

No es usual ni recomendable fijar normas de calidad para fuentes de agua cruda, por lo que esta puede variar.

Calidad de agua tratada.

Es la que se potabiliza para el consumo humano; la calidad del agua tratada depende del uso que se le va a dar.

Es de gran importancia que las personas que van a consumir agua lo hagan en condiciones seguras. Debe de estar exentas de organismo que provoquen enfermedades, por lo que deben cumplir con una serie de normas, basadas en criterios que definen las características físicas, químicas, y microbiológicas del agua.

Características físicas, químicas y microbiológicas del agua.

Parámetros mediante los cuales se considera la calidad del agua, deben de ser válidos y representativos. El agua potable no debe de contener ningún microorganismo patógeno ni tampoco bacterias indicadoras de contaminación fecal riesgo para la salud provocado por las sustancias químicas tóxicas que pueden existir en el agua potable, es distinto al que causan los contaminantes microbiológicos.

Los problemas relacionados con los componentes químicos surgen fundamentalmente por la posibilidad de que esas sustancias, después de periodos prolongados de exposición, ocasionen problemas para la salud; tienen particular importancia las venenosas, acumulativas y las carcinógenas.

Las principales características físicas, Químicas y microbiológicas que se utilizan en el trabajo de evaluación de la calidad del agua en la planta potabilizadora de Ocotlán, se detallan a continuación.

2.3 Características físicas.

Las cinco características físicas del agua son: turbiedad, color, olor, Sabor y temperatura.

Se llaman físicas porque se pueden detectar con los sentidos y esto implica que tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas del agua.

Turbiedad:

Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos.

Equipo – Nefelómetro (Turbidímetro) que mide la intensidad de la luz.

En lagos, ríos y mares la turbidez se mide con el disco Secchi.

Las arcillas son quizás las causas más comunes de turbiedad en las aguas. La turbiedad no tiene efectos sobre la salud, pero afecta la calidad estética. Un alto grado de turbiedad puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y estimular el desarrollo de bacterias. Si se pasa 5 UNT, suele ser desagradable para los consumidores.

Color:

El color del agua se debe a la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, sustancias inorgánicas disueltas, así como cuerpos vivos presentes, tales como algas.

Cuando hay turbidez, el agua presenta un color evidente y para obtener el color verdadero se recurre a algún mecanismo técnico. El color constituye una característica de orden estético y su acentuada concentración puede causar cierto rechazo.

Olor y sabor:

El olor del agua obedece fundamentalmente a la presencia de las sustancias orgánicas generado por el plancton (compuesto orgánico generado por algas), vegetación en putrefacción y desechos productos de actividades agrícolas y ganaderas.

Las alteraciones del sabor normal del agua de un sistema de abastecimiento, pueden ser un indicio de cambios de la fuente de agua natural o deficiencias del tratamiento. Por razones estéticas, el agua de consumo humano debe estar exenta de olor y sabor, la eliminación de los olores pueden realizarse con procesos como la aireación adición de carbón activado y otros tratamientos.

Temperatura:

El factor temperatura se toma como naturalmente se presenta en el agua cruda. Solamente en casos extremos se prevé medidas para regularizar (generalmente bajarla) el agua fría es más grata al paladar, pero este factor influye negativamente en los procesos normales del tratamiento, pudiendo entonces afectar la calidad del agua potable.

No obstante la temperatura alta intensifica el desarrollo de microorganismos y suele aumentar los problemas del sabor, color y corrosión. El consumo de coagulante es mayor cuando se tienen temperaturas bajas.

2.4 Características químicas.

Considerando el agua como solvente universal se puede afirmar que cualquiera de los elementos de la tabla periódica podría estar presente en el agua.

Es por eso que se eligen las principales características teniendo en cuenta las posibles prevalecias en el agua y los efectos que puede tener en la salud.

Las principales características químicas utilizadas para la operación de plantas de tratamiento y evaluación de calidad de agua son los siguientes:

Alcalinidad:

Mide la capacidad para neutralizar ácidos. Puede expresarse por:

Título alcalimétrico o alcalinidad simple (TA o p) ml de ácido Kits de testado de alcalinidad, la unidad de medida igual que la dureza.

Por lo general la alcalinidad natural presente en el agua cruda es suficiente para producir este proceso, pero si esta es baja, debe recurrirse a la adición de un alcalinizante primario para incrementarla.

Tiene incidencia en el carácter corrosivo o incrustante que pueda tener el agua y, si se presenta en las altas cantidades, tiene también efectos sobre el sabor.

Hierro:

La presencia de hierro en las agua no tiene efectos de salubridad, pero afecta el sabor, producen manchas indelebles en los artefactos sanitarios y la ropa blanca, y se deposita en las redes de distribución, causando a veces obstrucción y alteraciones en la turbiedad y el color.

Por lo general en las aguas superficiales el hierro presenta en estado férrico (Fe +++). En forma férrica se puede precipitar como hidróxido férrico mediante la adición de cal (conjuntamente con alumbre) durante el proceso de floculación se presenta en la forma ferrosa (Fe ++), bajo condiciones reductoras especialmente en aguas ausentes de sulfuro y carbonato, subterráneos, lagos y estanques, pero puede ser oxidado con relativa facilidad al ponerlo en contacto con el aire de sistema sencillos de aireación.

La presencia de hierro en las aguas naturales puede ser consecuencia de la disolución de rocas y minerales, del drenaje ácido de las minas, las lixiviaciones en rellenos de sistemas de alcantarillados o industrias que elaboran hierro.

Con la base de los gustos particulares de los usuarios en general y debido a que los tratamientos convencionales pueden efectivamente eliminar en hierro en estado férrico, pero puede no ser efectivo para eliminar en hierro soluble (Fe ++), se recomienda no pasar el límite de 0.3 mg/l de hierro soluble para agua destinada a consumo humano.

Manganeso:

Este elemento esta muy asociado con el hierro y son raras las aguas que lo contienen de forma independiente. Se presenta por regla general en su estado reducido (Mn ++) y su exposición al aire lo llevan a óxidos hidratados mucho menos soluble.

Tiene los mismos efectos que el hierro y su eliminación la llevan conjuntamente con este, excepto aquellos casos de contenidos altos de manganeso sin hierro, para lo cual se hace necesario elevar el PH hasta cifras superiores a 10, en donde es satisfactoriamente removido.

Concentraciones inferiores a 0.005 mg/l son aceptables para aguas de consumo humano, ya que con estas no se presentan las manchas negras, ni los depósitos de oxido de manganeso.

Esta es la única razón para fijar este límite y no lo excedan las agua destinadas a consumo humano.

Oxígeno disuelto:

Proviene de la absorción de oxígeno que contiene aire. Es un parámetro necesario para oxidar otros elementos y contribuir a su eliminación posterior, como el caso de hierro, el manganeso y el amonio su ausencia o niveles bajos en el agua puede indicar contaminación elevada, condiciones sépticas de materia orgánica y una actividad intensa.

El oxígeno contribuye a la oxidación de los accesorios que componen un sistema de purificación, incluyendo las redes metálicas de distribución. A pesar de esto, es preferible contar con un agua que contenga oxígeno en un punto cerrado de saturación.

PH:

Es importante por que tiene efectos sobre los procesos de tratamientos, además de contribuir a fenómenos como la corrosión. Con este examen solo determinamos si el agua es ácida (aquella característica que provoca la corrosión de las tuberías de fierro), neutra o básica. Una solución que tenga PH menor que 7 es ácida, la que tenga un PH equivalente a 7 es neutra y, si el PH es mayor que 7, la solución es alcalina.

2.5 Características bacteriológicas.

El término microorganismos se aplica en algunos organismos de dimensión microscópica; la clase mayormente diferenciadas en las células eucarióticas que es la unidad básica de la estructura en las plantas, animales, protozoos, hongos y grupos de algas, siendo la clase menos diferenciada las células procarióticas que es la unidad básica de la estructura de las bacterias y algas verdes – azules por sus características estos organismos se relacionan, unos con los vegetales y otros con los animales y algunas poseen propiedades comunes, también entre estos organismos están los virus. Entre las bacterias de agua que se utilizan para determinar la presencia de contaminación fecal se encuentran los organismos coliformes:

La prueba de coliformes se usa como indicador de la eficiencia de los tratamientos de potabilización. Los organismos de coliformes fecales son una prueba de contaminación por materias fecales o humanas. Su presencia proporciona una evidencia de contaminación y existencias de bacterias patógenos, su identificación y determinación mediante examen de laboratorio es relativamente rápida y sencilla.

2.6 Normas de calidad del agua para consumo humano (CAPRE).

La calidad de agua establece los requisitos básicos a los cuales debe de responder la calidad de agua suministrada en los servicios para consumo humano y para todo uso doméstico independientemente de su estado, origen o después de su tratamiento. Este comité coordinador regional de agua potable y saneamiento de Centroamérica, Panamá y Republica Dominicana (CAPRE).

Es el organismo técnico regional con sede permanente en san José Costa Rica; conforme su estatus dictan las normas regionales técnicas de estandarización de equipos y materiales, para facilitar el intercambio entre los miembros y dictan normas técnicas de control de calidad de productos en materia de agua potable y saneamientos entre los países miembros y afiliados además establece la norma regional de calidad del agua para consumo humano, que es la que rige en Nicaragua.

2.7 Planta de filtración rápida.

Los procesos que normalmente comprende una planta de filtración rápida son:

Coagulación, Sedimentación, filtración rápida y desinfección.

2.8 Planta de filtración lenta.

El filtro lento se utiliza principalmente para eliminar la turbiedad del agua, pero si se diseña y opera convenientemente, puede ser considerado como un sistema de desinfección del agua. Básicamente, un filtro lento consta de una caja o tanque que contiene una capa sobrenadante del agua que se va a desinfectar, un lecho filtrante de arena, drenajes y un juego de dispositivos de regulación y control.

A diferencia de la filtración rápida en arena, en la que los microorganismos se almacenan en los intersticios del filtro hasta que se vierten nuevamente en la fuente por medio del retro lavado.

La filtración lenta ascendente (FLA) consiste en un conjunto de procesos físicos y biológicos que destruye los microorganismos patógenos del agua. Ello constituye una tecnología limpia que purifica el agua sin crear una fuente adicional de contaminación para el ambiente.

2.9 Prueba de Jarras

Estas pruebas consisten en simular en vasos de precipitado o jarras, el proceso de coagulación floculación que se producirá en la planta de tratamiento y evaluar distintos parámetros durante o al final de los ensayos para caracterizar su funcionamiento.

Su objetivo básico es la determinación de los coagulantes y auxiliares de coagulación, sus dosis óptimas, secuencia de adición de los mismos para turbiedad, color, PH, temperatura, alcalinidad.

Estas pruebas deben repetirse no menos de 10 veces para distintas condiciones del agua cruda.

2.10 Los principales procesos de transferencia utilizados en el tratamiento del agua para consumo humano son los siguientes:

- Transferencia de sólidos.
- Transferencia de iones.
- Transferencia de gases.
- Transferencia molecular o de nutrientes.

CAPITULO III

DISEÑO METODOLOGÍCO

En esta investigación se procura conocer la eficiencia del tratamiento y la calidad del agua en la Planta potabilizadora de agua en la ciudad de Ocotol. La elaboración de esta investigación se ha llevado a cabo conforme al siguiente plan de trabajo:

Estudio de campo: Donde se comparan las debidas pruebas de laboratorio para analizar la calidad del agua tratada y conocer los procesos que se llevan a cabo, los parámetros que se toman en cuenta (características físicas, químicas y bacteriológicas.), la frecuencia con que se realizan los análisis y los tipos de químicos que se utilizan para la potabilización del agua. Entrevistas al personal de La Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL).

Evaluación: Se cotejan los parámetros (físicos, químicos y bacteriológicos), que se realizaron mediante las pruebas de laboratorio en la planta potabilizadora de agua en la ciudad de Ocotol por el técnico designado por esa institución, con las normas de calidad de agua (CAPRE). Se observa que este en buen estado la infraestructura de la planta potabilizadora.

La recopilación de información: se creó mediante visitas a la planta potabilizadora de agua.

Páginas Web:

- biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/libros/enacal/acervo/0060/0066.
- <http://legislacion.asamblea.gob.ni>.

Libros referidos al tema:

- CAPRE, normas de calidad del agua para consumo humano. Comité coordinador regional de instituciones de agua potable y saneamiento de centro América ,1993.
- Departamento de control de calidad del agua, INAA, manual de métodos analíticos de laboratorios para el control de calidad del agua. Nicaragua ,1996.
- Guía para la calidad del agua potable volumen II, criterios relativos de la salud y otra información base .OPS - OMS; WASHINGTON, DC, 20037, EUA 1987.
- Las condiciones de salud en las Américas, OPS – OMS; WASHINGTON, DC, 20037, EUA 1994.
- Largaespada, Álvaro, instructivo de operaciones planta de tratamiento de agua potable de Ocotol. Departamento de control operacional, INAA, Nicaragua 1993.

Procesamiento de datos: Para la evaluación de la eficiencia del tratamiento y la calidad del agua potable. Se realizaron las pruebas de laboratorio en la planta potabilizadora de Ocotal por el técnico designado por esa institución, para luego ser comparadas por las normas de calidad de agua. Para las etapas de potabilización se visitarán las instalaciones Distinguiendo cuales son las deficiencias en la planta de potabilización de agua y proponer así alternativas para mejorar el sistema.

➤ **Se realizaron visitas a la Planta de Potabilización, donde se encontró la siguiente información:**

3.1 Localización del proyecto.

El proyecto se encuentra ubicado en la ciudad de Ocotal, departamento de Nueva Segovia y consiste en captar aguas crudas de una presa del Río Dípilto en finca las cabañas, para ser llevada por gravedad a través de tubería de conducción hasta la planta potabilizadora, para luego ser conducida por gravedad, mediante otra línea de transmisión hasta empalmar al actual sistema de distribución de la ciudad de Ocotal.

3.2 Los parámetros que se consideran en la potabilización del agua son:

- **Físicos:** (turbiedad, color, temperatura, sabor, olor). Consistiría en someter al agua a decantación, natural o acelerada con agentes de floculación y posteriormente a filtración, mediante lechos filtrantes de arena o de carbón. Las aguas poco turbias pueden ser sometidas directamente a filtración sin la necesidad de pasar por la decantación.
- **Químicos:** (alcalinidad, hierro, manganeso, oxígeno disuelto, PH). Se lleva a cabo por tal de mejorar los caracteres químicos del agua y consiste en efectuar la decantación con una cantidad conveniente de calcio, por tal de reducir la dureza temporal o carbónica, seguida de un control final del PH.
- **Bacteriológicos:** Se realiza generalmente por oxidación, ya sea directa o con gas cloro debidamente regulado. La posibilidad de dejar en el agua una pequeña dosis de cloro libre, garantiza su total potabilidad bacteriológica al llegar a los consumidores, aunque en la red de distribución pueda haber puntos de contaminación. Por tal de evitar el gusto desagradable del cloro, hoy en día se estudia la posibilidad de la ozonización.

La frecuencia que se realizan los muestreos y análisis:

- Los físicos: Diarios 3 veces al día.
- Bacteriológicos: Coliformes fecales cada 24 horas.
- PH y conductividad: Cada 1 hora.

Tipos de químicos que se utilizan para la potabilización de agua:

- Sulfato de aluminio
- Hipoclorito de sodio
- Hipoclorito de calcio
- Polímero catiónico
- Polímero aniónico
- Cal hidratada
- Cloro gas en chimbo

3.3 Descripción de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

La institución cuenta con dos plantas potabilizadoras. La primera planta convencional tiene la capacidad de tratar 58 l/s de agua y la segunda planta de sistemas patentados o importados, tiene la capacidad de tratar 50 l/s de agua.

A lo largo del año el comportamiento de los parámetros monitoreados por la planta de ENACAL, muestra importantes fluctuaciones, especialmente en turbidez, que se eleva durante los meses de lluvias (mayo a octubre).

El parámetro de color se mantiene alto durante casi todo el año, salvo en marzo y abril, cuando por el escaso caudal del Río el arrastre de sedimentos es menor. Los valores relativamente altos para enero, febrero y marzo, dado que ya para entonces las precipitaciones son muy escasas, pueden obedecer a los flujos de aguas mieles provenientes del beneficiado húmedo de café en Dípilto.

Obra de Captación:

El agua del Río Dípíto es captada mediante la presa, con dimensiones aproximadas de 4 m de altura y 19 m de largo.

El agua de la presa es colectada directamente por medio de rejillas de acero y conducida por una media caña a un tubo de 12 pulgadas de diámetro por 5 m PVC, pasando por 3 pozos de visita, intercomunicándose por medio de otros dos pozos de visita a un tubo de concreto de 12 pulgadas de diámetro que descarga a un canal de alimentación a los desarenadores



FIGURA 2 – Presa de captación de agua (sector de las cabañas), Ocotál.

Fuente: Planta Potabilizadora de ENACAL - Ocotál

Desarenadores: Es el primer paso del agua a tratar es donde se elimina la arena para luego pasar a los aireadores.

Aireadores: Para la primera etapa se ha construido dos aireadores para operar de forma alterna el convencional y el de sistema de tecnología patentados o importados.

Este sistema está compuesto por una caja de entrada de concreto de 1 x 0.5 x 2.6 m con dos compuertas de madera en la parte superior de 0.5 x 0.25 m para la distribución de cada aireador lo forman cuatro bandejas, funcionando la primera para la distribución uniforme del flujo y los tres restantes como aireadores de esta manera se elimina el hierro y el manganeso. El agua aireada se colecta en una pila de 8.19 m³ con una dimensión de 3.20 x 3.20 m

La aireación es una operación que consiste en exponer el agua al aire agitándola para favorecer la absorción de oxígeno cuyo contenido es más bajo de lo necesario. Se expone una mayor superficie del agua a la atmósfera, procurando agitarla para ayudar a la difusión y al libre flujo del oxígeno.

Canal de entrada: Este canal comunica a los aireadores con la unidad de medición de caudal que es un vertedero rectangular sin contracción cuya sección es de 0.75 x 0.80 m con una lámina de acero de $\frac{1}{4}$ pulgada con un ancho de cresta 0.75 m

Dosificación: Se utiliza sulfato de aluminio como coagulante y cal como alcalinizante primario como ayudante de coagulación y estabilizador del PH respectivamente.

Para la dosificación del sulfato de aluminio existen dos dosificadores que operan alternativamente. En un tanque de concreto de 3.2 m con sección de 1.5 x 1.5 m para la preparación de la solución primaria y dotada de un agitador mecánico para mantener una mezcla homogénea.



FIGURA 3 - Aireadores de planta convencional.

Fuente: Planta Potabilizadora de ENACAL - Ocotal

Mezcla rápida: Se mantiene una carga constante de entrega de la solución al canal de mezcla rápida. Con un sistema de flotador, abriendo o cerrando la válvula PVC de mariposa de 2.5 pulgadas así se controla el caudal dosificado.

Para dosificar la cal se emplea un barril de asbesto cemento de 420 l con una manguera flexible con un flotador para mantener una carga constante del caudal de entrega. El recipiente está ubicado sobre el canal de entrada, antes del vertedero para dosificar la cal antes del sulfato de aluminio.

Floculación: Se han construido 4 floculadores mecánicos que trabajan en paralelo con cámaras individuales de 2.71 x 2.71 m y una profundidad de 3.20 m para un volumen de 23.60 m³ con un tiempo de floculación de 23 minutos.

Cada tanque de floculación es dividido en cuatro cámaras separadas por tabique de madera con un agujero al centro para permitir el paso del flujo y se dotaron de discos deflectores para minimizar el riesgo de cortocircuitos.

Las divisiones de las paletas son diferentes en cada cámara de manera que el girar produce gradientes diferentes evitando la malformación o la destrucción de flóculos.

Cada floculador está equipado con un motor eléctrico de 2 HP de potencia y velocidad variable. Para asegurar que se mantenga el mismo nivel de agua en todos los floculadores se construyeron compuertas de interconexión entre cada floculador con dimensiones de 0.20 x 0.40 m

Sedimentadores: Son de concreto reforzado con sección rectangular de 5.70 x 2.44 m y 4.25 m de altura. El borde libre es de 0.20 m el ingreso de agua a cada sedimentador es a través de un tubo de 12 pulgadas de diámetro de diferente longitud para distribuir mejor el flujo.

La longitud de esta tubería es de 1.24 x 3.733 m entrando a 1.05 m del fondo de la estructura. Para almacenamiento de lodo tiene una tolva con capacidad para tres días de depósito (10.11 m³) con una altura de 1.20 m y taludes de inclinación. Para extraer el lodo se usa un sistema hidráulico compuesto por 11 losetas de concreto con agujero de 3 pulgadas de diámetro cada uno succiona el lodo.

La salida de agua sedimentada se hace mediante 3 tubos de 6 pulgadas de diámetro perforador con agujeros de una pulgada de diámetro y espaciados a 0.20 m entre sí, a través de estos orificios el agua penetra al canal de recolección de los sedimentos posteriormente al canal de distribución de los filtros.



FIGURA 4 – Planta convencional.

Fuente: Planta Potabilizadora de ENACAL - Ocotlán

Filtros: Los cuatro filtros rápidos construidos son de gravedad, de tasa variable declinante, auto lavables, con lecho múltiple de arena y antracita. Diseñado para una tasa de filtración de $240 \text{ m}^3/\text{d}$ y consiste en un recipiente prismático compuesto de dos compartimientos separados por el canal central de lavado. Cada compartimiento tiene 1 m de ancho y 3.10 m de largo 4.80 m de altura y un borde libre de 0.315 m.

La entrada de los filtros se controla por válvulas de mariposa de 12 pulgadas de diámetro. El falso fondo de los filtros está formado por viguetas prefabricadas de concreto en forma de “V”, atravesadas por nicles de cobre de 3/8 pulgadas diámetro cada 0.09 m a lo largo de la luz vigueta, estas tienen una altura de 0.15 m de ancho en la base de 0.17 m y una luz total de 1.0 m cada filtro tiene 36 viguetas (18 por compartimiento) y 20 orificios por viguetas 10 a cada lado.

En espacio libre bajo el fondo falso se encuentra el lecho soporte formado por grava con un espesor total de 0.36 m por encima del falso fondo sobre el lecho de grava se dispuso el material filtrante constituido por un lecho de arena de 0.25 m espesor y un lecho de antracita de 0.55 m de espesor. El agua filtrada pasa por una cámara de salida que es individual para cada filtro y que se comunica a una cámara común a través de agujeros $0.50 \times 0.50 \text{ m}$ a los que se adaptan tapas metálicas.

Finalmente pasa a la cámara de desinfección y corrección del PH, para llegar al vertedero de salida. En este proceso se da la remoción de partículas que no alcanzaron a sedimentarse haciendo pasar el agua a través de un material poroso. El medio poroso más utilizado es la arena colocada sobre una capa de grava.

Desinfección: Se aplica directamente cloro gaseoso. El sistema está compuesto por cilindros de cloro de 150 lb y dispositivos de intercambio automáticos para la desinfección ininterrumpida. Para proporcionar al cloro un tiempo de contacto con el agua existe un tanque de aguas claras, Este tanque está conectado con la cámara de salida por medio de tubería de 12 y 14 pulgadas de diámetro y brindar un tiempo de contacto de 37 minutos durante la primera etapa.



FIGURA 5 – Tanque de aguas claras.

Fuente: Planta Potabilizadora de ENACAL - Ocotal

3.4 Los procesos de potabilización de agua.

Los sistemas de agua potable se diseñan para un período de diseño de 20 años, y es necesario hacer estudios sociales, para ver si está acorde con el diseño del sistema que tienen las comunidades y realizar aforos en las fuentes para ver si hay agua suficiente para la población.

Periódicamente es necesario que el Ministerio de Salud, (MINSA) realice estudios y examen de las aguas que consume la población, es obligación del estado, realizar estos estudios y garantizar buenas aguas a la población y así evitar organismos que transmiten enfermedades.

Obra de captación.

Parte aguas arriba, la que estará conectada a tuberías de conducción hacia un tanque sedimentador. Se debe procurar dar protección física a la fuente de abastecimiento contra posibles causas de contaminación del agua.

Las obras de captación son todas aquellas que se constituyen para reunir adecuadamente aguas aprovechables, su finalidad básica es agrupar bajo cualquier condición de flujo durante todo el año la captación de aguas previstas. Las dimensiones y características de la obra de toma deben permitir la captación de los caudales necesarios para un suministro seguro a la población. La captación se realiza eficientemente del Río Dípilto hacia el tanque sedimentador.

Según la calidad del agua la captación puede ser:

- Directa: Cuando la calidad física, química y bacteriológica adoptan la cloración como tratamiento mínimo.
- Indirecta: Cuando la calidad bacteriológica o la turbidez ocasional de la misma, requiere el aprovechamiento de la filtración natural a través de estratos permeables conectados con el Río.

Pre tratamiento:

Se elimina arena que pueda traer el agua, se cuenta con 3 pilas que trabajan en buenas condiciones. Por lo que se recomienda que no se descuide en su mantenimiento para que siga realizando adecuadamente su proceso.

Aireación:

En la aireación debe ponerse en contacto el agua cruda con el aire, con el propósito de modificar la concentración de sustancias volátiles contenidas en ella.

Se encuentran en estado parcialmente deteriorado por lo que no se elimina el hierro y manganeso como es debido ya que su desempeño es la mitad de lo requerido en este proceso.

En este caso se debería contar con otro equipo que este en buenas condiciones. Para poder realizar este procesos como es necesario.

Dosificación del coagulante

Consiste en la aplicación de sustancias químicas al agua. A partir de los ensayos permanentes que realiza el laboratorio de la Planta, se determina la dosificación de coagulante.

El consumo de coagulantes no es igual en invierno que en verano. En invierno se utiliza más sulfato por que la turbidez es más intensa que en verano.

Mezcla rápida:

Consiste en distribuir el coagulante en forma rápida e instantánea en toda la masa de agua. La mezcla se debe ser instantánea por que las reacciones de coagulación demora entre 0.1 y 7 segundo, dependiendo de la turbiedad del agua. Se elimina la turbidez del agua, la dosificación de coagulantes no es precisa.



FIGURA 6 – Coagulación - floculación.

Fuente: Planta Potabilizadora de ENACAL - Ocotlán

Floculación:

Tiene como objetivo aumentar el peso y la cohesión. Se necesita para ello una agitación suave, generada por medio de un agitador.

Se debería obtener mayor remoción de turbiedad y del color. Pero debido al mal estado en el que se encuentra es más dilatada la floculación y su desempeño en este proceso es muy deficiente ya que trabaja un 20 % en la remoción de turbiedad y del color. Por eso es de gran importancia contar con equipos nuevos que puedan desempeñarse con eficiencia para dar mejor resultado en la remoción de turbiedad y del color.

Sedimentación:

En este proceso se verifica la deposición de las partículas en suspensión por la acción de la gravedad, es decir, por la fuerza que desarrollan el peso de la partícula al caer.

Los factores más importantes que afectan la eficiencia remocional de una unidad de sedimentación son las características del proceso y las condiciones del flujo hidráulico.

Para obtener una buena operación de sedimentación, es necesario que la etapa de coagulación - Floculación se realice adecuadamente, luego se debe asegurar una distribución adecuada del caudal, minimizar los cambios bruscos de flujo, asegurar una carga de rebose apropiada sobre los vertederos afluentes y controlar las cargas superficiales y los tiempos de retención.

En este proceso se trabaja como es requerido. Debido a que se encuentra en buenas condiciones almacena el lodo hasta por tres días de depósito. Se debe seguir alzando la eficiencia de este proceso dándole su mantenimiento adecuado y así asegurar un buen proceso de sedimentador.

Filtros:

En este proceso se da la remoción de las partículas que no alcanzaron a sedimentarse. De esta forma, aquellas aguas que tengan un aspecto turbio, podrán ser pasadas por materiales filtrantes y lograr mediante ese proceso mejores condiciones.

De los 4 filtros que se encuentran en la planta potabilizadora de Ocotlán solamente trabajan 3 debido a que se encuentra uno en mal estado por eso no funciona y su desempeño es del 80 % en su trabajo.

Hay que componer el filtro que está en mal estado para que así se pueda contar con los 4 filtros que se requieren en este proceso y alcanzar eficacia en el tratamiento de agua.

Desinfección:

La desinfección se puede realizar mediante la aplicación de cloro, ozono, luz ultravioleta o iones de plata. La operación más generalizada es la cloración o aplicación de cloro. Como un agente oxidante fuerte, el cloro reacciona con las sustancias reductoras para reducir la demanda de cloro. Esto es necesario porque las bacterias pueden permanecer en el sistema.

El uso de cloro se debe de hacer después de haber removido las impurezas para evitar la posible formación de trihalometanos, compuestos que han tenido efectos cancerígenos. Tanques de aguas claras se desempeña al 100 % en el almacenamiento de agua.

Aunque este proceso que se realiza en la potabilización del agua se encuentre en condiciones óptimas se debe de seguir dándole el mantenimiento apropiado para no perder el rendimiento que se está obteniendo.

3.5 Mantenimiento de la planta potabilizadora de agua.

La operación del sistema de distribución consiste en una supervisión de las válvulas del sistema, de todas las tuberías hasta llegar a las fuentes incluidas. El mantenimiento propio del sistema de distribución, reparación de las averías y limpieza de los tanques.

Mantenimiento de la captación.

Es imprescindible realizar una limpieza de todo el fondo de la canalización semanalmente, diariamente hay que revisar el caudal del río para regular la compuerta de entrada a la derivación y así evitar que en las crecidas entre tanta agua que pueda dañar las instalaciones. Las rejillas de desbaste tienen que estar siempre limpias de objetos que impidan el paso regular del agua.

Desarenadores: Son 3 desarenadores; diario realizan la limpieza de las válvulas con cepillo y pala para remover lodo.

Mantenimiento de los aireadores.

Para el mantenimiento de las unidades, deben realizarse las siguientes actividades:

1. Revisión, reacondicionamiento y limpieza del aireador.
2. Revisión del funcionamiento de las válvulas o compuertas.
3. Verificar si existe en la estructura indicios de fisuras y detección de problemas para corregirlos.
4. Para los agitadores mecánicos debe realizarse frecuentemente el mantenimiento de los motores.
5. Deben recolectarse los datos necesarios para llevar una hoja de vida del equipo.
6. A las bandejas de aireación se les hace un pre lavado con manguera y cepillo dos veces por semana y mensualmente un lavado.

Mantenimiento de los mezcladores.

Para el mantenimiento de los mezcladores, deben realizarse las siguientes actividades:

Mezcladores hidráulicos.

1. Inspección, reacondicionamiento y limpieza del mezclador.
2. Revisión de válvulas o compuertas.
3. Deben recolectarse los datos necesarios para llevar una hoja de vida del equipo.

Mezcladores mecánicos.

1. Inspección, reacondicionamiento y limpieza del mezclador.
2. Verificación de las condiciones eléctricas del motor y temperatura de rodamientos y embobinados.
3. Revisión de los reductores y variadores de velocidad
4. Alineamiento del eje, hélice, disco o paleta y reajuste de pernos.
5. Pintura exterior para las partes metálicas.
6. Aplicación de grasa o aceite en los puntos requeridos.
7. Revisión de válvulas o compuertas.
8. Deben recolectarse los datos necesarios para llevar una hoja de vida del equipo.

Mantenimiento de los dosificadores.

Para el mantenimiento de los dosificadores, deben realizarse las siguientes actividades:

1. Revisión, reacondicionamiento y limpieza del dosificador.
2. Revisión de las válvulas o compuertas.
3. Verificación de las condiciones eléctricas del motor.
4. Registro de vibraciones y estabilidad en el funcionamiento.
5. Limpieza, calibración y lubricación de mecanismos de dosificación.
6. Pruebas de aislamiento.
7. Recolección de datos.

Mantenimiento de los floculadores.

Para el mantenimiento de los floculadores, deben realizarse las siguientes actividades:

Floculadores hidráulicos.

1. Inspección, reacondicionamiento y limpieza del mezclador.
2. Revisión de válvulas o compuertas.
3. Deben recolectarse los datos necesarios para llevar una hoja de vida del equipo.

Floculadores mecánicos.

1. Revisión, reacondicionamiento y limpieza del floculador.
2. Registro de vibraciones y estabilidad en el funcionamiento.
3. Lubricación de cadenas, correas, ruedas y poleas.
4. Pintura exterior para las partes metálicas.
5. Verificación de las condiciones eléctricas y temperatura del motor.
6. Revisión de los reductores y variadores de velocidad
7. Chequeo de empaquetaduras en la prensa.
8. Revisión de válvulas o compuertas.
9. Deben recolectarse los datos necesarios para llevar una hoja de vida del equipo.
10. Cada 72 horas un técnico realiza limpieza general a los floculadores y mensualmente se limpia con cepillo y cloro.

Mantenimiento de los Sedimentadores.

Para el mantenimiento de los Sedimentadores, deben realizarse las siguientes actividades:

1. Revisión, reacondicionamiento y limpieza del sedimentador.
2. Verificar si existe en la estructura indicios de fisuras y detección de problemas para corregirlos.
3. Pintura exterior para las partes metálicas.
4. Remoción de lodos y partículas sedimentadas.
5. Revisión de válvulas o compuertas.
6. Recolección de datos.
7. Cada 72 horas un técnico realiza limpieza general a los Sedimentadores y mensualmente se limpia con cepillo y cloro.

Mantenimiento de los filtros.

La operación del filtro lento se basa en el control de la velocidad de filtración, la medición y la calidad del agua producida. Se ha de realizar por tanto un control del caudal de entrada realizar análisis de la turbidez.

Para el mantenimiento de los filtros, deben realizarse las siguientes actividades:

1. Revisión, reacondicionamiento y limpieza del filtro.
2. Limpieza de hojas u otros materiales flotantes en el filtro.
3. Lavado del filtro.
4. Para los filtros lentos debe realizarse el raspado del filtro y lavado del material removido.
5. Reposición del material filtrante.
6. Verificar si existe en la estructura indicios de fisuras y detección de problemas para corregirlos.
7. Revisión del funcionamiento de las válvulas o compuertas.
8. Pintura externa para las partes metálicas.
9. Recolección de datos.
10. Cada 24 y 48 un técnico realiza limpieza general a los filtros y una limpieza mensualmente con cepillo y cloro.

Mantenimiento del tanque de agua tratada.

Para el mantenimiento del tanque, deben realizarse las siguientes actividades:

1. Mantener las tapas de las cámaras de válvulas cerradas y aseguradas.
2. Limpieza de sedimentos, manipulando la válvula de limpieza sin ingreso al tanque.
3. Limpieza de sedimentos, ingresando al interior del tanque, para lavado y posterior desinfección.
4. Retoque y pintura general del tanque.
5. Observar si existen grietas, fugas y rajaduras para corregirlos.
6. Revisión y corrección de válvulas y cercas de protección
7. Recolección y procesamiento de datos.
8. Cada 6 meses se limpia el tanque de almacenamiento de agua.

3.6 Caudal de diseño y caudal con que se trabaja.

El caudal de diseño debe ser el correspondiente al consumo máximo horario de la población de diseño, más el agua no contabilizada. Cada persona se le estima que consume 40 litros diarios de agua. El caudal que se trata en la planta potabilizadora de agua es 108 l/s.

El caudal con que se diseñó.

- ❖ La planta convencional: 68 litros por segundos.
- ❖ La planta de sistemas patentados: 50 litros por segundos.

El caudal con que se trabaja.

- ❖ La planta convencional: 58 litros por segundos.
- ❖ La planta de sistemas patentados: 50 litros por segundos.

Cuando no hay luz.

- ❖ La planta convencional: 70 litros por segundos.
- ❖ La planta de sistemas patentados: 25 litros por segundos.

3.7 Costos de operación.

La capacidad de bombeo de esta planta es de 58 l/s, con un costo de operación diario de C\$ 7,000 córdobas, realizando todo el proceso de potabilización en un día, este proceso se hace de manera artificial.

La planta automática trabaja con energía eléctrica y realiza todo el proceso de potabilización en una hora, realizándose manualmente el lavado de losa filtros y la solución de las sustancias químicas que permiten la potabilización del agua con un caudal de 50 l/s, el costo de operación para esta planta paquete es de C\$ 20,000.000 veinte mil córdobas.

3.8 Fuente de Abastecimiento, El Río Dípilto:

Ocotal, depende 100 % del Río Dípilto que para el agua de consumo humano, algunos barrios están sub abastecidos de agua y en otros el servicio se ausenta por más de una semana.

El hecho de que los pobladores de Ocotal hasta hace algunos años ocupaban apenas el 35 % de la producción total del agua del Río Dípilto y ahora ocupan el 100 %, resulta preocupante, porque esa fuente de agua se agota.

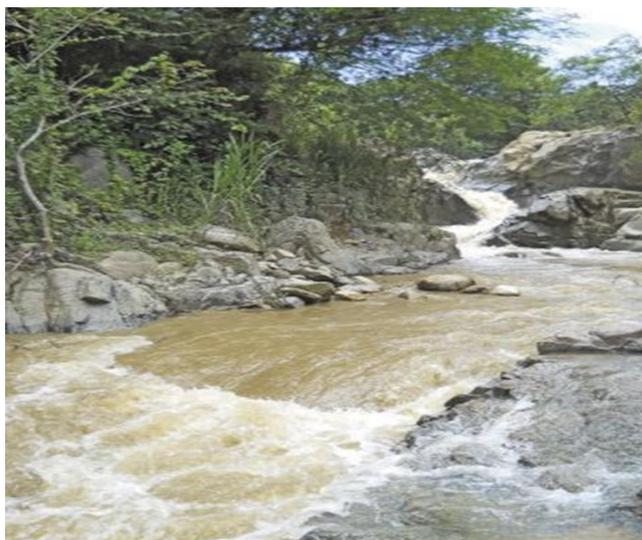


FIGURA 7 – Río Dípilto. (Debido a la turbidez y sedimentación del río Dípilto, provocada por las lluvias, el agua potable no está llegando a los hogares de Ocotal).

Debido a la contaminación con aguas mieles y desechos del cultivo del café, los incendios forestales, los constantes cambios de uso del suelo en el municipio de Dípilto. A esto se suman las actividades ganaderas y agrícolas de algunos pequeños productores de frutas y hortalizas, que descargan aguas de lavado y despulpado y pulpa de café, aserrín, hidrocarburos y desechos de corral a las quebradas que desembocan en el Río.

Ubicación: El 91% del área de la sub cuenca del Río Dípilto, de aproximadamente 93.5 km², está contenido en el municipio de Dípilto, en tanto el 9 % restante corresponde a Ocotal, coincidente con la parte baja de la cuenca, incluyendo su desembocadura en el Río Coco o Segovia.

La extensión total de la sub cuenca se encuentra en los municipios de Ocotal y Dípilto, parte en el límite natural con Honduras, en el paso fronterizo de Las Manos.

3.9 Equipos y métodos empleados para el análisis de la calidad de agua.

Parámetro	Método y / o equipos	Frecuencia
Turbiedad	Nefelométrico / Turbidímetro HACH 2100 A.	Diariamente o cuando aparecen cambios de turbiedad.
Color verdadero	Colorimétrico / colorímetro orbeco Hellige.	Diariamente
PH	Colorimétrico / comparador con rojo fenol como indicador.	Diariamente
Alcalinidad	Volumétrico / alcalinidad a la fenoltaleína.	Diariamente
Temperatura	Termómetro (-20;-110) (° c)	Diariamente
Coliformes fecales	Filtro de membrana / ofxam del agua	Semanal
Cloro residual libre	Colorimétrico / DPD1	Diariamente
Pruebas de jarras	Agitador múltiple / phipps & BIRD.	Eventualmente para verificar dosis optima por turbiedad muy alta.

Tabla 1. Métodos y equipos utilizados.

Fuente: Planta Potabilizadora de ENACAL – Ocotlán

3.10 Esquema de la planta potabilizadora de Ocotlán.

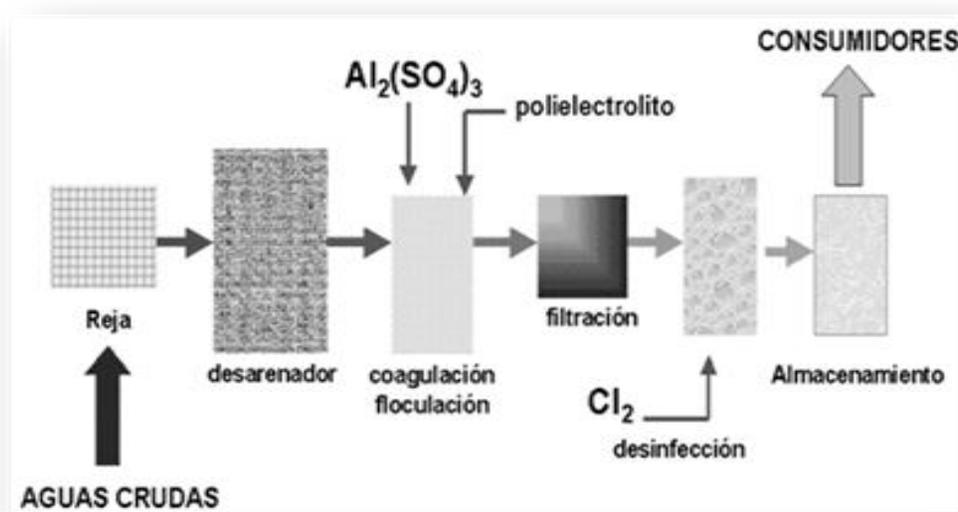


FIGURA 8 – Esquema de planta potabilizadora.

Fuente: Planta Potabilizadora de ENACAL - Ocotlán

3.11 Resultados de las pruebas de laboratorio realizadas por la:

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS ENACAL (OCOTAL, NUEVA SEGOVIA).

Datos generales:

P.T.A.P: planta potabilizadora de Ocotal, nueva Segovia.

Meses: junio, julio, agosto, septiembre, octubre - 2012.

Jefe de planta: Lic. Migdalia Cantarero

Parámetros de calidad de agua tratada.

Parámetros	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible	Junio 2012	Julio 2012	Agosto 2012	Septiembre 2012	Octubre 2012
Coliformes Fecales		Negativo	Negativo	0	0	0	0	0
Color verdadero	mg/ (pt-co)	1	15	11.4	12.5	9.3	9.7	12.7
Turbidez	UNT	1	5	2.6	3.7	1.8	1.8	3.8
Olor	Factor dilución	0	0	0	0	0	0	0
Sabor	Factor dilución	0	0	0	0	0	0	0
Temperatura	°C	18 a 30		24.6	24.33	24.25	22.8	22.5
Cloro residual	mg/l	0.5 a 1.0	<5.0	1.6	1.5	1.9	1.7	1.5
PH	UND	6.5 - 8.5		6.45	6.49	6.43	6.50	6.48
Alcalinidad	mg/l	>30	200	15	18	16	20	18
Hierro	mg/l	0.3		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Tabla 2. Resultados de las pruebas de laboratorio.

Fuente: Planta Potabilizadora de ENACAL – Ocotal

3.12 La calidad del agua y la eficiencia de la planta potabilizadora en la ciudad de Ocotal.

Para la evaluación de la calidad del agua mediante parámetros, Físico químico, indicador microbiológico. Para determinar la calidad del agua se toman muestras de cantidades pequeñas de agua en un punto medio que a continuación se puede analizar en un laboratorio.

Los laboratorios analizan estas muestras, según varios factores, y ven si esta dentro de los estándares de la calidad para el agua. Uno de estos factores es el número de colonias de bacterias coliformes; estas son un indicador para la calidad del agua para beber. Otro factor la concentración de ciertos contaminantes y de otras sustancias, tales como agentes de la eutrofización.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), establece una norma para la calidad del agua potable que es el punto de referencia internacional para el establecimiento de estándares y seguridad del agua potable.

No tienen el mantenimiento adecuado para desempeñar con eficiencia el proceso de potabilización de agua que se le debe dar a este vital líquido.

3.13 Alternativas para mejorar el sistema en la planta potabilizadora de agua, en la ciudad de Ocotal.

Del análisis anterior sobre el funcionamiento de la planta potabilizadora de agua se deduce que existen varios puntos que dificultan la eficiencia del proceso actual de tratamiento, la dosificación del coagulante.

Por lo anterior se propone un plan de medidas encaminadas a mejorar la operatividad de la actual instalación, así mismo el registro continuo de todas las fases del proceso para así contar con un historial que permita un estudio completo de su eficiencia.

Se han estudiando fuentes del Río Dípilto (Río Quisulí y Quebrantadero), pero por falta de financiamiento no se puede ejecutar ningún proyecto. La empresa de nicaragüense de acueducto y alcantarillado. (ENACAL) considera la posibilidad del Quebrantadero, es artificial en invierno se almacena agua de lluvia para abastecer el resto del año esporádicamente el agua. Esta agua la llevarían por tubos hasta la planta donde sería procesada. Hay planes de extender la planta de tratamiento para mejorar su caudal ya que el problema de abastecimiento es muy significativo en la población Ocotal.

Otra alternativa para mejorar el sistema de potabilización es darle el mantenimiento adecuado a la infraestructura de la planta ya que en el estado actual que se encuentra afecta la eficiencia del proceso de potabilización.

Para llevar un control detallado de la operación y mantenimiento de todos los sistemas y equipos que se encuentran en la planta de tratamiento es indispensable hacer énfasis en algunos aspectos importantes, tales como:

1. Los problemas por más mínimos que sean deben solucionarse inmediatamente, puesto que ellos pueden ocasionar en última instancia daños mayores y por consiguiente altos costos de reparación.
2. Las acciones ejecutadas para detectar y corregir anomalías deben registrarse en la ficha técnica del equipo o estructura existente y en el libro de control de calidad, con la finalidad de obtener datos básicos acerca del funcionamiento de los sistemas de proceso en la planta de tratamiento.
3. Informar a los superiores las posibles causas de las fallas encontradas y las consecuencias que esto pueda tener en el proceso de operación de la planta de tratamiento de aguas potables.
4. Desinfectar todo sistema y/o equipo de la planta de tratamiento que suministre agua, lo cual se debe hacer antes de ponerlo en funcionamiento, cuando se requiera desinfección o luego de una parada forzosa en la planta.

Todos los aspectos observados y realizados durante la puesta en marcha, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento deben ser evaluados y anotados, esto permite llevar un registro histórico del funcionamiento de cada sistema o equipo de la planta de tratamiento. Estos registros permiten tomar medidas correctivas.

Estos registros pueden llevarse de manera informática, captando los datos en forma continua en un centro de control o en forma manual por medio de la planilla de datos para niveles bajo y medio de complejidad. En este último caso deben elaborarse hojas de control de los procesos a los que se les deben sacar resúmenes mensuales y anuales y un libro de bitácora en el que se registren todos los hechos importantes que ocurran día a día en la operación de la planta.

CONCLUSIÓN

Se concluye que la planta potabilizadora de agua en la ciudad de Ocotlán, se realiza el adecuado procesamiento de agua, pero la operación en el tratamiento no es la apropiada, debido a la falta de mantenimiento en la infraestructura.

A través de esta investigación se ha podido llegar a las siguientes conclusiones:

- La calidad del agua es buena y la eficiencia del tratamiento no es la requerida debido al mal estado de la infraestructura.
- Existen falencias en los procesos de potabilización de agua tales como: (mezcla rápida, aireación, floculación y filtración).
- La dosificación de coagulantes no es precisa y las pruebas de jarras no son realizadas con la frecuencia debida.
- También es un problema la contaminación y la disminución de caudal en el Río Dípilto la fuente de abastecimiento de agua para la población de Ocotlán.

La implementación de sistemas de abastecimiento de agua permite reducir enormemente el tiempo invertido diariamente para recolectarla de fuentes muchas veces situado a una gran distancia.

RECOMENDACIONES

Las sugerencias presentadas en el estudio están encaminadas a mejorar las deficiencias que presenta la planta potabilizadora de agua en la ciudad de Ocotal.

1. Se recomienda reparar las instalaciones donde se encuentra la planta potabilizadora de agua en la ciudad de Ocotal ya que debido al mal estado de la infraestructura afecta el tratamiento.
2. Efectuar una evaluación hidráulica en toda la planta desde la captación hasta la desinfección del agua. Para verificar las fallas en la distribución de caudales y conocer los tipos de flujos predominantes en cada unidad.
3. Dar reparación y mantenimiento a los aireadores, floculadores y filtros para mejorar la operatividad en cada uno de las etapas de potabilización de agua.
4. Implementar planes de protección conservación de la cuenca del Río Dípilto, para mejorar la calidad del agua cruda, ejemplo en época de producción de café la operación, costo de producción sufre un notable cambio negativo por el efecto del vertido de las aguas tratadas mieles y pulpa de café al Río Dípilto.
5. Efectuar el uso con frecuencia de las pruebas de jarras para tener una dosificación precisa de los coagulantes a utilizar en el proceso de potabilización del agua.

BIBLIOGRAFÍA

1. CAPRE, normas de calidad del agua para consumo humano. Comité coordinador regional de instituciones de agua potable y saneamiento de centro América ,1993.
2. Departamento de control de calidad del agua, INAA, manual de métodos analíticos de laboratorios para el control de calidad del agua. Nicaragua ,1996.
3. Guía para la calidad del agua potable volumen II, criterios relativos de la salud y otra información base .OPS-OMS; WASHINGTON, DC, 20037, EUA 1987.
4. Las condiciones de salud en las Américas, OPS –OMS; WASHINGTON, DC, 20037, EUA 1994.
5. Largaespada, Álvaro, instructivo de operaciones planta de tratamiento de agua potable de Ocotal. Departamento de control operacional, INAA, Nicaragua 1993.
6. Internet
biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/libros/enacal/acervo/0060/0066.
[http.legislacion.asamblea.gob.ni](http://legislacion.asamblea.gob.ni).