

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**



**“TRATAMIENTO DE AGUA DE NEBLINA USANDO FILTROS  
CERAMICOS CON FINES DE CONSUMO HUMANO EN EL  
ASENTAMIENTO HUMANO LEANDRA ORTEGA, CALLAO”**

**Presentado por:**

**ANDREA LUCIA MERINO ADRIAZOLA**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRICOLA**

**LIMA – PERU**

**2017**

## **DEDICATORIA**

*A mi madre Lidia, porque a pesar de la distancia siempre ha estado acompañándome y brindándome su apoyo, y sobre todo por su amor incondicional.*

*Gracias*

## AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater la Universidad Nacional Agraria La Molina, por los mejores años de mi vida, en donde aprendí a ser mejor persona y convertirme en una profesional de grandes aspiraciones. Y a los profesores de la Facultad de Ingeniería Agrícola que me brindaron conocimientos que he ido reforzando en el ámbito laboral.

A cada miembro de mi familia, por su comprensión en la elaboración de la presente investigación. Gracias por su cariño y apoyo en cada paso de mi vida, los quiero.

A mi asesora de Tesis, la Ing. Miglio por su tiempo y apoyo en la elaboración de la tesis así como en otros eventos. Sé que escogí como asesora a una gran profesional.

Al Ing. Bravo quien en el camino se convirtió en un guía y amigo, gracias por su tiempo y buen humor, realmente me sirvió en muchos momentos en los que sentí que perdía el rumbo.

A la empresa SUMPA S.A.C. por el financiamiento económico y apoyo técnico en la elaboración de la presente investigación. Conocí a profesionales muy capacitados y sobretodo personas dispuestas a apoyar siempre, muchas gracias por la confianza depositada en mí.

A mi amigo Jorge, gracias por tu ayuda en el proceso de la tesis, sé que siempre podré contar contigo como tú conmigo. A Liseth, Natali y Giuliana, mis grandes amigas de la Universidad que me brindaron su amistad incondicional y me ayudó en los momentos de estrés, las quiero mucho.

Quiero agradecer a una persona especial quien me acompañó en toda la duración de la tesis y que siempre estuvo dispuesto a apoyarme, muchas gracias David. Creo que dedicarte unas palabras es poco comparado con todo lo que haces por mí, gracias por darme fuerza cuando ya no la tenía y cuidarme en todo momento como solo lo sabes hacer tú.

Por último, quiero agradecer a cada una de las personas que de algún modo me dio su apoyo y su buena vibra, cada palabra de aliento y sonrisa fue fortalecedor para mí.

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el Asentamiento Humano Leandra Ortega, localizado en la costa del Perú. Esta es una zona de loma que se ha ido degradando por la sobrepoblación y se caracteriza por la presencia de neblinas o nieblas, que se forman por factores climatológicos. En este asentamiento humano no se cuenta con el servicio de agua potable y la población es pobre, por ello ante la carencia de este servicio se planteó la captación de agua de neblina a través de captadores artificiales. Los captadores están hechos de materiales baratos y accesibles, y se pueden construir de diversas formas y tamaños. En el estudio se evaluó la disponibilidad de agua en la niebla, para lo cual se usó un neblinómetro modelo SFC que tiene una superficie de 1 m<sup>2</sup> y está fabricado con malla Raschell de 35 por ciento de sombra. El volumen captado fue variable (0 a 9 litros) y dependió de las condiciones climáticas en la zona de estudio. La calidad del agua de neblina se determinó a través del análisis de parámetros obligatorios (pH, conductividad eléctrica, turbiedad, color y coliformes fecales) del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano de DIGESA. Los parámetros analizados sobrepasaron los límites máximos permisibles del Reglamento, por lo cual fue necesario tratar el agua, utilizándose un filtro cerámico. Se usó un filtro comercial denominado “El Filtron”, con tratamiento a nivel domiciliario. El filtro permitió la eliminación de coliformes fecales hasta un 100 por ciento; la disminución de la turbiedad en 91 por ciento y color en 16 por ciento, además alcalinizó el pH hasta 8.22; pero no se alcanzaron los límites para que el agua sea apta para el consumo humano.

Palabras claves: neblina, niebla, neblinómetro SFC, filtro cerámico, parámetros, calidad de agua.

## **ABSTRACT**

The present research was carried out in the Human Settlement Leandra Ortega, located in the coast of Peru. This is a hill area that has been degraded by overpopulation and is characterized by the presence of fog or mist, which are formed by climatological factors. In this human settlement there is no potable water service and the population is poor, so due to the lack of this service was raised the capture of fog water through artificial collectors. The collectors are made of inexpensive and accessible materials, and can be constructed in various shapes and sizes. The study evaluated the availability of water in fog, using an SFC model that has an area of 1 m<sup>2</sup> and is made of Raschell mesh of 35 percent shade. The volume captured was variable (0 to 9 liters) and depended on climatic conditions in the study area. The quality of the fog water was determined through the analysis of mandatory parameters (pH, electrical conductivity, turbidity, color and fecal coliforms) of DIGESA Water Quality Regulation for Human Consumption. The parameters analyzed exceeded the maximum permissible limits of the Regulation, for which it was necessary to treat the water, using a ceramic filter. A commercial filter called "El Filtron" was used, with treatment at home level. The filter allowed fecal coliforms to be eliminated up to 100 percent, the decrease of the turbidity in 91 percent and color in 16 percent, also alkalized the pH up to 8.22; But the limits were not reached for water to be fit for human consumption.

Key words: fog, mist, SFC collector, ceramic filter, parameters, water quality.

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
CAPITULO I: INTRODUCCION.....	1
1.1. GENERALIDADES.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
CAPITULO II REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. PROBLEMÁTICA DE LA DISPONIBILIDAD Y CALIDAD DE AGUA.....	3
2.1.1. EN EL MUNDO.....	3
2.1.2. EN PERÚ.....	5
2.1.3. EN LAS ZONAS URBANO MARGINALES DE LIMA METROPOLITANA Y CALLAO.....	6
2.2. MARCO LEGAL DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	7
2.2.1. DEFINICIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	7
2.2.2. MARCO LEGAL NACIONAL SOBRE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	7
2.2.3. PARÁMETROS DE CONTROL OBLIGATORIO PARA EL AGUA DE CONSUMO HUMANO.....	8
2.2.4. PARÁMETROS ADICIONALES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	12
2.2.5. TEMPERATURA.....	15
2.3. FUENTES DE AGUA ATMOSFERICA.....	16
2.3.1. CARACTERÍSTICAS.....	16
2.3.2. APARATOS DE CAPTACIÓN.....	19
2.3.3. FACTORES A CONSIDERAR EN LA INSTALACIÓN DE CAPTADORES DE NEBLINAS.....	26
2.3.4. VOLUMEN Y CALIDAD DEL AGUA CAPTADA.....	28
2.4. NEBLINOMETROS SFC.....	31

2.4.1. DEFINICIÓN.....	31
2.4.2. COMPONENTES.....	33
2.4.3. OPERACIÓN, FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO.....	35
2.5. TRATAMIENTOS DE AGUA A NIVEL DOMESTICO.....	36
2.5.1. SEDIMENTACIÓN.....	36
2.5.2. FILTRACIÓN.....	37
2.5.3. DESINFECCIÓN.....	40
2.5.4. ALMACENAMIENTO.....	41
2.6. TRATAMIENTO DE AGUA CON FILTROS CERAMICOS.....	42
2.6.1. DEFINICIÓN DE FILTRO CERÁMICO.....	42
2.6.2. COMPONENTES.....	44
2.6.3. OPERACIÓN, FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO.....	48
2.6.4. APLICACIÓN DE FILTROS CERÁMICOS.....	50
CAPITULO III DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	52
3.1. DATOS GENERALES DE LA ZONA.....	52
3.1.1. UBICACIÓN.....	52
3.1.2. LIMITES.....	53
3.1.3. VÍAS DE COMUNICACIÓN.....	53
3.1.4. LOTIZACIÓN.....	54
3.1.5. POBLACIÓN.....	54
3.2. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA.....	55
3.2.1. ASPECTOS FISIOGRAFICOS Y TOPOGRAFICOS.....	55
3.2.2. ASPECTOS HÍDRICOS.....	56
3.2.3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	56
3.2.4. ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS.....	57
3.3. PROBLEMÁTICA ACTUAL.....	57
3.3.1. CALIDAD DE LAS FUENTES DE AGUA.....	57
3.3.2. CALIDAD AMBIENTAL.....	58
3.3.3. CONFLICTOS DE USO DEL TERRENO.....	58
CAPITULO IV MATERIALES Y METODOS.....	59

4.1. ACTIVIDADES PREVIAS DE ORGANIZACIÓN.....	59
4.1.1. ELECCIÓN Y HABILITACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.....	59
4.1.2. GESTIÓN Y COMPRA DE MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS....	60
4.2. CONSTRUCCION E INSTALACION DE NEBLINOMETRO.....	60
4.2.1. TRANSPORTE DE MATERIALES A LA ZONA DE TRABAJO.....	60
4.2.2. CONSTRUCCIÓN DEL NEBLINÓMETRO.....	60
4.2.3. INSTALACIÓN DEL NEBLINÓMETRO.....	61
4.3. MONITOREO DEL VOLUMEN Y EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA CAPTADA.....	62
4.3.1. MONITOREO DEL VOLUMEN CAPTADO DE AGUA DE NEBLINA.....	62
4.3.2. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS IN SITU.....	63
4.3.3. EVALUACION DE PARAMETROS EN LABORATORIO.....	63
4.3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MONITOREO DE VOLUMEN Y CALIDAD DEL AGUA CAPTADA.....	65
4.4. INSTALACION Y USO DEL FILTRO CERAMICO.....	66
4.4.1. INDICACIONES PARA LA INSTALACIÓN DEL FILTRO CERÁMICO.....	66
4.4.2. USO DEL FILTRO CERÁMICO.....	66
4.5. EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA FILTRADA.....	67
4.5.1. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS IN SITU.....	67
4.5.2. EVALUACION DE PARAMETROS EN LABORATORIO.....	67
4.5.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL AGUA TRATADA.....	69
4.6. ANALISIS ESTADISTICO GENERAL.....	69
CAPITULO V RESULTADOS Y DISCUSION.....	70
5.1. ACTIVIDADES PREVIAS DE ORGANIZACIÓN.....	70
5.1.1. ELECCIÓN Y HABILITACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.....	70
5.2. CONSTRUCCION E INSTALACION DE NEBLINOMETRO.....	71
5.2.1. CONSTRUCCIÓN DEL NEBLINÓMETRO.....	71
5.2.2. INSTALACIÓN DEL NEBLINÓMETRO.....	73
5.3. MONITOREO DEL VOLUMEN Y EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA CAPTADA.....	76
5.3.1. MONITOREO DEL VOLUMEN CAPTADO DE AGUA DE NEBLINA.....	76
5.3.2. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS IN SITU.....	79



5.3.3. EVALUACION DE PARAMETROS EN LABORATORIO.....	81
5.4. INSTALACION DE FILTRO CERAMICO.....	85
5.4.1. INDICACIONES PARA LA INSTALACIÓN DEL FILTRO CERÁMICO.....	85
5.4.2. USO DEL FILTRO.....	86
5.5. EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA FILTRADA.....	87
5.5.1. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS IN SITU.....	87
5.5.2. EVALUACION DE PARAMETROS EN LABORATORIO.....	90
CAPITULO VI CONCLUSIONES.....	98
CAPITULO VII RECOMENDACIONES.....	100
CAPITULO VIII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	102
CAPITULO IX ANEXOS.....	111

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Evolución de las coberturas año 2007 al 2013 en el Perú.....	6
Tabla 2: Fuentes de agua en poblaciones sin sistema de agua potable en Lima y Callao.....	6
Tabla 3: Tipos principales de captadores de agua de niebla.....	19
Tabla 4: Experiencia en diferentes proyectos de captación de agua de niebla en el mundo	29
Tabla 5: Distribución de los materiales terrestres en la inter cuenca Ventanilla, Callao. ...	56
Tabla 6: Promedio de los volúmenes captados de agua de neblina durante los meses de Mayo a Julio, 2016 .....	79
Tabla 7: Promedios estadísticos del pH y Temperatura del agua de neblina. ....	80
Tabla 8: Promedios estadísticos de la Conductividad Eléctrica, Turbiedad, Color y Coliformes Fecales del agua de neblina. ....	83
Tabla 9: Promedios estadísticos de pH y Temperatura del agua filtrada .....	88
Tabla 10: Variación promedio del pH por el uso del Filtro cerámico. ....	89
Tabla 11: Promedios estadísticos de Conductividad eléctrica, Turbiedad, Coliformes Fecales y Color del agua filtrada .....	90
Tabla 12: Eficiencia del filtro cerámico representado en la Conductividad eléctrica, Turbiedad, Color y Coliformes Fecales.....	93
Tabla 13: Límites Máximos Permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos. ....	112
Tabla 14: Límites Máximos Permisibles de parámetros de Calidad organoléptica. ....	113
Tabla 15: Materiales necesarios para la construcción de un neblinómetro SFC. ....	122
Tabla 16: Formato para monitoreo de volumen de agua de neblina captada .....	125
Tabla 17: Registro de datos de volúmenes captados diariamente de agua de neblina durante Octubre 2015 .....	129
Tabla 18: Registro de datos de volúmenes captados semanalmente de agua de neblina durante Octubre – Noviembre 2015 .....	129
Tabla 19: Registro de datos de volúmenes captados diariamente de agua de neblina durante Mayo – Julio 2016.....	130
Tabla 20: Registro repeticiones de datos de parámetros in situ de agua de neblina – 2015 .....	134
Tabla 21: Medidas estadísticas de los parámetros semanales de agua de neblina – 2015	135

Tabla 22: Registro repeticiones de datos de parámetros in situ de agua de neblina filtrada – 2015 .....	136
Tabla 23: Medidas estadísticas de los parámetros semanales de agua de neblina filtrada – 2015 .....	137
Tabla 24: Evaluación de la eficiencia del filtro cerámico en la Turbiedad .....	138
Tabla 25: Evaluación de la eficiencia del filtro cerámico en los Coliformes Fecales.....	138
Tabla 26: Evaluación de la eficiencia del filtro cerámico en el Color .....	138
Tabla 27: Determinación de caudal horario del filtro cerámico – 29 octubre 2015.....	140
Tabla 28: Determinación de caudal horario del filtro cerámico por semana.....	140

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: MDM de Agua Potable sobrepasada y MDM de Saneamiento no logradas, 2015	3
Figura 2: Las 20 primeras causas de muerte prematura de hombres y mujeres a nivel mundial, 2012	4
Figura 3: Evolución de las coberturas de agua potable y alcantarillado en el Perú, 2008-2012	5
Figura 4: Escherichia coli	15
Figura 5: Componentes de un sistema de captación de agua de lluvia	18
Figura 6: Captador de niebla tipo macrodiamante	20
Figura 7: Captador de niebla tipo cilíndrico Juvik	21
Figura 8: Captador de niebla tipo LFC instalado en Monte Machos, España	22
Figura 9: Captador de niebla tipo tienda de campaña	24
Figura 10: Captador de niebla de la empresa Urbanarbolismo	25
Figura 11: Captador de niebla tipo NRP	25
Figura 12: Esquema de zona óptima para instalación de captadores de neblinas	27
Figura 13: Dimensiones de los principales componentes del Neblinómetro SFC	32
Figura 14: Malla Raschell a 35 por ciento de sombra	33
Figura 15: Depósito plástico de 20 litros de capacidad	35
Figura 16: Sección transversal del filtro de bioarena de concreto	38
Figura 17: Diversas formas del filtro cerámico tipo vela	39
Figura 18: Almacenamiento incorrecto y correcto para el agua de consumo humano	42
Figura 19: Elementos del filtro cerámico	45
Figura 20: Depósito con anillo sellador en Ghana	49
Figura 21: Fregado de elemento filtrante	50
Figura 22: Delimitación del Asentamiento Humano Leandra Ortega	52
Figura 23: Camino de ingreso al Asentamiento Humano Leandra Ortega	54
Figura 24: Vista de distribución de casas y material predominante de las mismas	55
Figura 25: pH metro digital marca Hanna	63
Figura 26: Turbidímetro portátil	68
Figura 27: Presencia de niebla visada desde el punto de instalación del neblinómetro SFC	71
Figura 28: Marco de Neblinómetro SFC en campo	72

Figura 29: Unión de marco del neblinómetro SFC con parantes de madera de cuatro metros de longitud. ....	73
Figura 30: Instalación del neblinómetro SFC en la zona de estudio .....	74
Figura 31: Tensando el neblinómetro SFC en la zona de estudio .....	74
Figura 32: Neblinómetro SFC instalado dentro de la vivienda de una vecina. ....	76
Figura 33: Serie de tiempo de los volúmenes captados de agua de neblina durante los meses de Mayo a Julio, 2016.....	78
Figura 34: Medición in situ del pH del agua de neblina.....	80
Figura 35: Muestra extraída de agua de neblina para analizar en laboratorio. ....	82
Figura 36: Determinación de la Conductividad eléctrica en laboratorio.....	82
Figura 37: Presencia de moho en el sistema de distribución de agua del neblinómetro SFC. ....	84
Figura 38: Limpieza y desinfección del filtro cerámico previo a su primer uso. ....	85
Figura 39: Filtro cerámico instalado para su uso.....	86
Figura 40: Variación semanal del pH del agua de neblina y agua filtrada. ....	89
Figura 41: Variación semanal de la Conductividad Eléctrica del agua de neblina y agua filtrada.....	91
Figura 42: Variación semanal de la Turbiedad del agua de neblina y agua filtrada.....	92
Figura 44: Heces de aves en la canaleta del neblinómetro SFC.....	94
Figura 45: Variación semanal de los Coliformes Fecales del agua de neblina y agua filtrada.....	95
Figura 46: Coloración del agua de neblina y agua filtrada.....	95
Figura 47: Variación semanal del Color del agua de neblina y agua filtrada.....	96
Figura 48: Ficha N°03 de información del AA.HH. Leandra Ortega. ....	115
Figura 49: Ficha N°03 de información del AA.HH. Leandra Ortega. ....	116
Figura 50: Temperatura del aire media mensual, 2006-2013.....	118
Figura 51: Precipitación total (mm) y humedad relativa (%) media mensual, 2006-2013. ....	119
Figura 52: Velocidad media del viento (kt) y dirección predominante, 2006-2013.....	120
Figura 53: Pautas para el lavado del filtro cerámico. ....	127

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Límites máximos permisibles del reglamento de la calidad del agua para consumo humano de digesa.....	111
ANEXO 2: Proyecto piloto Nuevo Pachacutec – 2012.....	114
ANEXO 3: Tablas y resúmenes climatológicos de aerodromos del Aeropuerto Internacional de Lima-Callao “Jorge Chavez” entre los años 2006-2013.....	117
ANEXO 4: Lista de materiales para la elaboración de neblinómetro SFC .....	121
ANEXO 5: Formato para monitoreo de volumen de agua de neblina captada .....	124
ANEXO 6: Pasos para la limpieza del filtro cerámico.....	126
ANEXO 7: Registro de datos de volúmenes captados de agua de neblina durante 2015 y 2016 .....	128
ANEXO 8: Resultados de datos de agua de neblina y agua filtrada .....	133
ANEXO 9: Registro de datos de caudal de filtrado del filtro cerámico .....	139
ANEXO 10: Resultados de laboratorio .....	141

## **CAPITULO I: INTRODUCCION**

### **1.1.GENERALIDADES**

El Asentamiento Humano Leandra Ortega Espinoza, pertenece al distrito de Ventanilla y se ubica al norte de Lima. Cuenta con una población creciente la cual no dispone del servicio de agua potable ni saneamiento. Actualmente se abastecen con agua de camiones cisterna, por lo que las familias están propensas a contraer enfermedades diarreicas siendo la población infantil y la de la tercera edad, las más vulnerables. Además, el precio del agua es elevado para las condiciones de pobreza en las que viven las familias de esta zona.

En ese lugar, la empresa SUMPA S.A.C. está desarrollando el Estudio de Agua de Neblinas, que tiene como objetivo la investigación de esta fuente de agua y su tratamiento para el consumo humano; este proyecto se viene desarrollando en varios puntos del distrito de Ventanilla con el apoyo económico y técnico de la empresa. SUMPA S.A.C. realizó la selección de personal para el desarrollo de la investigación, determinándose con ellos la metodología a aplicar en campo. Para analizar el volumen de agua que se puede capturar, se usó un Neblinómetro SFC; este es un captador de neblina estándar.

Existe una variedad de modelos que difieren en el tamaño y materiales usados. En Perú se viene investigando e implementando desde hace varios años esta tecnología; así por ejemplo la ONG Creating Water apoya a la zona sur de Lima en la implementación de captadores de neblina que satisfacen la necesidad de abastecimiento de agua para consumo y para agricultura. De este modo no solo se satisface en parte la necesidad de agua a la población, sino se reducen los gastos generados por la compra de agua de camiones cisterna.

Sin embargo, el agua de neblina debe analizarse para verificar que se cumpla con los parámetros mínimos requeridos para ser considerada segura. Una alternativa para tratar el agua contaminada es con el uso de filtros cerámicos; estos están compuestos por una

mezcla de arcilla y aserrín, al cocerse esta mezcla en el horno genera la aparición de los poros del filtro que retienen las partículas que contaminan el agua. Algunos filtros pueden contener plata coloidal que le da un efectivo poder desinfectante.

Uno de los protagonistas del mejoramiento de esta tecnología es el nicaragüense Ron Rivera, quien junto a la ONG Ceramistas por la Paz, no solo promueve el uso de “EL FILTRON”, (denominación para el filtro cerámico), sino que concedió la información para el libre uso del filtro a nivel mundial. En nuestro país, la ONG AYNIMUNDO ha venido trabajando en el “Proyecto Filtrón”, usando estos filtros para obtener agua segura a nivel domiciliario en la población de San Juan de Miraflores, en Lima.

Con los antecedentes mencionados se planteó la ejecución del presente trabajo para evaluar la calidad del agua captada usando un neblinómetro SFC y posteriormente evaluar su tratamiento mediante el uso de filtros cerámicos.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **General**

Evaluar el tratamiento de agua de neblina mediante el uso de filtros cerámicos con fines de consumo humano en Pachacútec - Ventanilla.

### **Específicos**

1. Instalar un neblinómetro SFC y evaluar el volumen de agua de neblina captada por día durante un periodo de tres meses.
2. Evaluar la calidad de agua captada con neblinómetro SFC.
3. Evaluar la eficiencia del tratamiento de agua captada usando un filtro cerámico domiciliario.

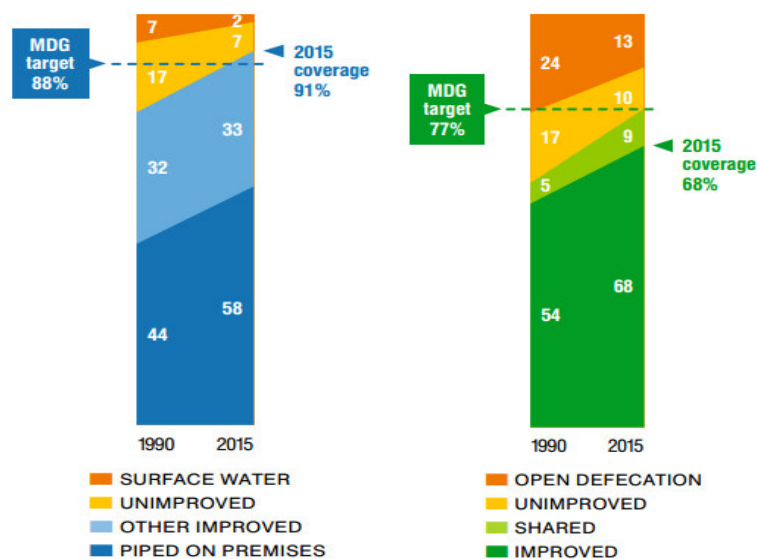


## CAPITULO II REVISION DE LITERATURA

### 2.1. PROBLEMÁTICA DE LA DISPONIBILIDAD Y CALIDAD DE AGUA

#### 2.1.1. EN EL MUNDO

Cada año la Organización Mundial de la Salud publica las Estadísticas Sanitarias Mundiales de los porcentajes de la población beneficiada con los servicios de agua potable y saneamiento. En el año 2015 se aprobaron los «Objetivos de Desarrollo Sostenible» (ODS), con los cuales se busca seguir avanzando y mejorando los logros obtenidos con las «Metas de Desarrollo del Milenio» (MDM). En principio eran ocho las MDM, y han aumentado a 17 ODS. El objetivo seis, Agua Limpia y Saneamiento, tiene como meta al año 2030, garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.

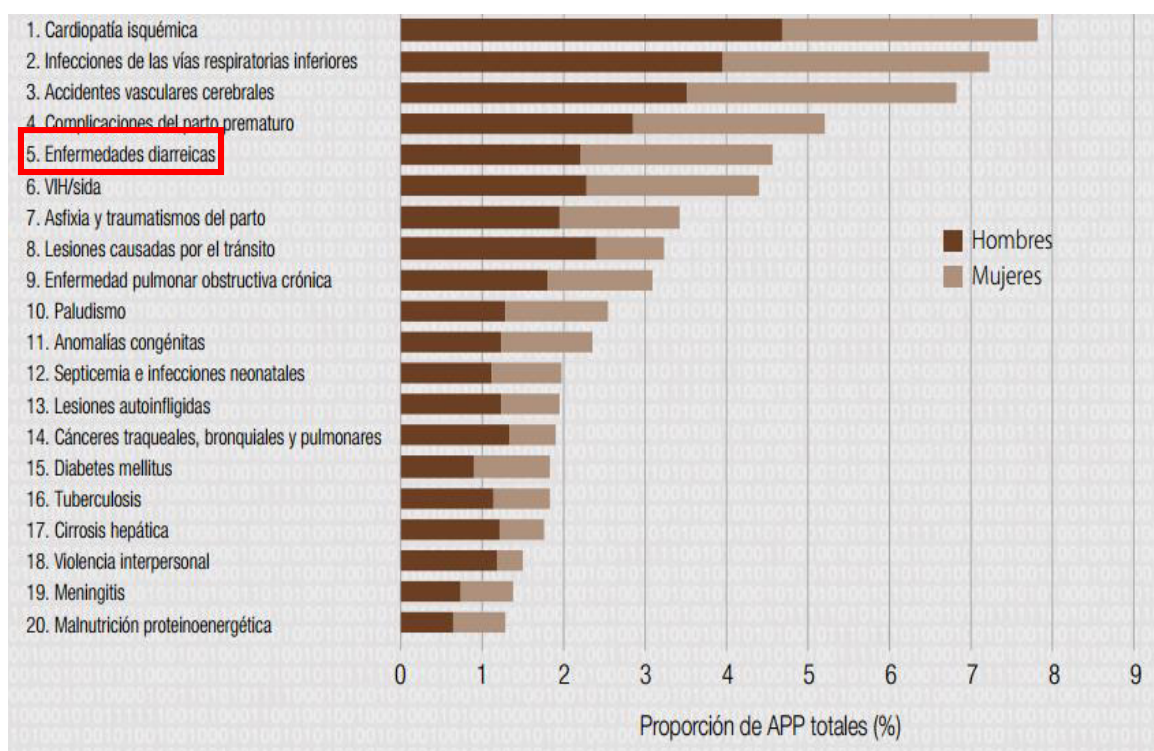


**Figura 1: MDM de Agua Potable sobrepasada y MDM de Saneamiento no logradas, 2015**

FUENTE: UNICEF, 2015

El porcentaje mundial de población beneficiada para el año 2015 con los servicios de agua potable y saneamiento, alcanzaba el 91 y 68 por ciento respectivamente, encontrándose bajo el valor de saneamiento para lograr las metas de desarrollo del milenio. La Figura 1 muestra el porcentaje de población con acceso a fuentes mejoradas de agua potable y servicios de saneamiento mejorados en el mundo y por regiones de la OMS entre los años 1990 al 2011.

Así mismo, en el reporte del año 2014 se puede apreciar que las enfermedades diarreicas se encuentran dentro de las cinco primeras causas de muerte prematura a nivel mundial, incluso superando al VIH/sida. La Figura 2 muestra las veinte primeras causas de muerte prematura de hombres y mujeres a nivel mundial para el año 2012. Por esta razón es necesario el servicio de agua potable y saneamiento de calidad para las poblaciones más pobres, porque son las más vulnerables a contraer enfermedades que les podrían ocasionar incluso la muerte.

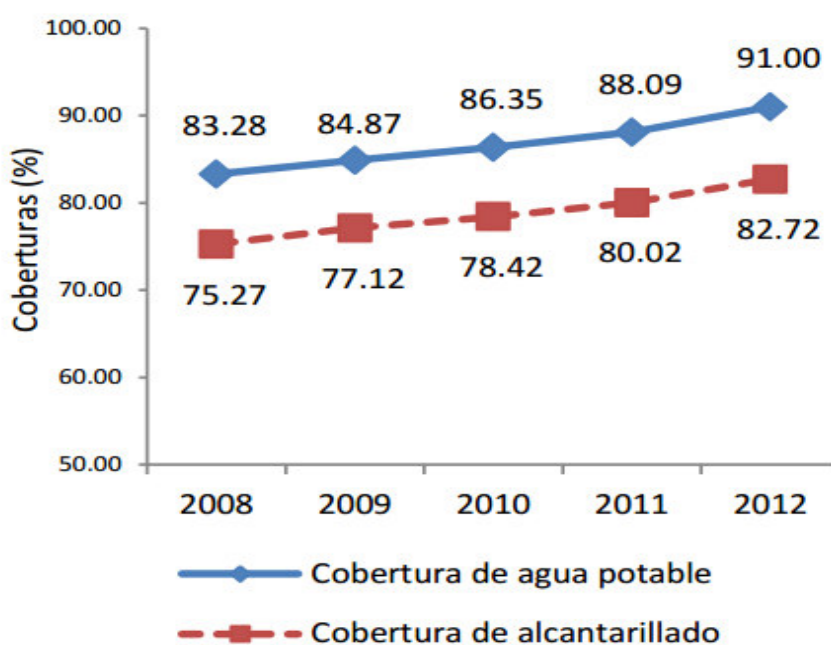


**Figura 2: Las 20 primeras causas de muerte prematura de hombres y mujeres a nivel mundial, 2012**

FUENTE: OMS, 2014.

### 2.1.2. EN PERÚ

En el Perú los servicios de agua potable son brindados por las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) y supervisadas por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). Para fines del año 2012 operaban 50 EPS, las mismas que perduran desde el censo del año 2007. La mayoría de las EPS están ubicadas en la costa, y para el año 2012 tenían una cobertura de agua potable del 91 por ciento y 83 por ciento para alcantarillado (SUNASS 2013). La Figura 3 muestra la evolución de la cobertura de agua potable y alcantarillado de las EPS entre los años 2008-2012.



**Figura 3: Evolución de las coberturas de agua potable y alcantarillado en el Perú, 2008-2012**

FUENTE: SUNASS, 2013

Las EPS están distribuidas a lo largo y ancho del país; SEDAPAL es la más grande e importante al distribuir los servicios, de agua y alcantarillado, en Lima con más de un millón de conexiones de agua. A pesar de ello las EPS no han logrado abastecer al 100 por ciento a la población, siendo la menos favorecida la zona rural. La Tabla 1 muestra la evolución de las coberturas de Agua Potable y Saneamiento entre los años 2007 al 2013 en los ámbitos urbano y rural del Perú.

### 2.1.3. EN LAS ZONAS URBANO MARGINALES DE LIMA METROPOLITANA Y CALLAO

Las zonas urbano marginales de Lima Metropolitana y Callao son las zonas más perjudicadas, ya que deben de convivir día a día con la necesidad de servicios básicos como el de agua potable y saneamiento. Debido a la falta de estos servicios los pobladores de estas zonas son los más vulnerables a contraer enfermedades diarreicas, siendo mayores los riesgos en menores de cinco años y en personas de la tercera edad.

**Tabla 1: Evolución de las coberturas año 2007 al 2013 en el Perú**

	Año	Urbano	Rural	Total
Agua Potable	2007	84.0%	31.7%	68.3%
Saneamiento	2007	80.7%	13.0%	60.3%
Agua Potable	2013	93.4%	63.2%	86.1%
Saneamiento	2013	83.6%	18.9%	67.9%
Incremento				
Agua Potable	2013-2007	9.4%	31.5%	17.8%
Saneamiento	2013-2007	2.9%	5.9%	7.6%

FUENTE: MVCS, 2014

La población que no tiene acceso a estos servicios se abastecen de agua por medio de camiones cisternas y piletas públicas, siendo dudosa su calidad, además de tener precios elevados que afectan la economía familiar. Loyola y Soncco (2007) indican que “*Las enfermedades asociadas al agua son, pues, una de las mayores causas de morbilidad y mortalidad entre los pobres de los países en desarrollo*”, y el Perú es uno de ellos. La Tabla 2 muestra las principales fuentes de abastecimiento de agua en las poblaciones que no disponen del servicio de agua potable en Lima y Callao.

**Tabla 2: Fuentes de agua en poblaciones sin sistema de agua potable en Lima y Callao**

Fuente de agua	Porcentaje (%)
<b>Camión cisterna</b>	88.00
<b>Vecino</b>	11.00
<b>Pilón público</b>	1.00

FUENTE: SUNASS, 2015

Elaboración: Propia

## **2.2. MARCO LEGAL DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

### **2.2.1. DEFINICIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha definido al agua para consumo humano, dentro de las «*Guías para la Calidad del Agua para Consumo Humano*» de la misma, como «*aquella agua adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal*» (OPS 2010); entendiéndose además que el agua debe estar libre de cualquier organismo patógeno, sustancias químicas, impurezas y contaminación que ponga en riesgo la salud humana.

En Perú, la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), que pertenece al Ministerio de Salud, a través del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DIGESA 2011) lo define del mismo modo.

### **2.2.2. MARCO LEGAL NACIONAL SOBRE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

En el Perú, el máximo reglamento para la legislación del recurso agua hasta el año 2009 fue la «*Ley General de Aguas*», en ese mismo año se aprobó la «*Ley de Recursos Hídricos N° 29338*» derogando a la anterior. Esta nueva ley tiene principios que rigen el uso y gestión del agua; uno de ellos es el principio de prioridad en el acceso al agua, que indica que la satisfacción de las necesidades primarias de los humanos es prioritario sobre cualquier otro uso.

DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental) en el año 2011 publicó el más reciente «*Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano*». En este documento se establecen límites máximos permisibles, en lo que a parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y parámetros radiactivos se refiere. Es así que personas naturales o jurídicas deben de cumplir y hacer cumplir este Reglamento para proteger el bienestar y salud de la población nacional.

Por último, se cuenta con las Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua (ECAs) dentro de los cuales se clasifica al agua por categorías y a partir del uso de la

fuentes se requiere analizar ciertos parámetros, además de otorgarle valores máximos a cumplir. Estos estándares fueron aprobados en el año 2008 y en el año 2015 se han aprobado modificaciones de los mismos.

### **2.2.3. PARÁMETROS DE CONTROL OBLIGATORIO PARA EL AGUA DE CONSUMO HUMANO**

Los parámetros de control obligatorio para el agua de Consumo Humano han sido descritos en el «*Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*» (DIGESA 2011), y se explican a continuación:

#### **2.2.3.1. Coliformes Totales**

Los coliformes totales son un grupo de bacterias que han sido usadas durante décadas como el indicador de la calidad del agua. Según la American Water Works Association (2002), son bacterias de forma redondeada que fermentan la lactosa del azúcar lácteo para producir ácido y gas en el plazo de 48 horas a 35°C; e incluyen la mayoría de las especies de los géneros «*Citrobacter*», «*Enterobacter*», «*Klebsiella*» y «*Escheridia coli*».

Estos microorganismos, especies fecales y ambientales, pueden sobrevivir y proliferar en diversos medios acuáticos (aguas residuales o aguas naturales). Algunas de estas bacterias se excretan en las heces de personas y animales. Para la determinación de la cantidad de coliformes totales se usan diversos procedimientos. En uno de ellos se realiza la filtración del agua con una membrana, que después se incuba en medios selectivos de 35 a 37 °C; transcurridas 24 horas se realiza un recuento de colonias.

Otros métodos son los procedimientos de «*número más probable*» en los que se utilizan tubos de ensayo o placas de microvaloración, y pruebas de presencia/ausencia (P/A). Después de realizar cualquier tratamiento al agua no debería contener coliformes totales; de ser el caso revelaría una reprobación y una posible formación de biopelículas, o también la contaminación por la entrada de tierra o plantas (OMS 2006).

Según el «*Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*» de DIGESA (2011), en caso de encontrarse coliformes totales o fecales en las muestras de agua, se debe

investigar las posibles razones de la existencia de los mismos para adoptar medidas correctivas. Así mismo, se debe recolectar muestras diarias en el punto donde se detecta el problema, hasta que por lo menos en dos muestras consecutivas estén ausentes. Por último, de este Reglamento se puede extraer el valor del límite máximo permisible para este parámetro que es de cero UFC (Unidad formadora de colonias) por cada 100 ml a 35 °C, o si se utiliza la técnica del Número más probable (NMP) por tubos múltiples, el valor debe ser menor a 1,8 por cada 100 ml (Anexo 1).

#### 2.2.3.2. Coliformes Termotolerantes

Según la publicación de la OMS (2006), los coliformes termotolerantes o fecales son un subconjunto del grupo de coliformes totales. Se distinguen en el laboratorio por su habilidad o capacidad para crecer a elevadas temperaturas (44.5 °C). En la mayoría de las aguas, «*Escherichia coli*» es el índice de contaminación fecal más aceptable porque está presente en concentraciones elevadas en las heces humanas y animales. Comúnmente se encuentran estos coliformes en los intestinos de animales, pero una excepción es *E. coli* que usualmente no sobrevive mucho tiempo fuera del intestino, excepto en el agua caliente de los climas tropicales. La ingesta de este tipo de coliformes ocasiona enfermedades diarreicas.

La concentración de coliformes termotolerantes se mide, por lo general, por procedimientos similares a los usados para la determinación de coliformes totales. Entonces DIGESA (2011), indica que si la prueba resulta positiva se debe realizar el análisis de bacterias «*Escherichia coli*» para confirmar la contaminación fecal. Del «*Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*» se extrae que el límite máximo permisible para este parámetro es cero UFC por cada 100 ml a 35 °C, o si se utiliza la técnica del Número más probable (NMP) por tubos múltiples el valor debe ser menor a 1,8 por cada 100 ml (Anexo 1).

#### 2.2.3.3. Color

El color es un parámetro que ayuda a determinar la presencia de materiales de naturaleza orgánica e inorgánica. Los materiales orgánicos son los que provienen de la vegetación caída y los colores inorgánicos se encuentran en los compuestos químicos y residuos

industriales. Las coloraciones amarillas se dan por la descomposición de vegetales y metabolitos orgánicos presentes en el agua. Coloraciones rojizas se deben de acumulaciones de hierro, y negras debido al manganeso cuando se oxida por el cloro (Marín 2003). También suele existir una relación directamente proporcional entre el pH y el color en las aguas naturales.

Se debe hacer una diferenciación entre el concepto de color real y color aparente. En la publicación de Severiche et al. (2013) se indica que el color real o verdadero es el propio del agua, sin turbiedad; mientras que el color aparente es aquel debido a sustancias disueltas y material en suspensión, determinándose en una muestra que no ha sido filtrada ni centrifugada. Es así que la remoción de color se alcanza generalmente por procesos de coagulación, floculación, sedimentación (o flotación), y filtración; y las aguas que pasaron por algún tratamiento tienen valores de color entre 3 y 15 (AWWA 2002).

La importancia del color radica en que puede afectar la aceptación del agua en los consumidores. El color se mide en el laboratorio usándose colorímetros y su unidad de medida se expresa en unidades de color (UC) (Sierra 2011). Las aguas con valores elevados de color son más resistentes al tratamiento de aguas como la desinfección. Por último, DIGESA (2011) indica que el valor del límite máximo permisible para este parámetro que es de 15 UCV (Unidad de color verdadero) escala Pt/Co (platina – cobalto), ver Anexo 1.

#### 2.2.3.4. Turbiedad

Por años la turbiedad o turbidez ha sido usada como indicador de la calidad del agua, pero incluso viéndose clara podría contener contaminantes. En la publicación de American Water Works Association (2002) se describe la turbiedad como una medida no específica de la cantidad de material particulado en el agua (arcilla, arena, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, microorganismos). Se mide detectando la cantidad de luz dispersada por las partículas de una muestra, relacionada con la cantidad dispersada por una solución o suspensión de referencia. Mientras más baja sea la turbiedad, mayor será la profundidad de penetración de la luz dentro del cuerpo de agua, mayor es la actividad fotosintética y mayores son los niveles de oxígeno. La medición de la turbiedad se realiza con un turbidímetro (Guevara 2015).



Cuando el agua alcanza el valor de turbiedad adecuado es porque el material en suspensión y patógenos, agregados por partículas, han sido eliminados del agua; por ello también la turbiedad es un indicador de la eficiencia de algunos procesos como la filtración y coagulación. Las aguas que han pasado por algún tratamiento, generalmente, tienen valores de turbidez por debajo de un NTU (Unidad Nefelométrica de Turbiedad). El valor del límite máximo permisible según DIGESA (2011) es de 5 NTU, ver Anexo 1.

#### 2.2.3.5. Residual de Desinfectante

El cloro es el desinfectante por excelencia a nivel mundial, además es económico. Generalmente, a los sistemas de distribución de agua se le añade una cantidad de cloro adicional de modo que se garantice la inocuidad del agua a través de todo el sistema. El cloro residual se reduce en situaciones como exposición al sol u otra fuente de luz y agitación. No es conveniente que el cloro reaccione químicamente ya que pierde sus propiedades desinfectantes. El análisis de estas muestras debe hacerse inmediatamente después de su recolección (OPS 1988). El valor del límite máximo permisible es de 5 mg por litro, ver Anexo 1, y se recomienda que el valor no sea inferior a 0.5 mg por litro (DIGESA 2011).

#### 2.2.3.6. pH

El pH determina la concentración de iones hidrógeno en el agua. Guevara (2015) explica que es igual al logaritmo negativo de dicha concentración en moles por litro. El valor de siete indica un pH neutro; valores superiores representan alcalinidad, asociado a la presencia de carbonatos y bicarbonatos; mientras que valores menores indican acidez. Valores de pH menores de 4.8 y mayores de 9.2 se consideran como límites tóxicos. En las aguas naturales el pH, comúnmente, se debe a las reacciones del dióxido de carbono, que proviene de la atmósfera o de la respiración de las plantas.

Para la determinación de valores de pH existen diversos métodos; uno de ellos es a través de los indicadores coloreados, en este debe considerarse la apreciación del operador y también las modificaciones que pudiera provocar la adición del indicador coloreado a la muestra. Otro método es haciendo uso del pH metro, al cual se le debe realizar la calibración de los electrodos sino los valores podrían ser muy diferentes al del pH real

(Gomella 1977). Los valores de los límites máximos permisibles están entre 6.5 a 8.5 (Anexo 1).

En el Informe Técnico Abastecimiento de Poblaciones y Uso Recreacional – Parámetro a evaluar: Organoléptico de DIGESA (2010) indica *“Es recomendable la medición in situ, de modo que no se modifiquen los equilibrios iónicos, debido al transporte o una permanencia prolongada en recipientes, cambia cuando es llevado al Laboratorio, el método aplicado in situ es método electrométrico”*.

#### **2.2.4. PARÁMETROS ADICIONALES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

Los parámetros adicionales de Agua para Consumo Humano son todos aquellos que de encontrarse excesos en sus valores resultantes de análisis deberán de controlarse de modo obligatorio. Estos parámetros pueden estar dentro de los siguientes tipos: de calidad microbiológica, organoléptica, orgánica e inorgánica y radiactiva. A continuación se describen los parámetros más representativos dentro del tipo de calidad organoléptica, ya que son los que se reconocen fácilmente con los sentidos.

##### **2.2.4.1. Conductividad Eléctrica**

Guevara (2015) describe a la conductividad eléctrica como la capacidad del agua de conducir corriente eléctrica a través de un cubo de agua de un centímetro de lado. Esta capacidad va a depender de la presencia de iones disueltos (Ca, Mg, Na, P, bicarbonato, cloruros y sulfatos), sus concentraciones absolutas y relativas, su movilidad y valencia y de la temperatura y la viscosidad de la solución (Severiche et al. 2013). Su valor se expresa en mS/m (milisiemens por metro).

Una forma de determinar la salinidad del agua es a través de la conductividad eléctrica porque tiene mayor precisión que otros métodos, además de ser menos costoso. También se puede determinar la cantidad de sólidos disueltos. Las aguas que contienen altos valores de conductividad son corrosivas. Por último, el valor del límite máximo permisible de la conductividad eléctrica es de 1500  $\mu\text{mho/cm}$  (Anexo 1), o su equivalente 150 mS/m.

#### 2.2.4.2.Sólidos Disueltos Totales

Los sólidos disueltos totales (SDT) pueden tener constituyentes orgánicos e inorgánicos. La parte orgánica disuelta proviene de la descomposición de vegetales, químicos orgánicos y gases orgánicos. Mientras que la parte inorgánica proviene de sales inorgánicas compuestas de calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos.

Los minerales presentes en el ambiente tienen diferentes solubilidades por ello la SDT varía considerablemente. Además la procedencia del agua (agua natural de su fuente, agua residual doméstica o industrial) también influenciara en el valor de este parámetro. La OMS (2006) indica que no se conoce con exactitud si el exceso de SDT afecta la salud humana, pero el elevado valor de SDT hace desagradable el agua de consumo humano. Por último, el valor del límite máximo permisible es de 1000 mg/l (Anexo 1).

#### 2.2.4.3.Cloruros

El cloruro se encuentra en las aguas naturales en la forma del anión  $\text{Cl}^-$  (DIGESA 2010), por su contacto con suelos y rocas, por la intrusión de agua salada (zonas costeras), o por contacto con aguas residuales. Un alto contenido de estos en el agua puede dañar estructuras metálicas e impide el crecimiento vegetal. Al aumentar la corrosión de metales hace que en consecuencia aumente la concentración de metales presentes en el agua.

El valor del límite máximo permisible es de 250 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$  (Anexo 1). Se puede percibir las concentraciones mayores por el sabor salado del agua, pero no se conocen daños en la salud humana. En las heces humanas también se encuentra cloruros, las cuales equivalen a 6 gr. de cloruros por persona día. Los cloruros causan cambios en el olor y sabor del agua, generalmente no se puede eliminar (OMS 2006).

#### 2.2.4.4.Sulfatos

Los sulfatos están en el medio en forma de minerales. Su concentración es variada y las más elevadas se dan en las aguas subterráneas, ya que al circular el agua en el suelo que contiene minerales sulfatados, estos se disuelven en ella. También se encuentran disueltos en la lluvia como uno de sus principales elementos. Los sulfatos se encuentran en

detergentes, vidrio y diluyentes de pinturas, por lo que la industria contribuye en la adición de sulfatos al agua a través de las aguas residuales.

El valor del límite máximo permisible es de 250 mg SO<sub>4</sub>/l (Anexo 1). En concentraciones elevadas, mayores a 500 mg SO<sub>4</sub>/l, se han encontrado que los niños y personas de la tercera edad sufren males como diarrea y deshidratación. Además, si se presenta alta concentración de dureza genera un efecto laxativo. Los sulfatos causan cambios en el olor y sabor del agua, generalmente no se puede eliminar (OMS 2006)

#### 2.2.4.5.Dureza Total

El agua dura se origina en zonas donde hay formaciones de piedra caliza, por ello las aguas subterráneas son más duras que las superficiales. Contiene magnesio y calcio, cationes, los cuales están disueltos en el agua. El grado de dureza del agua es proporcional a la cantidad de estos dos cationes. Cuando la dureza es elevada, se complica la disolución de otros iones positivos en el agua. Se determina la dureza a través del carbonato cálcico, el cual precipita al calentar el agua.

El valor del límite máximo permisible es de 500 mg CaCO<sub>3</sub>/l (Anexo 1). La alta dureza no genera daños a la salud humana, y se soluciona con la desinfección. Respecto a la limpieza, al usar aguas duras, en consecuencia se usará mayor cantidad de jabón. Cuando el valor sobrepasa los 200 mg/l provoca la formación de incrustaciones en las redes de distribución de agua, dependiendo del pH y la alcalinidad. Las aguas blandas, dureza menor a 100 mg/l pueden llegar a ser más corrosivas ya que tienen una capacidad de amortiguación baja del pH.

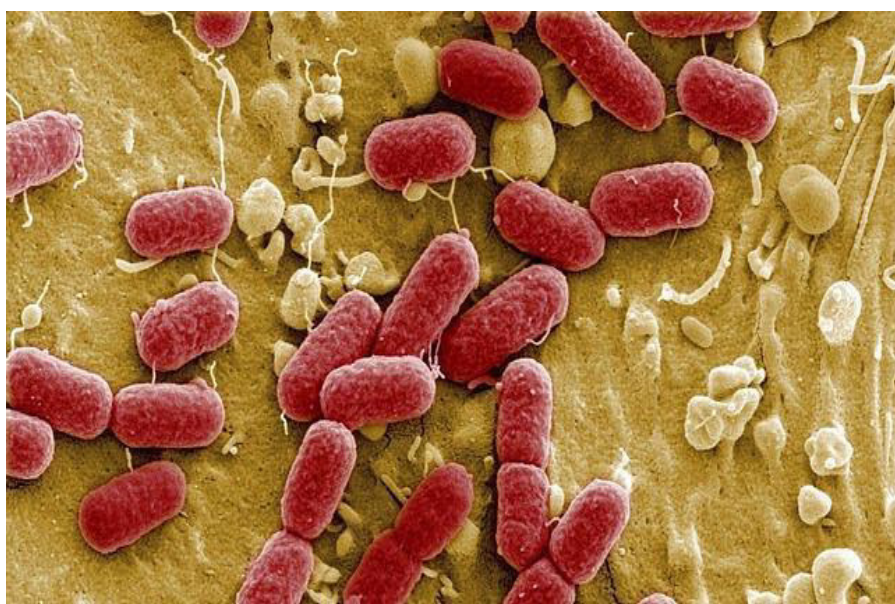
#### 2.2.4.6.E. coli

Una de las bacterias más analizadas es «*Escherichia coli*», que tiene la forma de bastón y tiene las siguientes medidas: 0.5 µm en ancho y dos µm de largo. Es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino humano y de animales de sangre caliente.

Varios tipos de *E. coli enteropatógenas*, un tipo de *E. coli*, son aisladas de las aguas residuales pero probablemente representa menos del uno por ciento del total de coliformes

presentes en las aguas contaminadas. Sin embargo, solo se requieren 100 bacterias para causar enfermedades (Gray 2004).

Según los estudios de la OMS (2001), *E. coli enterohemorrágica* (EHEC), un tipo de *E. coli enteropatógena*, puede causar graves enfermedades. EHEC puede crecer a temperaturas que oscilan entre 7 y 50 °C, con una temperatura óptima de 37 °C. Algunas EHEC pueden proliferar en alimentos ácidos, hasta a un pH de 4,4. La bacteria se transmite al hombre principalmente por el consumo de alimentos y agua contaminados con materia fecal. Entre los síntomas de la enfermedad causada por EHEC destacan los calambres abdominales y la diarrea, que puede progresar en algunos casos a diarrea sanguinolenta (colitis hemorrágica). También puede haber fiebre y vómitos. Se puede apreciar una imagen de «*Escherichia coli*» en la Figura 4.



**Figura 4: Escherichia coli**

FUENTE: Pagina WEB, <http://www.abc.es/20110531/sociedad/abci-escherichia-coli-pepinos-201105301450.html>

### **2.2.5. TEMPERATURA**

Se puede decir que el parámetro físico más importante y afecta a otros como el pH, la alcalinidad o conductividad. La OMS (2006) explica que las temperaturas elevadas colaboran en la proliferación de microorganismos en el agua, además de aumentar

problemas en el sabor por contaminantes inorgánicos y químicos, color, olor y corrosión. También se debe considerar que el agua a bajas temperaturas tiene mejor sabor por lo que genera mayor aceptabilidad de consumo por las personas.

La temperatura de la fuente de agua es la que se debe de medir, y para esto se pueden usar diversos equipos, aunque por lo general el sensor de la temperatura viene integrado a equipos que miden conductividad eléctrica o pH. No se tiene una referencia de un límite permisible para este parámetro pero se debe tener en cuenta lo descrito anteriormente.

## **2.3. FUENTES DE AGUA ATMOSFERICA**

### **2.3.1. CARACTERÍSTICAS**

#### **2.3.1.1. La Neblina o Niebla**

La neblina o niebla es una capa de nubes que se moviliza al ras del suelo y está formado por pequeñas gotas de agua que miden de 1 a 40 micrones (1 micrón es igual a 0.001 milímetros) de diámetro. La formación de la neblina *«está asociado a la presencia del Anticiclón del Pacífico Sur Oriental, a los vientos Alisios, a la inversión térmica, a la corriente peruana de aguas frías o de Humboldt, al fenómeno de surgencias marinas, a la altitud, forma y disposición del relieve»* (Jiménez, citado por Gonzales y Torres 2009).

Aránguiz et al. (2009) explica el proceso de formación de la niebla que inicia con la formación de la nube estratiforme por el Anticiclón del Pacífico y la humedad de la corriente fría de Humboldt; esta nube está entre los 400 a 1200 metros sobre el nivel del mar debido a la inversión térmica, por la fricción de las masas de aire frío ascendente y los vientos alisios. La nube estratiforme se desplaza hacia la costa y con las condiciones adecuadas de altura, vientos y humedad se forma la niebla.

Debido a las variaciones de la temperatura se produce la niebla, por ello es el parámetro más influyente en su formación; a mayor temperatura en la masa de aire, mayor será la cantidad de vapor de agua presente. Otros parámetros influyentes en la formación de niebla son la velocidad media del viento, el punto de rocío y la humedad relativa, porque a temperaturas bajas y humedades relativas superiores a 95 por ciento hay más probabilidad

de condensación y, en consecuencia, formación de niebla. La niebla puede formarse en zonas altamente contaminadas, como la primera capa de la atmosfera en donde abundan los aerosoles, y los valores de pH pueden ser bajos ya que remueve contaminantes de la atmosfera (Ali et al, citado por Vásquez 2012).

Se debe hacer una pequeña diferenciación entre los términos niebla y neblina, para ello se va a usar el alcance visual o la visibilidad horizontal; si ésta es mayor a un kilómetro se está hablando de neblina, en cambio sí es menor, se está hablando de niebla.

Según la investigación de Soriano (2015) la niebla puede formarse por diversos procesos que se clasificaran en nieblas por evaporación y niebla por enfriamiento. La niebla por evaporación es aquella que se produce con la evaporación del agua de temperaturas cálidas en aire frío. A su vez, este tipo de niebla se subdivide en niebla de vapor y niebla frontal. La niebla por enfriamiento se forma por una menor retención de vapor de agua al disminuir la temperatura, facilitando la condensación del vapor de agua por polvo u otras partículas. Este tipo de niebla se subdivide en:

- Nieblas por radiación:

Su formación es nocturna debido a que las capas de aire que están en contacto con la superficie se enfrían, como consecuencia el vapor de agua de las masas de aire se condensa.

- Nieblas por advección:

Para su formación debe desplazarse horizontalmente una masa de aire cálido sobre una superficie mucho más fría; la parte inferior de la masa de aire se enfría hasta el punto de rocío, produciéndose la niebla.

- Nieblas Orográficas:

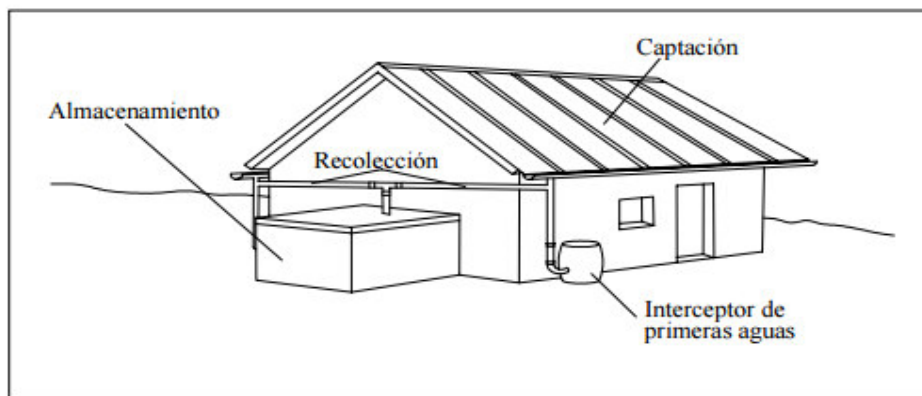
Se tiene una masa de aire cálido y se desplaza hacia una montaña, sube por la pendiente expandiéndose y enfriándose. Y, con las condiciones de humedad adecuadas se llega al punto de rocío, formándose la niebla.

La niebla o neblina puede captarse de modo natural y artificial. Las plantas son los principales captadores naturales, y de modo artificial se usan los captadores de nieblas. Hay diversos tipos de captadores los cuales se explican en los siguientes capítulos.

Se han realizado estudios a nivel mundial en donde se identifica la composición química del agua de neblina. Principalmente se han determinado parámetros como el pH, la conductividad eléctrica,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , Cl, Na, K, Ca, Mg,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ , entre otros.

### 2.3.1.2.Lluvia

La lluvia es una forma de precipitación líquida la cual se forma por la condensación, que es cuando hay ascenso de aire cálido y húmedo. Luego, el aire se enfría y se condensa el vapor de agua formándose las nubes. Un milímetro de lluvia equivale a un litro por metro cuadrado, por lo cual también es una fuente potencial para el abastecimiento de agua. En muchos casos se observa que el agua de lluvia, en vez de beneficiar a la población, la está afectando porque está erosionando suelos productivos por acciones humanas como la deforestación, sobrepastoreo y alteración del ciclo hidrológico (Anaya et al. 1998).



**Figura 5: Componentes de un sistema de captación de agua de lluvia.**

FUENTE: UNATSABAR, 2003

La captación de agua de lluvia es una tecnología de bajo costo y no contamina. Además, se recomienda la utilización de esta tecnología solo en zonas rurales o urbano marginales que tengan los niveles de precipitación mínimos para el abastecimiento de la población. Algunos de los requisitos necesarios para la captación de agua de lluvia es tener los datos de precipitación mensual de diez años como mínimo, la demanda de agua debe considerar que se destina para el consumo humano, y la oferta se determina del promedio mensual de



precipitaciones que corresponde al periodo analizado. (UNATSABAR, 2003). A continuación en la Figura 5 se observan las partes del sistema de captación de agua de lluvia.

Por último, se deben hacer análisis para determinar la calidad del agua captada, y de acuerdo a esos resultados escoger el tratamiento a usar como el filtrado o desinfección.

### 2.3.2. APARATOS DE CAPTACIÓN:

La captación de niebla se puede realizar por diversos tipos de captadores, los cuales no difieren en los elementos que lo conforman, el tamaño y forma. Es así que en la Tabla 3 se puede apreciar los diversos captadores de niebla, y a continuación se definirán:

**Tabla 3: Tipos principales de captadores de agua de niebla**

<b>Tipo de captador</b>	<b>Materiales</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Año de creación</b>	<b>Observaciones</b>
Macrodiamante (Fue el primer artefacto desarrollado por la captación de agua de niebla en Chile y el mundo por Carlos Espinosa, patentado por la UNESCO).	Tubos revestidos con malla tipo Raschel	3.9 l/día/m <sup>2</sup>	1958	Alta eficiencia de la captación y por otro lado presenta una alta autoresistencia de su estructura frente a los fuertes vientos. Alto coste por metro cuadrado de captación.
Cilíndrico (Fue desarrollado por Pilar Cereceda, Horacio Larraín, Joaquín Sánchez y Nazareno Carvajal, junto a un grupo de alumnos de Geografía de la Universidad Católica).	Hilos verticales de polietileno y un bidón de metal.	Obtuvo al primer día de aplicación 4.75 litros de agua de la nube.	1980	Posee una alta eficiencia. Por su altura de 2 metros se ve poco afectado por los fuertes vientos.
Bidimensional (Fue realizado en EL Tofo, Chile). Pueden ser paneles simples de 48 m <sup>2</sup> , dobles de 96 m <sup>2</sup> , triples de 120 m <sup>2</sup> .	Un par de pilares distanciados a 12 m, entre los cuales va dispuesta una malla tipo Raschel de 4 m de altura y unos tensores de sustentación, además de una canaleta horizontal.	Aproximadamente 3 l/día/m <sup>2</sup>	1980-1984	Fácil instalación, bajo coste, autogestión, no consume energía y ofrece un gran abanico de posibilidades de construcción a partir de materiales alternativos. Elevadas exigencias geográficas, reducción del rendimiento a determinadas velocidades de viento, vulnerable frente a determinados fenómenos meteorológicos.

FUENTE: Pascual et al. 2011.

### 2.3.2.1. Macrodiamante:

Este tipo de captador de nieblas fue el primer artefacto creado y se desarrolló en Chile. Su creador fue Carlos Espinosa junto a otros investigadores en el año 1958. Tiene forma tridimensional y capta nieblas costeras (Cardoso y Ortegón 2016). En la Figura 6 se puede apreciar un captador macrodiamante instalado.



**Figura 6: Captador de niebla tipo macrodiamante**

FUENTE: <http://integradoatrapanieblas2011.blogspot.pe/2011/04/atrapanieblas-modelo-macrodiamante.html> Pagina WEB,

### 2.3.2.2. Cilíndrico:

El captador cilíndrico es el sucesor del tipo macrodiamante. Se desarrolló en el año 1980 por alumnos de la Universidad católica de Chile, Pilar Cereceda y otros investigadores en la Playa Templador (Chile). Existe un tipo de neblinómetro cilíndrico denominado Juvik, el Doctor Conrado Tobón de la Universidad Nacional de Colombia lo investigó. El captador Juvik, véase en Figura 7, mide la niebla de modo multidireccional y está conformado por mallas de aluminio pintado de negro. Se instala sobre un embudo metálico y se debe cubrir con un techo para evitar que ingrese la precipitación vertical. Generalmente el borde superior del cilindro debe estar sobre los 2 metros de la superficie (Soriano 2015).

### 2.3.2.3. Bidimensional:

Esta estructura está compuesta por un par de pilares distanciados entre sí, la distancia es variable, y entre ellos se coloca una malla captadora. Este captador se coloca perpendicular a la dirección del viento, de este modo aumenta la eficiencia de obtención de agua captada (Cardoso y Ortegón 2016). Esta estructura es la más común y la más usada en diversos proyectos a nivel mundial como en Guatemala, Perú, Chile, Namibia y España. A continuación se explica algunos tipos de captadores bidimensional:



**Figura 7: Captador de niebla tipo cilíndrico Juvik**

FUENTE: Soriano, 2015

#### a. Neblinómetro Estándar (SFC):

Schemenauer y Cereceda (1993) explican que es un panel vertical de 1 m<sup>2</sup> de área y se coloca a 2 metros del suelo. Está cubierto con dos capas de malla Raschel de 35 o 50 por ciento de cobertura. Esta estructura se usa generalmente para estudios previos a instalación de captadores de mayor dimensión, ya que se puede determinar la captación de agua de neblina por metro cuadrado de malla.

b. Neblinómetro Largo (LFC):

Este tipo de captador es de características y materiales similares al SFC, la diferencia radica en las dimensiones. Este neblinómetro tiene un área de captación mayor, generalmente de 4 metros de ancho y 10 metros de largo (Klemm et al. 2012). En la Figura 8 se puede apreciar un neblinómetro LFC instalado en Monte Machos, región de Valencia, España.



**Figura 8: Captador de niebla tipo LFC instalado en Monte Machos, España.**

FUENTE: Klemm et al., 2012

c. Neblinómetro Techado

Este neblinómetro es similar al SFC y está cubierto por un techo de 5m x 5m con láminas de zinc. El techo se ubica de modo que el flujo de captación no se distorsione por las precipitaciones como llovizna y lluvia. (Schemenauer y Cereceda 1993).

d. Neblinómetro pequeño

Su diseño y materiales usados son similares al SFC, pero difiere en su área de captación que es de 0.25 metros cuadrados (Schemenauer y Cereceda 1993).

e. Neblinómetro Omnidireccional:

Su estructura y dimensión es similar al del SFC, la diferencia radica en que el marco de éste captador se coloca sobre un poste de cañería galvanizada de dos pulgadas con rodamientos. También en el marco se coloca una veleta de latón que hace que la estructura gire con la dirección perpendicular al viento. Con este neblinómetro se puede conocer en qué dirección se capta la mayor cantidad de agua (Schemenauer y Cereceda 1993).

f. Neblinómetro de cuatro caras:

Si bien es cierto no es un neblinómetro bidimensional, está compuesto por cuatro caras bidimensionales de un metro cuadrado. Cada lado está cubierto, evitando de ese modo que ingresen las precipitaciones. En una de las mallas se coloca un pluviómetro y en cada lado hay un depósito al que drena el agua captada. De este captador se puede conocer la dirección predominante de viento y la velocidad del viento (Soriano 2015).

#### 2.3.2.4. Sistemas innovadores de captación:

Con el pasar de los años se han mejorado los captadores de neblina alrededor del mundo. A continuación se describen algunos de ellos:

a. Tienda de Campaña

Este captador es un diseño de Imke Hoehler, el objetivo no varía y es la captación de agua para zonas áridas y aisladas. Se pueden captar de 10 a 20 litros por día. En la Figura 9 se puede apreciar el diseño de este tipo de captador.

b. Cometa

El creador de este modelo es Alon Alex Gross quien creó este captador con materiales ligeros. Tiene forma triangular y dirige el agua captada a un depósito. Durante las noches puede recoger hasta un litro y medio de agua.





**Figura 10: Captador de niebla de la empresa Urbanarbolismo**

FUENTE: Urbanarbolismo, s.f.



**Figura 11: Captador de niebla tipo NRP**

FUENTE: Agua de Niebla de Canarias, s.f.

e. NRP

Su superficie de captación es de 56 metros cuadrados, pero reduce el impacto visual ya que utiliza el espacio mínimo de 1.6 metros cuadrados, véase en la Figura 11. Su estructura es tridimensional y su base está diseñada para decantar y filtrar el agua antes de llegar a la red de conducción. Puede captar hasta 1.074 litros por día y tiene una vida útil mayor a diez años porque los materiales son resistentes y livianos.

### **2.3.3. FACTORES A CONSIDERAR EN LA INSTALACIÓN DE CAPTADORES DE NEBLINAS**

#### 2.3.3.1. Factores Climáticos

##### a. Velocidad y dirección del viento

La dirección y velocidad de viento son factores importantes para la instalación de captadores de neblinas. Conociendo la primera se determina la dirección a la que se coloca el captador de niebla, ya que este debe estar perpendicular a la dirección viento predominante. Generalmente en el hemisferio sur la dirección del viento es de sur a norte.

Respecto a la velocidad del viento, este valor debe ser como mínimo cinco kilómetros por hora (Reyna y Tasaico 1993). Se debe considerar que la velocidad del viento es directamente proporcional al volumen de agua captada. También la velocidad tiene importancia en la estructura del captador, ya que ésta debe soportar brisas y ráfagas dependiendo las condiciones de la zona. Por último, debe evitarse la presencia de obstáculos naturales o artificiales que impidan el paso del viento.

##### b. Humedad relativa

Es importante conocer los valores de la humedad ya que con estos uno puede determinar el contenido aproximado de agua en el ambiente, y el potencial a captar. Una forma sencilla de determinar si la zona es adecuada para el uso de los captadores es a través del rocío, si es que en el cabello se nota la presencia de gotas de pequeño tamaño es porque hay humedad.



### 2.3.3.2.Factor de Relieve

Dentro del relieve se puede explicar la altura y la inclinación del terreno. La altura es importante ya que a partir de los 400 metros se encuentra la nube estratocúmulo y en consecuencia hay más posibilidad de captar la niebla. Además se debe conocer la topografía de la zona y el tipo de suelo para determinar la profundidad a la cual se entierran los parantes del captador. La zona más recomendada para la instalación de los captadores de neblina es la cresta de los cerros porque la fuerza del viento es mayor por no haber obstáculos (Reyna y Tasaico 1993).

En zonas inclinadas, se recomienda la instalación de módulos simples de captadores, ya que por la acción del viento pueden ser inestables (Aránguiz et al., 2009). En la Figura 12 se aprecia la zona óptima para la instalación de los captadores de niebla que oscila entre los 400 a 1200 metros sobre el nivel del mar.



**Figura 12: Esquema de zona óptima para instalación de captadores de neblinas.**

FUENTE: Aránguiz et al., 2009.

### 2.3.3.3.Factor Económico

Dependiendo de la envergadura del proyecto se instala cierto tipo y número de captadores, es así que en una fase de estudio preliminar solo se necesitan captadores SFC y su costo es menor comparado con un LFC que es de mayor dimensión. También de este factor depende el tipo de materiales a utilizar; la malla captadora que se usa en la mayoría de proyectos es Raschell de variados porcentajes de sombra, pero también se pueden usar

otros materiales de menor o mayor costo. Para la estructura del captador, como los parantes, de igual forma se puede utilizar madera o metal.

#### 2.3.3.4. Factor Social

En general, la mayor parte de los proyectos se instala en zonas áridas y sin acceso al agua potable, por ello el mayor beneficio para la población es el acceso al agua. El factor social es uno de los más importantes, ya que para la instalación de captadores de neblina se debe entablar comunicación con la población. Las personas serán los principales beneficiarios con el agua captada de la niebla, por lo que deben conocer el sistema, su funcionamiento y mantenimiento. Para la instalación de los captadores de niebla se necesita un grupo de trabajo, entonces la población de la zona escogida es la más indicada porque al involucrarse con el proyecto se genera continuidad del mismo.

### 2.3.4. VOLUMEN Y CALIDAD DEL AGUA CAPTADA

#### 2.3.4.1. Volumen del Agua Captada:

Respecto a los volúmenes capturados de agua de neblina, debe acotarse que en la mayoría de estudios realizados a nivel mundial se obtuvieron resultados prometedores. El valor promedio obtenido de la captación de agua de neblina es de 4 l/m<sup>2</sup>/día (Cereceda et al. 1997). «*La cantidad de agua de neblina captada estará en relación directa a factores como número y ubicación de los colectores, eficiencia de captación de la malla, y periodo del año*» (Reyna y Tasaico 1993). En Perú, la época de neblinas se encuentra entre los meses de Mayo y Setiembre, época más propicia para su captación.

Según datos indican que la cantidad de agua que necesita una persona en un día es de 20 a 50 litros (ONU, citado por Observatorio Ciudadano Lima Como Vamos 2015). Entonces en una fase inicial de investigación, se recomienda el uso de los neblinómetros SFC para determinar el volumen de agua captada por metro cuadrado de superficie de malla. De este modo conociendo el número de pobladores y el valor de consumo diario de agua por persona, se puede realizar el dimensionamiento de un captador de mayor extensión cubrir las necesidades básicas de una familia. A continuación en la Tabla 4 se puede apreciar un

resumen de los estudios de captación de neblina con los volúmenes obtenidos alrededor del mundo.

En los estudios descritos en el cuadro anterior se indican los volúmenes captados de agua de niebla, pero no en todos se usaron los mismos tipos de captadores. En el caso de El Tofo (Chile) se usaron captadores LFC y en Cerro Orara (Perú) se usaron captadores SFC y omnidireccionales.

**Tabla 4: Experiencia en diferentes proyectos de captación de agua de niebla en el mundo**

<b>País</b>	<b>Localización</b>	<b>Captación promedio de agua de niebla (l/m<sup>2</sup>/día)</b>
Chile	Cerro Moreno	8.26
Chile	El Tofo	2.98
Chile	Parque Nacional del Bosque de Fray Jorge	3
Chile	Santuario de Padre Hurtado	5.4
Chile	Falta Verde	1.43
Chile	Iquique (Alto Patache)	7.81
Perú	Cerro Orara	4.6-5.8
Ecuador	Comunidad Pachamama Grande	4
Guatemala	Lago Atitlan	6.51
Colombia	Desierto de Guajira	1.4
República Dominicana	-	3.58
México	Chiapas	0.5
Sudáfrica	Ciudad del Cabo	14.4 (incluye lluvia)
Sudáfrica	Lepelfontein	5.3-5.9 (88% agua de niebla)
Sudáfrica	Soutpansberg	2 (25% agua de niebla)
Namibia	Swartbank, Klipneus, Soutrivier	0.5-2
Islas de Cabo Verde	-	11.5
Eritrea	-	8
Republica de Yemen	Hajja	9.5
Nepal	-	1 (estación seca) 40 (Monzón)
Omán	-	30 (Monzón)
Croacia	-	<27.8
España	Islas Canarias (El Gaitero)	1.8
España	Islas Canarias (Erjos)	0.2
España	Islas Canarias (Cumbres de Anaga)	4.5
España	Islas Canarias (El pulpito)	0.2
España	Islas Canarias (Parque rural de Tenó)	4.1-5.5
España	Alicante (El Montgó)	5.6

FUENTE: Pascual et al. 2011.

A través del uso de neblinómetros y captadores de nieblas se determina el volumen de agua captada, pero también se puede hacer uso de ecuaciones matemáticas y algunos parámetros. La ecuación a usar es la de flujo másico  $\dot{m} = \rho v A$ ; y los parámetros son densidad del agua en la niebla (kilogramos por metro cúbico), velocidad media del viento (metro por segundo) y área transversal (metros cuadrados).

Montecinos, citada por Soriano (2015), explica que la densidad del agua en la niebla está entre 0.22 y 0.73 gramos por metro cúbico. Y, acota que se debe determinar la eficiencia de la recolección (porcentaje), quedando la siguiente ecuación:  $\dot{m} = \rho v A E$ . Por último, se debe determinar el periodo de medición y conocer la equivalencia que un kilogramo de agua es igual a un litro de agua para hallar el potencial de producción en litros por metro cuadrado por día.

#### 2.3.4.2. Calidad del Agua Captada:

En la mayoría de los estudios de captación de agua de neblina lo que se determina es el volumen de agua captada porque el uso del agua puede ser variado (consumo humano, reforestación, recreación, entre otros). Para determinar la calidad del agua se deben de analizar ciertos parámetros contemplados en los diversos Reglamentos dependiendo del uso del mismo.

Entre los parámetros, fisicoquímicos y microbiológicos, de calidad que se analizan y se recomienda analizar con mayor frecuencia están los siguientes: «pH, dureza, turbidez, conductividad y presencia de metales pesados, principalmente Pb, Sn, Cr, Cu, As, Fe y Mn» (Gonzales y Torres 2009).

La presencia de metales se analiza por los gases emanados al ambiente de diversas actividades industriales o uso de productos como aerosoles. También debe analizarse periódicamente la presencia de coliformes ya que la presencia de humedad contribuye al desarrollo de microflora, y esta a su vez a la presencia de otras especies animales. Siempre se recomienda el análisis de la calidad de agua previo a los usos que se le diera a ésta.

En la mayor parte de los estudios se analizaron el pH y la conductividad eléctrica. Respecto al pH se conoce que por lo general el agua de niebla tiende a tener un valor casi

neutro y ligeramente ácido. Por ejemplo Jofre-Melendez et al. (2015) determina en su estudio que los valores máximos de sus parámetros son 6.2 para pH 55 UCV de color y 2.1 NTU de turbiedad. Eckardt y Schemenauer (1998) describen que el pH del agua de neblina del desierto de Namibia es en promedio 6.2. Pero el agua de neblina puede estar influenciada por las condiciones de las zonas cercanas como es el caso de los estudios de Klemm et al. (2015) en donde el pH es menor a 5. Cereceda et al (2014) indica que el agua de neblina en promedio tiene el valor de 5.18. La conductividad eléctrica del agua de neblina, por lo general, tiene valores bajos como en el estudio de Lerma (2012) que tiene 127  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

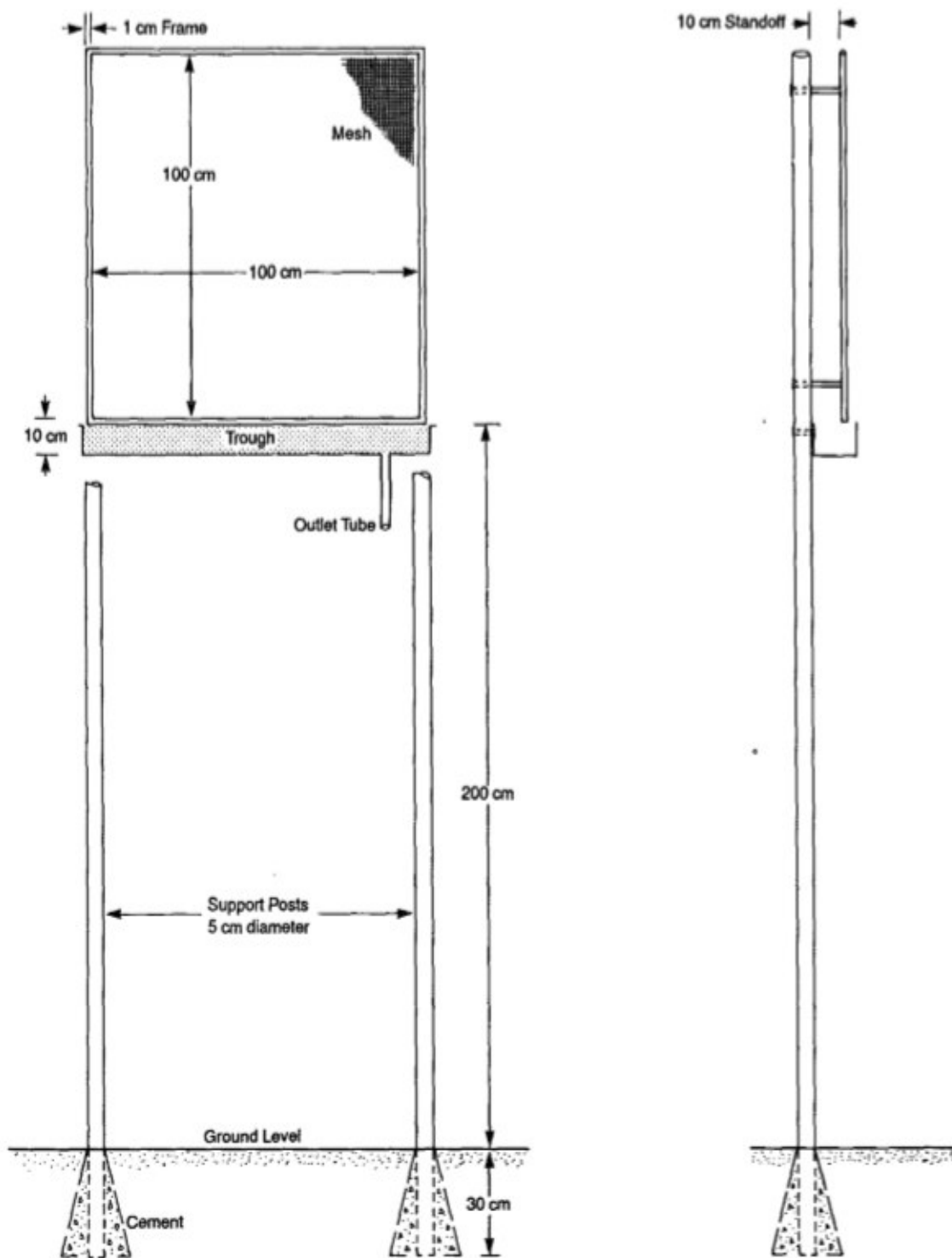
## **2.4. NEBLINOMETROS SFC**

### **2.4.1. DEFINICIÓN**

El neblinómetro SFC o estándar es un captador del tipo bidimensional y es uno de lo más usados en estudios de captación de nieblas. Lo que lo caracteriza son sus dimensiones ya que tiene una extensión de un metro cuadrado, con un marco de un metro por lado. Generalmente se instalan a dos metros de la superficie. Los materiales a usar deben ser resistentes porque deben enfrentar humedad y en ocasiones vientos fuertes.

Para la captación de agua se usa, usualmente, la malla Raschell de 35 por ciento de sombra. Este neblinómetro puede estar en campo por períodos largos, además que su mantenimiento no es complejo. En algunos casos se les agrega algunos instrumentos adicionales como anemómetros, veletas y pluviómetros; de este modo se puede obtener la velocidad de viento, dirección de viento y volumen de precipitación respectivamente.

Con este neblinómetro se obtiene el volumen de captación de agua de neblina, los datos se pueden tomar mecánicamente o con el uso de equipos especiales como data loggers, éstos toman datos periódicos de los volúmenes de agua captada. En la Figura 13 se muestra el esquema del neblinómetro SFC.



**Figura 13: Dimensiones de los principales componentes del Neblinómetro SFC**  
 FUENTE: Schemenauer y Cereceda, 1994

## 2.4.2. COMPONENTES

### 2.4.2.1. Malla:

En el estudio de Pascual et al. (2011) se indican las características que debe tener la malla para la captación de agua de niebla, y son las siguientes:

- Permitir la circulación de la niebla.
- Material resistente al sol, humedad y vientos fuertes.
- Permitir la condensación del agua sobre la malla.
- No alterar las condiciones fisicoquímicas del agua de niebla.
- Ser de bajo costo.

En la mayoría de estudios la malla usada es Raschell de 35 por ciento, véase Figura 14, y también ésta es propuesta por Schemenauer y Cereceda (1994). Esta malla puede ser de polipropileno o nylon, es tejida, tiene protección UV y es económica. Su tiempo aproximado de vida varía de los 3 a 10 años, para una mayor duración es necesario realizar mantenimiento.

La malla Raschell se usa en paño doble por lo que la dimensión a utilizar es de 1.15 x 2.15 m; la malla debe de tensarse y asegurarse dentro del marco del neblinómetro. Al usarse en doble paño cubre alrededor del 60% de la superficie del área de captación y la diferencia es para el libre pase del viento, sino la malla actuaría como un muro impidiendo la captación de niebla.



**Figura 14: Malla Raschell a 35 por ciento de sombra**

FUENTE: Klemm et al., 2012

En caso no se tuviera al alcance la malla Raschell, hay otros materiales que se pueden usar como sacos de rafia, mosquiteros o telas.

#### 2.4.2.2.Canaleta

La canaleta se ubica debajo del marco que envuelve a la malla colectora. Puede tener diversas formas (cuadrada, semicircular o triangular) y sus dimensiones son 1.04 metros de largo, 15 centímetros de ancho y 10 centímetros de profundidad. Puede ser de materiales como tubos de PVC, metal o cuero sintético vulcanizado. Este elemento debe tener una pequeña pendiente hacia uno de los extremos del marco que protege la malla colectora, para que por efecto de la gravedad el agua llegue al depósito a través de un embudo y tubos plásticos (Schemenauer y Cereceda 1994).

#### 2.4.2.3.Estructura

Los elementos estructurales del neblinómetro SFC pueden ser de metal galvanizado, bambú tratado, madera, entre otros (Schemenauer y Cereceda 1994; Pascual et al. 2011). Se recomienda el uso de metal por tener mayor rigidez. La estructura debe cumplir con los siguientes requerimientos: resistencia a vientos muy veloces, permitir la ubicación en elevado del marco y malla captadora, y ser soporte del sistema de transporte del agua.

Los dos postes que sostienen la estructura deben de tener aproximadamente 5 cm de diámetro o ancho, y una altura de aproximadamente cuatro metros para que se pueda enterrar en la superficie. El marco que rodea a la malla captadora tiene como medidas 1.0 metro por lado y tiene un centímetro de ancho o diámetro. Por lo general, el marco se encuentra a dos metros sobre la superficie, de este modo se estandariza la altura de colección de nieblas y se puede realizar comparaciones entre los estudios. Por último, para que la estructura permanezca recta y perpendicular a la superficie se usa cables tensores de alambre galvanizado.

#### 2.4.2.4.Deposito

En este elemento es donde se almacena el agua colectada. Su capacidad debe ser lo suficiente como para que cuando la captación sea máxima no hayan pérdidas de agua. La



capacidad dependerá del tipo de captador a usar; por ejemplo si se usa un neblinómetro SFC, el depósito será de menor capacidad que el de un neblinómetro LFC.



**Figura 15: Depósito plástico de 20 litros de capacidad.**

FUENTE: Pagina WEB,  
[http://img.pe.class.posot.com/es\\_pe/2015/02/05/Balde-Grande-Con-Dispensador-15-Litros-nuevo-20150205110840.jpg](http://img.pe.class.posot.com/es_pe/2015/02/05/Balde-Grande-Con-Dispensador-15-Litros-nuevo-20150205110840.jpg)

También se debe considerar el uso que se le dará al agua. Generalmente se usan depósitos plásticos, véase Figura 15, por su fácil mantenimiento. También hay depósitos de fibra de vidrio, metal y otro material. (Reyna y Tasaico 1993)

### **2.4.3. OPERACIÓN, FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO**

El modo en que funciona el Neblinómetro SFC es el siguiente:

- En la instalación del neblinómetro SFC se debe tener claro la dirección de viento a la que se pondrá, para ello se usa una brújula. Los dos postes que sostienen la estructura deben de enterrarse alrededor de un metro para que la estructura esté estable. Luego de ello se asegura la verticalidad con el uso de tensores en la estructura y la superficie. Por último, se coloca el depósito dependiendo de las condiciones del terreno puede estar enterrado o sobre la superficie.

- Una vez instalado el neblinómetro SFC, la niebla en forma de pequeñas gotas hace contacto con la malla y se condensa. Estas se acumulan y se juntan hasta formar gotas de mayor dimensión y por efecto de la gravedad caen a la canaleta.
- Una vez que cae a la canaleta, por efecto de la pendiente, el agua se traslada hasta el extremo en donde hay un agujero y a través de esta pasa por un embudo y tubos plásticos hasta llegar al depósito.
- Para la contabilización del volumen de agua diario se necesita un registro, el cual se debe realizar en lo posible a la misma hora. Se anota el volumen de agua captada y el agua se retira del depósito para iniciar una nueva medición.
- El mantenimiento se debe realizar en cuanto se note algún desperfecto en cualquier elemento del neblinómetro. Para el caso de la malla, cuando se rompa por los fuertes vientos, se debe cambiar para no alterar las mediciones. En el caso de los tubos plásticos que conducen el agua debe verificarse que no haya crecimiento de moho, caso contrario realizar el cambio. Los depósitos deben de limpiarse, generalmente, una vez por semana o cuando se note suciedad en estos; se debe limpiar con agua potable. Por último, se debe revisar que la canaleta mantenga la pendiente y se colecte toda el agua captada.

## **2.5. TRATAMIENTOS DE AGUA A NIVEL DOMESTICO**

En los tratamientos de agua a nivel domiciliario se usan tres procesos para hacer apto el agua para consumo humano:

### **2.5.1. SEDIMENTACIÓN**

Con este método físico se eliminan partículas pequeñas (arena, arcilla o residuos vegetales) que le dan la apariencia turbia al agua. Los microorganismos tienden a estar en el material suspendido o partículas por lo que al eliminarlas también se reduce la contaminación microbiológica.

Este método consiste en dejar reposar el agua durante un lapso de tiempo mientras se asientan las partículas; el proceso se puede acelerar con el uso de ciertos químicos como el sulfato de aluminio, cloruro de poli aluminio y sulfato férrico. Por efecto de estos químicos las partículas pequeñas se juntan en el agua, formando partículas de mayor dimensión, y en

consecuencia sedimentan. También se puede usar plantas nativas como la tuna, semillas de moringa seca y habas (CAWST 2007). Ramírez y Avellaneda (2005) explican que es necesario utilizar métodos adicionales para la eliminación de microorganismos como hervir agua, cloración o filtrado.

## **2.5.2. FILTRACIÓN**

La Organización Mundial de la Salud (2013b) describe a la filtración como un tratamiento físico, en el cual hay un medio filtrante a través del cual pasa el agua. Con este proceso se reduce la turbiedad y se remueven patógenos que no se retuvieron con la sedimentación. Otros autores consideran a la filtración como el proceso de colar el agua para separar la suciedad (Ramírez y Avellaneda 2005). Hay diversos tipos de filtros, los cuales se explican a continuación:

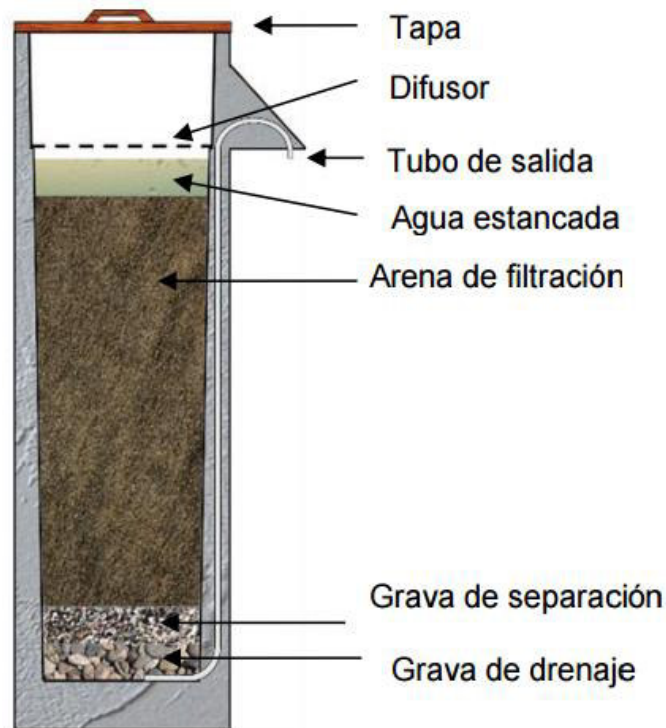
### **2.5.2.1. Filtro Bioarena**

El filtro bioarena, véase en la Figura 16, fue diseñado por el Dr. David Manz en la Universidad de Calgary en los años noventa. Es semejante al filtro de arena lento tradicional, salvo por algunas modificaciones y se opera de modo intermitente. Para su construcción se puede usar materiales locales. Está compuesto por una caja de concreto y dentro de ella contiene capas de arena fina, arena gruesa y grava de drenaje; además tiene un difusor, un tubo de salida de agua y una tapa.

CAWST (2007) explica el procedimiento para el uso de este filtro. Se vierte el agua desde la parte superior y al pasar por las diversas capas, los patógenos y material en suspensión son retenidos por el lodo vivo y la arena fina. En el lodo vivo hay microorganismos que se alimentan de otros organismos del agua contaminada. Finalmente el agua se colecta en un depósito dispuesto en la base del conducto de descarga. La efectividad de retención de patógenos y partículas es de aproximadamente 99.9 por ciento. Su desventaja radica en que no elimina sustancias químicas.

Por último, algunas recomendaciones sobre el uso de este filtro son que no se le debe añadir por ninguna razón cloro dentro del filtro, los periodos de descanso no deben ser

superiores a 48 horas y el agua siempre debe estar cinco centímetros por encima de la arena (Bautista, 2009).



**Figura 16: Sección transversal del filtro de bioarena de concreto.**

FUENTE: CAWST, 2011

#### 2.5.2.2. Filtro cerámico tipo maceta

Es un filtro que creó Fernando Mazariegos y, la ONG Ceramistas por la Paz ayuda en la implementación de talleres de producción de filtros. Este filtro tiene la forma de una maceta y sus dimensiones son 30 centímetros de diámetro, 25 centímetros de alto y una capacidad de aproximadamente ocho litros. Es una mezcla de arcilla con algún material local como aserrín o cascara de arroz o café. Para un mayor rendimiento en la eliminación de patógenos se le añade una capa de plata coloidal.

Para usar el filtro se coloca dentro de un recipiente plástico, de veinte litros, en donde se deposita el agua filtrada y a través de un grifo se extrae del depósito. Las partículas pequeñas y los patógenos quedan atrapados en los poros del filtro, la labor de la plata coloidal es descomponer las paredes celulares de los patógenos ocasionando su muerte (CAWST 2007, CAWST 2011).

### 2.5.2.3. Filtro cerámico tipo vela

El filtro cerámico tipo vela, véase Figura 17, está formado por los mismos componentes que el filtro cerámico tipo maceta (filtro, depósito, tapa, y grifo) y su operación también es similar; la diferencia radica en la forma y tamaño del filtro. Su tamaño es más pequeño en comparación con el tipo maceta y sus dimensiones varían de acuerdo al fin del estudio. Se le debe hacer un mantenimiento que consiste en la limpieza del filtro con un cepillo. El tiempo de vida del filtro es de seis meses a tres años. El flujo de estos filtros es menor que el de los de tipo maceta, de 0.1 a un litro por hora (CAWST, 20011).



**Figura 17: Diversas formas del filtro cerámico tipo vela**

FUENTE: CAWST, 2011

### 2.5.2.4. Filtro de carbón activado

El carbón activado está compuesto por 75 por ciento de carbono y un 5 por ciento de cenizas. Se presenta en polvo o granos, y está formado por un gran número de poros que varían su radio mayor de 25 a un nanómetro. El carbón se coloca dentro de una columna de filtrado y la forma en la que actúa es como adsorbente sustancias solubles y patógenos, sin alterar la composición del agua.

Actualmente hay innumerables modelos de filtros de carbón activado y de diversos precios. El funcionamiento del filtro es sencillo, se introduce el agua por la parte superior y pasa por el carbón activado, circulando y drenando hacia la parte inferior hasta llegar a un

depósito de almacenamiento. Se debe regenerar el carbón a través de la oxidación de la materia orgánica, y el carbón destruido debe ser repuesto (Ambientum 2003).

### **2.5.3. DESINFECCIÓN**

Con este último tratamiento se busca la desactivación o eliminación de patógenos. Si el agua está muy turbia será difícil usar los métodos de desinfección por lo que primero se debe usar la sedimentación y la filtración. A continuación se presentan los tipos de desinfección más comunes en las viviendas alrededor del mundo:

#### **2.5.3.1. Desinfección Solar SODIS:**

Este es un proceso sencillo que usa la luz solar para el mejoramiento de la calidad del agua. Se necesita luz solar, agua y botellas de plástico transparentes. Con este procedimiento se pueden destruir bacterias y virus por las altas temperaturas. Ramírez y Avellaneda (2005) explica el procedimiento que es sencillo; primero se deja asentar el agua, luego se pintan las botellas de color negro en forma vertical, después se llena el agua asentada en las botellas y por último se deja a la exposición solar por seis horas. Pasado este lapso de tiempo, se deja enfriar y ya se puede consumir el agua.

#### **2.5.3.2. Cloración**

La cloración es el método más utilizado para la desinfección del agua. Con este método se puede eliminar hasta un 96 por ciento de parásitos comunes presentes en el agua como bacterias y virus. El cloro se encuentra en diversas formas pero la más común es en hipoclorito de sodio o lejía casera. La cantidad de cloro depende del volumen de agua a desinfectar, entonces por cada litro se debe añadir dos gotas de cloro y dejar reposar por 30 minutos (Ramírez y Avellaneda 2005). Una cantidad excesiva de cloro no solo alterara el sabor del agua sino podría perjudicar la salud.

#### **2.5.3.3. Ebullición**

El hervido de agua es un método seguro para la eliminación de patógenos. Cuando el agua hierve a 70 °C se inicia la destrucción de los patógenos, pero la mayoría desaparecen a los

100 °C. El tiempo de ebullición del agua, se recomienda, es de un minuto al nivel del mar y se aumenta un minuto por cada mil metros de altitud.

En la publicación de CAWST (2007) indica que la desventaja de este método es que se usa combustible por lo que tiene un costo elevado y difícil de sostener en poblaciones rurales. Además, el agua hervida tiene un sabor característico que no es muy aceptado por la población.

#### 2.5.3.4.Pasteurización

En este proceso se usa el calor o la radiación, y a una temperatura de 70 °C se eliminan patógenos. La forma sencilla de pasteurizar agua es usando contenedores oscuros dentro de una estufa solar, su eficiencia es de un litro por hora. También se necesita un termómetro para determinar cuándo se alcanza la temperatura de pasteurización.

#### 2.5.3.5.Desinfección Ultravioleta

Con este proceso se elimina una gran cantidad de microorganismos presentes en el agua. Este método se usa al poner en contacto la luz UV, a través de lámparas, con el agua. La desinfección ultravioleta se basa en que las ondas cortas de la radiación UV inciden en el material genético o ADN de microorganismos, destruyéndolos en poco tiempo. El tiempo de exposición a la luz ultravioleta es mayor cuando la intensidad de penetración de la luz UV es menor y viceversa. La sobreexposición a la luz UV no causa ningún efecto negativo (OPS/CEPIS 2002).

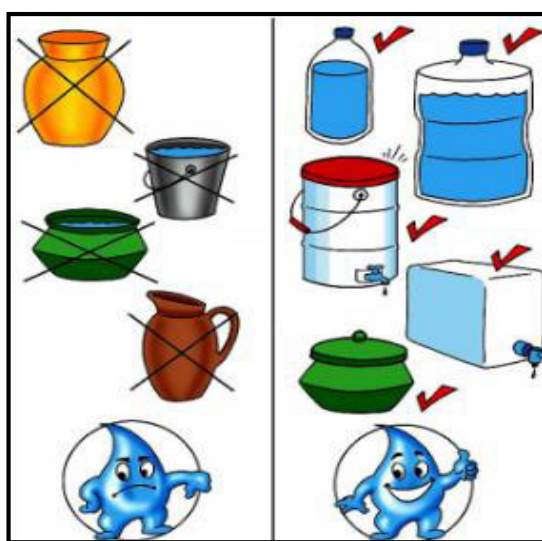
### **2.5.4. ALMACENAMIENTO**

Si bien es cierto el almacenamiento no es un proceso para quitar impurezas, es a través de esta que se debe mantener la salubridad del agua. En muchas ocasiones por no prestarle la atención debida se recontamina el agua, por no realizar las prácticas higiénicas en los hogares.

En los estudios por CAWST (2007) y OMS (2013b) se describen las características que deben tener los depósitos de almacenamiento:

- Deben ser de plástico o de algún material duradero, fácil de limpiar y económico.
- Con capacidad de un volumen apropiado para una familia (20 litros) y fácil de transportar.
- Debe tener una tapa hermética que impida el ingreso de partículas.
- Debe tener un grifo por el cual se pueda extraer el agua almacenada.
- Permitir el paso de aire cuando se vierte el agua.
- Debe tener marcadores de volumen.

Todo lo descrito anteriormente se puede visualizar en la Figura 18, en donde se representa el almacenamiento correcto e incorrecto para el agua de consumo humano.



**Figura 18: Almacenamiento incorrecto y correcto para el agua de consumo humano**

FUENTE: CAWST, 2007

## 2.6. TRATAMIENTO DE AGUA CON FILTROS CERAMICOS

### 2.6.1. DEFINICIÓN DE FILTRO CERÁMICO

En términos simples, se puede definir al filtro cerámico como una vasija o contenedor de arcilla, al cual se le vierte agua que va atravesando lentamente sus paredes atrapando en



sus poros las partículas contaminantes del agua. Está compuesto por una mezcla de arcilla y aserrín, esta se hornea y por efecto de la combustión de la materia orgánica quedan espacios vacíos o poros. Y, para quitar las impurezas del agua la cerámica debe contar con ciertas características especiales tales como tener la materia prima adecuada, un espesor suficiente y que la técnica de cocción asegure la microestructura del filtro que es fundamental para la desinfección de microorganismos en el agua. (PRAMA s.f.).

Los filtros cerámicos pueden contener plata coloidal o no. El filtro cerámico impregnado con plata coloidal, que actúa como desinfectante, se conoce desde 1930. Los químicos Fernando Mazariegos y Julia Alicia Amado de Zeissig del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI) fueron los primeros en desarrollar y probar el primer filtro hecho por artesanos en el año 1981. Luego entre los años 1993 y 1994, Mark Neveu de la Escuela de Salud Pública de Harvard probó en 680 familias en Guatemala el filtro concluyendo que, gracias a este, la incidencia de diarrea en niños menores de cinco años disminuyó (Cartagena 2001).

Diversos estudios a nivel mundial demuestran que este filtro remueve en casi un 100 por ciento los coliformes totales, coliformes fecales, estreptococos fecales y Echerichia coli, por ello es que tiene efectos positivos en la salud humana, específicamente en la disminución de las enfermedades diarreicas. También el filtro disminuye la turbiedad del agua.

Este filtro ha sido probado en varios países del mundo como Cuba, Nigeria, Nicaragua, Cambodia, Bolivia, entre otros; con resultados positivos y negativos. Uno de los negativos es la poca aceptación del producto por la población, ya que en algunos casos cuentan con otras prácticas para descontaminar el agua. Pero el filtro cerámico necesita de varios componentes para su funcionamiento tales como el elemento filtrante, contenedor o depósito de agua, grifo de salida de agua y tapa de seguridad; los cuales se explican en las páginas siguientes.

### 2.6.1.1. Características físicas del filtro cerámico:

#### a. Porosidad

Para Van Halem (2006) la porosidad de un filtro es la fracción de volumen que es ocupado por poros o espacios vacíos. Los filtros con plata coloidal tienen menor porosidad. El tamaño de poros, en general, es de 1 micrón, el cual se estima que evita el paso de microorganismos patógenos. Las variaciones en el tamaño de poro son debido a la ubicación del aserrín durante la cocción (Lantagne 2001a), e incluso por la presencia de grietas dentro y fuera del filtro. Estas miden más de 150 micrones de largo; y los espacios, más de 500 micrones de largo aproximadamente.

#### b. Descarga del filtro

En algunas localidades el flujo de agua limpia es usado como control de calidad. Para el caso de los filtros cerámicos se tiene un rango de aceptación, el cual es de 1 a 2 l/h, y los filtros con un flujo fuera de este rango son descartados. Para alcanzar la descarga ideal los filtros deben ser probados por un tiempo aproximado de 24 horas después de su fabricación. Además, se debe recargar el filtro cuando la cabeza de agua va disminuyendo y alcance aproximadamente la mitad, de este modo se mantiene la presión del agua y en consecuencia la descarga no disminuye (Van Halem 2006).

## 2.6.2. COMPONENTES

El filtro cerámico tiene cuatro componentes principales que son el elemento filtrante, tapa de seguridad, depósito de agua y grifo de salida de agua. Cada uno de ellos se pueden observar en la Figura 19.

### 2.6.2.1. Elemento Filtrante

El elemento filtrante es la base de todos los componentes necesarios para el funcionamiento del filtro cerámico. Su forma es la de una maceta. Según Lantagne (2001a) sus dimensiones aproximadamente son 31 cm de diámetro, 24 cm de alto y contiene 7.1

litros de agua. Su rendimiento de filtración en general está entre 1 y 2 litros por hora. Otros autores precisan que el almacenamiento es de 8 litros.



**Figura 19: Elementos del filtro cerámico.**

FUENTE: IDEASS 2004.

En términos de composición química, el componente químico principal del filtro es silicio, seguido por oxígeno y aluminio. Elementos como hierro, sodio, magnesio, azufre, y potasio están presentes en trazas. No todos los filtros tienen impregnado la plata coloidal y se han realizado estudios para poder determinar los beneficios de la misma.

IDEASS (2004) indica el proceso de elaboración del filtro que es el siguiente:

- El proceso inicia con la pulverización de un barro seco en un molino de martillo; después de que el barro esté bien pulverizado, se hace pasar por un tamiz bastante fino (malla número 30).
- También se usa aserrín u otro material orgánico similar dependiendo de la producción de la zona y se pasa por el tamiz.
- 50 por ciento de arcilla y 50 por ciento de aserrín u otro material orgánico similar son mezclados.
- El agua es agregada a la mezcla para obtener la consistencia correcta.
- La mezcla es luego moldeada en una prensa hidráulica y luego se deja secar.
- Una vez que los filtros están secos se hornean a 890 grados centígrados por un tiempo aproximado de 9 horas.
- Los filtros se dejan enfriar dentro del horno hasta que alcancen la temperatura ambiente.

- Los filtros son sumergidos en una pila de agua y se dejan reposando por toda una noche, de ese modo el agua penetra en todos los poros formados por la combustión del material orgánico.
- El valor de flujo de cada filtro es probado para asegurar el valor de entre 1 y 2 litros por hora – los filtros fuera del rango son descartados.
- Los filtros se dejan secar nuevamente.
- 2 ml de 3.2 por ciento de plata coloidal en 250 ml de agua filtrada son aplicados con una brocha a cada filtro o por sumergimiento, para asegurar la potabilización del agua.
- Los filtros son secados y comercializados.

#### a. Plata Coloidal

En primer lugar, los coloides son partículas suspendidas en un líquido. La plata es un metal y Lantagne (2001a) explica su efecto antimicrobial, así como sus usos en la purificación del agua, con resultados de laboratorio de remoción de bacterias de entre 99 a 100 por ciento. Entonces, se entiende que la plata coloidal es una solución estable de muy pequeñas partículas de plata suspendidas en agua destilada o proteínas, dicha medida está entre 0.015 y 0.005 micrones. (Cerámicas por la Paz, citado por Cartagena 2001).

La plata coloidal al estar impregnada en el elemento filtrante provoca una reacción química que desactiva agentes dañinos para el organismo humano. Para Russell, citado por Vidal (2010) los tres principales mecanismos responsables de la inactivación microbiológica que genera la plata son:

- *«La plata reacciona con el grupo Tiol (sulfidrilo, SH) en las células bacterianas.*
  - *En los grupos estructurales*
  - *En las proteínas (enzimáticas) funcionales*
- *La plata causa cambios estructurales en las membranas de las células bacterianas.*
- *La plata interactúa con los ácidos nucleicos».*

Una gran preocupación para las personas que hacen uso de los filtros cerámicos es que a pesar que la cantidad de plata utilizada es pequeña , puedan pasar trazas de plata a través del agua filtrada, pero esto no debe ser así ya que el metal no es toxico para el ser humano.

Rivera, citado por Cartagena (2001) indica que si en el organismo hubiera exceso de plata depositado en el estómago, este es precipitado como cloruro de plata por las vías estomacales e inmediatamente expulsado a través de las heces. Existe una enfermedad que afecta a la piel denominada Argyria y, se define como una decoloración en la piel medicamente benigna pero de permanente color gris-azulezco. Se desarrolla sobre el tiempo debido a la absorción de plata dentro de la piel (USEPA, citado por Lantagne 2001a).

En términos de límites máximos permitidos de plata coloidal, algunas organizaciones a nivel mundial han manifestado los valores y las razones de los mismos. La OMS, por ejemplo, establece que el valor apropiado de la norma en la salud humana para usarse en análisis es 0.1 mg/L (o 100µg/L) en el agua filtrada, esto para mantener la calidad bacteriológica del agua de consumo así como evitar riesgos en la salud humana.

#### 2.6.2.2.Tapa de seguridad

La tapa de seguridad es el elemento que evita la contaminación del agua dentro del filtro. Cerámicas por la Paz, citado por Cartagena (2001) y Lantagne (2001a) indican que este elemento puede ser de cerámica o plástico. Se coloca sobre el depósito de agua y filtro cerámico.

#### 2.6.2.3.Depósito

Según Cerámicas por la Paz, citado por Cartagena (2001) el depósito de agua puede ser de cerámica o plástico. Este, al ser de plástico, tiene una capacidad de almacenamiento de 20 litros (Lantagne 2001a). Se recomienda el uso de depósitos plásticos porque los de cerámica tienden a sufrir fracturas.

#### 2.6.2.4.Grifo de salida de agua

El grifo de salida de agua puede ser de plástico o de cobre. Se introduce en la parte baja del contenedor de agua para la extracción de esta. Es importante la desinfección del grifo, ya que puede ser una fuente de recontaminación del agua filtrada al ser manipulado.

### **2.6.3. OPERACIÓN, FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO**

La operación del filtro cerámico es sencilla y simple. Y, al estar en contacto con agua con microorganismos contaminantes se le debe dar mantenimiento continuo. Cerámicas por la paz, citado por Cartagena (2001) brinda algunas recomendaciones para la operación y mantenimiento del filtro cerámico como las que se describen a continuación:

- La primera vez que se usa el filtro se debe llenar de agua varias veces y retirar el agua filtrada, de este modo se le quitara el sabor amargo de los primeros usos.
- El contenedor plástico debe lavarse con agua limpia antes de usarse con el filtro. Se recomienda echar unas gotas de cloro porque elimina los contaminantes orgánicos como gérmenes y bacterias. Con esa misma agua se lava la tapa y se deja escurrir por el grifo.
- Colocar el filtro dentro del depósito plástico.
- Si el agua a filtrar tiene mucha suciedad o está muy turbia, se debe colocar una tela fina y limpia sobre el filtro para impedir que por el exceso de impurezas los poros se obstruyan.
- Para mantener un flujo constante de filtrado se debe verter agua al filtro constantemente, conservar el nivel líquido por encima de la mitad de la altura, esto tiene el propósito de que exista siempre una presión suficiente que fuerce el paso del agua por los poros del filtro.
- El contenedor siempre debe permanecer tapado para evitar que las impurezas del ambiente contaminen el agua.
- Abrir la llave o grifo solo cuando se va a consumir el agua.
- La plata coloidal tiene una duración de un año y al término de este se debe de aplicar nuevamente sobre el elemento filtrante.

#### **2.6.3.1.Recontaminación**

La recontaminación es una acción que sucede después que el agua ha fluido a través del filtro, por lo que ya se encontraba descontaminada. En un estudio realizado por Brown y Sobsey (2006) se detalla que la cantidad de microorganismos presentes en la post filtración es mayor que en la pre filtración. Una posible causa sería que el grifo esté sucio por lo que al verter agua a un vaso o taza, inmediatamente se contamina. Una segunda causa sería la

intrusión de contaminantes mediante el borde no sellado del elemento filtrante. Por ejemplo, en algunos países como Ghana el depósito es suministrado con un anillo sellador adicional como se aprecia en la Figura 20.



**Figura 20: Depósito con anillo sellador en Ghana**

FUENTE: Van Halem 2006

#### 2.6.3.2. Rajaduras del elemento filtrante

Las rajaduras reducen el tiempo de vida del filtro cerámico, por lo que cuando se conozca de éstas, el filtro debe ser reemplazado. La posibilidad de ocurrencia de rajaduras aumenta con el envejecimiento del filtro, ya que éste se hace más delgado después de cada sesión de fregado o limpieza. También las posibilidades aumentan cada vez que el elemento filtrante es extraído del contenedor. Durante dicha operación el elemento filtrante estará mojado, lo que hace lo hace más vulnerable que cuando está seco (Van Halem 2006).

#### 2.6.3.3. Mantenimiento

##### a. Elemento filtrante

Según la investigación de Van Halem (2006) la limpieza de elemento filtrante consiste en el fregado de la parte interna con un cepillo tal como se aprecia en la Figura 21 y un

posterior enjuagado con agua limpia. El efecto de este procedimiento es principalmente el aumento del valor de la descarga, debido al desbloqueo de los poros del filtro. Cuando se ha practicado varias veces este procedimiento ya no se incrementa la descarga, porque los poros más internos del filtro ya estarán bloqueados completamente. Después del fregado se enjuaga con agua limpia y se coloca el filtro en su lugar. Durante la limpieza el filtro debe estar sobre alguna superficie limpia para evitar contaminarlo. Para prevenir la recontaminación y rajaduras en el filtro, durante su uso el elemento filtrante debe permanecer en todo momento dentro del contenedor plástico.



**Figura 21: Fregado de elemento filtrante**

Fuente: Van Halem 2006

#### b. Depósito

Los depósitos se deben limpiar una vez al mes con agua clorada o jabón y enjuagarse con agua limpia, simultáneamente debe hacerse la limpieza del elemento filtrante, explicado anteriormente.

### **2.6.4. APLICACIÓN DE FILTROS CERÁMICOS**

A través de los años, la investigación y aplicación de los filtros cerámicos se ha incrementado, más ONGs e Instituciones Gubernamentales en todo el mundo las aplican para que las poblaciones rurales obtengan agua de calidad, así como en situaciones de emergencia ante desastres naturales.



La primera ONG en incentivar el uso de este filtro fue Ceramistas por la Paz (CPP). Esta ONG distribuye los filtros cerámicos y apoya a comunidades rurales en la conformación de fábricas locales para la producción de estos. De este modo no solo se les brinda un producto que apoya en la mejora de la calidad de agua sino una herramienta de trabajo a la población. Gracias a la información y capacitación brindada por CPP, en el año 2000 fueron establecidas fábricas en países como México, Bangladesh y Cambodia, seguidas por fábricas en Haití, Guatemala, El Salvador, Nepal, Pakistán, Uzbekistán y Ghana en el 2001 y 2002.

Fernando Mazariegos, citado por Lantagne (2001a), realizó estudios para determinar la disminución de microcontaminantes con el uso del filtro cerámico. Entre sus resultados resalta que encontró contaminación del agua tanto antes de la filtración como después; y como solución propone las buenas prácticas de higiene.

Lantagne, en el año 2001, investigó la eficiencia en la remoción de agentes contaminantes con el uso de filtros cerámicos hechos en Nicaragua. Los resultados muestran que se remueve en 100 por ciento de coliformes totales y fecales (Lantagne 2001b).

Brown y Sobsey, en el año 2006, hicieron público sus estudios de campo referente a la implementación en campo de filtros cerámicos en Cambodia, obteniendo como resultados que se reducía E. coli hasta en 99.9 por ciento, además que este resultado estuvo asociado con una reducción del 46 por ciento en casos de diarrea para usuarios del filtro.

Lerma en el año 2012 a través de su investigación con filtros cerámicos afirmó que por la acción de la arcilla del filtro cerámico el pH del agua aumento, además que fue efectivo en la disminución de microorganismos como *Cryptosporidium* y *Giardia* en 99.9 por ciento. Los coliformes totales, fecales y E. coli se disminuyó casi al 100 por ciento. Además, redujo la turbiedad color.

Por último, en Perú la institución encargada de distribuir los filtros cerámicos es AYNIMUNDO a través de su Proyecto “El Filtron”. Esta institución civil sin fines de lucro que ha estado trabajando en el distrito de San Juan de Miraflores en la concientización de la población en el uso de agua de calidad para su consumo. Una empresa privada es la encargada de la elaboración de los filtros cerámicos.

## **CAPITULO III DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO**

### **3.1. DATOS GENERALES DE LA ZONA**

La zona de estudio es el Asentamiento Humano Leandra Ortega Espinoza y a continuación se explican los datos generales en base al Proyecto Piloto Nuevo Pachacútec del Gobierno Regional de Callao (Anexo 2).

#### **3.1.1. UBICACIÓN**

##### **3.1.1.1. Geográfica**

Este Asentamiento Humano se ubica entre las coordenadas UTM 264963.374 - 265626.21 mE y 8691834.366 - 8692357.195 mS de la zona 18L.



**Figura 22: Delimitación del Asentamiento Humano Leandra Ortega**

FUENTE: Google Earth.

### 3.1.1.2.Política

Políticamente el AAHH se ubica de la siguiente manera:

- País: Perú
- Departamento: Lima
- Provincia: Provincia Constitucional del Callao
- Distrito: Ventanilla

### 3.1.1.3.Hidrográfica

Se ubica en la denominada Intercuenca de Ventanilla que es una extensión de las cuencas de los ríos Chillón y Rímac, Vertiente del Pacífico.

### **3.1.2. LIMITES**

Sus límites son:

- Norte: Distrito de Santa Rosa
- Sur: Grupo Residencial A2 y A3
- Este: Zona deshabitada
- Oeste: Asociación PROFAM

### **3.1.3. VÍAS DE COMUNICACIÓN**

El acceso al AAHH Leandra Ortega es vía terrestre. Las vías de acceso son la Carretera Néstor Gambetta, Avenida 220, Avenida Los Arquitectos y la Avenida 225 y se continúa por la vía en dirección al Asentamiento Humano Leandra Ortega. La mayor parte de las vías son trochas, incluidas las que dirigen al AA.HH., excepto la Carretera Nestor Gambetta.

### 3.1.4. LOTIZACIÓN

Para el Proyecto Piloto Nuevo Pachacútec se ha dividido el terreno en 45 manzanas y 641 lotes. Actualmente los lotes son puestos en venta al público en general a través de un comité vecinal y no todos están habitados.

### 3.1.5. POBLACIÓN

El Asentamiento Humano Leandra Ortega (Figura 23) pertenece al centro poblado Pachacútec, que pertenece al distrito de Ventanilla, y cuenta con un promedio de 180000 habitantes, este valor se incrementa debido a las migraciones de la población de Ancash y el norte chico que siguen aumentando.



**Figura 23: Camino de ingreso al Asentamiento Humano Leandra Ortega.**

Las viviendas de esta zona en su mayoría son de madera y los techos de calamina o plástico; aún hay lotes que no han sido construidos (Ver Figura 24). En esta zona no se cuenta con el servicio de agua potable ni desagüe, por lo que la forma de acceso a este

servicio es a través de camiones cisterna. Una parte de la población cuenta con electricidad de la red pública, pero falla con frecuencia debido a la sobrecarga.

Entre las principales actividades laborales de la población están la actividad doméstica y el comercio (bodegas y carpinterías). Los ingresos oscilan entre los 700 a 1500 soles mensuales. En educación, la Institución educativa más cercana es la I.E. Pachacútec N°5130, a esta acude la mayor parte de la población infantil y adolescente. En salud, el centro de salud más cercano es el 03 de Febrero de Pachacútec.



**Figura 24: Vista de distribución de casas y material predominante de las mismas.**

## **3.2. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA**

### **3.2.1. ASPECTOS FISIOGRAFICOS Y TOPOGRAFICOS**

De acuerdo a estudios desarrollados por la Oficina de Acondicionamiento Territorial (2012) se ubica sobre planicies onduladas con cobertura eólica comprendiendo elevaciones y colinas, los que en temporada de invierno se cubren de vegetación de lomas. En la ZEE realizada por la Región Callao se determinó que es una UEE de protección y conservación de ecosistemas de lomas costeras, pero a la vez es de consolidación urbana. Hay presencia

de pendientes inclinadas y empinadas, además que es una zona árida, que está asentada sobre arena y roca. El AAHH está asentado aproximadamente a 370 msnm.

### 3.2.2. ASPECTOS HÍDRICOS

#### 3.2.2.1. Precipitación

El AAHH se ubica en una zona desértica, por ello la precipitación es mínima. Las precipitaciones en esta zona son escasas como en toda la zona costera del Perú. Del aeródromo del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez se determina que la precipitación promedio es menor a 1 mm en el suelo (Ver Anexo 3).

#### 3.2.2.2. Fuentes de agua

En esta zona, el abastecimiento de agua es solo a través de camiones cisterna.

### 3.2.3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Por su ubicación en la intercuenca Ventanilla su material de cobertura está conformado por arena media y fina, y escaso limo en las partes más elevadas del AAHH. En las faldas de los cerros hay presencia de depósitos eólicos, arena con costras salinas transportadas por el viento. En la Tabla 5 se aprecian las unidades estratigráficas de esta zona, pero en Pachacútec se encuentran más depósitos aluviales.

**Tabla 5: Distribución de los materiales terrestres en la inter cuenca Ventanilla, Callao.**

UNIDADES HOMÓGENEAS	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS
INTERCUENCA VENTANILLA: MICROCUENCA ANTONIA MORENO DE CÁCERES, SECTOR PACHACUTEC	<b>Material de cobertura:</b> Depósito marino antiguo y reciente (Qp-m y Qr-m), eólico (Qr-e), Depósito coluvio aluvial (Qr-coal) <b>Roca de basamento:</b> Volcánico Ancón (Ki-va), Fm Ventanilla (Ki-v), Fm Cerro Blanco (Ki.cb), Fm Puente Inga (Ki-pi)

FUENTE: Actualización de la microzonificación ecológica económica de la Provincia constitucional del Callao – 2011.

### **3.2.4. ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS**

#### **3.2.4.1. Temperatura**

La temperatura media de la zona varía de acuerdo a la estación del año, es así que durante los meses de invierno las temperaturas mínimas llegan a 15°C y en verano la temperatura máxima puede ser poco más de 27 °C (Ver Anexo 3).

#### **3.2.4.2. Humedad Relativa**

La humedad relativa llega en promedio a valores como 87 por ciento en la zona de Pachacútec en los meses de invierno (Ver Anexo 3).

#### **3.2.4.3. Velocidad y dirección de vientos**

La dirección predominante del viento es sur (S) y la velocidad del viento varía de 4.8 a 7 nudos, cambiando unidades de 8.89 a 12.78 km/h (Ver Anexo 3).

### **3.3. PROBLEMÁTICA ACTUAL**

#### **3.3.1. CALIDAD DE LAS FUENTES DE AGUA**

Actualmente en la zona del A.A.H.H. Leandra Ortega Espinoza no se cuenta con el servicio de agua potable, los pobladores se abastecen con camiones cisterna. La calidad de agua de esta fuente de abastecimiento es dudosa y, en conversación con algunos pobladores del Asentamiento Humano, indican que se hierve el agua previo al consumo porque consideran que no es segura.

Hasta el momento del estudio no se encontraron reportes de análisis de calidad de agua de los camiones cisterna que llegan a esta zona.

### **3.3.2. CALIDAD AMBIENTAL**

En el distrito de Ventanilla se encuentran fuentes de posible contaminación entre ellas la Refinería La Pampilla, los almacenes del puerto del Callao y el esmog del transporte público. Los gases y partículas emanadas afectan la calidad del aire y, considerando que la dirección del viento, generalmente, es de sur a norte, afecta a la salud de la población.

En la zona abundan los residuos domésticos y no hay un Plan de Manejo de Residuos sólidos para evitar la contaminación. Además al no tener alcantarillado, las personas usan silos los cuales son excavados en cualquier parte hábil.

### **3.3.3. CONFLICTOS DE USO DEL TERRENO**

De acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano, este Asentamiento Humano está ubicado sobre una Zona de Recreación Pública. Esta área corresponde, según la Zonificación Ecológica y Económica, a las Unidades Ecológicas Económicas de Consolidación Urbana y Protección y Conservación de Ecosistemas de Lomas Costeras. La zona de lomas se ha visto degrada debido a la sobrepoblación. La población no cuenta con títulos de propiedad ya que los encargados no realizan el trámite de modo formal.



## **CAPITULO IV MATERIALES Y METODOS**

### **4.1. ACTIVIDADES PREVIAS DE ORGANIZACIÓN**

#### **4.1.1.ELECCIÓN Y HABILITACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO**

Para la elección de la zona de instalación del neblinómetro se tomó en consideración las siguientes condiciones:

- Zona elevada de las lomas de Pachacútec con presencia de neblinas, para su determinación de utilizaron programas informáticos que detallaron la altitud de la zona (Google Earth).
- Velocidad de viento mayor a 5 km/h.
- Dirección del viento predominante para la orientación del neblinómetro SFC.
- Cantidad de Precipitación.
- Valor de humedad relativa.
- Instalación de los equipos en una zona de pobreza extrema o pobreza, que no cuente con servicios básicos.

Fue necesario el reconocimiento de terreno para conocer las condiciones de vida y necesidades de la población. Se realizaron visitas previas para determinar dichas condiciones sociales y geomorfológicas, que consistieron en entrevistas a los vecinos para que conozcan el proyecto y apoyen en la seguridad de los equipos instalados.

Los datos de Velocidad de viento, dirección del viento predominante, precipitación y humedad relativa fueron extraídos de los resúmenes climatológicos del aeródromo del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez de los periodos 2006-2013 (Anexo 3).

#### **4.1.2. GESTIÓN Y COMPRA DE MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

Los materiales necesarios para la instalación del neblinómetro SFC se muestran en el Anexo 4. Para la compra solo fue necesario coordinar con la Empresa SUMPA S.A.C. que era la encargada de la adquisición de los mismos. Adicionalmente se compró el filtro cerámico con plata coloidal y se realizaron los análisis de laboratorio respectivos.

#### **4.2. CONSTRUCCION E INSTALACION DE NEBLINOMETRO**

##### **4.2.1. TRANSPORTE DE MATERIALES A LA ZONA DE TRABAJO**

El transporte de los materiales y equipos necesarios para la instalación del neblinómetro SFC en el Asentamiento Humano Leandra Ortega se realizó con movilidad particular desde la ubicación de la oficina en el distrito de San Miguel hasta Ventanilla.

##### **4.2.2. CONSTRUCCIÓN DEL NEBLINÓMETRO**

El modelo de neblinómetro que se instaló en la zona de estudio es el SFC. Para su construcción se usó la metodología planteada por Schemenauer y Cereceda (1994). El neblinómetro SFC es un modelo sencillo que tiene un metro cuadrado de área de captación. Se usó doble malla Raschel de 35 por ciento de sombra de color azul.

El neblinómetro SFC tuvo los siguientes componentes:

- Un marco de madera que rodea a la malla Raschell.
- Una canaleta metálica forrada con plástico.
- Sistema de derivación de agua compuesto por embudos y manguera plástica.
- Sistema de recolección de agua compuesto por un depósito plástico de 20 litros y una jarra plástica de 3 litros.
- Sistema de tensión compuesto por alambre de metal revestido en plástico, tensor metálico y estaca.
- Rotulación compuesto por etiquetas para la identificación del neblinómetro
- Parantes de madera de cuatro metros de longitud que sostienen al marco del neblinómetro.

- Sistema de sujeción marco-canaleta-parantes compuesto por pernos, huachas y tuercas para asegurar que la estructura este estable.

Para la construcción fue necesario un grupo de trabajo (3 personas) y su ejecución se realizó en dos días. Los trabajos del primer día se ejecutaron en las instalaciones de SUMPAS.A.C.; el segundo, se trabajó en la zona de estudio A.A.H.H. Leandra Ortega.

Durante el primer día, el proceso de construcción consistió en el tensado de la malla Raschell de 35 por ciento de sombra, colocándose en paño doble para obtener mayor área de cobertura de captación. El área fue de un metro cuadrado, pero al trabajar en paño doble fueron dos metros cuadrados. Se colocaron los listones de madera, dos de 1.05 metros y 2 de un metro de largo, alrededor de la malla para poder formar un marco. Para asegurar la malla en los listones se utilizaron grapas.

Se añadió a los lados ángulos de metal, asegurándolos con tornillos. Luego se colocó la canaleta metálica, la cual se forró con plástico. A esta se le hizo una pequeña abertura de modo que el agua discurra por esta zona. La canaleta se colocó orientada hacia un lado, originándose una pendiente que dirija al agua hacia el sistema de derivación. El marco de malla Raschell se colocó dentro de la canaleta y cerca a uno de los extremos internos de la misma, para que, con el paso del viento a través de la malla, se logre captar la mayor cantidad de agua.

El segundo día de la construcción del neblinómetro SFC incluyo su instalación. El sistema de derivación de agua estuvo compuesto por un embudo y manguera plástica. Inmediatamente debajo del orificio de la canaleta se ubicó el embudo plástico y unido a este continuó la manguera. Estas piezas fueron aseguradas usando pegamento y cinta *ducktape*. Los ángulos de metal colocados en el marco se juntaron con los dos parantes de madera de 4 m, éstos estuvieron espaciados 1.01 m y se aseguraron usando huachas, pernos y tuercas.

#### **4.2.3. INSTALACIÓN DEL NEBLINÓMETRO**

La instalación del neblinómetro se realizó en la parte alta de la zona de estudio, zona descampada que no tenía infraestructura que impidiera que el viento intercepte al

neblinómetro SFC. Previo a esto se conversó con los vecinos de los alrededores para que estuvieran enterados del Proyecto y apoyaran con la seguridad de los instrumentos instalados.

El día de la instalación se usaron palas para realizar la excavación de los hoyos en donde se enterrarían los parantes de madera. Para determinar la dirección orientada del neblinómetro se usó una brújula. Los orificios se orientaron a la dirección del viento predominante. La profundidad que se excavó fue de un metro. En la parte superior de los parantes de madera se insertaron argollas en las cuales se introdujo alambre de metal revestido, de este modo se aseguró la estabilidad y perpendicularidad del neblinómetro respecto al suelo. Se usó un clinómetro para esta labor. Después se colocaron los parantes de madera dentro de los hoyos y se procedió a enterrarlos.

Se insertó el tensor en una estaca y los alambres de metal revestido se amarraron al tensor, quedando instalado el neblinómetro SFC y listo para iniciar su operación. El depósito de 20 litros fue enterrado y dentro de este se puso la jarra de tres litros y la manguera. Por último, se rotuló el neblinómetro para su identificación y se aseguró la manguera a uno de los parantes usando precintos de seguridad plásticos.

### **4.3. MONITOREO DEL VOLUMEN Y EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA CAPTADA**

#### **4.3.1. MONITOREO DEL VOLUMEN CAPTADO DE AGUA DE NEBLINA**

Una vez instalado el neblinómetro SFC se procedió al monitoreo del volumen del agua; ésta actividad se realizó diariamente y semanalmente tomándose, por lo general, la medida a una misma hora. El monitoreo fue semanal durante los muestreos de calidad de agua de neblina (temporada octubre a noviembre de 2015) y diaria (mayo a julio 2016) con una duración de tres meses.

El procedimiento fue el siguiente, primero se verificó la cantidad de agua dentro de la jarra de 3 litros y del balde de 20 litros del neblinómetro; este valor se anotó en el formato del Anexo 5. Una vez anotado el dato de volumen, en mililitros, se procedió a retirar el agua de neblina almacenada. Adicionalmente se colocó una probeta de 25 ml en caso la captación hubiese sido menor.

#### **4.3.2. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS IN SITU**

La temperatura y pH fueron los parámetros fisicoquímicos que se midieron in situ, para ello se llevó a campo un pH metro digital marca Hanna (ver Figura 25), método electrométrico, el cual tenía sensor para medir cada parámetro. La medición de éstos fue semanal y por el lapso de siete semanas. El instrumento fue calibrado antes de ser llevado a campo con solución buffer.



**Figura 25: pH metro digital marca Hanna**

El procedimiento se inició con la limpieza del instrumento usando agua destilada, luego se secó con cuidado usando papel toalla. Después se introdujo el pH metro al agua de neblina almacenada en el depósito plástico de 20 litros y cuando el valor se estabilizó se tomó la medida; este procedimiento se repitió por tres veces y los resultados se promediaron.

#### **4.3.3. EVALUACION DE PARAMETROS EN LABORATORIO.**

Una vez medidos los parámetros in situ se procedió a la recolección de muestras para los análisis en laboratorio. Los parámetros que se midieron fueron los siguientes: Conductividad Eléctrica, Turbiedad, Color y Coliformes Fecales. Cada parámetro se midió

semanalmente, pero en diferentes semanas; dependiendo de los volúmenes colectados. En las dos primeras semanas se monitorearon los sólidos disueltos totales y en algunas otras se midió la dureza total del agua.

La Conductividad Eléctrica y Turbiedad se analizaron en el Laboratorio de Saneamiento y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Agrícola, con un total de siete semanas de mediciones. Para el muestreo se realizó el siguiente procedimiento, se tomó una muestra de 500 ml en un envase plástico esterilizado, este se sumergió en el agua y fue transportado hacia el Laboratorio.

En el Laboratorio, se utilizó un Conductivímetro marca Hach para la medida de la Conductividad Eléctrica y un Turbidímetro portátil marca Hach para la medición de la Turbiedad. Se añadió agua de neblina a un vaso de precipitado de 250 ml y se procedió a la medición. La primera consistió en la limpieza de los electrodos usando agua destilada y se secó con papel toalla, una vez limpio se introdujo al agua y se esperó a que el instrumento indique que el valor era estable para tomar la medida. En el caso de la Turbiedad, se añadió el agua de neblina al dial, envase pequeño de vidrio, evitándose el contacto directo con las manos. Se aplicó una película delgada de aceite de silicona y se limpió con un paño suave para eliminar las pelusas y manchas. Se introdujo dentro del Turbidímetro y se tomó la medida.

Los análisis de Coliformes Fecales fueron realizados en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" con un total de cuatro resultados. Para el muestreo se utilizó un envase plástico esterilizado de capacidad de 500 ml, este se sumergió en el agua y fue transportado hacia el Laboratorio. Para el transporte de esta muestra fue necesario mantenerlo a una temperatura menor a 4 °C y sin preservantes. La muestra se entregó al Laboratorio para su análisis respectivo antes de las 6 horas como se indica en DIGESA (2013). La prueba realizada fue la de Diluciones en tubo múltiple (número más probable) según la metodología del APHA 9221.

Los análisis de Color, STD y Dureza Total se realizaron en un Laboratorio acreditado por INACAL.; el número de muestreos de estos parámetros fue de cinco, excepto STD que solo se hizo en las dos primeras semanas de evaluación. En este caso, el Laboratorio brindó

los envases esterilizados de 250 ml para el muestreo del agua. El procedimiento de extracción de la muestra y la metodología de análisis en Laboratorio fueron las siguientes:

- Color: se tomó la muestra en un envase plástico esterilizado oscuro de 250 ml, sumergiendo el envase en el agua, y luego se procedió a su traslado al Laboratorio. La metodología usada fue la del Espectrofotométrico – Método de la longitud de onda Simple.
- Coliformes Fecales: se usó la misma muestra de agua que la de coliformes fecales. La metodología usada fue la de Filtración de membrana para Coliformes Fecales.
- Solidos Totales Disueltos: se tomó la muestra en un envase plástico esterilizado de 250 ml, sumergiendo el envase en el agua, luego se procedió a su traslado al Laboratorio. La metodología usada fue la de Solidos Totales Disueltos secados a 180 °C.
- Dureza Total: se tomó la muestra en un envase plástico esterilizado de 250 ml, sumergiendo el envase en el agua y agregándole el preservante respectivo ( $\text{HNO}_3$  a  $\text{pH} < 2$ ), luego se procedió a su traslado al Laboratorio. La metodología usada fue la del Método Titrimétrico EDTA.

#### **4.3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MONITOREO DE VOLUMEN Y CALIDAD DEL AGUA CAPTADA**

##### 4.3.4.1. Análisis de resultados del monitoreo de volumen de agua de neblina

Se determinaron promedios semanales y mensuales de los volúmenes captados y se usó estadística descriptiva. Se generaron gráficas que representaron la data obtenida y se determinaron medidas descriptivas como media, mediana, desviación estándar, coeficiente de variabilidad, máximos y mínimos. Se utilizó el software MS Excel.

##### 4.3.4.2. Análisis de resultados de la calidad del agua de neblina

El análisis de los resultados de calidad de agua de neblina de los parámetros se realizó al término de los muestreos semanales, observándose las variaciones semana a semana. Cada parámetro fue analizado por separado, utilizándose el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano (DIGESA 2010) como guía normativa.

Se usó estadística descriptiva para la generación de graficas que representaron los resultados obtenidos con MS Excel. También, se determinaron las medidas descriptivas como la media, mediana, desviación estándar, coeficiente de variabilidad, máximos y mínimos. Y, para analizar el valor resultante se tuvo en consideración las condiciones de la zona de estudio, el muestreo y los resultados de laboratorio.

#### **4.4. INSTALACION Y USO DEL FILTRO CERAMICO**

##### **4.4.1.INDICACIONES PARA LA INSTALACIÓN DEL FILTRO CERÁMICO**

La instalación del filtro cerámico se realizó en la oficina de la empresa SUMPA S.A.C. El filtro cerámico con plata coloidal fue adquirido en Aynimundo, una institución sin fines de lucro. Este producto fue distribuido por la empresa Mercantil Interamericana S.A.C., y su diseño se ha basado en el “Filtron” de la ONG Ceramistas por la Paz (IDEASS 2004).

De la Guía de Uso del filtro cerámico, entregada al comprar el producto (Anexo 6), se ejecutaron los pasos para la instalación del mismo. Primero se realizó la desinfección del depósito del filtro cerámico, para ello se mezclaron siete litros de agua potable con 15 gotas de cloro. Luego con ayuda de un cepillo para lavar ropa se procedió a desinfectar el depósito con la mezcla. También se limpió la tapa del depósito. Posterior a esto, el resto de la mezcla se echó al depósito y se dejó discurrir por el grifo. Luego se insertó el filtro cerámico dentro del depósito. Por último, se ubicó el filtro en una zona horizontal plana para su funcionamiento.

##### **4.4.2.USO DEL FILTRO CERÁMICO**

El filtro cerámico se utilizó por el lapso de cinco semanas, usándose una vez por semana después de la colección del agua de neblina. El agua restante de los muestreos de calidad del agua de neblina se filtró. Se determinó el caudal de filtración por hora, para ello se tomó nota del tiempo en que comenzaba el vertido del agua y a cada hora iniciado el proceso.

En el primer uso se determinó el caudal filtrado por hora, al notar que era muy lento este proceso, en las siguientes mediciones solo se midió la hora inicial y la hora final de filtrado



El proceso de filtrado consistió en el vertido del agua de neblina dentro del filtro dejándose filtrar todo el agua llenada, la capacidad del filtro fue de ocho litros.

#### **4.5. EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA FILTRADA**

##### **4.5.1. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS IN SITU**

La evaluación de los parámetros in situ del agua filtrada es similar a la del agua de neblina. La temperatura y pH fueron los parámetros medidos en la zona de estudio, y se usó para su medida en campo un pH metro digital marca Hanna el cual tiene sensores para medir cada parámetro. La medición de ambos parámetros fue semanal y por el lapso de cinco semanas.

El procedimiento se inició con la limpieza del instrumento usando agua destilada, luego se secó con cuidado usando papel toalla. Después se introdujo el pH metro digital al contenedor con agua filtrada y cuando el valor de pH se estabilizó, se tomó la medida de ambos parámetros; este procedimiento se repitió por tres veces y los resultados se promediaron.

##### **4.5.2. EVALUACION DE PARAMETROS EN LABORATORIO**

La evaluación es similar a la realizada en el agua de neblina ya que se realizó posterior al monitoreo de los parámetros in situ. Los parámetros que se midieron fueron los siguientes: Conductividad Eléctrica, Turbiedad, Color, Coliformes Fecales y Dureza Total. Cada parámetro se midió semanalmente, pero en diferentes semanas, dependiendo de los volúmenes captados.

La Conductividad Eléctrica y Turbiedad se analizaron en el Laboratorio de Saneamiento y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Agrícola, con un total de cinco mediciones. El muestreo se realizó del siguiente modo, primero se sumergió en el agua un envase plástico esterilizado con capacidad de 500 ml. Una vez lleno se tapó y se transportó al laboratorio.

Posterior a esto, se utilizó un Conductivímetro marca Hach para la medida de la Conductividad Eléctrica y un Turbidímetro portátil marca Hach (ver Figura 26) para la

medición de la Turbiedad. Para la determinación de la Conductividad Eléctrica se limpiaron los electrodos usando agua destilada y se secó con papel toalla, se añadió agua filtrada a un vaso de precipitado de 250 ml y se introdujo el instrumento al agua hasta indicarse que el valor era estable. Para la Turbiedad, se añadió el agua de neblina al dial, envase pequeño de vidrio, evitándose el contacto con las manos directamente. Se aplicó una película delgada de aceite de silicona y se limpió con un paño suave para eliminar las pelusas y manchas. Se introdujo dentro del Turbidímetro y se tomó su medida.



**Figura 26: Turbidímetro portátil**

Los análisis de Coliformes Fecales fueron analizados en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" con un total de cuatro muestreos. Para estos se utilizó un envase plástico esterilizado de capacidad de 500 ml, este se sumergió en el agua y fue transportado hacia el Laboratorio. Para el transporte de esta muestra fue necesario mantenerlo a una temperatura menor a 4 °C y sin ningún preservante. La muestra se entregó al Laboratorio para su análisis respectivo antes de las 6 horas como se indica en DIGESA (2013). La prueba realizada fue la de Diluciones en tubo múltiple (número más probable) según la metodología del APHA 9221.

Los análisis de Color y Dureza Total se realizaron en un Laboratorio acreditado por INACAL; el número de muestreos de estos parámetros fue tres. En este caso, el Laboratorio brindó los envases esterilizados de 250 ml para el muestreo del agua. El procedimiento de extracción de la muestra fue similar para todos, el muestreo de estos parámetros consistió en lo siguiente:

- Color: se tomó la muestra en un envase plástico esterilizado oscuro de 250 ml, sumergiendo el envase en el agua, y luego se procedió a su traslado al Laboratorio. La metodología usada fue la del Espectrofotométrico – Método de la longitud de onda Simple.
- Dureza Total: se tomó la muestra en un envase plástico esterilizado de 250 ml, sumergiendo el envase en el agua y agregándole el preservante respectivo ( $\text{HNO}_3$  a  $\text{pH} < 2$ ), luego se procedió a su traslado al Laboratorio. La metodología usada fue la del Método Titrimétrico EDTA.

#### **4.5.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL AGUA TRATADA**

Se realizó la comparación de resultados de los parámetros de calidad de agua de neblina filtrada y los de agua de neblina. Se usaron los límites máximos permisibles del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano para determinar si el agua luego de pasar por el filtro cerámico cumplió con esta normativa. Y, para analizar el valor resultante se tuvo en consideración las condiciones de la zona de estudio, inconvenientes en campo, el muestreo y los resultados de laboratorio.

#### **4.6. ANALISIS ESTADISTICO GENERAL**

El análisis estadístico usado fue el descriptivo, en este se determinaron medidas descriptivas tales como media, mediana, variación estándar, coeficiente de variabilidad, máximos y mínimos a los resultados obtenidos. Para los resultados de captaciones de volúmenes diarios, además se generó una gráfica que representó la variación de todos los resultados en el tiempo. Para los resultados de los parámetros de calidad en agua de neblina y agua de neblina filtrada también se elaboraron gráficas de su variación en el tiempo. Finalmente, se midió el impacto del filtro cerámico en el agua de niebla y todo lo antes descrito se desarrolló en el programa MS Excel..

## **CAPITULO V RESULTADOS Y DISCUSION**

### **5.1. ACTIVIDADES PREVIAS DE ORGANIZACIÓN**

#### **5.1.1. ELECCIÓN Y HABILITACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO**

- Se eligió una zona con abundante presencia de neblinas entre los meses de Junio a Agosto. Presenta una altitud promedio de 370 m.s.n.m. El A.A.H.H. Leandra Ortega a pesar de no llegar a 400 msnm (altitud mínima donde se ubica la nube estratiforme), tiene abundante presencia de neblina como se aprecia en la Figura 27, por lo sí es posible la captación de su agua. La FAO, citado por Pinche (1986) indica que en la costa norte de Lima hay nieblas de verano y de invierno, estas últimas están presentes entre los 200 y 500 m.s.n.m. dando origen a las lomas costeras del norte de Lima.
- Leandra Ortega es una zona de pobreza. Uno de los factores determinantes en el estudio de captación de agua de neblina es el económico. En la zona no se disponía del servicio de agua potable ni desagüe por lo que el estudio fue necesario para poder brindarle una mejor calidad de vida a la población. De la visita realizada se determinó una zona libre de infraestructura para la instalación del neblinómetro SFC.

Los parámetros analizados con información del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez fueron los siguientes:

- Velocidad de viento de oscila entre los 8.89 y 12.78 km/h anualmente. Los valores obtenidos son mayores a los mínimos requeridos para la captación de agua de neblina. En el Anexo 3 se puede observar los datos usados.
- La dirección del viento predominante fue Sur. En el Anexo 3 se puede observar los cuadros usados de esta estación meteorológica.

- La zona escogida es una zona de loma y con precipitaciones escasas que en promedio no alcanza ni 1 mm mensual. En el Anexo 3 se puede observar los cuadros usados de esta estación meteorológica.
- Valor de humedad relativa oscila entre los 77 a 84 por ciento. Los valores máximos se observaron en el mes de Mayo (Otoño) y los valores mínimos en el mes de Febrero (Verano). En el Anexo 3 se puede observar los cuadros usados de esta estación meteorológica.



**Figura 27: Presencia de niebla visada desde el punto de instalación del neblinómetro SFC**

## **5.2. CONSTRUCCION E INSTALACION DE NEBLINOMETRO**

### **5.2.1. CONSTRUCCIÓN DEL NEBLINÓMETRO**

La construcción del neblinómetro se realizó en dos días. El primer día se construyó el marco de madera que rodea a la malla Raschell, estructura de captación, en la oficina de SUMPA S.A.C por facilidad del uso de herramientas y uso de energía eléctrica; y el segundo día de construcción se ejecutó en la zona de estudio AA.HH. Leandra Ortega junto con la instalación del neblinómetro.

Una de las actividades más complicadas dentro de la construcción del neblinómetro fue la elaboración del marco de madera y el tensado de la malla Raschell, este procedimiento tuvo una duración aproximada de tres horas y para la ejecución fue necesario un grupo de

trabajo. En la Figura 28 se puede apreciar como quedo este marco al finalizar todas las labores del primer día de trabajo.

La parte final de la construcción del neblinómetro se llevó a cabo el día de la instalación en la zona de estudio, segundo día de trabajo, y consistió en la unión del marco del neblinómetro con los parantes de madera de cuatro metros usando huachas, tuercas y pernos (Figura 29). Esta última fase tuvo una duración de 2 horas aproximadamente. El sistema de derivación y recolección de agua se insertó después de instalar el neblinómetro por las facilidades de trabajo en campo.



**Figura 28: Marco de Neblinómetro SFC en campo**

Lamentablemente, a fines del mes de Noviembre de 2015 hubo un incidente en campo, y el neblinómetro SFC con todos sus componentes fue hurtado. Los materiales utilizados para la construcción del mismo fueron maderas y plásticos, materiales que son requeridos para la construcción de viviendas y para el uso diario del AA.HH respectivamente. Por lo que culminaron las mediciones de volúmenes de agua captada y muestreos para calidad de agua.

No habiéndose alcanzado un número suficiente de valores de volúmenes de agua de neblina captada, se volvió a construir un neblinómetro SFC en Abril de 2016 que se instaló en la misma zona y se tomaron mediciones diarias durante los tres meses siguientes (Mayo a Julio 2016). El proceso constructivo fue similar al de la primera elaboración. Esta vez se consideraron mayores medidas de seguridad para evitar la reincidencia de actos delictivos que afectaran al estudio.



**Figura 29: Unión de marco del neblinómetro SFC con parantes de madera de cuatro metros de longitud.**

### **5.2.2. INSTALACIÓN DEL NEBLINÓMETRO**

Conociéndose ya el incidente suscitado en Noviembre del 2015, se realizaron dos instalaciones de neblinómetro SFC en la zona de Leandra Ortega. En la primera instalación, 29 de Setiembre de 2015, se necesitó un grupo de trabajo de cinco personas para las diversas labores. La instalación del neblinómetro se realizó en la zona más alta del Asentamiento Humano Leandra Ortega, en una zona descampada cerca de algunas viviendas, con previo aviso a los vecinos.



**Figura 30: Instalación del neblinómetro SFC en la zona de estudio**



**Figura 31: Tensando el neblinómetro SFC en la zona de estudio**



Antes de iniciarse con la excavación, con ayuda de una brújula se orientó el neblinómetro a la dirección sur (dirección del viento predominante) para ubicar los hoyos. Durante la excavación de los orificios para enterrar los parantes de madera se encontró que el material del suelo era arena, por ello la labor de excavación se dificultó. Culminada esta actividad se introdujeron los parantes como se aprecia en la Figura 30. Posterior a ello se enterraron los parantes. Luego se usó el tensor y el alambre de metal revestido para estabilizar el neblinómetro SFC. Con la ayuda de un clinómetro se verificó la perpendicularidad de este con el suelo.

Finalmente, se colocó el embudo bajo la canaleta en el extremo inclinado hacia abajo, y la manguera que derivó agua hacia los depósitos plásticos (componentes del sistema de derivación de agua). Debido a las condiciones del terreno, la única opción de colocar el sistema de recolección de agua fue enterrándolo (ver Figura 31).

El depósito plástico de 20 litros fue enterrado y dentro de este se colocó la jarra de tres litros para impedir que haga contacto con las partículas del suelo. Sin embargo, cuando el volumen de la jarra fue sobrepasado no pudo evitarse. La instalación se llevó a cabo sin ningún inconveniente y quedando listo para la siguiente fase, la del monitoreo del volumen y evaluación de la calidad del agua captada de neblina.

La segunda instalación se realizó el día 22 de Abril de 2016, la cual consistió en la instalación de un neblinómetro SFC dentro del terreno de una vecina que vivía aproximadamente a diez metros de la antigua zona de instalación, con la condición que pudiera hacer uso del agua de neblina.

Esta segunda instalación fue similar. Las modificaciones fueron: la ubicación del neblinómetro SFC porque se instaló dentro de la casa de una de las vecinas del AA.HH., los parantes que se colocaron enterrados en dos baldes como base y el depósito de agua se colocó colgado de un gancho en uno de los parantes para evitar el contacto del agua con el suelo (ver Figura 32). Después de esto, no se presentaron mayores inconvenientes y se pudo continuar con el estudio respectivo.



**Figura 32: Neblinómetro SFC instalado dentro de la vivienda de una vecina.**

### **5.3. MONITOREO DEL VOLUMEN Y EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA CAPTADA**

#### **5.3.1. MONITOREO DEL VOLUMEN CAPTADO DE AGUA DE NEBLINA**

El monitoreo de volumen de agua de neblina captada se realizó en dos temporadas: 2015 y 2016.

##### **5.3.1.1. Temporada 2015**

Durante los primeros días del mes de Octubre (2015) las mediciones fueron diarias. Se observó que los volúmenes de agua de neblina captados no eran suficientes para los análisis necesarios (Anexo 7), la medida más baja fue de 25.3 ml, por ello se optó por la captación semanal. La hora escogida, usualmente, para el monitoreo del volumen captado fue por las mañanas, aunque hubieron excepciones cuando era complejo el acceso a la zona.

Del 22 de Octubre hasta fines de Noviembre se tomaron medidas semanales, notándose variaciones en estas ya que el volumen más alto fue de 17.4 l/m<sup>2</sup>/semana y el más bajo fue de 3 l/m<sup>2</sup>/semana. Esta gran variación se debió a las condiciones climáticas de la zona, en la semana de menor captación durante el día hubo gran presencia de radiación solar. Mientras que en las semanas de mayores captaciones los días eran más fríos y la presencia de neblina era continúa y abundante por las noches.

A pesar que la temporada de neblina termina en el mes de Octubre, durante el mes de Noviembre hubo presencia de ésta. Esto se explica porque en estas zonas existen las neblinas de invierno y verano, estas últimas se forman por el cambio de temperaturas del aire y el suelo durante las horas nocturnas y con la radiación solar se va disipando en el día (Pinche 1986).

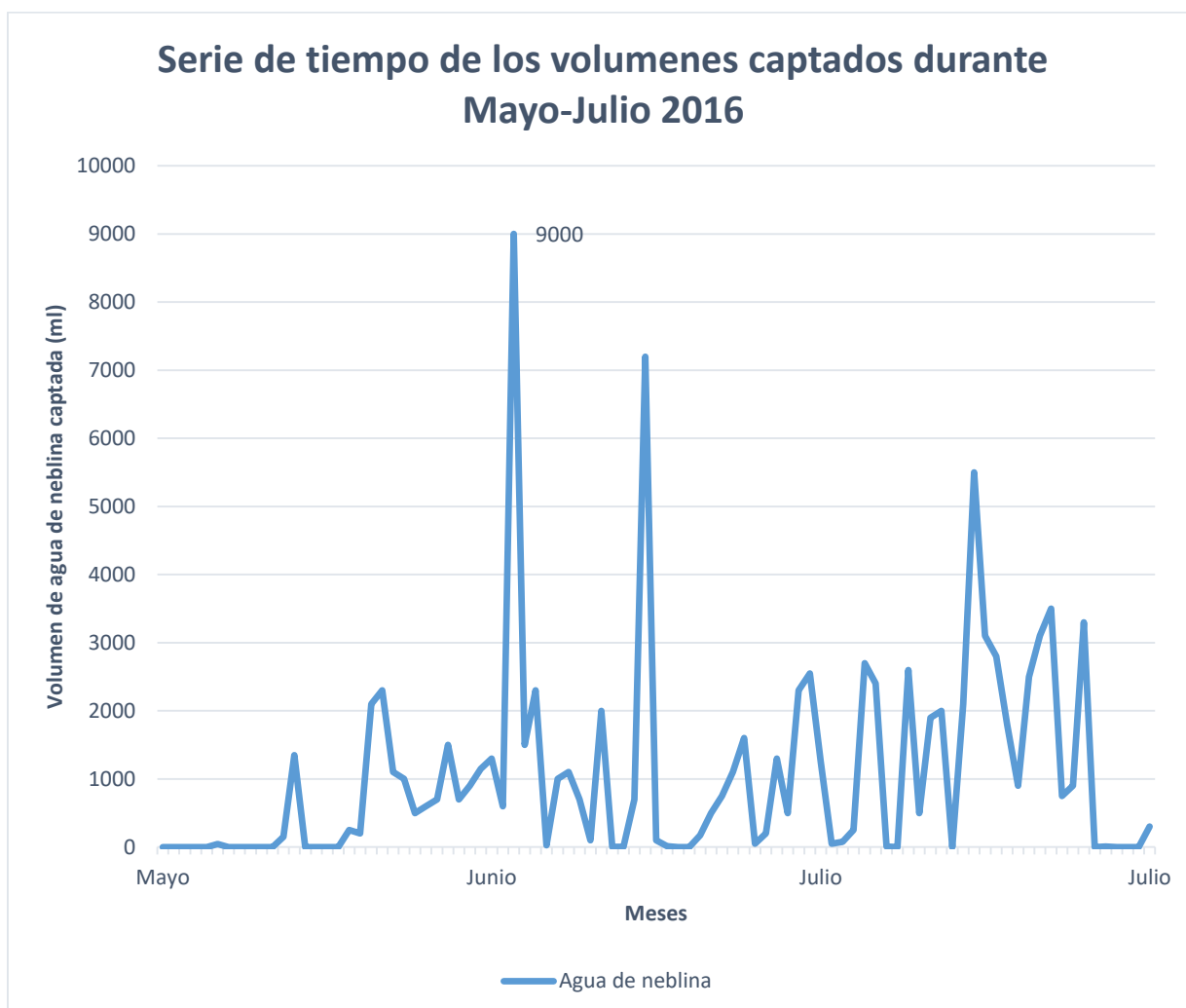
#### 5.3.1.2. Temporada 2016

En la temporada de Mayo a Julio de 2016 se tomaron mediciones de volúmenes captados de agua de neblina con incidencia diaria, con el fin de obtener data del inicio de la temporada de neblina y completar los objetivos planteados. En el Anexo 7 se detallan los valores captados de agua de neblina. Durante esta temporada hubo días con abundante presencia de neblina y se reflejó en el agua captada, el día de mayor captación fue el 3 de Junio con un volumen de nueve litros por metro cuadrado (Ver Figura 33).

De la figura 33 se puede extraer la información de que el día en que se captó más agua fue en el mes de Junio. El 3 de junio de 2016 se pudo apreciar neblinas durante el día, además que el porcentaje de humedad fue alto con un valor de 83.5 por ciento y con una temperatura mínima de 16.7 °C (SENAMHI 2016), por ello el alto valor de la humedad y las bajas temperaturas influyeron en la formación de neblina.

También, se puede notar que a principios del mes de Mayo los valores fueron cero, debido a que recién se iniciaba la temporada de neblinas, las temperaturas fueron más elevadas que en el mes de Junio y Julio por la presencia del sol. Y a medida que el tiempo transcurrió los volúmenes captados aumentaron debido a que las condiciones climáticas fueron cambiando en favor de la generación de neblina. En el mes de Junio se dieron las

captaciones más altas y en el mes de Julio disminuyeron un poco pero en la mayoría de los días se captó agua.



**Figura 33: Serie de tiempo de los volúmenes captados de agua de neblina durante los meses de Mayo a Julio, 2016**

FUENTE: Elaboración propia.

En la Tabla 6 se aprecian las medidas estadísticas de cada mes monitoreado. En Mayo se tuvo el promedio más bajo con 0.5 l/m<sup>2</sup>/día por estar al inicio de la temporada de la época de neblinas. Sigue el mes de junio y el de mayores captaciones promedio fue Julio con 1.4 l/m<sup>2</sup>/día. Cabe resaltar que la altura a la que se colocó el neblinómetro SFC es menor a la de otros estudios realizados en Lima (Cerro Orara a 430 msnm, Lomas de Lachay a 550 msnm y Quebrada Verde a 474 msnm), es por ello que la captación fue menor en promedio ya que a mayor altura, mayor será la presencia de neblina y por ende mayor el volumen captado.

**Tabla 6: Promedio de los volúmenes captados de agua de neblina durante los meses de Mayo a Julio, 2016**

<b>MEDIDAS ESTADISTICAS</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>TOTAL</b>
N	31	30	31	92
Promedio (l)	0.48	1.29	1.42	1.07
Mediana (l)	0.09	0.7	0.9	0.6
Desviación Estándar (l)	0.66	2.02	1.44	1.52
CV (%)	136.92	156.61	101.12	142.31
Máximo (l)	2.3	9.0	5.5	9
Mínimo (l)	0.00	0.00	0.00	0.00

FUENTE: Elaboración propia.

La desviación estándar indica que en todos los meses monitoreados los valores variaron considerablemente, esto se aprecia en los valores máximos y mínimos porque hubo días con captaciones de más de cinco litros, así como días con ausencia de agua. El coeficiente de variabilidad indica que en el mes de Junio hubo mayor variabilidad de los datos obtenidos con 156.61 por ciento, seguido de Mayo y Julio.

Conociéndose los promedios de volúmenes de agua captados se puede dimensionar un captador de mayor extensión, el cual podría abastecer a una familia cubriendo las necesidades básicas. Además, se podrían disminuir los gastos generados por la adquisición de agua de cisterna, que es cara y de baja calidad.

### **5.3.2. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS IN SITU**

El proceso de monitoreo de estos parámetros se aprecia en la Figura 34, los resultados obtenidos por semana fueron promediados aritméticamente (Anexo 8) por posibles errores en la manipulación del instrumento. A continuación, en la Tabla 7, se presentan las medidas estadísticas del pH y Temperatura del agua captada de neblina.

Respecto a los valores, DIGESA (2011) indica que el pH adecuado para el agua de consumo humano varía de 6.5 a 8.5. Como se aprecia, el promedio del pH fue de 6.50, lo cual es aceptable como agua para consumo humano. El valor tiende a una ligera acidez ya que es menor a 7 (valor neutro). El valor máximo fue de 6.85 y el mínimo fue de 6.12. La

desviación estándar indica que a través de las semanas el pH no ha variado sustancialmente. Y, en consecuencia el coeficiente de variabilidad también fue bajo.



**Figura 34: Medición in situ del pH del agua de neblina.**

**Tabla 7: Promedios estadísticos del pH y Temperatura del agua de neblina.**

MEDIDAS ESTADÍSTICA	PARAMETROS IN SITU	
	pH	T (°C)
N	7	7
Promedio	6.50	19.50
Mediana	6.52	19.47
Desviación Estándar	0.26	1.09
CV (%)	3.99	5.59
Máximo	6.85	21.57
Mínimo	6.12	18.03

FUENTE: Elaboración propia.

La ligera acidez que presenta el agua no es tan grave “...el pH ácido no afecta directamente a la salud humana, de hecho, los frutos cítricos tienen niveles de pH inferiores a 3. No obstante, sí afecta indirectamente al facilitar la proliferación de

*determinadas clases de microflora...*” (Klemm, citado por Rivera et al. 2014). Entonces se pueden revertir estos valores añadiendo elementos básicos o utilizando algún tratamiento como el filtrado, el cual se desarrolló en este Proyecto y tuvo buenos resultados.

El pH del agua de neblina, de acuerdo a diversos estudios, tiene valores que varían entre 6 y 7 (Jofre-Melendez 2015, Eckardt y Schemenauer 1998), este valor podría ser mayor o menor dependiendo de las condiciones de la zona de trabajo (Cereceda et al. 2014, Klemm et al. 2015).

La temperatura es el parámetro que más influye en el comportamiento de otros indicadores, en este caso el pH. Los valores que se obtuvieron representan las condiciones a las que estuvo el agua de acuerdo al clima. Las cantidades de agua almacenadas en el depósito fueron pequeñas en comparación con fuentes de agua superficial, por ello la radiación ocasionó variaciones en la temperatura de modo más rápido, como lo fue en la semana dos, en donde la temperatura llegó a 21.57 °C. Los resultados a detalle se pueden apreciar en el Anexo 8.

### **5.3.3. EVALUACION DE PARAMETROS EN LABORATORIO**

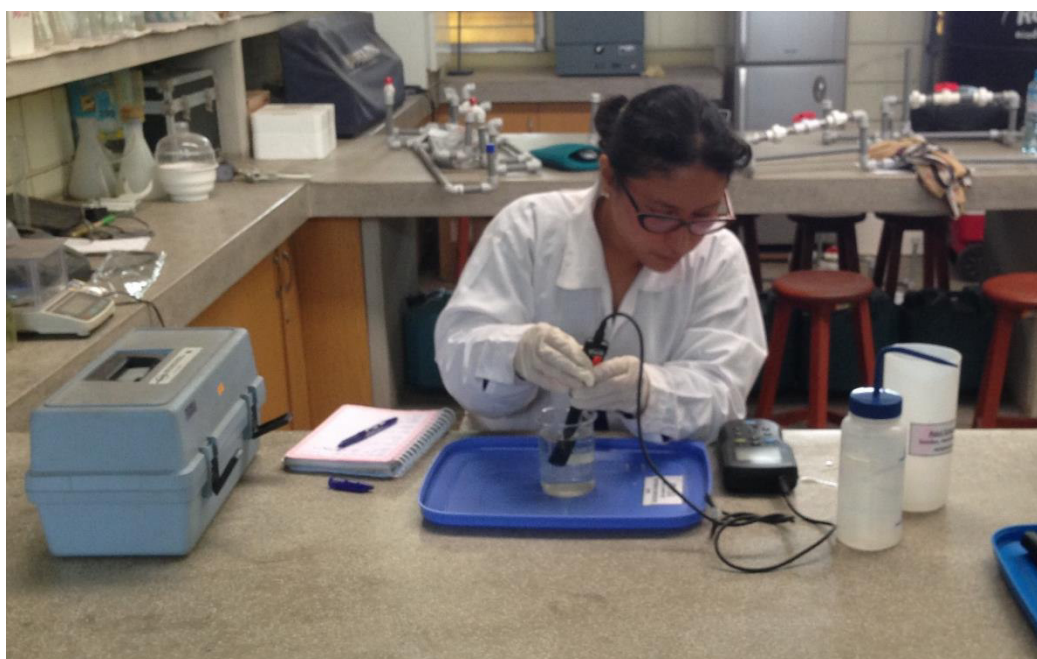
En la Figura 35 se aprecia la muestra extraída para el análisis de los parámetros Turbiedad y Conductividad Eléctrica, la cual era transportada al Laboratorio de Saneamiento y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Agrícola. Los parámetros Coliformes Fecales, Color, STD y Dureza total fueron analizados en un Laboratorio acreditado por INACAL.

En la Figura 36 se observa el análisis en Laboratorio de la Conductividad Eléctrica haciendo uso del conductivímetro. Los parámetros conductividad y turbiedad fueron analizados por la tesista.

Respecto a la conductividad eléctrica los valores que se obtuvieron estuvieron sobre el límite del reglamento de DIGESA (2011), siendo su promedio 2.4 mS/cm y el límite máximo permisible 1.5 mS/cm. El valor máximo fue de 4.1 mS/cm y el mínimo de 1.2 mS/cm, por ello el Coeficiente de variabilidad es 50.2 por ciento ya que dichos valores extremos son distantes (Ver Tabla 8).



**Figura 35: Muestra extraída de agua de neblina para analizar en laboratorio.**



**Figura 36: Determinación de la Conductividad eléctrica en laboratorio.**

Los valores elevados de la conductividad eléctrica representan la gran cantidad de iones presentes en el agua de niebla. La cercanía de la zona de estudio al mar ha influenciado en que el aire sea un agente transportador de iones que en consecuencia están en el agua.

El valor promedio de la turbiedad fue 19.1 NTU, con un valor máximo de 24.1 NTU y un mínimo de 15.4 NTU. La alta turbiedad se debió al polvo en suspensión que llegó al agua



debido a que el deposito que la contenía estuvo enterrado, la brisa marina por la cercanía de la zona de estudio al mar y a la suciedad de la malla Raschell como se puede apreciar en la Figura N° 32. Además, la turbiedad influyó en parámetros como el color y la conductividad eléctrica, elevando sus valores.

Los coliformes Fecales contaminan el agua volviéndola inadecuada para el consumo humano. Los resultados fueron variables entre sí y sobrepasaron el limite designado en el Reglamento que es  $< 1.8$  NMP/100 ml. El promedio fue de 255.8 NMP/100ml y su coeficiente de variabilidad fue de 91.7 por ciento. También los valores máximo, 540 NMP/100ml, y mínimo, 23 NMP/100ml, son muy distantes por ello el coeficiente de variabilidad es elevado al igual que la desviación estándar.

Los coliformes fecales se encuentran en menor cantidad que los totales ya que son un grupo dentro de estos. Sus valores elevados indican que no es posible su uso para consumo humano, pero tratando el agua y volviéndola a analizar se podría definir si de acuerdo a la norma sería posible su consumo. Estos microorganismos están presentes en el intestino de diversos animales y también de humanos. En la zona de estudio hay presencia de animales deambulando y a través de su defecación contaminan el suelo, que en varias oportunidades tuvo contacto con el agua captada de neblina porque el contenedor estuvo enterrado. Además se encontraron rastros de heces de aves en la canaleta que afecta al agua (Figura 44).

**Tabla 8: Promedios estadísticos de la Conductividad Eléctrica, Turbiedad, Color y Coliformes Fecales del agua de neblina.**

Medidas Estadísticas	C (mS/cm)	Turbiedad (NTU)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Color (UCV-Pt-Co)
N	7	7	4	5
Promedio	2.44	19.13	255.75	40.14
Mediana	2.62	18.80	230	39
Desviación Estándar	1.23	2.89	234.59	9.39
CV (%)	50.18	15.12	91.73	23.39
Máximos	4.12	24.10	540.00	53.92
Mínimos	1.19	15.37	23.00	28.57

FUENTE: Elaboración propia.

El color tiene como promedio 40.1 UCV-Pt-Co y su coeficiente de variabilidad es de 23.4 por ciento. El valor máximo es 53.9 UCV-Pt-Co y el mínimo es de 28.6 UCV-Pt-Co los cuales son distantes y se representa en el coeficiente de variabilidad (Tabla 8). Con el paso de las semanas se notó la variación de este parámetro con aumentos y disminuciones de los valores, pero siempre estando por encima del límite permitido que es 15 UCV-Pt-Co.



**Figura 37: Presencia de moho en el sistema de distribución de agua del neblinómetro SFC.**

La mayoría de semanas el agua de neblina tuvo un color amarillento y la presencia de material particulado aumentó este valor por el color aparente. Esta característica no sería un inconveniente sino fuera porque podría contener sustancias disueltas como compuestos químicos (sulfatos, cloruros y nitratos) por la cercanía al mar y la contaminación que sufrió el agua por heces de aves y material particulado, que en exceso ocasionan problemas de salud. El color amarillento al agua es dado por descomposición de vegetales y presencia de compuestos orgánicos, en las tuberías plásticas del sistema de distribución se encontró presencia de moho (Figura 37) el cual prolifera por el exceso de humedad en la zona, así como los nutrientes presentes en el agua por su contacto con heces de aves presentes en la

canaleta del neblinómetro SFC (Figura 44). Además por el color del agua la población rechazaría su consumo ya que la idea de agua potable es la de agua incolora.

Adicional a esto se analizó en laboratorio la dureza total y los sólidos totales disueltos. Respecto a la dureza total, alcanza un valor promedio de 378.8 CaCO<sub>3</sub> mg/l, estando por debajo del límite máximo permisible de 500 mg CaCO<sub>3</sub> mg/l (Anexo N° 8). Los SDT si sobrepasaron el límite máximo permisible de 1000 mg/l, promedio de 1605 mg/l (Anexo N° 8), por lo que podría estar modificando parámetros como el color.

Entonces respecto a todas estas características el agua no sería apta para consumo humano ya que no cumple con los límites máximos permisibles que da DIGESA. Pero se puede aplicar un tratamiento de tal modo que se cumpla la norma y se salvaguarde la salud de la población.

#### **5.4. INSTALACION DE FILTRO CERAMICO**

##### **5.4.1. INDICACIONES PARA LA INSTALACIÓN DEL FILTRO CERÁMICO**



**Figura 38: Limpieza y desinfección del filtro cerámico previo a su primer uso.**

La instalación del filtro cerámico con plata coloidal se realizó el día 27 de Octubre de 2015 en SUMPA S.A.C. La instalación se realizó en un solo día y se siguieron las indicaciones brindadas por la institución que ofrecía el filtro (Anexo 6). Como se aprecia en la Figura 38 se realizó la limpieza y desinfección del filtro previo a su instalación.

La duración del estudio de calidad de agua filtrada duró aproximadamente un mes, por lo que no se realizó mantenimiento al filtro, además que no se recomienda hacer el “fregado” seguido ya que se va retirando la plata coloidal presente, además que al sacar el filtro del depósito hay más posibilidades de contaminación y rajaduras. Finalmente el filtro quedó instalado como se aprecia en la Figura 39.



**Figura 39: Filtro cerámico instalado para su uso.**

#### **5.4.2. USO DEL FILTRO**

El uso del filtro cerámico se desarrolló sin inconvenientes. La cantidad de agua en la mayoría de semanas fue suficiente como para el monitoreo de la mayor cantidad de parámetros, salvo en la semana cuatro y cinco en donde la poca captación de agua de neblina influyó en la selección de los parámetros a analizar.

#### 5.4.2.1. Caudal de Filtración

La primera semana de uso del filtro, tercera semana del estudio, se midió el caudal filtrado durante las cinco primeras horas, determinándose que en promedio fue de 0.5 litros/hora. Para ser el primer día de evaluación, este valor fue bajo ya que se esperó que el caudal este entre 1 y 2 l/h (IDEASS 2004). El caudal no debe de ser menor a 0.5 l/h ya que de ese modo se asegura una cantidad adecuada de agua para abastecer a una familia (Lantagne 2001b).

Generalmente se inició el filtrado en la tarde y se culminó por la mañana del día siguiente, por ello en las siguientes semanas solo se anotó la hora de inicio y la hora final. Cuando los volúmenes de agua de neblina captada fueron bajos, tres litros, el caudal fue menor ya que la presión ejercida por el agua para su descenso era también menor.

El valor del caudal de filtración es variable ya que su fabricación es artesanal, se usan materiales de la zona de estudio y su elaboración en ocasiones es manual. En diversos estudios (Lantagne 2001b, Van Halem 2006) se indica que la velocidad mínima llegó a ser 0.13 l/h, un valor inaceptable considerando que no es suficiente para abastecer el consumo familiar. Esto se debe principalmente a que el agua turbia rápidamente obstruye los poros con las partículas que contiene impidiendo el paso del agua a través de ellos.

En el Anexo 9 se puede observar los resultados de la velocidad de filtrado de cada semana. Con el paso de las semanas se pudo notar que el caudal de filtración fue disminuyendo gradualmente. El valor mínimo se registró en la segunda semana del uso del filtro con 117.647 ml/h, en este caso el bajo valor se debió a que el volumen que se introdujo al filtro fue de dos litros por ello la presión fue baja y tomo más tiempo de filtrado.

### **5.5. EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA FILTRADA**

#### **5.5.1. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS IN SITU**

Los datos completos de pH y Temperatura se pueden observar en el Anexo 8. A continuación, en la Tabla 9, se presentan los promedios estadísticos del pH y Temperatura del agua de neblina tratada con filtro cerámico.

El promedio del pH fue de 8.22, lo cual es aceptable como agua para consumo humano. El valor tiende a ser ligeramente básico. El valor máximo fue de 8.39 y el mínimo fue de 8.08. La desviación estándar indica que a través de las semanas el pH no ha varió sustancialmente. Y, en consecuencia el coeficiente de variabilidad también fue pequeño, 1.80 por ciento.

En diversos estudios se ha demostrado que con el uso del filtro cerámico con plata coloidal se ha incrementado el pH (Lantagne 2001b, Van Halem 2006, Vidal 2010), pero esto no depende de la plata coloidal sino de la lixiviación de los elementos que componen la arcilla del filtro cerámico como silicio y oxígeno que son los componentes principales. Van Halem (2006) explica el aumento del pH a través del modelo de difusión de materiales de concreto. De este procedimiento se tienen como productos  $Ca^{2+}$ , ácido silícico ( $H_4SiO_4$ ),  $Al^{3+}$  y  $OH^-$  (en mayor proporción), por ello disminuye la cantidad de hidrógenos activos  $H^+$  y aumentan los  $OH^-$  ocasionando el aumento del pH. También una posible consecuencia del aumento del pH sería la formación de carbonato cálcico haciendo que el agua filtrada sea más dura que el agua de niebla.

**Tabla 9: Promedios estadísticos de pH y Temperatura del agua filtrada**

MEDIDAS ESTADÍSTICAS	PARAMETROS IN SITU	
	pH	T (°C)
N	5	5
Promedio	8.22	19.64
Mediana	8.16	19.63
Desviación Estándar	0.15	0.64
CV (%)	1.80	3.25
Máximo	8.39	20.57
Mínimo	8.08	19

FUENTE: Elaboración propia.

Para el caso de la temperatura, la media fue 19.64 °C, una temperatura aceptable. La desviación estándar fue de 0.64 y su coeficiente de variabilidad fue de 3.25 por ciento,

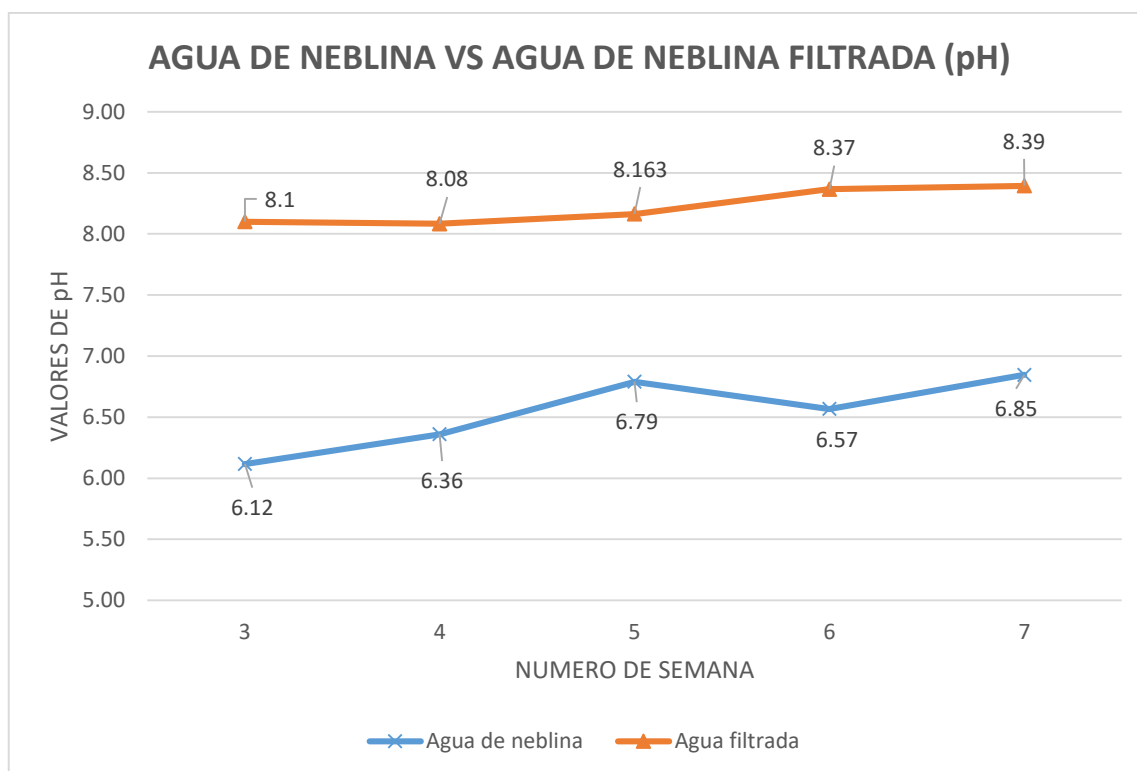
Conociendo además el valor máximo de 20.56 °C y el mínimo de 19 °C se entiende que durante las semanas no hubo una variación sustancial de este parámetro. La temperatura no es considerada un parámetro para la determinación de la calidad del agua pero se toma medida de este ya que la temperatura tiene influencia en algunos parámetros, como el pH, e importa por su influencia sobre el sabor del agua para su aceptabilidad por la población.

En la Tabla 10 se puede observar que el agua filtrada por el uso del filtro cerámico, en promedio, tiene mayor pH que el agua de neblina; sin embargo dicho aumento no afecta que se cumpla con los límites que indica la Norma de DIGESA, por lo que sí sería apta para el consumo humano.

**Tabla 10: Variación promedio del pH por el uso del Filtro cerámico.**

Parámetros	Agua de Neblina	Agua Filtrada	Norma (DIGESA)
pH	6.54	8.22	6.5-8.5

FUENTE: Elaboración propia.



**Figura 40: Variación semanal del pH del agua de neblina y agua filtrada.**

FUENTE: Elaboración propia.

En la Figura 40 se observa la variación desde la semana tres a la siete, semanas en que se utilizó el filtro cerámico. Como se aprecia en todas las semanas el valor del pH aumento por lo explicado anteriormente. Además, el agua de neblina en la semana tres y cuatro estuvo por debajo del límite pero al pasar por el filtro aumentó este valor estando dentro de los límites establecidos por DIGESA, por lo que el tratamiento utilizado fue efectivo para este parámetro.

### 5.5.2. EVALUACION DE PARAMETROS EN LABORATORIO

En la Tabla 11 se aprecian los promedios estadísticos del agua filtrada. En primer lugar, la conductividad eléctrica tuvo cinco mediciones, contadas a partir de la tercera semana en que se empezó el estudio, con promedio de 2.8 mS/cm y un coeficiente de variabilidad de 59.1 por ciento. El valor máximo fue de 4.7 mS/cm y el mínimo de 1.3 mS/cm, con ello se nota la alta variabilidad de este parámetro durante las semanas, ya que en dos semanas los valores estuvieron por encima de los valores comunes.

**Tabla 11: Promedios estadísticos de Conductividad eléctrica, Turbiedad, Coliformes Fecales y Color del agua filtrada**

Medidas Estadísticas	C (mS/cm)	Turbiedad (NTU)	Color (UCV-Pt-Co)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)
N	5	5	3	4
Promedio	2.83	1.65	33.10	0
Mediana	1.86	0.89	36.10	0
Desviación Estándar	1.67	2.22	7.09	0
CV (%)	59.10	134.59	21.43	-
Máximo	4.68	5.6	38.2	0
Mínimo	1.25	0.35	25	0

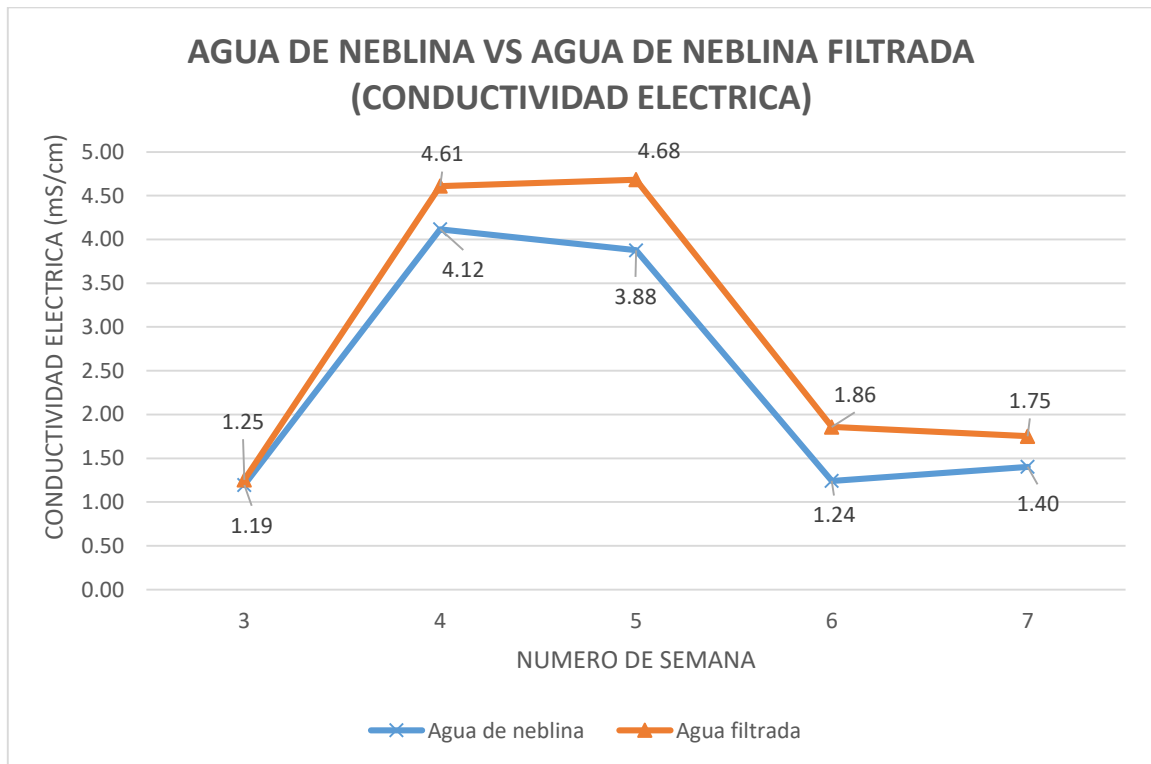
FUENTE: Elaboración propia.

De la Tabla 12, Eficiencia por uso del filtro cerámico representado en los diferentes parámetros, se aprecia el aumento o la disminución del valor del parámetro analizado. Los



resultados son beneficiosos cuando se cumple con el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano.

Respecto a la conductividad eléctrica se aprecia que para ambos casos, agua de neblina y agua filtrada, el valor promedio está por encima del límite establecido por DIGESA. Con lo cual se puede decir que por el uso del filtro hubo un incremento de iones presentes en el agua. El filtro actúa como suelo, en el cual hay presente sales, estas viajan con el agua a través del filtro cerámico (Lerma 2012). Recordando que en párrafos anteriores se explicó la difusión de DHV (Van Halem 2006) en la que por el incremento de iones aluminio, calcio y silicio, se originó la sal carbonato cálcico (agua dura). En estudios anteriores se aprecia que la conductividad eléctrica depende mucho del tipo de agua usada, ya que en la mayoría fue agua de ríos, lagunas, pozos y lluvia. No hay estudios de agua de neblina tratada con filtros cerámicos, sin embargo en los que se usó el filtro la conductividad aumentó.

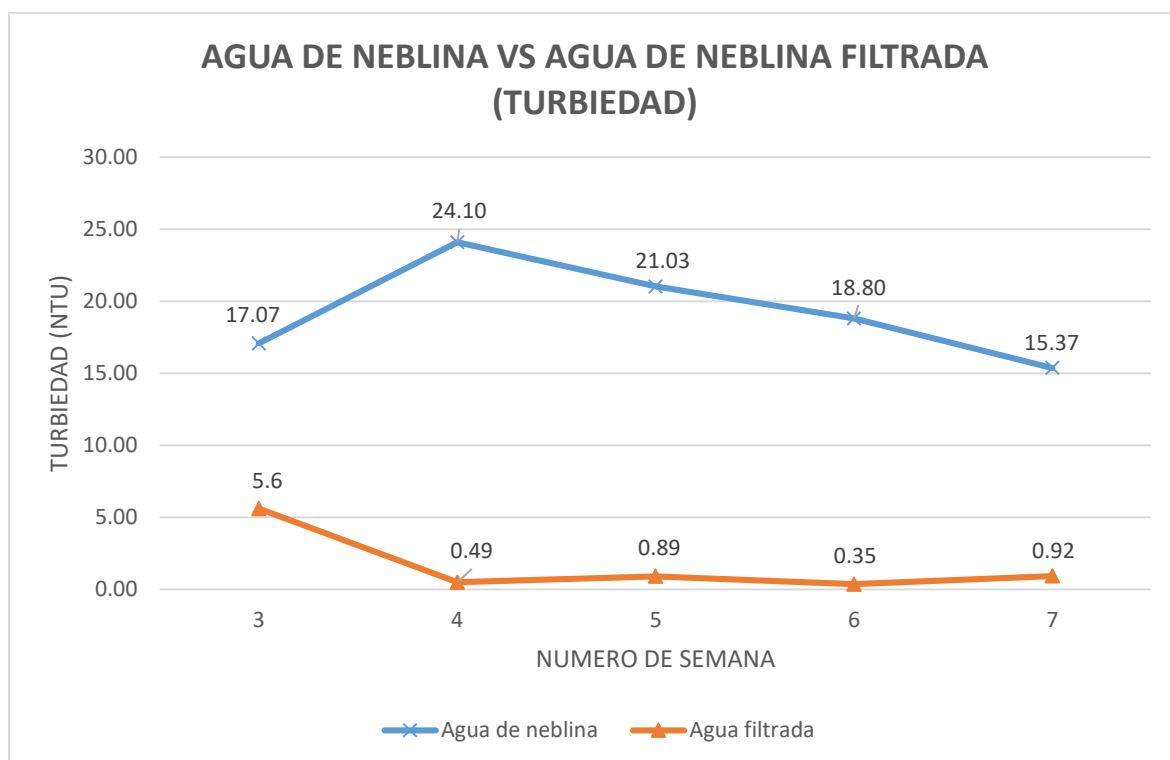


**Figura 41: Variación semanal de la Conductividad Eléctrica del agua de neblina y agua filtrada.**

FUENTE: Elaboración propia.

En la Figura 41 se aprecia que en las semanas 4 y 5 se dieron los valores más elevados de este parámetro. Solo en la semana tres se cumplió con la Norma y el resto de semanas estuvo por encima. Y al usar el filtro hubo un ligero aumento de valor. El aumento de este parámetro no compromete el bienestar de las personas que consuman esta agua, pero podría generar sabores desagradables.

De la Tabla 11, la turbiedad también tuvo cinco mediciones y su promedio fue de 2.8 NTU. Su coeficiente de variabilidad fue 134.6 por ciento ya que el valor de la primera semana fue el más alto y originó que el promedio sea mayor a pesar que las variaciones en la mayor parte de las semanas fue mínimo. El valor máximo se dio en la primera semana con 5.6 NTU y el mínimo fue de 0.35 NTU.



**Figura 42: Variación semanal de la Turbiedad del agua de neblina y agua filtrada.**

FUENTE: Elaboración propia.

La turbiedad del agua de neblina fue producto de las partículas contaminadas presentes en el ambiente, que además le brindaron color aparente al agua. Durante todas las semanas el valor de turbiedad fue elevado y sobrepaso el límite establecido por DIGESA (Tabla 12). Y, cuando se usó el filtro cerámico la eficiencia en la disminución de este parámetro fue de 91.4 por ciento. Lerma (2012) y Lantagne (2001b) indican que la remoción de la turbiedad

se debió a que las partículas contaminantes quedaron atrapadas en los poros del filtro cerámico, siendo la remoción superior al 83 por ciento. .

En la Figura 42 se observa que la turbiedad del agua de neblina en todas las semanas estuvo por encima del valor de la norma establecido como 5 NTU. Sin embargo, con el uso del filtro este valor disminuye considerablemente. En la semana cuatro se obtuvo el máximo valor (24.1 NTU) debido a la presencia de abundante material particulado y nutrientes por el contacto del agua de neblina con heces de aves y polvo del ambiente. Estas partículas al pasar por el filtro quedaron atrapadas entre los poros, por ello también el caudal de filtración va disminuyendo, y como efecto la turbiedad del agua filtrada fue mínimo.

**Tabla 12: Eficiencia del filtro cerámico representado en la Conductividad eléctrica, Turbiedad, Color y Coliformes Fecales.**

PARÁMETROS	AGUA DE NEBLINA	AGUA FILTRADA	NORMA (DIGESA)	EFICIENCIA POR USO DEL FILTRO
C (mS/cm)	2.37	2.83	1.5	-
Turbiedad (NTU)	19.27	1.65	5	91.4%
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	255.75	< 1.8	< 1.8	100.0%
Color (UCV-Pt-Co)	39.41	33.10	15	16.0%

FUENTE: Elaboración propia.

De los coliformes fecales se contabilizaron cuatro mediciones, obteniéndose en todas las semanas el valor de <1.8 NMP/100 ml o su equivalente a cero, en consecuencia las medidas estadísticas fueron cero (Tabla 11). El valor de este parámetro no varió en el tiempo, pudiéndose decir que el uso del filtro es eficiente en la eliminación de estos microorganismos contaminantes.

Los Coliformes Fecales disminuyeron considerablemente. En las cuatro semanas analizadas la eficiencia del filtro para este parámetro fue de 100 por ciento (Tabla 12), ya que se eliminaron los coliformes además de cumplirse con la norma teniéndose un valor

menor a 1.8 NMP/100 ml o su equivalente a cero. La presencia de coliformes fecales se debió principalmente a la contaminación a través de la arena usada como depósito de heces de perros que tuvo contacto con el agua de neblina almacenada, además que en las semanas 5 hubo presencia de heces de aves (Figura 44). Estas otorgan microorganismos contaminantes al agua, además de sales que en consecuencia aumentaron otros parámetros como la conductividad eléctrica. La eliminación de los coliformes fecales se debió a que los microorganismos quedaron atrapados en los poros del filtro (Lerma 2012, Van Halem 2006), además del poder desinfectante de la plata coloidal impregnada en el filtro (Vidal 2010, Napotik 2009). Van Halem (2006) también indica que cuando hay poca cantidad de coliformes fecales en una muestra de agua, no es necesario agregar plata coloidal al filtro cerámico.

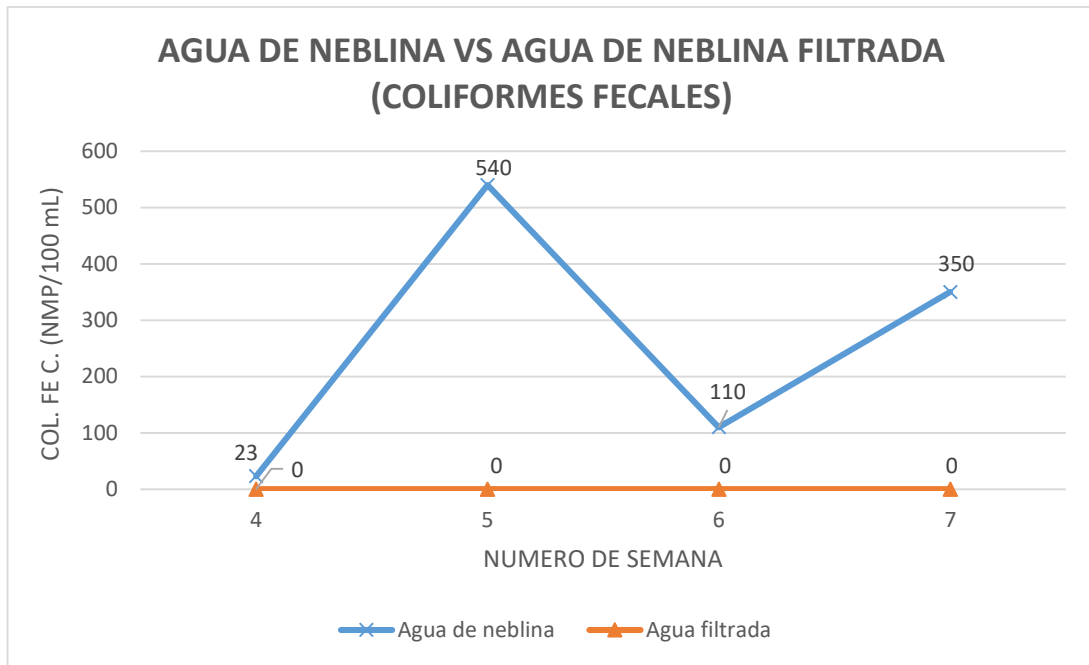


**Figura 43: Heces de aves en la canaleta del neblinómetro SFC.**

En la Figura 45 se aprecia la variación semanal de este parámetro. La semana de mayor contaminación fue la semana cinco debido a la presencia de heces de aves, además de las partículas que ingresaron al agua almacenada. Y por último se observa que el filtro eliminó los coliformes fecales, obteniéndose un agua limpia que cumple con los límites establecidos por la Norma.

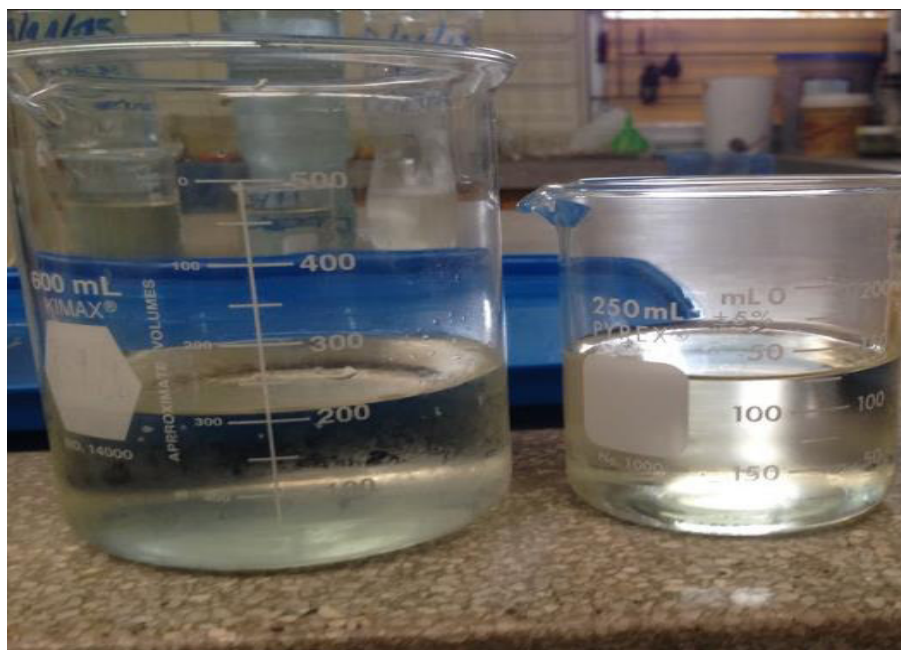
De la Tabla 11, el color se determinó en tres semanas de estudio y su promedio fue de 33.1 UCV-Pt-Co. Su mediana fue de 36.1 UCV-Pt-Co muy cercano al promedio. La desviación estándar fue 7.09 UCV-Pt-Co, pero al ser menor que su promedio hizo que el coeficiente

de variabilidad no sea tan elevado y sea el siguiente 21.42 por ciento. Su valor máximo de 38.2 UCV-Pt-Co se obtuvo en la sexta semana y su valor mínimo fue de 25 UCV-Pt-Co se obtuvo en la tercera semana.



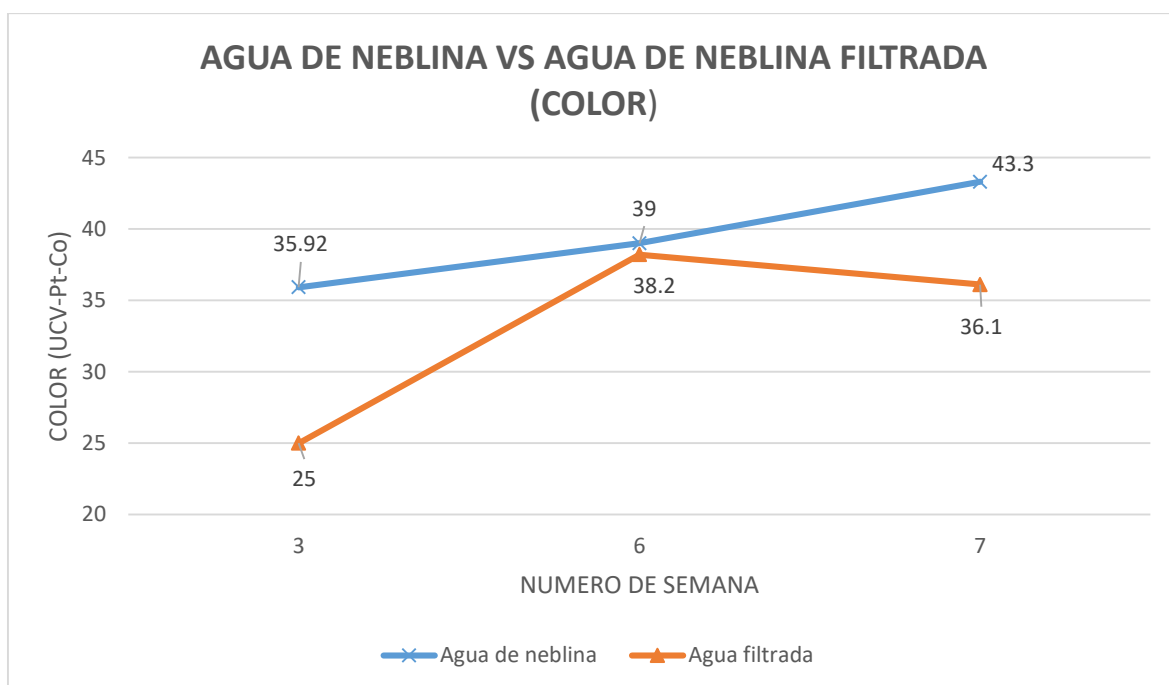
**Figura 44: Variación semanal de los Coliformes Fecales del agua de neblina y agua filtrada.**

FUENTE: Elaboración propia.



**Figura 45: Coloración del agua de neblina y agua filtrada.**

El color del agua de neblina tuvo valores mayores a los establecidos en la Norma de DIGESA (es 15 UCV-Pt-Co), y al ser turbia se entiende el porqué, pero la turbiedad le brindo color aparente el cual desapareció con el uso del filtro. Sin embargo, el agua de neblina filtrada tampoco cumplió con el valor requerido por la Norma. La eficiencia para este parámetro fue 16 por ciento (Tabla 12), que representa la disminución de los valores en las tres semanas en que se analizó este parámetro. Dicha disminución fue beneficiosa ya que el color al ser un parámetro de calidad organoléptica, la población determina su aceptabilidad con los sentidos y al tener una coloración muy distante a la incolora, ligeramente amarillenta (ver Figura 46), no la consumirán. Aun así, siempre se mantuvo una coloración amarillenta, por lo que el agua será rechazada para consumo humano, además de no cumplir con la norma correspondiente. Lerma (2012) en su estudio determina que el filtro cerámico solo elimina el color aparente del agua. Vidal (2010) también analizó la reducción del color en agua de río, obteniendo una disminución de hasta 85 por ciento. Van Halem (2006) indica que las primeras semanas el valor del color puede ser elevado debido a que se desprenden partículas de arcilla en el agua, aumentando el color aparente. En este estudio, los valores aumentaron con el paso de las semanas debido al aumento de la turbiedad que en consecuencia elevó el color aparente del agua.



**Figura 46: Variación semanal del Color del agua de neblina y agua filtrada.**

FUENTE: Elaboración propia.

En la Figura 47 se aprecia la variación semanal de este parámetro. La semana en la que se presentó mayor color fue la última. Con el paso del tiempo se notó la aparición de moho en las mangueras de distribución de agua debido a la alta humedad de la zona, lo cual contribuye a la coloración del agua. Además de las partículas que ingresaron al depósito de agua que generaron un aumento por el color aparente.

## CAPITULO VI CONCLUSIONES

- Los volúmenes de agua captada en el neblinómetro SFC variaron de cero a nueve l/m<sup>2</sup> entre los meses de mayo a julio. Los cambios se debieron principalmente a las variaciones de condiciones climáticas como la temperatura y humedad, que fueron propicias para la formación de neblinas. El mes de mayor captación promedio fue Julio con 1.42 l/m<sup>2</sup>.
- La calidad del agua de neblina fue evaluada a través de los parámetros pH, temperatura, conductividad eléctrica, turbiedad, color y coliformes fecales. El parámetro pH fue el único parámetro en cumplir con los límites máximos permisibles del Reglamento de calidad de agua para consumo humano de DIGESA, con un valor promedio de 6.5 considerado neutro y adecuado para el consumo. Los valores promedio de conductividad, turbiedad, coliformes fecales y color fueron respectivamente: 2.44 mS/cm; 19.1 NTU; 255.7 NMP/100 ml; y 40.14 UCV-Pt-Co; todos ellos excedieron los límites establecidos en el Reglamento, debido a la contaminación por heces de aves, suciedad de malla Raschel, polvo en suspensión y brisa marina, obteniéndose agua no apta para consumo humano y escogiéndose como tratamiento al filtro cerámico con plata coloidal.
- Se evaluó la calidad del agua tratada con filtro cerámico con plata coloidal para los mismos parámetros evaluados en el agua de neblina. El pH, turbiedad y Coliformes fecales cumplen los requisitos del Reglamento de DIGESA, con valores de 8.22, 1.65 NTU y <1.8 NMP/100 ml respectivamente. Sin embargo no se cumple con los parámetros de conductividad eléctrica y color, que alcanzan valores de 2.83 mS/cm y 33.1 UCV-Pt-Co respectivamente. La turbiedad y coliformes fecales disminuyeron debido a que las partículas contaminantes quedaron atrapadas en los poros del filtro, además del poder desinfectante de la plata coloidal que inactivó a las bacterias. La conductividad eléctrica aumentó debido a la formación de sales por el contacto del agua con el filtro, así como se logró la disminución del color aparente del agua.



- El sabor y color del agua pueden generar rechazo para el consumo de agua de bebida, además el proceso de filtración fue muy lento debido a los volúmenes variables de agua captada de neblina y a la rápida obstrucción de los poros del filtro, con una tasa de filtración entre 0.12 a 0.5 l/hora, por lo cual se concluye que el uso de filtros cerámicos para el tratamiento de agua de neblina no fue efectivo.

## CAPITULO VII RECOMENDACIONES

- Se recomienda la instalación de una estación meteorológica portátil en la zona de estudio, de ese modo se puede reconocer con exactitud las variables climáticas que afectan la captación de agua de neblina, además de poder hacer comparaciones entre el agua captada de neblina experimentalmente y teóricamente. También el uso de un *datalogger*, de ese modo el registro de datos diario sería automático.
- En los análisis de laboratorio se deben de considerar además parámetros de calidad organoléptica como nitritos, nitratos, cloruros, sulfatos, y parámetros químicos orgánicos e inorgánicos. De este modo se podrá saber con precisión cuales son los elementos que pueden estar contaminando el agua de neblina, así como los que no se eliminan con los tratamientos.
- Cuando se note que el caudal de filtración disminuye notablemente, por debajo de 0.5 l/h se debe realizar el mantenimiento del filtro, de ese modo se asegura que las cantidades de agua filtrada sean adecuadas para el consumo aproximado de una familia.
- Se recomienda la variación de algunos materiales y estructura del neblinómetro SFC, de ese modo se evita la contaminación del agua de neblina captada. Se deben variar los parantes de madera por los de metal galvanizado, ya que por el exceso de humedad tiende a llenarse de moho; el uso de canaleta plástica en vez de las metálicas, con el suficiente ancho para la captación del agua de neblina, esto debido a que en las zonas costeras hay presencia de aves que son atraídas por el brillo del metal y contaminan el agua con sus heces; además, evitar enterrar el depósito de agua de neblina para no contaminar el agua con partículas del suelo.
- Se recomienda usar esta investigación como base para estudios futuros en agua de neblina, de este modo se podrá generar una fuente alternativa de abastecimiento de

agua a los pobladores del A.A. H.H. Leandra Ortega. De igual modo se podría generar investigación en zonas aledañas que cuentan con las mismas condiciones tales como presencia de neblinas y carencia del servicio de agua potable.

## CAPITULO VIII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agua de Niebla de Canarias, ES. s.f. Captadores NRP 3.0 (en línea). Santa Cruz de Tenerife, ES. Consultado 5 mar. 2016. Disponible en: <http://aguadeniebla.com/nrp30>
- Ambientum, ES. 2003. Carbón activo en el tratamiento de aguas (en línea). Madrid, ES. Consultado 26 feb. 2016. Disponible en: [http://www.ambientum.com/revista/2003\\_03/CARBON.htm](http://www.ambientum.com/revista/2003_03/CARBON.htm)
- ANA (Autoridad Nacional del Agua, PE). Ley de Recursos Hídricos: LEY N° 29338 (en línea). Lima, PE. Consultado 20 ene. 2016. Disponible en <http://www.ana.gob.pe/media/316755/leyrh.pdf>
- Anaya G, M; Salazar C, JJ; Tunarosa M, V; Trejo M, J. 1998. Sistemas de captación de agua de lluvia en América Latina y el Caribe: base para el desarrollo sostenible. México, IICA. 96 p.
- Aránguiz Quintanilla, G; Morales Estruch, F; Nieto Aravena, JM; Silva Villarroel, G. 2009. Diseño generativo aplicación en sistemas de atrapanieblas en el norte de Chile (en línea). Santiago, CL. Consultado 15 mar. 2016. Disponible en: [https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&sqi=2&ved=0ahUKEwjhite2kpLNAhXBdSYKHbcJAxcQFggaMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.u-cursos.cl%2Ffau%2F2010%2F1%2FDIT-503%2F1%2Fmaterial\\_docente%2Fbajar%3Fid\\_material%3D453794&usg=AFQjCNEYDofmj8dUIRhi5jdUTsHPWDWC1g&sig2=VPeVXhwXxV2zd-O4h3DAkQ&bvm=bv.123664746,d.eWE](https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&sqi=2&ved=0ahUKEwjhite2kpLNAhXBdSYKHbcJAxcQFggaMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.u-cursos.cl%2Ffau%2F2010%2F1%2FDIT-503%2F1%2Fmaterial_docente%2Fbajar%3Fid_material%3D453794&usg=AFQjCNEYDofmj8dUIRhi5jdUTsHPWDWC1g&sig2=VPeVXhwXxV2zd-O4h3DAkQ&bvm=bv.123664746,d.eWE)
- AWWA (American Water Works Association, US). 2002. Calidad y Tratamiento del Agua: Manual de suministros de agua comunitaria. Ed. RD. Letterman. Td. INVARIG INGENIERIA S.I. 1 ed. Madrid, ES. McGraw Hill. 1231 p
- Bautista, J. 2009. Agua segura: haciendo uso de sistemas unifamiliares y filtros bioarena. 1 ed. Perú. Soluciones Prácticas-ITDG. 39 p.
- Brown, J; Sobsey, M. 2006. Independent Appraisal of Ceramic Water Filtration Interventions in Cambodia: Final Report (en línea). Cambodia, UNICEF.

Consultado 18 mar. 2016. Disponible en:  
[https://s3.amazonaws.com/PfP/UNICEF+ceramic+filter+final+report\[1\].pdf](https://s3.amazonaws.com/PfP/UNICEF+ceramic+filter+final+report[1].pdf)

- Cardoso Landa, G; Ortegón Alvar, MLI. 2016. Vinculación del Estudiante de Ingeniería con la práctica mediante la solución de problemas sociales (en línea). Revista Electrónica ANFEI Digital no. 4. Consultado 20 feb. 2016. Disponible en: <http://www.anfei.org.mx/revista/index.php/revista/article/viewFile/222/740>
- Cartagena Baide, JM. 2001. Prueba de la aceptación del filtro de cerámica impregnado con plata coloidal en el barrio El Ocotol de Guinope, Honduras (en línea). Zamorano, HO. Consultado 30 ago. 2015. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1361/1/T1240.pdf>
- CAWST (Centre for Affordable Water Sanitation and Technology, CA). 2007. Bienestar a través del agua: un mundo en el que las personas tengan la oportunidad de salir adelante gracias a que se han atendido sus necesidades básicas de agua, higiene y saneamiento (en línea). Calgary, CA. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en:  
<http://www.itacanet.org/esp/educacion/Bienestar%20a%20traves%20del%20agua%20CAWST.pdf>
- \_\_\_\_\_. 20011. Introducción al tratamiento del agua a nivel domiciliario y su almacenamiento seguro (en línea). Calgary, CA. Consultado 12 feb. 2016. Disponible en:  
[http://www.paho.org/par/index.php?option=com\\_docman&view=download&category\\_slug=contaminacion&alias=502-introduccion-al-tratamiento-del-agua-a-nivel-domiciliario&Itemid=253](http://www.paho.org/par/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=contaminacion&alias=502-introduccion-al-tratamiento-del-agua-a-nivel-domiciliario&Itemid=253)
- Cereceda T, P; Schemenauer, RS; Suit, M. 1993. Producción de Agua de Nieblas Costeras en Perú (en línea). Alisios. No 3: 63-74. Consultado 30 ago. 2015. Disponible en: <http://www.fogquest.org/wp-content/uploads/2012/11/Peru-Alisios-1993.pdf>
- \_\_\_\_\_.; Hernández P, P; Leiva V, J; Rivera A, J. 2014. Agua de Niebla: Nuevas Tecnologías para el Desarrollo sustentable en Zonas Áridas y Semiáridas (en línea). Coquimbo, CL. Consultado el 25 jul. 2016. Disponible en: <http://www.cda.uc.cl/wp-content/uploads/2015/12/Libro-Agua-de-Niebla-1.pdf>
- Creating Water Foundation, NL. Creating Water (en línea). Cruquius, NL. Consultado 15 set. 2016. Disponible en: <http://www.creatingwater.nl/>

- DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental, PE). 2007. Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales (en línea). Lima, PE. Consultado el 25 set. 2015. Disponible en: [http://www.digesa.sld.pe/depa/informes\\_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.sld.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf)
- \_\_\_\_\_. 2010. Parámetros Organolépticos (en línea). Lima, PE. Consultado el 20 jul. 2016. Disponible en : [http://digesa.sld.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://digesa.sld.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf)
- \_\_\_\_\_. 2011. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (en línea). Lima, PE. Consultado 15 ene. 2016. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento\\_calidad\\_agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento_calidad_agua.pdf)
- \_\_\_\_\_. 2013. Listado de Requisitos para recepción de muestras de Aguas Superficiales (1), agua de consumo, aguas residuales y aguas de mar (en línea). Lima, PE. Consultado el 20 jul. 2016. Disponible en: [http://www.digesa.sld.pe/LAB/AR-LL-01\\_REQUISITOS\\_RECEPCION\\_MUESTRAS\\_AGUAS\\_V06.pdf](http://www.digesa.sld.pe/LAB/AR-LL-01_REQUISITOS_RECEPCION_MUESTRAS_AGUAS_V06.pdf)
- DGCRH (Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, PE) 2010. Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos (en línea). Lima, PE. Consultado 15 ago. 2015. Disponible en [http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm\\_Files/Publicaciones/Varios/2011-PROTOCOLO-ANAPeru.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/2011-PROTOCOLO-ANAPeru.pdf)
- DNS (Dirección Nacional de Saneamiento, PE). 2014. Plan Nacional de Inversiones del sector Saneamiento para el periodo 2014-2021 (en línea). Lima, MVCS. Consultado 15 nov. 2016. Disponible en: [http://www.gestoresdeaguasegura.org/wp-content/uploads/2015/04/plan\\_nacional\\_inversiones\\_saneamiento.pdf](http://www.gestoresdeaguasegura.org/wp-content/uploads/2015/04/plan_nacional_inversiones_saneamiento.pdf)
- Donachy, B. 2004. MANUAL/GUÍA Para Instructores de Salud y Otros Involucrados en el Monitoreo del Filtro de Cerámica con Plata Coloidal para la Purificación del Agua (en línea). CPP. Consultado 16 ene. 2016. Disponible en <https://s3.amazonaws.com/PfP/MANUAL+HIGIENICO.pdf>
- Eckardt, FD; Schemenauer, RS. 1988 Fog Water Chemistry in the Namib Desert, Namibia (en línea). Oxford, GB. Consultado 18 ene. 2016. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/263416084\\_Fog\\_water\\_chemistry\\_in\\_the\\_Namib\\_Desert\\_Namibia](https://www.researchgate.net/publication/263416084_Fog_water_chemistry_in_the_Namib_Desert_Namibia)

- Gallardo Maticorena, AM. 1994. Estudio de Factibilidad de los sistemas de Almacenamiento y Distribución del Agua de Nieblas con fines de Reforestación en la Reserva Nacional de Lachay. Tesis Lic. Ing. Agrícola. Lima, Perú, UNALM. 191 p.
- Gray, NF. 2008. Drinking Water Quality: Problems and Solutions (en línea). Nueva York, Cambridge University. Consultado 10 ene. 2016. Disponible en <https://es.scribd.com/doc/56886590/Drinking-Water-Quality-Problems-Solutions-Gray>
- Gomella, C; Guerree, H. 1977. Tratamiento de agua para abastecimiento público. J Canto. 1 ed. Barcelona, ES. Editores Técnicos Asociados S.A. 240 p
- Guevara P, E. 2015. Métodos para el análisis de variables hidrológicas y ambientales. 1 ed. Lima, PE. ANA. 422 p.
- Halem, D van. 2006. Ceramic silver impregnated pot filters for household drinking water treatment in developing countries (en línea). Delft, NL. Consultado 12 ene. 2016. Disponible en [http://potterswithoutborders.com/wp-content/uploads/2011/06/finalcsfreport\\_29-10-2-van-dalem1.pdf](http://potterswithoutborders.com/wp-content/uploads/2011/06/finalcsfreport_29-10-2-van-dalem1.pdf)
- \_\_\_\_\_; Laan, H van der; Heijman, SGJ; Dijk, JC van; Amy, GL. 2009. Assessing the Sustainability of the Silver-Impregnated Ceramic Pot Filter for Low-Cost Household Drinking Water Treatment (en línea). Physics and Chemistry of the Earth no. 34. Consultado 12 ene. 2016. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/223630858\\_Assessing\\_the\\_Sustainability\\_of\\_the\\_Silver-Impregnated\\_Ceramic\\_Pot\\_Filter\\_for\\_Low-Cost\\_Household\\_Drinking\\_Water\\_Treatment](https://www.researchgate.net/publication/223630858_Assessing_the_Sustainability_of_the_Silver-Impregnated_Ceramic_Pot_Filter_for_Low-Cost_Household_Drinking_Water_Treatment)
- IDEASS (Innovación para el Desarrollo y la Cooperación Sur-Sur). 2004. EL FILTRON: FILTRO CERÁMICO PARA AGUA POTABLE (en línea). Managua, NI. Consultado 18 ago. 2015. Disponible en: [http://www.ideassonline.org/public/pdf/br\\_28\\_59.pdf](http://www.ideassonline.org/public/pdf/br_28_59.pdf)
- Jofre-Meléndez, R; Cervantes-Pérez, J; Barradas, V. 2015. Calidad del Agua de la niebla captada artificialmente en la Micro cuenca del río Pixquiac, Veracruz, México: Resultados preliminares (en línea). D.R. © TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas no 18 (2). Consultado el 23 jul. 2016. Disponible en: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/tip/article/view/52685/46886>

- Klemm, O; Schemenauer, RS; Lummerich, A; Cereceda, P; Marzol, V; Corell, D; Van Heerden, J; Reinhard, D; Gherezghiher, T; Olivier, J; Osses, P; Sarsour, J; Frost, E; Estrela, MJ; Valiente, JA; Fessehaye, GM. 2012. Fog as a Fresh-Water Resource. Overview and Perspectives (en línea). AMBIO. no 41: 221-234. Consultado 20 ago. 2015. Disponible en: [http://repository.up.ac.za/dspace/bitstream/handle/2263/20502/Klemm\\_Fog\(2012\).pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.up.ac.za/dspace/bitstream/handle/2263/20502/Klemm_Fog(2012).pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- \_\_\_\_\_; Tseng, W; Lin, C; Klemm, K; Lin, N. 2015. pH Control in Fog and Rain in East Asia: Temporal Advection of Clean Air Masses to Mt. Bamboo, Taiwan (en línea). Atmosphere 2015 no 6. Consultado el 22 jul. 2016. Disponible en: [https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwig1NDdudrOAhWBcyYKHdn-BfgQFgg1MAE&url=http%3A%2F%2Fwww.mdpi.com%2F2073-4433%2F6%2F11%2F1785%2Fpdf&usq=AFQjCNFXGW6ICSEshIxZcrjAhJ\\_x9c7VUg&sig2=juD2F1ujz4sHqHcUKj-MGA&bvm=bv.129759880,d.eWE](https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwig1NDdudrOAhWBcyYKHdn-BfgQFgg1MAE&url=http%3A%2F%2Fwww.mdpi.com%2F2073-4433%2F6%2F11%2F1785%2Fpdf&usq=AFQjCNFXGW6ICSEshIxZcrjAhJ_x9c7VUg&sig2=juD2F1ujz4sHqHcUKj-MGA&bvm=bv.129759880,d.eWE)
- Lantagne, DS. 2001a. Investigation of the Potters for Peace Colloidal Silver Impregnated Ceramic Filter Report 1: Intrinsic Effectiveness (en línea). Allston, US. Consultado 21 ene. 2016. Disponible en <http://web.mit.edu/watsan/Docs/Other%20Documents/ceramicpot/PFP-Report1-Daniele%20Lantagne,%2012-01.pdf>
- \_\_\_\_\_. 2001b. Investigation of the Potters for Peace Colloidal Silver Impregnated Ceramic Filter Report 2: Field Investigations (en línea). Allston, US. Consultado 22 ene. 2016. Disponible en <http://potterswithoutborders.com/wp-content/uploads/2011/06/alethia-report-2.pdf>
- Lerma, DA. 2012. Filtros cerámicos, una alterativa de agua segura (en línea). Pereira, Universidad Tecnológica de Pereira. Consultado 15 ene. 2016. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2710/6281683L616.pdf;jsessionid=726D325196026B154635B05A48604121?sequence=1>
- Loyola, R; Soncco, C. 2007. Salud y calidad de agua en zonas urbano-marginales de Lima Metropolitana (en línea). Economía y Sociedad. no. 64: 81-85. Consultado 21 ago. 2015. Disponible en: <http://old.cies.org.pe/files/ES/bol64/11-loyola.pdf>
- Marín G, Rafael. 2003. Fisicoquímica y Microbiología de los Medios Acuáticos: Tratamiento y control de calidad de aguas. Madrid, ES. Díaz de Santos S.A. 311 pg.



- Medina Q, JA. Evaluación del potencial de captación y Aprovechamiento de Agua de Niebla en Quebrada Verde, Pachacamac – Lima. Tesis Lic. Ing. Ambiental. Lima, Perú, UNALM. 168 p.
- Napotnik, J; Mayer, A; Lantagne, D; Jellison, K. 2009. Efficacy of Silver-Treated Ceramic Filters for Household Water Treatment (en línea). Bethlehem, US. Consultado 23 ene. 2016. Disponible en [http://www.sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/NAPOTNIK%202009%20Efficacy%20of%20Silver-Treated%20Ceramic%20Filters%20for%20Household%20Water%20Treatment.pdf](http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/NAPOTNIK%202009%20Efficacy%20of%20Silver-Treated%20Ceramic%20Filters%20for%20Household%20Water%20Treatment.pdf)
- Observatorio Ciudadano Lima Como Vamos, PE. 2015. Evaluando la Gestión en Lima: Cuarto Informe de Resultados sobre Calidad de Vida (en línea). Lima, PE. UNACEM. Consultado 20 set. 2015. Disponible en: <http://www.limacomovamos.org/cm/wp-content/uploads/2015/01/InformeEvaluandoLima2013.pdf>
- Oficina Acondicionamiento Territorial de la Región Callao, PE. 2011. Microzonificación ecológica económica: Provincia constitucional del Callao. Callao, Gobierno Regional de Callao. Consultado 16 may. 2016. Disponible en: [http://sitr.regioncallao.gob.pe/documentoscontenido\\_doc/CAPITULOII\\_2011.pdf](http://sitr.regioncallao.gob.pe/documentoscontenido_doc/CAPITULOII_2011.pdf)
- \_\_\_\_\_. 2012a. Catálogo Regional N°4: Proyecto Piloto Nuevo Pachacútec 2012 (en línea). Callao, Gobierno Regional de Callao. Consultado 15 may. 2016. Disponible en: [http://sitr.regioncallao.gob.pe/documentoscontenido\\_doc/CONTENIDOS%20corel%20-13.pdf](http://sitr.regioncallao.gob.pe/documentoscontenido_doc/CONTENIDOS%20corel%20-13.pdf)
- \_\_\_\_\_. 2012b. Proyecto Piloto Nuevo Pachacútec: Fichas N° 1-20 (en línea). Callao, Gobierno Regional de Callao. Consultado 15 may. 2016. Disponible en: [http://sitr.regioncallao.gob.pe/documentoscontenido\\_doc/FICHAS%201-20-corel%202013.pdf](http://sitr.regioncallao.gob.pe/documentoscontenido_doc/FICHAS%201-20-corel%202013.pdf)
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2004. Guías para la calidad del agua potable: Volumen 1 Recomendaciones (en línea). Génova, OMS. Consultado 11 ene. 2016. Disponible en [http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/Biblioteca/GuiasGDW/GDWQ%20OMS%20en%20Esp/gdwq0506\\_Final%20Spanish.pdf](http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/Biblioteca/GuiasGDW/GDWQ%20OMS%20en%20Esp/gdwq0506_Final%20Spanish.pdf)

- \_\_\_\_\_. 2006. Guías de Calidad de Agua de bebida (en línea). Génova, CH. Consultado 11 ene. 2016. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/base.html>
- \_\_\_\_\_. 2011. E. coli enterohemorrágica (EHEC) (en línea). Consultado 11 ene. 2016. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs125/es/>
- \_\_\_\_\_. 2013. Household water treatment and safe storage: manual for the participant (en línea). Ginebra, CH. Consultado 11 feb. 2016. Disponible en: [http://www.wpro.who.int/environmental\\_health/documents/docs/Household Water Treatment Safe Storage PARTICIPANT.pdf](http://www.wpro.who.int/environmental_health/documents/docs/Household_Water_Treatment_Safe_Storage_PARTICIPANT.pdf)
- \_\_\_\_\_. 2014. Estadísticas Sanitarias Mundiales 2014: Una mina de información sobre salud pública mundial (en línea). Ginebra, OMS. Consultado 11 ene. 2016. Disponible en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112817/1/WHO HIS HSI 14.1 spa.pdf?ua=1&ua=1&ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112817/1/WHO_HIS_HSI_14.1_spa.pdf?ua=1&ua=1&ua=1)
- ONU (Organización de las Naciones Unidas, US). 2015. Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos (en línea). Herndon, US. Consultado 15 abr. 2016. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). 1988. Guías para la Calidad del Agua Potable Volumen 3: Control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades (en línea). Washington DC, US. Consultado 13 ene. 2016. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=X9QgncMbnsYC&pg=PA36&dq=residual+de+cloro&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwifoY7SioLNAhXFQD4KHYYKgDBwQ6AEII DAB#v=onepage&q=residual%20de%20cloro&f=false>
- \_\_\_\_\_. 2010. Marco para el Mejoramiento de la calidad de agua para Consumo Humano (en línea). Lima, PE. Consultado 2016. Disponible en: [http://www.paho.org/per/index.php?option=com\\_content&view=category&id=853&layout=blog&Itemid=631](http://www.paho.org/per/index.php?option=com_content&view=category&id=853&layout=blog&Itemid=631)
- Pascual A, JA; Naranjo, MF; Payano, R; Medrano, O. 2011. Tecnología para la recolección de agua de niebla (en línea). Madrid, ES. Consultado 14 ene. 2016. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/257199788> **TECNOLOGIA PARA LA RECOLECCION DE AGUA DE NIEBLA**

- Pinche Laure, C. 1986. Estudio de las Condiciones Climáticas y de la Niebla en la Costa Norte de Lima. Tesis Ing. Meteorólogo. Lima, Perú, UNALM. 166 p.
- PRAMA, AR. s.f. Filtro Cerámico descontaminante de agua: Depuración casera (en línea). Córdoba, AR. Consultado 15 ene. 2016. Disponible en [http://www.prama.com.ar/sugerencias\\_saludables/filtro\\_ceramico.php](http://www.prama.com.ar/sugerencias_saludables/filtro_ceramico.php)
- Ramírez, D; Avellaneda, R. 2005. Filtros artesanales de agua: una propuesta de acceso al agua segura en la Reserva Nacional Pacaya Samiria. Ed. M Martin. Iquitos, PE. Agencia Española de Cooperación Internacional. 20 p.
- Reyna R, N; Tasaico T, H. 1993. Agua de neblina, un potencial hídrico para zonas áridas. Lima, PE. Lima, INIA.35 p. (Serie Manual no. 15 - 93).
- Schemenauer, RS; Cereceda, P 1994. A Proposed Estándar Fog Collector for Use in High-Elevation Regions (en línea). Journal of Applied Meteorology 33: 1313-1322. Consultado 20 ago. 2015. Disponible en: <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0450%281994%29033%3C1313%3AAPSFCF%3E2.0.CO%3B2>
- Severiche Sierra, CA; Castillo Bertel, ME; Acevedo Barrios, RL. 2013. MANUAL DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS BÁSICOS EN AGUAS (en línea). Cartagena, CO. Consultado el 1 de feb. 2016. Disponible en <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
- Sierra Ramírez, CA. 2011. Calidad del agua: Evaluación y Diagnostico. Ed. LD López Escobar. 1 ed. Bogotá, CO. Ediciones de la U. 457 p.
- Solsona, F; Méndez, JP. 2002. Desinfección del agua (en línea). Lima, OPS/CEPIS. Consultado 26 feb. 2016. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/fulltext/libro.pdf>
- Spellman, FR; Drinan, J. Manual de Agua Potable. Trad. A. Berga. Zaragoza, ES. Acribia S.A. 255 p.
- SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, PE). 2013. Las EPS y su desarrollo 2013: Datos 2012 (en línea). Lima, PE. Consultado 3 mar. 2016. Disponible en: [http://www.sunass.gob.pe/doc/eps\\_desarrollo\\_2013.pdf](http://www.sunass.gob.pe/doc/eps_desarrollo_2013.pdf)

- UNATSABAR (Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del área rural). 2003. Especificaciones Técnicas: Captaciones de agua de lluvia para consumo humano (en línea). Lima, OPS. Consultado el 5 de feb. 2016.. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cosude/i.pdf>
- UNICEF (El Fondo para la Infancia de las Naciones Unidas, US); OMS (Organización Mundial de la Salud, CH). 2015. 25 years Progress on Sanitation and Drinking Water: 2015 Update and MDG Assessment (en línea). Nueva York, US. Disponible. Consultado el 15 de oct. 2016. en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/177752/1/9789241509145\\_eng.pdf?ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/177752/1/9789241509145_eng.pdf?ua=1)
- Urbanarbolismo, ES. s.f. Captadores de niebla Urbanarbolismo (en línea). San Vicente de Raspeig, ES. Consultado 5 mar. 2016. Disponible en: <http://www.urbanarbolismo.es/blog/captadores-de-niebla-urbanarbolismo/>
- Vega B, VR. 2009. Implementación de filtros bioarena para mejorar la calidad de agua para consumo humano en la “Asociación de Pobladores 27 de Junio – Ñaña”. Tesis Lic. Ing. Agrícola. Lima, Perú, UNALM. 110p.
- Vidal Henao, SM. 2010. Evaluación de la Efectividad del Filtro a Base de Arcilla y Plata Coloidal en la Potabilización del Agua, medida por Pruebas Físicoquímicas y Microbiológicas (en línea). Pereira, CO. Consultado 25 ago. 2015. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2086/628352V648.pdf;jsessionid=A06E3E514ABAFEDCF01738820D488A6A?sequence=1>

## **CAPITULO IX ANEXOS**

### **ANEXO 1: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DEL REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE DIGESA**

**Tabla 13: Límites Máximos Permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

FUENTE: DIGESA 2010

**Tabla 14: Límites Máximos Permisibles de parámetros de Calidad organoléptica.**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL <sup>-1</sup>	1 000
8. Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoníaco	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13. Manganeso	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200



UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

FUENTE: DIGESA 2010

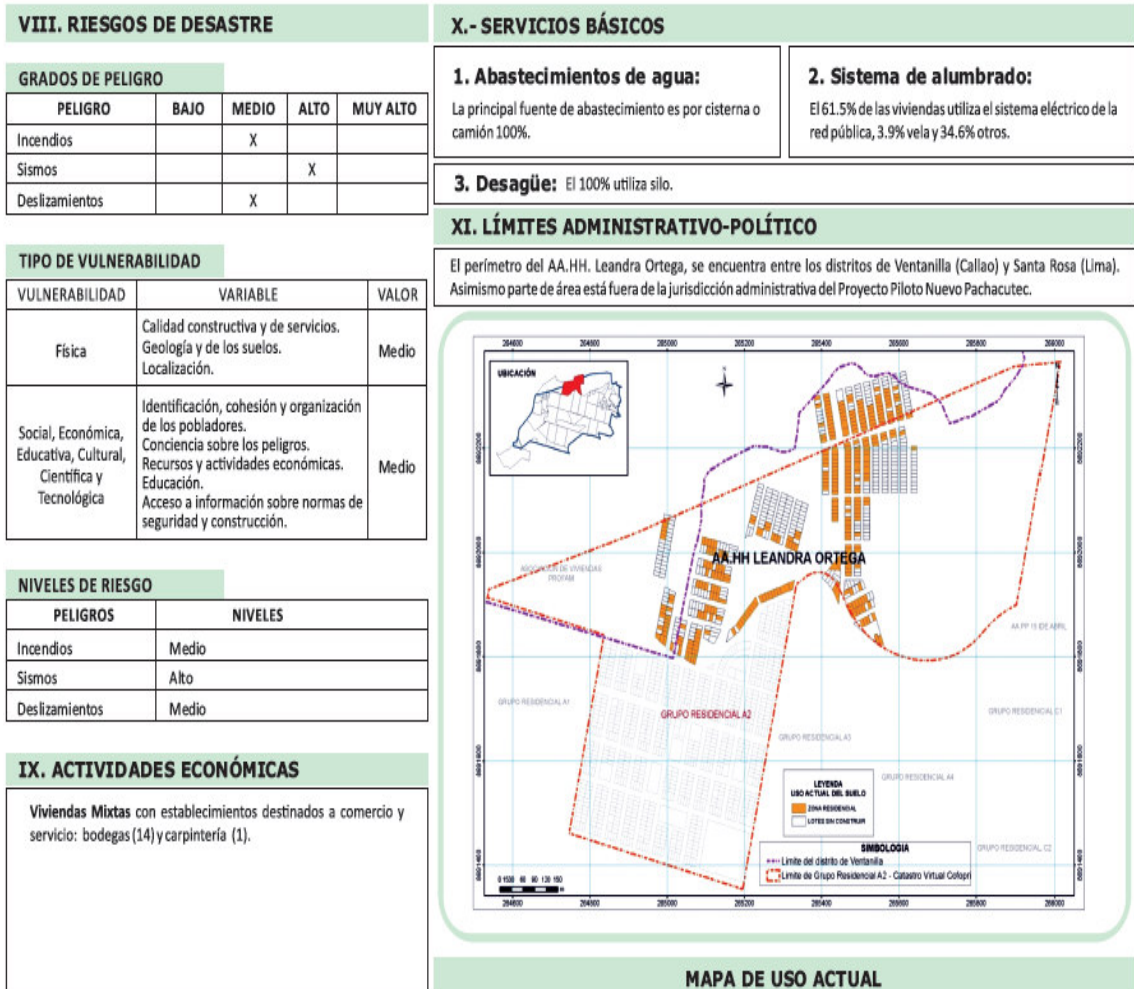
**ANEXO 2: PROYECTO PILOTO NUEVO PACHACUTEC – 2012**



FICHA N° 03		PROYECTO PILOTO NUEVO PACUACUTEC		GRUPO RESIDENCIAL A2 AA.HH. LEANDRA ORTEGA ESPINOZA	
	Superficie:	259,867.00 m <sup>2</sup>		III.- EQUIPAMIENTO URBANO:	
	N° Lotes	641	N° Manzanas	45	<b>SALUD:</b> El Centro de Salud "03 de Febrero" de Pachacutec, es el más cercano.
<b>II.- CARACTERÍSTICAS DE LAS EDIFICACIONES:</b>					
Material Predominante en Muros (%)					
Ladrillo	0.6	Madera	96.5	<b>EDUCACIÓN:</b> La I.E. Pachacutec N° 5130, es la más cercana.	
Estera		Otro	2.9	<b>RECREACIÓN:</b>	
Material Predominante en Techos (%)					
Calamina	96.4	Madera	0.4	<b>OTROS:</b>	
Concreto	0.3	Otro	2.9	<b>IV.- SANEAMIENTO FÍSICO LEGAL:</b>	
Condición de Ocupación (%)					
Ocupada	92.9	Desocupada	4.5	Cuenta con Reconocimiento Municipal Resolución Gerencial N° 006-2011/MDV-GAH. Se desarrolla sobre parte de los terrenos de los Grupos Residencial A2 y C4.	
En construcción	2.6			<b>V.- CONFLICTO DE USO:</b>	
N° de Pisos Predominante: 1 piso (100 %)					
<b>I.- CARACTERÍSTICAS GENERALES:</b>				<b>VI.- GRADO DE CONSTRUCCIÓN:</b>	
<b>ACCESIBILIDAD:</b> Tiene acceso por la vía Calle Punta Sal, Calle 21 y Calle Wiracocha. Tipo de rodadura de las vías: afirmada y trocha.	<b>ZONIFICACIÓN URBANA:</b> De acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano vigente le corresponde: Zona de Recreación Pública (ZRP).			<b>VII.- SECRETARIO GENERAL:</b> Sra. Bethy Lizeth Herrera Limas	
<b>ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA:</b> El área corresponde a las siguientes Unidades Ecológicas Económicas (UEE): - UEE en Proceso de Consolidación Urbana y - UEE de Protección y Conservación de Ecosistemas de Lomas Costeras.	<b>USO ACTUAL:</b> Del total de predios: 95.2% es vivienda, 4.8% vivienda mixta.			<b>VI.- GRADO DE CONSTRUCCIÓN:</b> Bajo (48.4% de lotes edificados).	

**Figura 47: Ficha N°03 de información del AA.HH. Leandra Ortega.**

FUENTE: Oficina Acondicionamiento Territorial de la Región Callao, 2012.

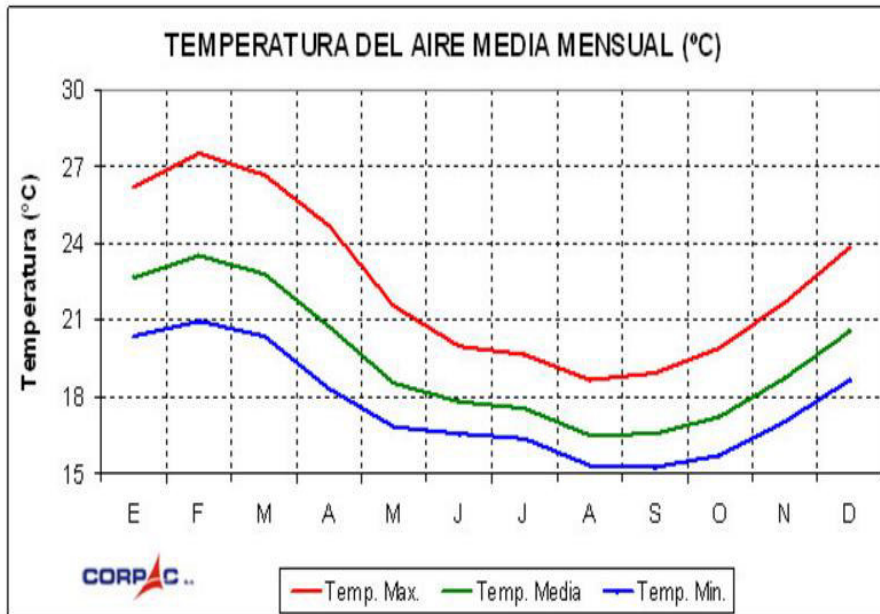


**Figura 48: Ficha N°03 de información del AA.HH. Leandra Ortega.**

FUENTE: Oficina Acondicionamiento Territorial de la Región Callao, 2012.

**ANEXO 3: TABLAS Y RESUMENES CLIMATOLOGICOS DE AERODROMOS  
DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LIMA-CALLAO “JORGE  
CHAVEZ” ENTRE LOS AÑOS 2006-2013.**

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LIMA-CALLAO "JORGE CHAVEZ"  
Periodo: 2006 - 2013

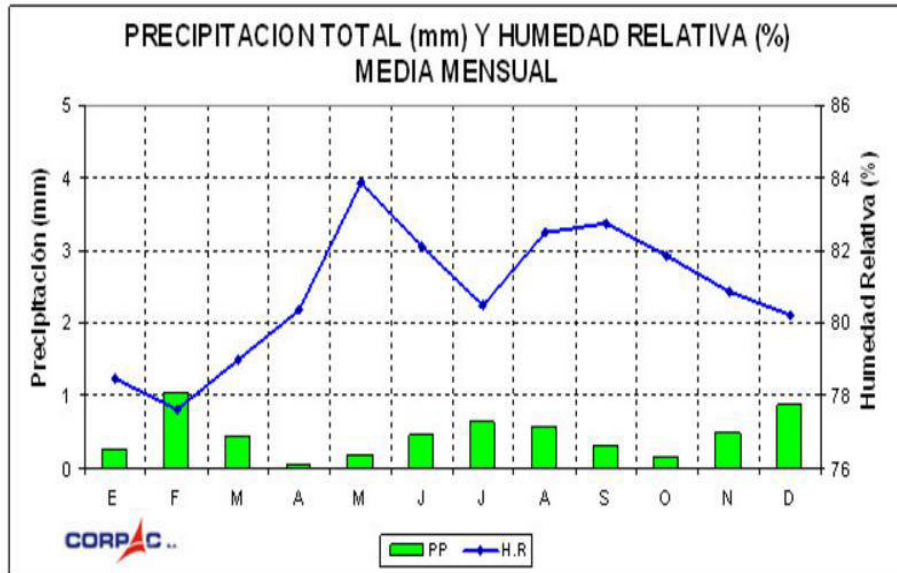


Temperatura máxima, media y mínima : valores mas altos en Verano y mas bajos en Invierno.

**Figura 49: Temperatura del aire media mensual, 2006-2013**

FUENTE: Servicio de Meteorología Aeronáutica – CORPAC S.A., 2015.

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LIMA-CALLAO "JORGE CHAVEZ"  
 Periodo: 2006 - 2013

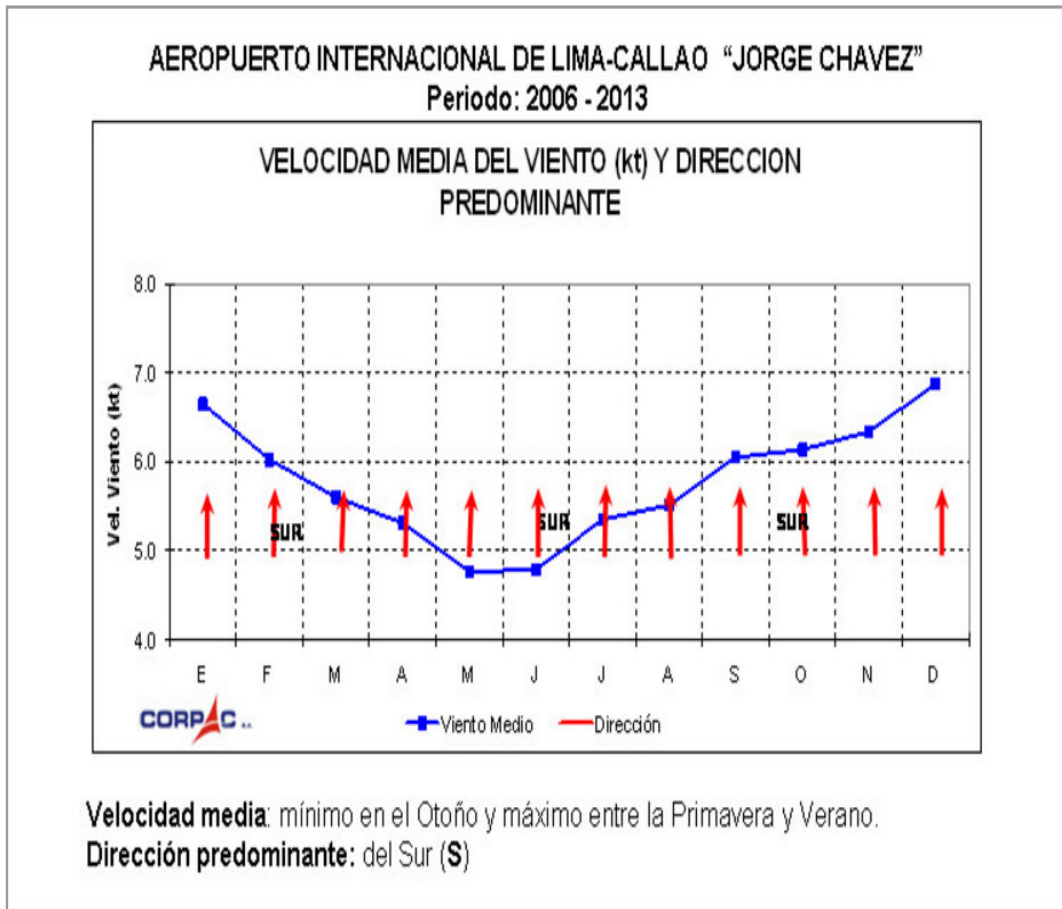


**Humedad relativa:** mayor en Otoño y menor en Verano

**Precipitación:** menores a 1.00 mm en el año; a excepción de febrero, mayor a 1.0 mm.

**Figura 50: Precipitación total (mm) y humedad relativa (%) media mensual, 2006-2013.**

FUENTE: Servicio de Meteorología Aeronáutica – CORPAC S.A., 2015.



**Figura 51: Velocidad media del viento (kt) y dirección predominante, 2006-2013.**

FUENTE: Servicio de Meteorología Aeronáutica – CORPAC S.A., 2015.

**ANEXO 4: LISTA DE MATERIALES PARA LA ELABORACION DE  
NEBLINOMETRO SFC**

**Tabla 15: Materiales necesarios para la construcción de un neblinómetro SFC.**

Materiales					
Nombre	Descripción	Cantidad	Unidad	Descripción	
Neblinómetro	Marco de madera de 1m <sup>2</sup> con malla Raschell	2	Unidad	Liston de madera (sección 2cm x 2cm x 105 cm)	
		2	Unidad	Liston de madera (sección 2cm x 2cm x 100 cm)	
		1	Unidad	Lija	
		0.08	Galón	Barniz marino traslucido	
		1	Unidad	Brocha	
		4	Unidad	Ángulos de metal de 1"	
		4	Unidad	Ángulos de metal de 2"	
		24	Unidad	Tornillos 3/8"	
		1	Unidad	Engrapadora	
		1.33	Paquete	Grapas	
		2	Capas de 1m <sup>2</sup>	Malla Raschell (35% de sombra)	
		2	Unidad	Argollas 2"	
	Canaleta de metal	Canaleta de metal	1	Unidad	Riel de metal 2,5 cm x 6,5 cm x 126 cm
			1	Unidad	Tijera para metal
			1	Unidad	Manga polietileno de baja densidad
	Parante de madera	Parante de madera	2	Unidad	Parante de madera de 4 cm x 4 cm x 3m-4m
	Sistema de sujeción Marco-Canaleta-Parante	Sistema de sujeción Marco-Canaleta-Parante	8	Unidad	Pernos 1,5" x 5/32
			8	Unidad	Huacha de metal 5/32
			8	Unidad	Huacha de gebe 5/32
			8	Unidad	Tuerca 5/32
			4	Unidad	Pernos 5" x 1/4
			4	Unidad	Huacha de metal 1/4
			4	Unidad	Tuerca 1/4
	Sistema de derivación de agua	Sistema de derivación de agua	1	Unidad	Embudo plástico (6cm de diámetro)
			1	Unidad	Manguera 4m (1cm de diámetro interno)
			1	Tira	Pegamento termofusible



Continuación

Nombre	Descripción	Cantidad	Unidad	Descripción
Neblinometro	Sistema de derivación de agua	1	Unidad	Huacha de gebe (manguera de jardín)
		0.33	Rollo	Ducktape
	Sistema de recolección de agua	1	Unidad	Balde 20L de plástico con tapa
		1	Unidad	Jarra 3L de plástico con tapa
	Sistema de tensión (Lomas de Ventanilla)	1	Paquete	Alambre de metal revestido en plástico (20m)
		4	Unidad	Tensores de metal
		4	Unidad	Estacas de madera
		3	Unidad	Palas
	Rotulación	1	Unidad	Plumón Indeleble
		1	Unidad	Etiquetas (Dirección del viento)
		1	Unidad	Micas
	Medición	1	Unidad	Probeta 25mL de vidrio
		1	Unidad	Nivel de ingeniero
		11	Unidad	Formularios para el registro de datos

FUENTE: SUMPA S.A.C.

**ANEXO 5: FORMATO PARA MONITOREO DE VOLUMEN DE AGUA DE  
NEBLINA CAPTADA**

**Tabla 16: Formato para monitoreo de volumen de agua de neblina captada**

**Zona de estudio:** \_\_\_\_\_ **Año:** 2015

**Ubicación:** \_\_\_\_\_

**Registrador 1:** \_\_\_\_\_

**Registrador 2:** \_\_\_\_\_

Registro		Fecha		Hora	Neblinómetro (ml)
N°	Id	Mes	Día		N-A (Sur)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

( A )

( B )

( C )

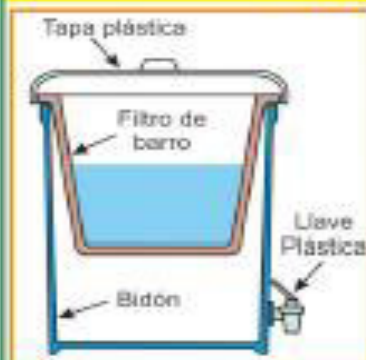
( D )

( E )

FUENTE: Elaboración propia.

## **ANEXO 6: PASOS PARA LA LIMPIEZA DEL FILTRO CERAMICO**

## COMO USAR EL FILTRON



### ¿Va a estrenar su filtrón?

#### 1. La Lavada del **BIDON**

Lávese las manos con jabón.  
Coloque la llave al bidón.  
Eche el agua en el bidón hasta la cuarta parte y coloque 2 cucharas de cloro (o 50 gotas por 5 litros).  
Déjela un rato para desinfectarla.  
Lave el bidón con un paño limpio.  
Use esta agua para lavar la tapa y luego deseché el agua usada a través de la llave para desinfectarla.  
Si no tiene cloro, lave el bidón y la tapa con agua hervida y jabón como se explica arriba.  
Si tiene agua filtrada o hervida enjuague el bidón.



#### 2) Arme su Filtrón

Escoja un lugar seguro para poner el Filtrón. Fíjese que no estorbe y que esté al alcance de todos. Ahí ponga el bidón y coloque con cuidado el filtro de barro sobre el borde del bidón.



3) Para quitarle el sabor a barro al filtro nuevo, llenelo con agua y sáquela por la llave. Repita varias veces hasta que se quite cualquier sabor.



#### 4) Cuele el agua

Si el agua trae basuritas o está terrosa, cuele el agua con un trapo fino y limpio sobre el filtro de barro y lo amarra al borde del bidón.



5) Mantenga el filtro de barro lleno y tapado. El filtro de barro funciona más rápido (uno o dos litros por hora) si lo mantiene lleno.

Recuerda: antes de servir el agua lávese las manos y trastes con jabón.

## Como lavar su filtrón



#### 1) La lavada del filtro

Cuando el agua tarda en pasar por el filtro de barro es señal de que el filtro está sucio y los poros están tapados.

Para lavar:

- No levante el filtro de barro lleno de agua. Espere hasta que el filtro de barro esté vacío y el bidón tenga agua filtrada.
- Lávese las manos con jabón.
- Saque el filtro de barro del bidón y colóquelo sobre un plato lavado con agua filtrada.
- Echele una tasa o más de agua filtrada en el filtro.



- Lave el filtro con un cepillo de lavar ropa por dentro y por fuera para quitarle la suciedad.
- Si al cepillar se sueltan algunos pedacitos de barro, no se preocupe.
- Enjuague el filtro con agua filtrada hasta que esté limpio.

**Aviso: Nunca lave el filtro de barro con cloro ni jabón**



#### 2) La lavada del bidón

Lave el bidón cada mes sólo con agua clorada o con jabón como se explica al inicio.

Una vez terminada la limpieza vuelva a colocar el filtro de barro en el bidón para seguir usándolo.

**Aviso:** El Filtrón funciona bien un año y medio o más. Si después de este tiempo El Filtrón presenta problemas, diríjase al distribuidor local quien le orientará sobre lo que puede hacer.

Figura 52: Pautas para el lavado del filtro cerámico.

**ANEXO 7: REGISTRO DE DATOS DE VOLUMENES CAPTADOS DE AGUA DE  
NEBLINA DURANTE 2015 Y 2016**

**Tabla 17: Registro de datos de volúmenes captados diariamente de agua de neblina durante Octubre 2015**

<b>N°</b>	<b>Id</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>SUR (ML)</b>
1	PAC-02	7/10/2015	9:30	10000
2	PAC-02	8/10/2015	9:30	25.3
3	PAC-02	10/10/2015	11:00	2040
4	PAC-02	11/10/2015	11:00	1010
5	PAC-02	12/10/2015	10:00	1075
6	PAC-02	13/10/2015	4:30	1800
7	PAC-02	14/10/2015	17:00	2000
8	PAC-02	15/10/2015	9:27	2205
9	PAC-02	17/10/2015	15:20	1000
10	PAC-02	18/10/2015	5:20	125

**Tabla 18: Registro de datos de volúmenes captados semanalmente de agua de neblina durante Octubre – Noviembre 2015**

<b>N°</b>	<b>Id</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>SUR (ML)</b>
11	PAC-02	22/10/2015	10:00	10500
12	PAC-02	29/10/2015	10:00	17000
13	PAC-02	5/11/2015	10:00	3000
14	PAC-02	12/11/2015	10:00	3500
15	PAC-02	19/11/2015	10:00	17400
16	PAC-02	26/11/2015	11:00	11300

**Tabla 19: Registro de datos de volúmenes captados diariamente de agua de neblina durante Mayo – Julio 2016**

N°	Id	FECHA	HORA	SUR (ML)
17	PAC-02	1/05/2016	7:00	0
18	PAC-02	2/05/2016	7:30	0
19	PAC-02	3/05/2016	7:00	0
20	PAC-02	4/05/2016	8:00	0
21	PAC-02	5/05/2016	7:00	0
22	PAC-02	6/05/2016	8:00	45
23	PAC-02	7/05/2016	8:00	0
24	PAC-02	8/05/2016	8:00	0
25	PAC-02	9/05/2016	8:00	0
26	PAC-02	10/05/2016	7:00	0
27	PAC-02	11/05/2016	7:00	0
28	PAC-02	12/05/2016	8:00	150
29	PAC-02	13/05/2016	7:00	1350
30	PAC-02	14/05/2016	7:00	0
31	PAC-02	15/05/2016	7:30	0
32	PAC-02	16/05/2016	7:00	0
33	PAC-02	17/05/2016	7:00	0
34	PAC-02	18/05/2016	7:00	250
35	PAC-02	19/05/2016	9:00	200
36	PAC-02	20/05/2016	9:00	2100
37	PAC-02	21/05/2016	9:30	2300
38	PAC-02	22/05/2016	11:00	1100
39	PAC-02	23/05/2016	10:00	1000
40	PAC-02	24/05/2016	10:00	500
41	PAC-02	25/05/2016	9:00	600
42	PAC-02	26/05/2016	9:00	700
43	PAC-02	27/05/2016	9:00	1500
44	PAC-02	28/05/2016	9:00	700
45	PAC-02	29/05/2016	9:00	900
46	PAC-02	30/05/2016	9:00	1150
47	PAC-02	1/06/2016	10:00	1300
48	PAC-02	2/06/2016	10:00	600
49	PAC-02	3/06/2016	10:00	9000
50	PAC-02	4/06/2016	10:00	1500
51	PAC-02	5/06/2016	10:00	2300
52	PAC-02	6/06/2016	10:00	25
53	PAC-02	7/06/2016	10:00	1000
54	PAC-02	8/06/2016	10:00	1100
55	PAC-02	9/06/2016	10:00	700
56	PAC-02	10/06/2016	10:00	100
57	PAC-02	11/06/2016	10:00	2000
58	PAC-02	12/06/2016	10:00	4.2
59	PAC-02	13/06/2016	10:00	1.8



## Continuación

<b>N°</b>	<b>Id</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>SUR (ML)</b>
60	PAC-02	14/06/2016	10:00	700
61	PAC-02	15/06/2016	10:00	7200
62	PAC-02	16/06/2016	10:00	100
63	PAC-02	17/06/2016	10:00	15
64	PAC-02	18/06/2016	10:00	0
65	PAC-02	19/06/2016	10:00	0
66	PAC-02	20/06/2016	10:00	175
67	PAC-02	21/06/2016	10:00	500
68	PAC-02	22/06/2016	10:00	750
69	PAC-02	23/06/2016	10:00	1100
70	PAC-02	24/06/2016	10:00	1600
71	PAC-02	25/06/2016	10:00	50
72	PAC-02	26/06/2016	10:00	200
73	PAC-02	27/06/2016	10:00	1300
74	PAC-02	28/06/2016	10:00	500
75	PAC-02	29/06/2016	10:00	2300
76	PAC-02	30/06/2016	10:00	2550
77	PAC-02	1/07/2016	10:00	1250
78	PAC-02	2/07/2016	10:00	50
79	PAC-02	3/07/2016	10:00	75
80	PAC-02	4/07/2016	10:00	250
81	PAC-02	5/07/2016	10:00	2700
82	PAC-02	6/07/2016	12:08	2400
83	PAC-02	7/07/2016	10:00	10
84	PAC-02	8/07/2016	9:30	1.3
85	PAC-02	9/07/2016	10:00	2600
86	PAC-02	10/07/2016	10:00	500
87	PAC-02	11/07/2016	10:00	1900
88	PAC-02	12/07/2016	10:00	2000
89	PAC-02	13/07/2016	10:55	0
90	PAC-02	14/07/2016	10:00	2100
91	PAC-02	15/07/2016	10:00	5500
92	PAC-02	16/07/2016	10:00	3100
93	PAC-02	17/07/2016	10:00	2800
94	PAC-02	18/07/2016	10:00	1800
95	PAC-02	19/07/2016	10:00	900
96	PAC-02	20/07/2016	13:00	2500
97	PAC-02	21/07/2016	10:00	3100
98	PAC-02	22/07/2016	10:00	3500
99	PAC-02	23/07/2016	10:00	750
100	PAC-02	24/07/2016	10:00	900
101	PAC-02	25/07/2016	10:00	3300
102	PAC-02	26/07/2016	10:00	0
103	PAC-02	27/07/2016	10:00	10
104	PAC-02	28/07/2016	10:00	0
105	PAC-02	29/07/2016	10:00	0

Continuación

<b>N°</b>	<b>Id</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>SUR (ML)</b>
106	PAC-02	30/07/2016	10:00	0
107	PAC-02	31/07/2016	10:00	300

**ANEXO 8: RESULTADOS DE DATOS DE AGUA DE NEBLINA Y AGUA  
FILTRADA**

**Tabla 20: Registro repeticiones de datos de parámetros in situ de agua de neblina – 2015**

<b>Parámetros In Situ - Agua de neblina</b>						
<b>Fecha</b>	<b>Muestra</b>	<b>Repetición</b>	<b>pH</b>	<b>Promedio pH</b>	<b>T</b>	<b>Promedio T</b>
13/10/2015	AN - 01	1	6.3	6.33	19.62	19.65
		2	6.32		19.64	
		3	6.36		19.7	
22/10/2015	AN - 02	1	6.65	6.517	19.5	19.47
		2	6.55		19.5	
		3	6.35		19.4	
29/10/2015	AN - 03	1	6.05	6.117	21.4	21.57
		2	6.1		21.5	
		3	6.2		21.8	
5/11/2015	AN - 04	1	6.35	6.360	19.3	19.30
		2	6.33		19.2	
		3	6.4		19.4	
12/11/2015	AN - 05	1	6.81	6.790	18.6	18.73
		2	6.8		18.6	
		3	6.76		19	
19/11/2015	AN - 06	1	6.65	6.567	19.6	19.77
		2	6.53		20	
		3	6.52		19.7	
26/11/2015	AN - 07	1	6.89	6.847	18	18.03
		2	6.84		18	
		3	6.81		18.1	

**Tabla 21: Medidas estadísticas de los parámetros semanales de agua de neblina – 2015**

AGUA DE NEBLINA										
Fecha	Semana	Muestra	PARAMETROS IN SITU		PARAMETROS DETERMINADOS EN LABORATORIO					
			pH	T (°C)	C (mS/cm)	Turbiedad (NTU)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Color	Dureza (CaCO <sub>3</sub> mg/l)	Sólidos Totales Disueltos
13/10/2015	1	AN-01	6.33	19.65	2.65	20	-	53.92	599.4	2160
22/10/2015	2	AN-02	6.52	19.47	2.62	17.53	-	28.57	295.5	1050
29/10/2015	3	AN-03	6.12	21.57	1.19	17.07	-	35.92	349.3	-
5/11/2015	4	AN-04	6.36	19.30	4.12	24.10	23	-	-	-
12/11/2015	5	AN-05	6.79	18.73	3.88	21.03	540	-	-	-
19/11/2015	6	AN-06	6.57	19.77	1.24	18.80	110	39	319.2	-
26/11/2015	7	AN-07	6.85	18.03	1.40	15.37	350	43.3	330.9	-

N	7	7	7	7	4	5	5	2
Media	6.504	19.502	2.443	19.129	255.75	40.142	378.86	1605
Mediana	6.517	19.467	2.620	18.800	230	39	330.9	1605
Desviacion Estandar	0.260	1.091	1.226	2.891	234.589	9.392	124.82	784.88
CV (%)	3.991	5.595	50.177	15.115	91.726	23.397	32.94	48.9
maximo	6.847	21.567	4.117	24.100	540.000	53.92	500.4	2160
minimo	6.117	18.033	1.193	15.367	23.000	28.57	295.5	1050

**Tabla 22: Registro repeticiones de datos de parámetros in situ de agua de neblina filtrada – 2015**

<b>Parametros In Situ - Agua de neblina filtrada</b>						
<b>Fecha</b>	<b>Muestra</b>	<b>Repetición</b>	<b>pH</b>	<b>Promedio pH</b>	<b>T</b>	<b>Promedio T</b>
29/10/2015	AF-01	1	8.06	8.100	19.84	19.90
		2	8.1		19.9	
		3	8.14		19.96	
6/11/2015	AF-02	1	8	8.083	19	19.000
		2	8.1		18.9	
		3	8.15		19.1	
13/11/2015	AF-03	1	8.14	8.163	20.7	20.567
		2	8.15		20.5	
		3	8.2		20.5	
20/11/2015	AF-04	1	8.35	8.367	19	19.100
		2	8.35		19.1	
		3	8.4		19.2	
27/11/2015	AF-05	1	8.4	8.393	19.6	19.633
		2	8.38		19.6	
		3	8.4		19.7	

**Tabla 23: Medidas estadísticas de los parámetros semanales de agua de neblina filtrada – 2015**

AGUA DE NEBLINA FILTRADA									
Fecha	Semana	Muestra	PARAMETROS IN SITU		PARAMETROS DETERMINADOS EN LABORATORIO				
			pH	T (°C)	C (mS/cm)	Turbiedad (NTU)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Color	Dureza (CaCO <sub>3</sub> mg/l)
29/10/2015	3	AF-01	8.1	19.90	1.25	5.6	-	25	310.9
6/11/2015	4	AF-02	8.08	19.00	4.61	0.49	0	-	-
13/11/2015	5	AF-03	8.163	20.57	4.68	0.89	0	-	-
20/11/2015	6	AF-04	8.37	19.10	1.86	0.35	0	38.2	322.4
27/11/2015	7	AF-05	8.39	19.63	1.75	0.92	0	36.1	338.8

N	5	5	5	5	5	3	3
Media	8.221	19.640	2.831	1.651	0.000	33.100	324.03
Mediana	8.163	19.633	1.857	0.893	0.000	36.100	322.4
Desviacion Estandar	0.148	0.638	1.673	2.222	0.000	7.093	14.02
CV (%)	1.802	3.248	59.100	134.593	0	21.429	4.32
maximo	8.393	20.567	4.683	5.6	0	38.2	338.8
minimo	8.083	19.00	1.25	0.35	0	25	310.9

**Tabla 24: Evaluación de la eficiencia del filtro cerámico en la Turbiedad**

<b>Eficiencia por el uso del Filtro en la Turbiedad</b>			
<b>Semana</b>	<b>Turbiedad AN</b>	<b>Turbiedad AF</b>	<b>Eficiencia</b>
3	17.07	5.60	67%
4	24.10	0.49	98%
5	21.03	0.89	96%
6	18.80	0.35	98%
7	15.37	0.92	94%
<b>Resultado</b>	19.27	1.65	91.4%

**Tabla 25: Evaluación de la eficiencia del filtro cerámico en los Coliformes Fecales**

<b>Eficiencia por el uso del Filtro en los Coliformes Fecales</b>			
<b>Semana</b>	<b>CF AN</b>	<b>CF AF</b>	<b>Eficiencia</b>
4	23.00	0.00	100%
5	540.00	0.00	100%
6	110.00	0.00	100%
7	350.00	0.00	100%
Resultado	255.75	0.00	100.0%

**Tabla 26: Evaluación de la eficiencia del filtro cerámico en el Color**

<b>Eficiencia por el uso del Filtro en el Color</b>			
<b>Semana</b>	<b>Color AN</b>	<b>Color AF</b>	<b>Eficiencia</b>
3	35.92	25.00	30%
6	39.00	38.20	2%
7	43.30	36.10	17%
Resultado	39.41	33.10	16.0%



**ANEXO 9: REGISTRO DE DATOS DE CAUDAL DE FILTRADO DEL FILTRO  
CERAMICO**

**Tabla 27: Determinación de caudal horario del filtro cerámico – 29 octubre 2015**

Fecha	N	Hora	Volumen (ml)	Caudal (ml/h)
29/10/2015	1	1:50 p. m.	0	
	2	2:50 p. m.	750	750
	3	3:50 p. m.	1200	450
	4	4:50 p. m.	1700	500
	5	5:50 p. m.	2100	400
	6	6:50 p. m.	2500	400
	Promedio			

**Tabla 28: Determinación de caudal horario del filtro cerámico por semana**

Fecha	Hora inicio	Hora final	Volumen (ml)	Caudal horario (ml/h)
29/10/2015	1:50 p. m.	9:20 a. m.	8000	410.256
5/11/2015	2:00 p. m.	8:00 a. m.	2000	117.647
12/11/2015	2:30 p. m.	9:00 a. m.	2500	138.889
19/11/2015	2:00 p. m.	11:00 a. m.	8000	400.000
26/11/2015	3:00 p. m.	11:30 a. m.	8000	390.244

**ANEXO 10: RESULTADOS DE LABORATORIO**



**INFORME DE ENSAYO N° 1511506 - LMT**

SOLICITANTE : ANDREA MERINO ADRIAZOLA

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NEBLINA

1511506)

PROCEDENCIA : Pachacutec - Ventanilla  
 TIPO DE ENVASE : Botella de plástico  
 CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 mL aprox.  
 ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado  
 FECHA DE MUESTREO : 2015 - 11 - 05  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2015 - 11 - 05  
 FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2015 - 11 - 05  
 FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2015 - 11 - 10

**RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

Análisis Microbiológico	Muestra 1511506
1Enumeración de coliformes fecales (NMP/100mL)	23

**Método:**

1SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

**Observaciones:**

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio, en muestra proporcionada por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

La Molina, 11 de noviembre del 2015

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe





## INFORME DE ENSAYO N° 1511509 - LMT

SOLICITANTE : ANDREA MERINO ADRIAZOLA

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NEBLINA  
1511509)

PROCEDENCIA	: Pachacutec - Ventanilla
TIPO DE ENVASE	: Botella de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 mL aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO	: 2015 - 11 - 06
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2015 - 11 - 06
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2015 - 11 - 06
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2015 - 11 - 09

### RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Análisis Microbiológico	Muestra 1511509
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes fecales (NMP/100mL)	< 1.8

Nota: El valor < 1.8 indica ausencia de microorganismos en ensayo.

#### Método:

<sup>1</sup>SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

#### Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio, en muestra proporcionada por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

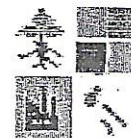
La Molina, 11 de noviembre del 2015

DRA. DORIS ZUÑIGA DÁVILA



Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274  
E-mail: [lmt@lamolina.edu.pe](mailto:lmt@lamolina.edu.pe)



**INFORME DE ENSAYO N° 1511523 - LMT**

**SOLICITANTE : ANDREA MERINO ADRIAZOLA**

**DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO :**

**MUESTRA : AGUA DE NEBLINA**

**1511523)**

**PROCEDENCIA :** Pachacutec - Ventanilla  
**TIPO DE ENVASE :** Botella de plástico  
**CANTIDAD DE MUESTRA :** 01 muestra x 01 und. x 500 mL aprox.  
**ESTADO Y CONDICIÓN :** En buen estado y cerrado  
**FECHA DE MUESTREO :** 2015 - 11 - 12  
**FECHA DE RECEPCIÓN :** 2015 - 11 - 12  
**FECHA DE INICIO DE ENSAYO :** 2015 - 11 - 12  
**FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO :** 2015 - 11 - 14

**RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

Análisis Microbiológico	Muestra 1511523
Enumeración de coliformes fecales (NMP/100ml)	54 x 10.

**Método:**

ISMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221: APHA-AWWA-WEF.

**Observaciones:**

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio, en muestra proporcionada por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

La Molina, 20 de noviembre del 2015

**DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA**

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe





INFORME DE ENSAYO N° 1511532 - LMT

SOLICITANTE : ANDREA MERINO ADRIAZOLA

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NEBLINA FILTRADA  
1511532)

PROCEDENCIA : Pachacutec - Ventanilla.  
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 mL aprox.  
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado  
FECHA DE MUESTREO : 2015 - 11 - 13  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2015 - 11 - 13  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2015 - 11 - 13  
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2015 - 11 - 14

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Análisis Microbiológico	Muestra 1511532
1Enumeración de coliformes fecales (NMP/100mL)	<1.8.

Método:

1SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio, en muestra proporcionada por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

La Molina, 20 de noviembre del 2015

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jeefe del Laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe





## INFORME DE ENSAYO N° 1512542 - LMT

SOLICITANTE : ANDREA MERINO ADRIAZOLA

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA  
(1512539)

PROCEDENCIA	: Pachacutec - Ventanilla
TIPO DE ENVASE	: Botella de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 mL aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO	: 2015 - 11 - 19
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2015 - 11 - 19
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2015 - 11 - 19
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2015 - 11 - 24

### RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Análisis Microbiológico	Muestra 1512539
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes fecales (NMP/100mL)	11 x 10

#### Método:

<sup>1</sup>SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

#### **Observaciones:**

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio, en muestra proporcionada por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

La Molina, 01 de diciembre del 2015

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

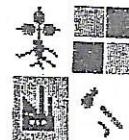
Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: [imt@lamolina.edu.pe](mailto:imt@lamolina.edu.pe)









## INFORME DE ENSAYO N° 1511565 - LMT

SOLICITANTE : ANDREA MERINO ADRIAZOLA

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA  
1511565)

PROCEDENCIA : Pachacutec - Ventanilla  
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 mL aprox.  
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado  
FECHA DE MUESTREO : 2015 - 11 - 26  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2015 - 11 - 26  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2015 - 11 - 26  
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2015 - 11 - 28

### RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Análisis Microbiológico	Muestra 1511565
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes fecales (NMP/100mL)	35 x 10

#### Método:

<sup>1</sup>SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

#### Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio, en muestra proporcionada por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

La Molina, 01 de diciembre del 2015

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: [lmt@lamolina.edu.pe](mailto:lmt@lamolina.edu.pe)





## INFORME DE ENSAYO N° 1511566 - LMT

SOLICITANTE : ANDREA MERINO ADRIAZOLA

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA  
(1511566)

PROCEDENCIA : Pachacutec - Ventanilla  
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 mL aprox.  
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado  
FECHA DE MUESTREO : 2015 - 11 - 27  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2015 - 11 - 27  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2015 - 11 - 27  
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2015 - 11 - 30

### RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Análisis Microbiológico	Muestra 1511566
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes fecales (NMP/100mL)	<1.8

#### Método:

<sup>1</sup>SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

#### Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio, en muestra proporcionada por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

La Molina, 01 de diciembre del 2015

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: [lmt@lamolina.edu.pe](mailto:lmt@lamolina.edu.pe)



## INFORME DE ENSAYO N° 095000-2015

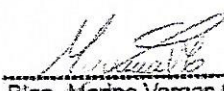
### II. RESULTADOS


Producto declarado		Agua de neblina
Matriz analizada		Agua de neblina
Fecha de muestreo		2015-10-13
Hora de muestreo (h)		12:30
Condiciones de la muestra		Refrigerada/ preservada
Código del Cliente		PAC-02
Código del Laboratorio		SAG 1510124-002
Ensayos	Unidades	Resultados
Color	UCV-Pt-Co	53.92
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub> , mg/L	599.4
Sólidos disueltos totales (TDS)	mg/L	2160

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

(2) Medio de cultivo utilizado R2A, incubación 35°C ± 0.5°C x 48h.

Medición de conductividad y pH, realizada a 25°C.

  
Biga. Marina Vargas Comejo  
Jefe de Laboratorio de  
Microbiología y Parasitología  
C.B.P. N° 10135  
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

  
Quim. Belbeth Y. Fajardo León  
Director Técnico  
C.Q.P. N° 648  
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW) APHA-AWWA-WEF 22nd Edition 2012 - EPA: U.S. Environmental Protection Agency - ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana  
OBSERVACIONES: Esta prestación de retroalimentación depende de que se presente documentación a medida que sea necesario la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Solo se validan datos de muestras referidas en el presente informe.  
Las muestras serán conservadas de acuerdo al protocolo de procedimientos del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario. Dependiendo de la gravedad de la muestra al laboratorio. Página 2 de 3

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

**SAG**

EXPERTS WORKING FOR YOU

## INFORME DE ENSAYO N° 095210-2015


### II. RESULTADOS

Producto declarado	Agua de neblina	
Muestra analizada	Agua de neblina	
Fecha de muestreo	2015-10-23	
Hora de muestreo (h)	13:20	
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ preservada	
Código del Cliente	PAC-62	
Código del Laboratorio	SAG 1510275-001	
Ensayos	Unidades	Resultados
Color	UCV-Pt-Ca	28.57
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub> mg/L	285.5
Sólidos disueltos totales (TDS)	mg/L	1050

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

(2) Medio de cultivo utilizado R2A, incubación 35°C ± 0.5°C x 48h.

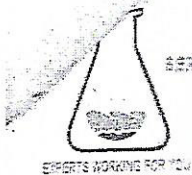
Medición de conductividad y pH realizada a 25°C.

  
**Biga. Marina Vargas Cornejo**  
 Jefa de Laboratorio de  
 Microbiología y Parasitología  
 C.B.P. N° 10135  
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

  
**Quim. Belbeán Y. Fajardo León**  
 Director Técnico  
 C.C.P. N° 648  
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW) - EPA: American Water Works Association (AWWA) Standard 2012 - EPA: U.S. Environmental Protection Agency - ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana  
 OBSERVACIONES: Esta prohibe la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización expresa de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Solo es válido para las muestras referenciadas en el presente informe.  
 Los resultados serán proporcionados al cliente al momento de disponibilidad del resultado analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio. Página 2 de 3

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C.

**SAG**


**INFORME DE ENSAYO N° 095297-2015**

**II. RESULTADOS**

Producto declarado		Agua de neblina	Agua de neblina
Matriz analizada		Agua de neblina	Agua de neblina
Fecha de muestreo		2015-10-29	2015-10-29
Hora de muestreo (h)		11:00	11:00
Condiciones de la muestra		Refrigerada/ preservada	Refrigerada/ preservada
Código del Cliente		PAC-02-TE	PAC-02-FA
Código del Laboratorio		SAG 1510332-001	SAG 1510332-002
Ensayos	Unidades	Resultados	
Color	UCV-Pr-Co	35.92	25.60
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub> mg/L	349.3	310.9

Medición de conductividad y pH realizada a 25°C.

Lima, 05 de Noviembre del 2015

  
**Blga. Marina Vargas Comejo**  
 Jefe de Laboratorio de  
 Microbiología y Parasitología  
 C.B.P. N° 10135  
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

  
**Quim. Belceth Y. Fajardo León**  
 Director Técnico  
 C.Q.P. N° 648  
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; (S&W) APHA-AWWA-WEF 21st Edition 2012 - EPA, U.S. Environmental Protection Agency - ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana  
**OBSERVACIONES:** Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea con la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Solo es válido para las muestras referenciadas en el presente informe.  
 Las muestras serán conservadas de acuerdo al protocolo de conservación de muestras analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado a muestra al laboratorio. Página 2 de 2

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

**SAG**

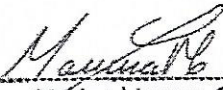
## INFORME DE ENSAYO N° 095750-2015

### II. RESULTADOS

Ensayos	Unidades	Resultados	
Producto declarado		Agua de neblina	Agua de neblina
Matriz analizada		Agua de neblina	Agua de neblina
Fecha de muestreo		2015-11-19	2015-11-19
Hora de muestreo (h)		14:00	14:00
Condiciones de la muestra		Refrigerada/ preservada	Refrigerada/ preservada
Código del Cliente		PAC-02-TE	PAC-02-FA
Código del Laboratorio		SAG1511288/001	SAG1511288/002
Color	UCV-Pt-Co	39.0	38.20
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub> mg/L	319.2	322.4

Medición de conductividad y pH realizada a 25°C.

Lima, 27 de Noviembre del 2015

  
Blga. Marina Vargas Comejo  
Jefe de Laboratorio de  
Microbiología y Parasitología  
C.B.P N° 10135  
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

  
Quím. Blabeth Y. Fajardo León  
Director Técnico  
C.Q.P. N° 648  
Servicios Analíticos Generales S.A.C.



SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C.

**SAG**


## INFORME DE ENSAYO N° 095988-2015

### II. RESULTADOS

Producto declarado		Agua de neblina	Agua de neblina
Matriz analizada		Agua de neblina	Agua de neblina
Fecha de muestreo		2015-12-01	2015-12-01
Hora de muestreo (h)		11:30	11:30
Condiciones de la muestra		Refrigerada/ preservada	Refrigerada/ preservada
Código del Cliente		PAC-02-TE	PAC-02-FA
Código del Laboratorio		SAG1512016/001	SAG1512015/002
Ensayos	Unidades	Resultados	
Color	UCV-Pt-Co	43.3	36.1
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub> mg/L	330.9	338.8

Medición de conductividad y pH realizada a 25°C.

Lima, 16 de Diciembre del 2015

  
Elija. Marina Vargas Comejo  
Jefe de Laboratorio de  
Microbiología y Parasitología  
C.B.P N° 10135  
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

  
Quím. Belbeth Y. Fajardo León  
Director Técnico  
C.Q.P. N° 648  
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW) APHA-AWWA-WEF 22nd Edition 2012 - EPA: U.S. Environmental Protection Agency - ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana  
SERVICIOS: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la supervisión expresa de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Solo es válido para las muestras referidas en el presente. NTP  
Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de conservación del parámetro analizado con un máximo de 30 días contados a partir de haber ingresado la muestra al laboratorio. Pagina 2 de 2

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.