

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**



## **FACULTAD DE INGENIERIA**

### **CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

#### **TRABAJO DE TITULACION**

##### **Título del Proyecto:**

PRESENCIA DE MICROPLASTICO DERIVADO DE LA DEGRADACION DE  
TANQUES DE RESERVA PLASTICOS EN EL AGUA POTABLE DE RIOBAMBA.

##### **Autor:**

Brayan Alejandro Chávez Carrillo

##### **Tutor:**

Ing. Marco Marcel Paredes Msc

**Riobamba – Ecuador**

Año 2019

## REVISIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: “PRESENCIA DE MICROPLASTICO DERIVADO DE LA DEGRADACION DE TANQUES DE RESERVA PLASTICOS EN EL AGUA POTABLE DE RIOBAMBA” presentado por **Chávez Carrillo Brayan Alejandro** y dirigida por: Ing. Marcel Paredes. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, se remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para la constancia de lo expuesto firman:

**Ing. Marcel Paredes**  
Tutor Del Proyecto



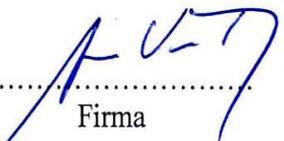
Firma

**Ing. Alfonso Arellano**  
Miembro Del Tribunal



Firma

**PhD. Víctor García**  
Miembro Del Tribunal



Firma

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Ing. Marco Marcel Paredes Herrera**, en calidad de Tutor de Tesis, cuyo tema es: “PRESENCIA DE MICROPLASTICO DERIVADO DE LA DEGRADACION DE TANQUES DE RESERVA PLASTICOS EN EL AGUA POTABLE DE RIOBAMBA”, CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo al Señor **Brayan Alejandro Chávez Carrillo** para que se presente ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente.



Ing. Marcel Paredes Msc.  
**TUTOR DE TESIS**

## **AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN**

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación corresponde exclusivamente a: Brayan Alejandro Chávez Carrillo e Ing. Marco Marcel Paredes Herrera y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



.....  
Brayan Alejandro Chávez Carrillo

**C.I. 060410792-0**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a Dios, a mis padres Jorge y Lilia por estar a mi lado en cada momento de mi vida, apoyándome e impulsándome a seguir adelante por tenerme paciencia y brindarme todo su amor los quiero mucho y quiero decirles que este logro es tan suyo como mío.

A mis hermanos Steeven y Katherine, quienes son mi gran motivo para seguir adelante, esforzándome por lograr nuevas metas y mejorando cada día y lograr ser un ejemplo para ellos, quienes espero que me acompañen en el resto de mi vida.

A mis abuelitos quienes supieron inculcarme buenos valores y costumbres.

A mis amigos por darme su amistad incondicionalmente y saber ser las personas en las que me podía apoyar y de quienes podía esperar un consejo.

*Brayan Alejandro. Chávez Carrillo*

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por darme su apoyo en cada semestre para culminar mi carrera y por enseñarme con el ejemplo que todas nuestras metas y objetivos son posibles de lograr con esfuerzo y dedicación,

A mis hermanos por representar para mí esas ganas de ser mejor, porque han sido, son y serán mi motivación para seguir adelante y de luchar por mis objetivos.

A la Universidad Nacional de Chimborazo y docentes que me han impartido sus doctrinas y han cultivado en mí, el gusto por esta hermosa carrera y de manera especial al Ing. Marcel Paredes por su, esmero y apoyo en la realización y culminación de este trabajo

A mis amigos que de a poco se han convertido en parte de mi familia, con los que he compartido las alegrías y las penas de la carrera y que directa o indirectamente ayudaron a culminar mi etapa universitaria.

*Brayan Alejandro. Chávez Carrillo*

## ÍNDICE:

Resumen.....	X
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo General.....	5
2.2. Objetivo Especifico .....	5
CAPÍTULO I.....	6
3. ESTADO DEL ARTE.....	6
3.1. Tipificación de redes .....	13
CAPÍTULO II.....	15
4. METODOLOGÍA.....	15
CAPITULO III .....	21
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
5.1. Presencia de microplástico Red Maldonado.....	21
5.2. Presencia de microplásticos Red San Martin de Veranillo.....	22
5.3. Presencia de microplásticos Red Yaruquies.....	23
5.4. Presencia de microplásticos Red Piscin.....	24
5.5. Presencia de microplásticos Red San José.....	25
5.6. Presencia de microplásticos Red Tratamiento.....	26
5.7. Presencia de microplásticos Red Recreo.....	27

5.8.	Presencia de microplásticos Red El Carmen. ....	28
5.9.	Presencia de microplásticos Red Saboya.....	29
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	33
6.1.	Conclusiones.....	33
6.2.	Recomendaciones. ....	34
7.	REFERENCIAS.....	35
	Apéndice 1.....	38
	Apéndice 2.....	39
8.	ANEXOS. ....	40
	Anexo 1. Esquema red Maldonado. ....	40
	Anexo 2. Esquema red San Martin Veranillo.....	41
	Anexo 3. Esquema red Yaruquies. ....	42
	Anexo 4. Esquema red Piscin. ....	43
	Anexo 5. Esquema red San José.....	44
	Anexo 6. Esquema red Tratamiento. ....	45
	Anexo 7. Esquema red Recreo. ....	46
	Anexo 8. Esquema red El Carmen.....	47
	Anexo 9. Esquema red Saboya. ....	48
	Anexo 10. Fichas de muestreo.....	49

## Índice de Tablas

Tabla 1: Resumen de los resultados de la estratificación urbanística.....	2
Tabla 2: Proporción de Viviendas que tienen tanques de almacenamiento de agua. ....	3
Tabla 3: Tipos de plásticos .....	9
Tabla 4: Categorías de Exposición (INAMHI). ....	10
Tabla 5: Caracterización física, sustancias inorgánicas y radiactivas del agua potable Norma (INEN 1108).....	12
Tabla 6: Resumen Sectorización y Zonificación redes de distribución.....	13
Tabla 7: Datos, presencia de microplástico en la red Maldonado. ....	21
Tabla 8: Datos, Presencia de microplástico en la red San Martín. ....	22
Tabla 9: Datos, Presencia de microplástico en la red Yaruquies.....	23
Tabla 10: Datos, Presencia de microplástico en la red Piscin. ....	24
Tabla 11: Datos, Presencia de microplástico en la red San José. ....	25
Tabla 12: Datos, Presencia de microplástico en la red Tratamiento. ....	26
Tabla 13; Datos, Presencia de microplástico en la red Recreo.....	27
Tabla 14: Datos, Presencia de microplástico en la red El Carmen.....	28
Tabla 15: Datos, Presencia de microplástico en la red Saboya. ....	29

## Índice de ecuaciones

[ 1] .....	16
------------	----

## Índice de Figuras

Figura 1: Rango de tamaños para la definición de microplásticos. ....	7
Figura 2: Tanque Plástico degradado por la exposición a la intemperie. ....	11
Figura 3: Mapa de redes de distribución en la ciudad de Riobamba. ....	14
Figura 4: Esquema de Metodología Planteada. ....	15
Figura 5: Mapa de Redes e identificación de tanques analizados. ....	18
Figura 6: Materiales y Equipos (Cámara de Flujo Laminar). ....	20
Figura 7: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red Maldonado. ....	21
Figura 8: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red San Martín de Veranillo. .....	22
Figura 9: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red Yaruquies. ....	23
Figura 10: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red Piscin. ....	24
Figura 11: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red San José. ....	25
Figura 12: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red Tratamiento. ....	26
Figura 13: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red Recreo. ....	27
Figura 14: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red El Carmen. ....	28
Figura 15: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red Saboya. ....	29
Figura 16: Mapa con resumen de resultados de presencia de microplásticos para cada red. ....	31

## **Resumen.**

El presente es un estudio exploratorio, mismo con el que se pretende, evaluar la presencia de partículas o fibras de microplásticos derivados de la degradación del polietileno de alta densidad (HDPE), material del que están hechos los tanques de reserva de agua potable que son comúnmente utilizados en la ciudad de Riobamba, este análisis se realizó teniendo una población típica y sobre una muestra representativa, se realizó muestreos del agua contenida directamente en los tanques de reserva, aplicando la norma INEN 1108 Agua Potable. Requisitos. Se filtraron 250 ml de cada una de estas muestras en una cámara de flujo laminar, para luego examinar los filtros con un microscopio visual, aplicando pigmento rosa de bengala sobre estos, para ayudar a la identificación de las partículas o fibras de microplásticos, obteniendo como resultado que todas las muestras pertenecientes a tanques con más de 5 años de vida útil tienen presencia de microplástico.

**Palabras Claves:** Microplástico, Degradación, Reservorios Plásticos, Vida Útil.

## ABSTRACT

The present is an exploratory study, which is intended to evaluate the presence of fibers of micro plastics derived from the degradation of high-density polyethylene (HDPE).

Material from which the drinking water reserve tanks in Riobamba city were commonly made, this analysis was carried out having a typical population, and on a representative sample, sampling of the water contained directly in the reserve tanks was carried out, applying the INEN 1108 Potable Water Standard. Requirements 250 ml of each of these samples was filtered in a laminar flow chamber, to then examine the filters with an optical microscope. Applying pink pigment of flare on these to help the identification of the particles or fibers of micro plastics, obtaining a result that all samples belonging to tanks with more than five years of useful life have the presence of micro plastic.

**KEYWORDS:** Micro plastic, degradation, plastic reservoirs, useful life.

  
SIGNATURE

Reviewed by: Maldonado, Ana

Language Center Teacher



## 1. INTRODUCCIÓN.

Los microplásticos y fibras se encuentran presentes en prácticamente todos los hábitats marinos a lo largo del planeta, el desarrollo de conocimiento sobre los efectos de los microplásticos en la biota marina, arroja que un amplio espectro de organismos marinos ingiere directamente o bien consumen microplásticos por medio de sus presas, lo que provoca trastornos en su alimentación y digestión. Además en casos más extremos estos microplásticos pueden sufrir translocación (transporte del microplástico a través de tejido) al sistema circulatorio y otros órganos (Rojo Nieto & Montoto, 2017).

En estudios publicados por Orb Media en el año 2010, Ocho de cada diez muestras tomadas en zonas de captación superficiales de la red de agua potable, recolectadas en 159 ciudades del mundo, tomando en cuenta lugares en América del Norte, Europa y Asia, determinaron que contienen un elevado porcentaje de microplásticos (Andrady & Neal, 2009).

Actualmente el material más utilizado para las tuberías de conducción de las redes de distribución de agua potable es el Policloruro de vinilo (PVC), así como lo sugiere la norma (NTE INEN 2497, 2009), y se comprobó en investigaciones como la de Bandow, Will, Wachtendorf, & Simon, (2017), que el PVC al igual que otros materiales al estar en contacto permanente con el agua y ser expuesto a medios termo y foto-oxidantes se termina deteriorando y expulsando microplásticos.

En el año 2014, en la ciudad de Wellington-Nueva Zelanda, científicos detectaron que dichas micro esferas de microplástico presente en agua de grifo proveniente de redes de suministro de agua, estas pudiendo transferir sustancias toxicas a nuestro organismo ya que son el vehículos de estas peligrosas sustancias químicas presentes en el agua (Hajibabaei, Nazif, & Tavanaei Sereshgi, 2018).

En Ecuador específicamente en la ciudad de Quito en el año 2012 se analizaron 24 muestras de agua para el consumo humano, resultando que el 75% de las muestras presentan microplástico, y se manifiesta que el principal vehículo de estos contaminantes para llegar a fuentes y reservorios naturales de agua es el aire, dado que el peso de dichas micro esferas es casi despreciable (Wang, Tan, Peng, Qiu, & Li, 2016).

La ciudad de Riobamba en el plan maestro de agua potable 24 horas ejecutado en el periodo 2011 – 2014 de la administración del GAD Municipal de Riobamba, se contempló la utilización de tuberías de PVC, mismo que es un plástico y el constante flujo de agua provoca el desprendimiento de micro plásticos en el agua potable (Bandow et al., 2017).

Actualmente en la ciudad de Riobamba, los tanques de reserva plásticos forman parte de nuestro paisaje urbano, teniendo como antecedente lo expuesto por Carrillo Quintero, (2013), quien estratifico la población de la ciudad en 4 estratos para identificar las utilidades del agua y las formas de almacenamiento de cada estrato, mismos que van desde el A hasta el D siendo el A el más alto y D el más bajo estrato e identificando que el estrato típico es el B como se demuestra en la Tabla 1, donde se define el número de manzanas (Espacio urbano edificado o destinado a la edificación) y el porcentaje que representan en la población los estratos identificados.

*Tabla 1: Resumen de los resultados de la estratificación urbanística*

<b>ESTRATO</b>	<b>NÚMERO DE MANZANAS</b>	<b>%</b>
<b>A</b>	42	2.13
<b>B</b>	1.333	67.66
<b>C</b>	550	27.92
<b>D</b>	45	2.59
<b>TOTAL:</b>	<b>1970</b>	<b>100</b>

**Elaborado por:** Andrea Carrillo, Harrinton Quintero

Además, realizo una relación entre la utilización del agua y los estratos, mediante el cual demuestro que el estrato B utiliza mayormente tanques elevados para el almacenamiento del agua potable tal como se demuestra en la Tabla 2, en la que especifica los medios de almacenamiento que utiliza cada estrato en porcentajes.

*Tabla 2: Proporción de Viviendas que tienen tanques de almacenamiento de agua.*

<b>ALMACENAMIENTO</b>			
<b>ESTRATO</b>	tanque elevado	Cisterna	tanque de lavar ropa
<b>A</b>	35.14%	86.49%	0.00%
<b>B</b>	49.23%	61.54%	0.00%
<b>C</b>	5.56%	6.94%	20.83%
<b>D</b>	0.95%	1.19%	43.00%

**Elaborado por:** Andrea Carrillo, Harrinton Quintero

Los tanques elevados están constituidos esencialmente de polietileno de alta densidad HDPE (High Density Polyethylene) que es un tipo de plástico y se ha demostrado, según la investigación realizada por Bandow et al., (2017), que el polietileno de alta densidad expuesto a condiciones termo-oxidantes y foto-oxidantes, se oxida derivando en su deterioro y desprendimiento de microplásticos hacia el agua.

Además ocurre lixiviación de diferentes sustancias químicas de los tanques de reserva plásticos. Bandow et al., (2017) hace énfasis en que este proceso ocurre más rápidamente al estar en contacto permanente con el agua.

En el estudio realizado por Fuentes, (2018), se identificaron 9 redes de distribución de agua potable para la ciudad de Riobamba y se buscó presencia de microplásticos en los tanques de almacenamiento. Esta búsqueda arrojó como resultado que dentro de las redes de distribución estudiadas no se pudo constatar la presencia de microplásticos en aguas subterráneas, no obstante, se encontró presencia de microplásticos en 3 de los 6 tanques muestreados en la investigación esto debido a la utilización del plástico de invernadero (LDPE) que se implementó en el plan emergente

frente a la caída de ceniza volcánica, mismo que después de cumplir su vida útil (de 2 a 3 años) tiende a cristalizarse y fragmentarse (Fuentes, 2018).

Es necesario ahora conocer el porcentaje de tanques de reserva plásticos que tienen presencia de microplásticos en la ciudad, puesto que el microplástico al llegar al agua potable provoca contaminación del agua de ingesta humana y como consecuencia de estos problemas de salud en la población. (Rojo Nieto & Montoto, 2017).

El agua es el recurso natural más importante para la preservación de la vida en la tierra, por ello es de preocupación mundial protegerla y preservarla para su consumo. Debido a esto se pretende que esta investigación sea utilidad en las distintas Empresas de Agua Potable e Instituciones de Normalización, para que sirva de insumo en la definición de un parámetro permisible sobre la cantidad de microplásticos que se presenta en el agua de consumo humano. Además de conocer el tiempo de vida útil de los tanques de reserva plásticos para las condiciones a las que son expuestos en Riobamba.

## **2. OBJETIVOS.**

### **2.1.Objetivo General**

Conocer la existencia de microplástico en el agua potable de la ciudad de Riobamba que se derive de la degradación de los tanques de reserva plásticos utilizados para el almacenamiento del agua potable.

### **2.2.Objetivo Especifico**

Determinar si la edad de los tanques influye en la presencia de microplásticos en el agua potable.

## CAPÍTULO I

### 3. ESTADO DEL ARTE.

Según resultados de investigaciones realizadas con anterioridad, los hombres deberían consumir 2.5 litros de líquidos al día y las mujeres 2.09 litros correspondientemente. Si estos líquidos incluyen agua del grifo o bebidas que contengan agua del grifo, un hombre consumiría hasta 14 partículas de plástico por día, y una mujer consumiría hasta 10 partículas de plástico al día Watson, & Batt., (1980), estos no son límites de consumo normados, pero ayudaron a encaminar de mejor manera investigaciones sobre microplásticos y su posible afectación a la salud. Estas partículas se suman a los plásticos potencialmente consumidos en otros productos, como la sal marina, la cerveza y los mariscos (Rochman et al., 2015).

La organización “Orb Media”, mediante colaboración con las Universidades de New York y Minnesota, realizó un estudio en 5 continentes, mediante el cual se revelaron micropartículas de plástico en el agua proveniente del grifo en 159 ciudades del mundo, se descubrió que el 83% de las muestras contenían micropartículas o microfibras de plásticos, dichas microfibras de plástico se encuentran presentes en el agua de los grifos de Nueva York, también se descubrieron estas sustancias dentro del agua de grifos en Beirut (Libano), Nueva Delhi (India), Kampala (Uganda), Jakarta (Indonesia) y Quito (Ecuador) (Kosuth, Wattenberg, Mason, Tyree, & Morrison, 2017).

Se presume que el aire es un medio de transporte (el plástico utilizado diariamente se va desgastando), cabe la posibilidad que estas micropartículas o microfibras de plástico (microplástico), sean depositadas sobre fuentes superficiales (Rezaei, Riksen, Sirjani, Sameni, & Geissen, 2019), también se presume la existencia de contaminación por el uso de materiales plásticos en el sistema de dotación de agua potable (Hajibabaei et al., 2018).

Los plásticos son polímeros orgánicos sintéticos resultantes de la polimerización de monómeros extraídos del petróleo o el gas Wang et al., (2016), por lo tanto, tienen una variada composición

química. Según Martines Garcia, (2014), los microplásticos son partículas pequeñas de polímeros como el polietileno (Bolsas plásticas, botellas), poliestireno (Contenedores de alimentos), nylon, plipropileno (Telas) o cloruro de polivinilo (Tuberías plásticas), además existen pequeñas esferas plásticas, que son empleadas en la fabricación de juguetes y almohadas blandas Hoegh-guldberg et al., (2015). La Figura 1 muestra los tamaños de estas partículas plásticas y su clasificación realizada por diferentes autores y organizaciones. Sin embargo, para la presente investigación se planteó el tamaño para el microplástico desde 5mm a 1  $\mu\text{m}$ , según la investigación realizada por (Rojo Nieto & Montoto, 2017).

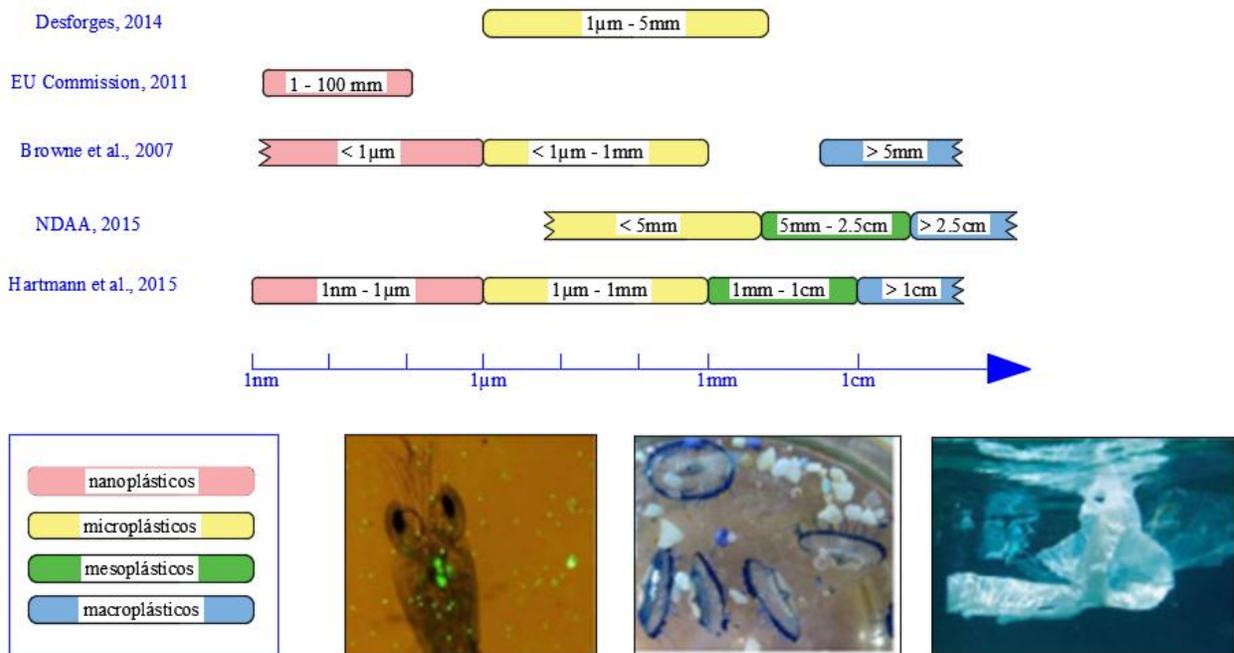


Figura 1: Rango de tamaños para la definición de microplásticos.  
Fuente: Basado en Rojo Nieto & Montoto, 2017

Se considera que el 10% de la basura plástica que se genera termina en el océano, donde representa un peligro tanto para la salud como para el medio ambiente (Wang et al., 2016).

Los plásticos con el paso del tiempo y mediante el efecto de la radiación solar y demás procesos químicos, físicos y biológicos, pierden su resistencia y se fragmentan en partículas sin experimentar alteraciones en su composición química (Bandow et al., 2017).

Es decir, el plástico degradado sigue eminentemente siendo plástico, todos los objetos de plástico que usamos en nuestro día a día pueden convertirse en basuras en cuestión de días, o meses. El volumen potencial de desechos plásticos y especialmente de microplásticos derivados de la degradación de plásticos mayores, es difícilmente calculable (Gross, 2013).

Existen dos denominaciones para los microplásticos tales como:

- 1) Microplásticos primarios, son aquellos microplásticos manufacturados con un tamaño microscópico, destacan entre ellos las microesferas ( $< 500 \mu\text{m}$ ) contenidas en algunos productos cosméticos y también empleados como vectores de medicamentos y además los aplicados en la impresión 3D en forma más reciente. Además de estos existen los pellets, que son partículas de plástico de (2-5 mm), precursores de materiales de plásticos de mayor tamaño. Estos microplásticos primarios suponen un grave problema ambiental, pues tienden a incorporarse tras su uso a la red de alcantarillado, sorteando los sistemas de saneamiento y desembocando en los mares y océanos (Rojo Nieto & Montoto, 2017).
- 2) Microplásticos secundarios, son los microplásticos derivados de la degradación de plásticos de mayor tamaño, después de estar expuestos a condiciones externas como la radiación solar (UV). Esta degradación puede ser de muchos tipos dependiendo de la causa que la genere y lleva asociada la decoloración, erosiones varias en su superficie y el aumento de la fragilidad. En cualquier caso, la fragmentación de estos plásticos mayores constituye una fuente adicional de microplásticos y nanoplásticos al medio, ya sea que tenga lugar antes de ser desechado como el caso de las fibras al lavar la ropa, o bien la que ocurre cuando ya forman parte del medio ambiente y son degradados por diferentes procesos químicos, biológicos y físicos (Rojo Nieto & Montoto, 2017).

Para realizar esta jerarquización de los microplásticos se debe conocer los polímeros más usados, siendo el polietileno de alta densidad, (HDPE) polietileno de baja densidad (LDPE),

policloruro de vinilo (PVC), poliestireno (PS), polipropileno (PP) y polietileno tereftalato (PET), que constituyen entre estos el 90% del plástico producido globalmente (Andrady, 2011).

En la Tabla 3 se muestran estos tipos de plásticos y los productos en los que son empleados.

Tabla 3: Tipos de plásticos

Acrónimo	Nombre completo	Densidad $gL^{-1}$	Productos de plástico	Símbolo
<b>PET</b> <b>(PETE)</b>	Tereftalato de polietileno	1.37	Refrescos, botellas de agua, jugos.	  PETE    PET
<b>HDPE</b> o <b>PEAD</b>	Polietileno de alta densidad	0.94	Jarras de leche, botellas de jugo; botellas de limpieza doméstica; recipientes de mantequilla y yogurt.	 HDPE
<b>PVC</b>	Policloruro de vinilo	1.38	Tuberías, botellas de detergente, botellas de champú, botellas de aceite de cocina.	 PVC
<b>LDPE</b> o <b>PEBD</b>	Polietileno de baja densidad	0.91-0.93	Bolsas de plástico, anillos de seis paquetes, redes, cables de alambre	 LDPE
<b>PP</b>	Polipropileno	0.85-0.93	Cuerdas, tapas de botellas, redes, macetas, carpetas.	 PP
<b>PS</b>	Poliestireno	1.05	Platos y tazas desechables, bandejas de carne, recipientes de almacenamiento.	 PS
<b>Otros</b>			DVD, gafas de sol, iPod y fundas para computadora, carteles, pantallas y nylon.	 OTHER

**Nota.** Fuente: Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>

Ecuador en la Región Interandina en lo que va del año 2019, registro temperaturas del aire que superaron a las normales en 73% de localidades, la temperatura máxima se registró en el valle de

Catamayo con un valor de 33.4°C mientras que la temperatura mínima se presentó en Latacunga con 2.7°C (Instituto Nacional de Meteorología, 2019).

En la ciudad de Riobamba, según datos expuestos por el Instituto Nacional de Meteorología, (2019), se han registrado en el año 2019 índices de exposición UV de hasta 14 puntos, siendo este un valor de exposición extremadamente alto tal como se muestra en la Tabla 4, donde se detalla la valoración de exposición presentada por el propio INAMHI.

*Tabla 4: Categorías de Exposición (INAMHI).*

<b>Categorías de Exposición</b>	
<b>Categoría</b>	<b>Valores</b>
Baja	< 2
Moderada	3 - 5
Alta	6 - 7
Muy Alta	8 - 10
Extremadamente alta	11 +

**Fuente:** (INAMHI) Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

Bandow et al., (2017) en su investigación sobre el envejecimiento de los plásticos, realizó una exposición acelerada de los plástico de su investigación a medios termo-oxidantes y foto-oxidantes, con la que comprobó que los plástico, incluyendo dentro de estos el (HDPE), expuestos a estos medios termo y foto-oxidantes tal como la acción de la intemperie sobre un tanque plástico así como se muestra en la Figura 2, produce el deterioro en partículas y fibras de microplásticos.



*Figura 2: Tanque Plástico degradado por la exposición a la intemperie.*

**Fuente:** Brayan Chávez, imagen obtenida en el desarrollo del muestreo.

Un análisis realizado en Europa por la Association of Plastics Manufacturers, (2018), sobre la manufacturación y el uso de los elementos plásticos en nuestro medio actual, revelo que en la actualidad el plástico forma parte activa de nuestro diario vivir, además de exponer que, en los años 2015 y 2016 se produjeron más de 300 toneladas de plásticos a nivel mundial y además esta investigación constato que si bien un gran volumen de estos plásticos es bio-degradable existe otro porcentaje que no lo es y son estos los que posteriormente derivan en plásticos secundarios que terminan en océanos lagos y ríos.

La calidad del agua potable en Ecuador se garantiza, llevando un control de las características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas, según lo sugerido en la norma INEN 1108 (INEN, 2014), como se muestra en la Tabla 5. En esta tabla se puede observar que no existe valor recomendado para el contenido de microplásticos y dureza permisible en el agua potable.

Tabla 5: Caracterización física, sustancias inorgánicas y radiactivas del agua potable Norma (INEN 1108).

PARAMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
<b><i>Inorgánicos</i></b>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN <sup>-</sup>	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 <sup>1)</sup>
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sup>- 3</sup>	mg/l	50
Nitritos, NO <sup>- 2</sup>	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total $\alpha$ *	Bg/l	0,5
Radiación total $\beta$ **	Bg/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04

Extraído de : (INEN, 2014), INEN 1108 Agua Potable Requisitos.

La ciudad de Riobamba desde la implementación del plan maestro 24 horas ejecutado en el periodo 2011-2014 por el GAD Municipal de Riobamba, utiliza tuberías de PVC en las redes de distribución de agua potable de la ciudad de acuerdo a lo expresado en la norma (NTE INEN 2497, 2009).

### 3.1. Tipificación de redes

De acuerdo al diseño del plan maestro de Riobamba, las redes de distribución de cada sector se conforma por tres niveles de operación, y de acuerdo a lo detallado en el estudio realizado por (Fuentes, 2018), en la Tabla 6 y Figura 3 se definen las redes en la ciudad de Riobamba y se muestra las zonas y sectores urbanos que están dentro de estas redes.

*Tabla 6: Resumen Sectorización y Zonificación redes de distribución.*

<b>Red</b>	<b>Zonas</b>	<b>Sectores</b>
Tratamiento	2	8
Recreo	3	11
wSan José De Tapi	2	16
El Carmen	2	18
Saboya	1	37
Maldonado	3	27
Piscin	3	12
San Martin	1	23
Yaruquies	3	11

**Fuente:** Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba (EP-EMAPAR).

Fuentes, (2018), examinó el agua contenida en los tanques de reserva, en las cabeceras de las redes de distribución, en busca de partículas de microplástico y además en puntos de afluencia dentro de las propias redes.

Este estudio demostró que en las redes de distribución ni en los tanques de reserva existía presencia de microplásticos, no obstante, se encontró presencia de microplásticos en 3 de los 6 tanques muestreados en la investigación esto debido a la utilización del plástico de invernadero (LDPE), mismo que se implementó en el plan emergente frente a la caída de ceniza volcánica, mismo que después de cumplir su vida útil (de 2 a 3 años) tiende a cristalizarse y fragmentarse (Fuentes, 2018).

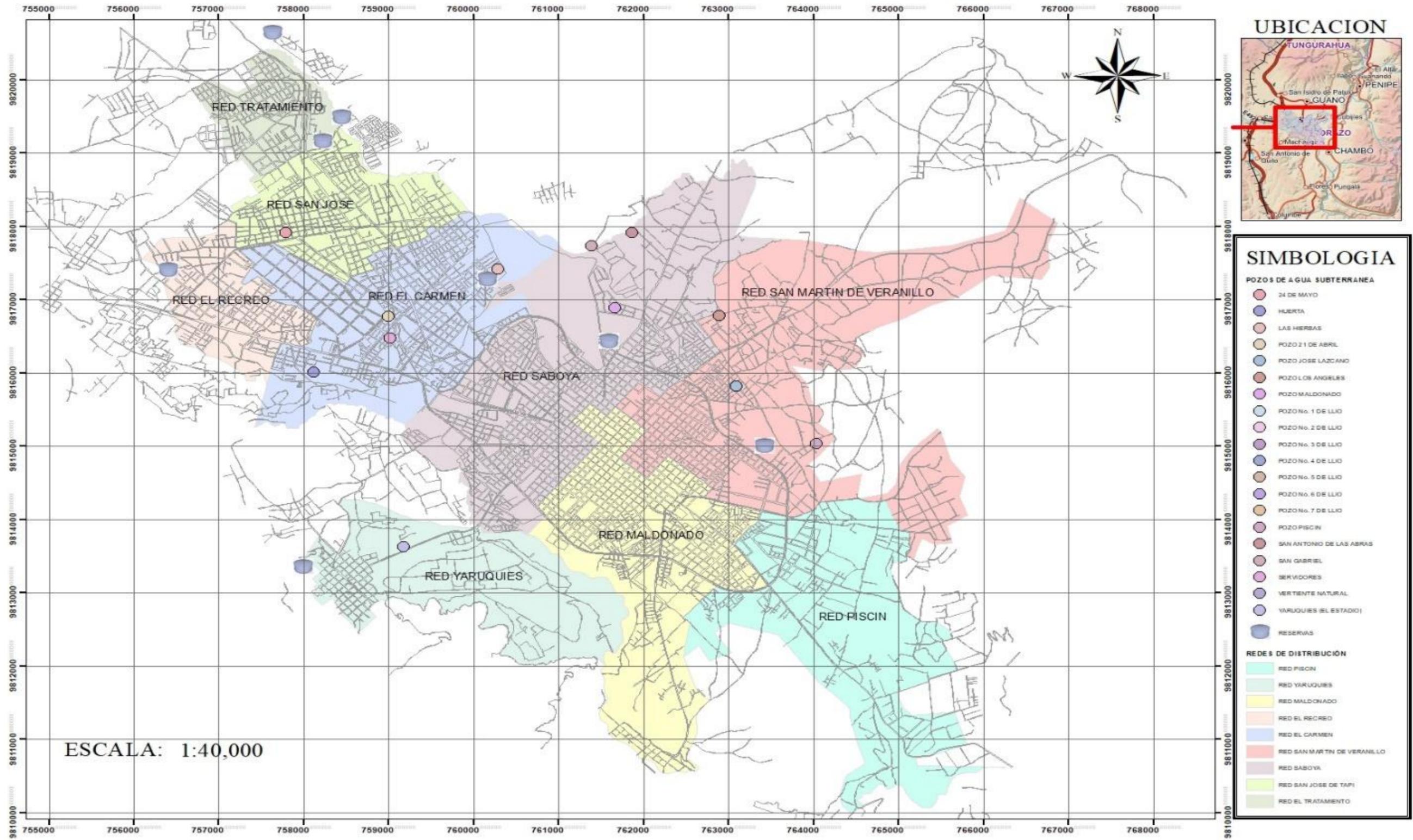
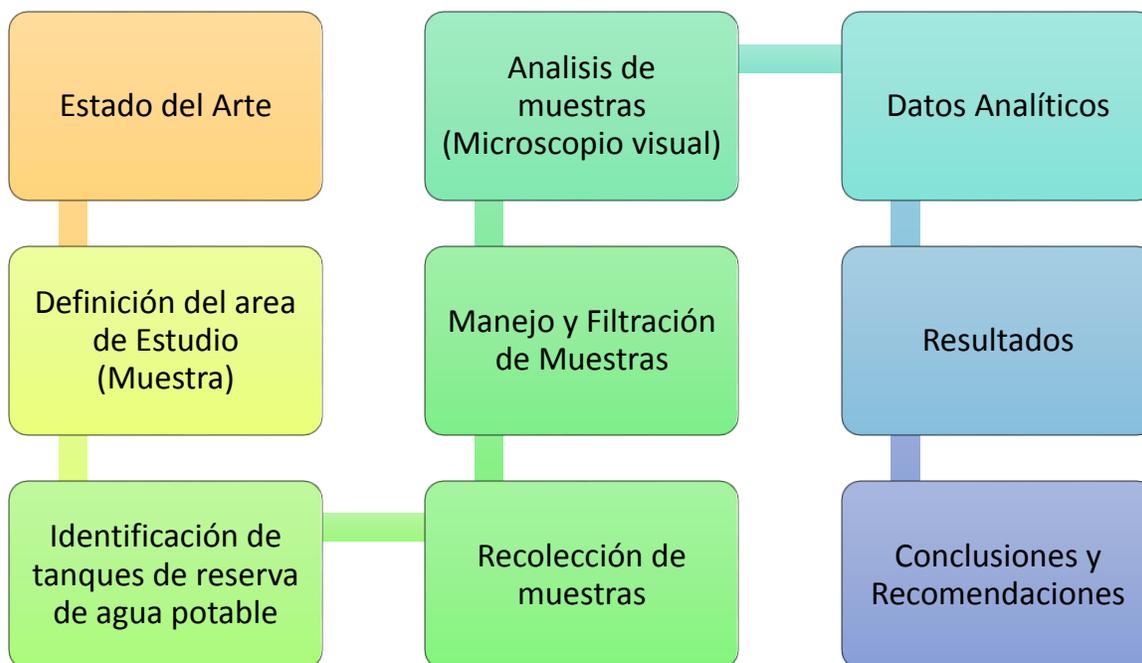


Figura 3: Mapa de redes de distribución en la ciudad de Riobamba.  
Fuente : (Fuentes, 2018).

## CAPÍTULO II

### 4. METODOLOGÍA.

En la Figura 4 se muestra el proceso sistemático seguido para el desarrollo de la investigación.



*Figura 4: Esquema de Metodología Planteada.*

**Elaborado por:** Brayan Chávez

Para la revisión bibliográfica se inició con la búsqueda del Estado del arte, en relación a la existencia de microplásticos en el agua de consumo humano en base de datos como, SCielo, Scopus, Web of Science y Tesis del Repositorio de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Esta búsqueda oriento la investigación para la aplicación de una metodología que permita la visualización de microplásticos en el agua de consumo humano, aseverando que información recolectada es real, actual inédita y aprobada por las distintas organizaciones de investigación.

La búsqueda bibliográfica dio como resultado la selección adecuada, de la metodología a utilizarse para el desarrollo de este estudio tanto como para la toma de muestras como para el

análisis de las mismas, siendo estos métodos los explicados por la norma INEN 1108 y la metodología aplicada para la determinación del número de muestras de (Carrillo Quintero, 2013).

Para la detección de microplásticos se utilizó la metodología utilizada por (Fuentes, 2018). Esta a su vez se basa en estudios de detección por fluorescencia selectiva de (Thomas Maes, Rebecca Jessop, Nikolaus Wellner, 2017) y (Christie-Oleza, 2017), utilizando el rosa de bengala.

El estudio de Fuentes., (2018), sirvió como un punto de inicio habiendo ya definido las redes de distribución, lo que ayudo en gran manera a definir eficazmente el área de muestreo para esta investigación.

El tamaño de la muestra para la investigación se estableció teniendo en cuenta lo aclarado en la investigación realizada por Carrillo Quintero, (2013), quien relacionó el consumo y utilización del agua con los estratos sociales que identifico, estos estratos identificados en su investigación con las letras, A hasta la D, e identifico que el estrato típico era el B y que las personas de este utilizan mayormente tanques de reserva plásticos para el almacenamiento del agua potable destinada a su consumo, en la ciudad de Riobamba.

Según estos datos y el último censo realizado en el País, la población en el 2018 para la ciudad de Riobamba sería de 168545 habitantes, de los cuales la población típica a analizar será del 67.66%, siendo que de esto, solo el 49.23% utiliza tanques de reserva y teniendo en cuenta lo dicho en la investigación de Carrillo Quintero, (2013), una familia típica posee 5 miembros, es decir que por cada 5 habitantes tendríamos un tanque de reserva plástico, esto nos determina una población de tanques de reserva a analizar de 11067 tanques, aplicando la fórmula para el cálculo de la muestra:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + k^2 * p * q} \quad [ 1 ]$$

Se obtiene un tamaño de muestra de 76 tanques, dado que existen 9 redes de distribución de agua potable, se establece tomar 10 muestras de agua por cada red, por lo tanto se toman 90 puntos o muestras, mismos que se pueden ver en la Figura 5, mapa de las redes de distribución donde se marcan los puntos de toma de muestras.

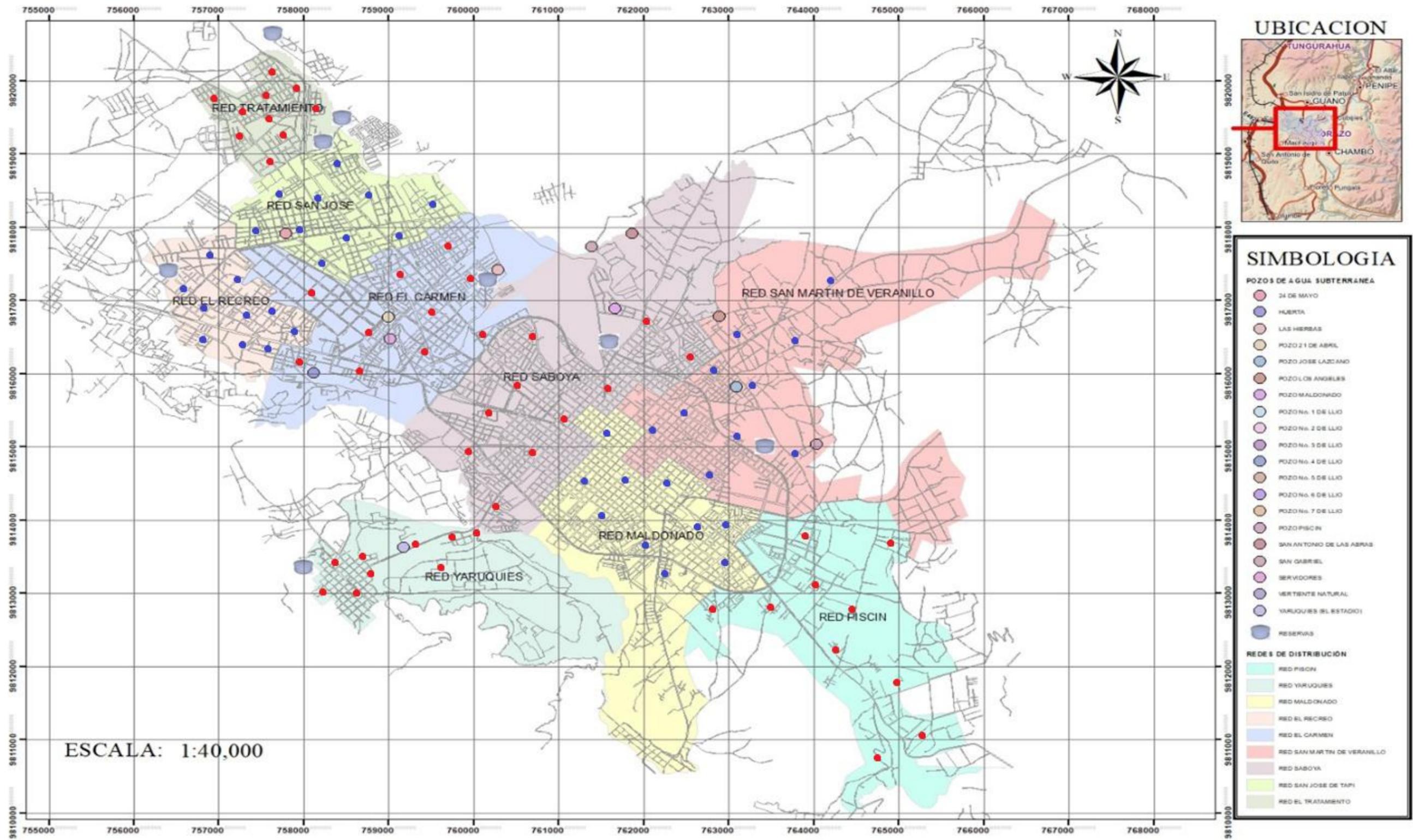


Figura 5: Mapa de Redes e identificación de tanques analizados.  
Fuente : Brayan Chávez editado a partir de (Fuentes, 2018).

Para la toma de muestras se consideró lo establecido en la INEN 1108 (INEN, 2014), la cual manifiesta que “El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods No. 1060)”.

Se utilizó una ficha de campo para cada muestra de agua, a modo de facilitar el levantamiento de datos y verificar de mejor manera los objetivos de esta investigación, en la cual constó, red de distribución en la que se encuentra el tanque del que se extrae la muestra, Tiempo de Utilización del Tanque (Tiempo de Vida), fecha, tipo tanque (Color), como se evidencia en el Apéndice 1.

Según la metodología de muestreo dada por la norma INEN 1108, cada muestra se recogió mecidiendo el agua en el tanque dejando circular el agua para que los microplásticos sedimentados en la base del tanque se dispersen en el agua antes de llenar una botella de HDPE de 1000ml hasta el punto de desbordamiento. El frasco para la muestra de agua se homogenizo por dos ocasiones antes de llenarse por tercera vez y sellarlo.

Tomadas las muestras se continuó con la metodología aplicada por (Fuentes, 2018). Se trabajó en una cámara de flujo laminar la cual se muestra en la Figura 6, para evitar la alteración de las muestras, vertiendo 250ml de agua mediante filtración al vacío a través de un filtro de celulosa de 37mm de diámetro con un tamaño de poro de 2 a 4  $\mu\text{m}$ , posteriormente se colocó el filtro en una caja Petri y añadiendo 1ml de pigmento rosa de bengala (4, 5, 6,7-tetrachloro-2',4',5',7'-tetraiodofluorescein, 200mg l<sup>-1</sup>) ver Apéndice 2. Después de un tiempo de reacción de 5 minutos, se analizó en un Microscopio Visual (iVu 7000. With 7.1 Mpx) con una cámara integrada, en busca de presencia de microplástico mismo que según Rojo Nieto & Montoto, (2017), se establecen en tamaños de 5mm a 1  $\mu\text{m}$ .



*Figura 6: Materiales y Equipos (Cámara de Flujo Laminar).*  
**Fuente:** Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH 2018

Una vez terminado el proceso de filtración y luego de aplicar el pigmento rosa de bengala a los filtros, con ayuda del microscopio visual se revisó minuciosamente recorriendo de izquierda a derecha los filtros, en busca de partículas o fibras de microplásticos, las que fueron más fáciles de reconocer gracias a la previa aplicación del pigmento rosa de bengala, se revisaron los filtros de uno en uno en el microscopio asegurándose de que no sean contaminados siempre manteniendo bien selladas las cajas Petri en las que se los transporta luego del proceso de filtración.

Finalmente se registró el número de filtros con presencia de microplásticos, y las edades de los tanques a los que pertenecían las muestras filtradas en estos, lo que permitió calcular el porcentaje de muestras que presentan microplásticos y facilitó la comprobación del objetivo específico de esta investigación.

### CAPITULO III

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 5.1.Presencia de microplástico Red Maldonado.

En la red Maldonado cuyo esquema se muestra en el Anexo 1. Después de analizar los filtros por los que se pasaron las muestras, se obtuvieron los datos presentados en la Tabla 7.

Tabla 7: Datos, presencia de microplástico en la red Maldonado.

MUESTRA N°	RED	TIPO TANQUE	EDAD	PRESENCIA DE MICROPLASTICO	
				SI	NO
P1	MALDONADO	AZUL	5-10	X	
P2	MALDONADO	NEGRO	5-10	X	
P3	MALDONADO	NEGRO	5-10	X	
P4	MALDONADO	AZUL	10+	X	
P5	MALDONADO	AZUL	10+	X	
P6	MALDONADO	NEGRO	5-10	X	
P7	MALDONADO	AZUL	5-10	X	
P8	MALDONADO	AZUL	10+	X	
P9	MALDONADO	NEGRO	2-5		X
P10	MALDONADO	NEGRO	2-5		X

Elaborado por: Brayan Chávez.



Figura 7: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red Maldonado.

Elaborado por: Brayan Chávez.

## 5.2. Presencia de microplásticos Red San Martín de Veranillo.

En la red San Martín de Veranillo cuyo esquema se muestra en el Anexo 2. Después de analizar los filtros por los que se pasaron las muestras, se obtuvieron los datos presentados en la Tabla 8.

Tabla 8: Datos, Presencia de microplástico en la red San Martín.

MUESTRA N°	RED	TIPO TANQUE	EDAD	PRESENCIA DE MICROPLASTICO	
				SI	NO
P1	SAN MARTIN DE VERANILLO	AZUL	10+	X	
P2	SAN MARTIN DE VERANILLO	AZUL	10+	X	
P3	SAN MARTIN DE VERANILLO	AZUL	2-5		X
P4	SAN MARTIN DE VERANILLO	AZUL	5-10	X	
P5	SAN MARTIN DE VERANILLO	NEGRO	2-5		X
P6	SAN MARTIN DE VERANILLO	NEGRO	5-10	X	
P7	SAN MARTIN DE VERANILLO	NEGRO	5-10	X	
P8	SAN MARTIN DE VERANILLO	AZUL	5-10	X	
P9	SAN MARTIN DE VERANILLO	AZUL	5-10	X	
P10	SAN MARTIN DE VERANILLO	NEGRO	10+	X	

Elaborado por: Brayan Chávez.



Figura 8: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red San Martín de Veranillo.

Elaborado por: Brayan Chávez.

### 5.3. Presencia de microplásticos Red Yaruquies.

En la red Yaruquies cuyo esquema se muestra en el Anexo 3. Después de analizar los filtros por los que se pasaron las muestras, se obtuvieron los datos presentados en la Tabla 9.

Tabla 9: Datos, Presencia de microplástico en la red Yaruquies.

MUESTRA N°	RED	TIPO TANQUE	EDAD	PRESENCIA DE MICROPLASTICO	
				SI	NO
P1	YARUQUIES	NEGRO	2-5		X
P2	YARUQUIES	NEGRO	2-5		X
P3	YARUQUIES	NEGRO	5-10	X	
P4	YARUQUIES	NEGRO	0-2		X
P5	YARUQUIES	AZUL	5-10	X	
P6	YARUQUIES	NEGRO	2-5		X
P7	YARUQUIES	NEGRO	2-5		X
P8	YARUQUIES	AZUL	0-2		X
P9	YARUQUIES	NEGRO	10+	X	
P10	YARUQUIES	NEGRO	5-10	X	

Elaborado por: Brayan Chávez.

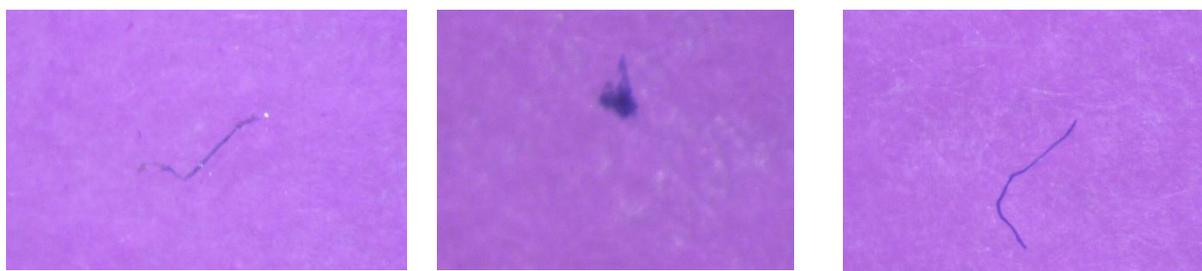


Figura 9: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red Yaruquies.

Elaborado por: Brayan Chávez.

#### 5.4. Presencia de microplásticos Red Piscin.

En la red Piscin cuyo esquema se muestra en el Anexo 4. Después de analizar los filtros por los que se pasaron las muestras, se obtuvieron los datos presentados en la Tabla 10.

Tabla 10: Datos, Presencia de microplástico en la red Piscin.

MUESTRA N°	RED	TIPO TANQUE	EDAD	PRESENCIA DE MICROPLASTICO	
				SI	NO
P1	PISCIN	AZUL	0-2		X
P2	PISCIN	NEGRO	2-5		X
P3	PISCIN	AZUL	0-2		X
P4	PISCIN	NEGRO	2-5		X
P5	PISCIN	NEGRO	5-10	X	
P6	PISCIN	AZUL	5-10	X	
P7	PISCIN	NEGRO	2-5	X	
P8	PISCIN	AZUL	5-10	X	
P9	PISCIN	AZUL	5-10	X	
P10	PISCIN	NEGRO	5-10	X	

Elaborado por: Brayan Chávez.



Figura 10: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red Piscin.

Elaborado por: Brayan Chávez.

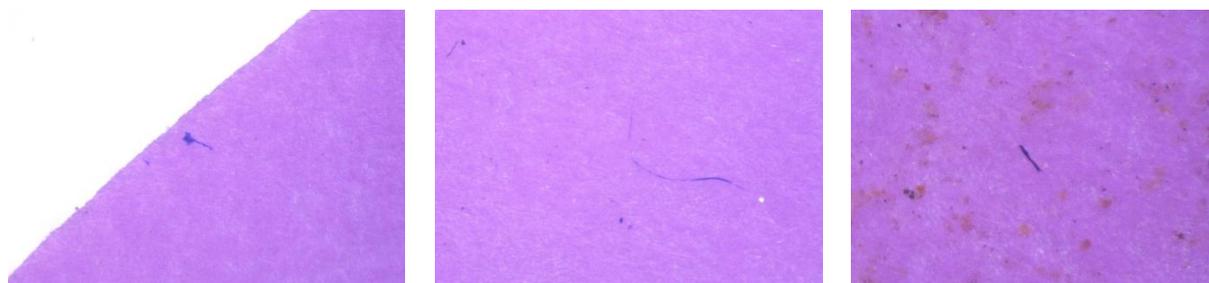
### 5.5. Presencia de microplásticos Red San José.

En la red San José cuyo esquema se muestra en el Anexo 5. Después de analizar los filtros por los que se pasaron las muestras, se obtuvieron los datos presentados en la Tabla 11.

*Tabla 11: Datos, Presencia de microplástico en la red San José.*

MUESTRA N°	RED	TIPO TANQUE	EDAD	PRESENCIA DE MICROPLASTICO	
				SI	NO
P1	SAN JOSE	AZUL	10+	X	
P2	SAN JOSE	AZUL	0-2		X
P3	SAN JOSE	AZUL	10+	X	
P4	SAN JOSE	AZUL	5-10	X	
P5	SAN JOSE	NEGRO	5-10	X	
P6	SAN JOSE	NEGRO	2-5		X
P7	SAN JOSE	NEGRO	5-10	X	
P8	SAN JOSE	NEGRO	5-10	X	
P9	SAN JOSE	NEGRO	5-10	X	
P10	SAN JOSE	AZUL	5-10	X	

**Elaborado por:** Brayan Chávez.



*Figura 11: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red San José.*

**Elaborado por:** Brayan Chávez.

## 5.6. Presencia de microplásticos Red Tratamiento.

En la red Tratamiento cuyo esquema se muestra en el Anexo 6. Después de analizar los filtros por los que se pasaron las muestras, se obtuvieron los datos presentados en la Tabla 12.

Tabla 12: Datos, Presencia de microplástico en la red Tratamiento.

MUESTRA N°	RED	TIPO TANQUE	EDAD	PRESENCIA DE MICROPLASTICO	
				SI	NO
P1	TRATAMIENTO	AZUL	5-10	X	
P2	TRATAMIENTO	NEGRO	5-10	X	
P3	TRATAMIENTO	AZUL	2-5		X
P4	TRATAMIENTO	AZUL	5-10	X	
P5	TRATAMIENTO	NEGRO	5-10	X	
P6	TRATAMIENTO	AZUL	5-10	X	
P7	TRATAMIENTO	NEGRO	5-10	X	
P8	TRATAMIENTO	NEGRO	10+	X	
P9	TRATAMIENTO	NEGRO	2-5		X
P10	TRATAMIENTO	NEGRO	2-5		X

Elaborado por: Brayan Chávez.

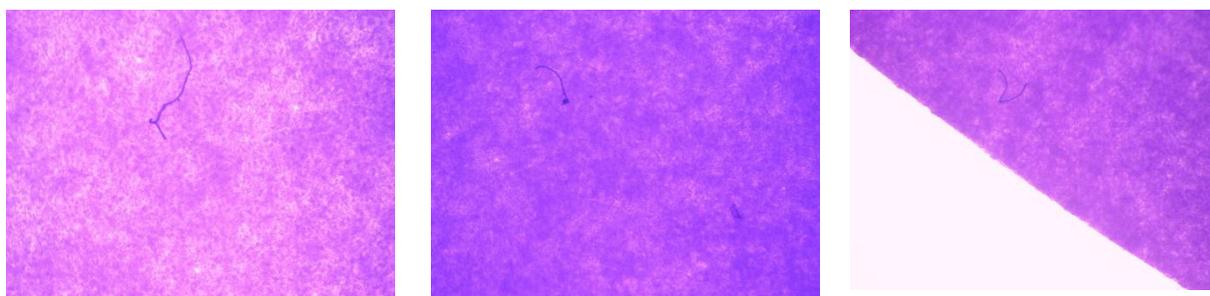


Figura 12: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red Tratamiento.

Elaborado por: Brayan Chávez.

### 5.7. Presencia de microplásticos Red Recreo.

En la red Recreo cuyo esquema se muestra en el Anexo 7. Después de analizar los filtros por los que se pasaron las muestras, se obtuvieron los datos presentados en la Tabla 13.

*Tabla 13; Datos, Presencia de microplástico en la red Recreo.*

MUESTRA N°	RED	TIPO TANQUE	EDAD	PRESENCIA DE MICROPLASTICO	
				SI	NO
P1	RECREO	AZUL	5-10	X	
P2	RECREO	NEGRO	2-5		X
P3	RECREO	NEGRO	0-2		X
P4	RECREO	NEGRO	2-5		X
P5	RECREO	NEGRO	0-2		X
P6	RECREO	NEGRO	2-5		X
P7	RECREO	AZUL	2-5		X
P8	RECREO	AZUL	10+	X	
P9	RECREO	AZUL	0-2		X
P10	RECREO	AZUL	5-10	X	

**Elaborado por:** Brayan Chávez.



*Figura 13: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red Recreo.*

**Elaborado por:** Brayan Chávez.

### 5.8. Presencia de microplásticos Red El Carmen.

En la red El Carmen cuyo esquema se muestra en el Anexo 8. Después de analizar los filtros por los que se pasaron las muestras, se obtuvieron los datos presentados en la Tabla 14.

Tabla 14: Datos, Presencia de microplástico en la red El Carmen.

MUESTRA N°	RED	TIPO TANQUE	EDAD	PRESENCIA DE MICROPLASTICO	
				SI	NO
P1	EL CARMEN	NEGRO	5-10	X	
P2	EL CARMEN	AZUL	10+	X	
P3	EL CARMEN	AZUL	5-10	X	
P4	EL CARMEN	NEGRO	5-10	X	
P5	EL CARMEN	NEGRO	5-10	X	
P6	EL CARMEN	NEGRO	10+	X	
P7	EL CARMEN	AZUL	5-10	X	
P8	EL CARMEN	AZUL	0-2		X
P9	EL CARMEN	AZUL	0-2		X
P10	EL CARMEN	AZUL	2-5		X

Elaborado por: Brayan Chávez.



Figura 14: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red El Carmen.

Elaborado por: Brayan Chávez.

### 5.9. Presencia de microplásticos Red Saboya.

En la red Saboya cuyo esquema se muestra en el Anexo 9. Después de analizar los filtros por los que se pasaron las muestras, se obtuvieron los datos presentados en la Tabla 15.

Tabla 15: Datos, Presencia de microplástico en la red Saboya.

MUESTRA N°	RED	TIPO TANQUE	EDAD	PRESENCIA DE MICROPLASTICO	
				SI	NO
P1	SABOYA	AZUL	2-5		X
P2	SABOYA	AZUL	2-5		X
P3	SABOYA	NEGRO	5-10	X	
P4	SABOYA	AZUL	5-10	X	
P5	SABOYA	NEGRO	5-10	X	
P6	SABOYA	AZUL	10+	X	
P7	SABOYA	AZUL	10+	X	
P8	SABOYA	AZUL	5-10	X	
P9	SABOYA	AZUL	10+	X	
P10	SABOYA	AZUL	5-10	X	

Elaborado por: Brayan Chávez.



Figura 15: Microplástico presente en las muestras de agua potable, Red Saboya.

Elaborado por: Brayan Chávez.

Los datos presentados en las Tablas correspondientes a las redes de distribución, demuestran que el 100% de los tanques con una edad mayor a los 5 años, tienen presencia de microplástico y que los tanques con menos de 5 años no tienen una presencia de microplásticos o tienen una presencia despreciable.

Se demuestra en la Figura 16, la cantidad de tanques de reserva en los que se encontró presencia de microplástico y en los que no.

Como resumen de los resultados el 65.56 % de las muestras tomadas en toda la ciudad, tienen presencia de microplásticos. Y solo el 34.44% no presenta microplástico, cabe aclarar que los tanques con presencia de microplásticos son aquellos que han superado los 5 años de vida útil y los que no presentan microplásticos o tienen una cantidad despreciable de estos, son los que aún no superan este tiempo de vida útil.

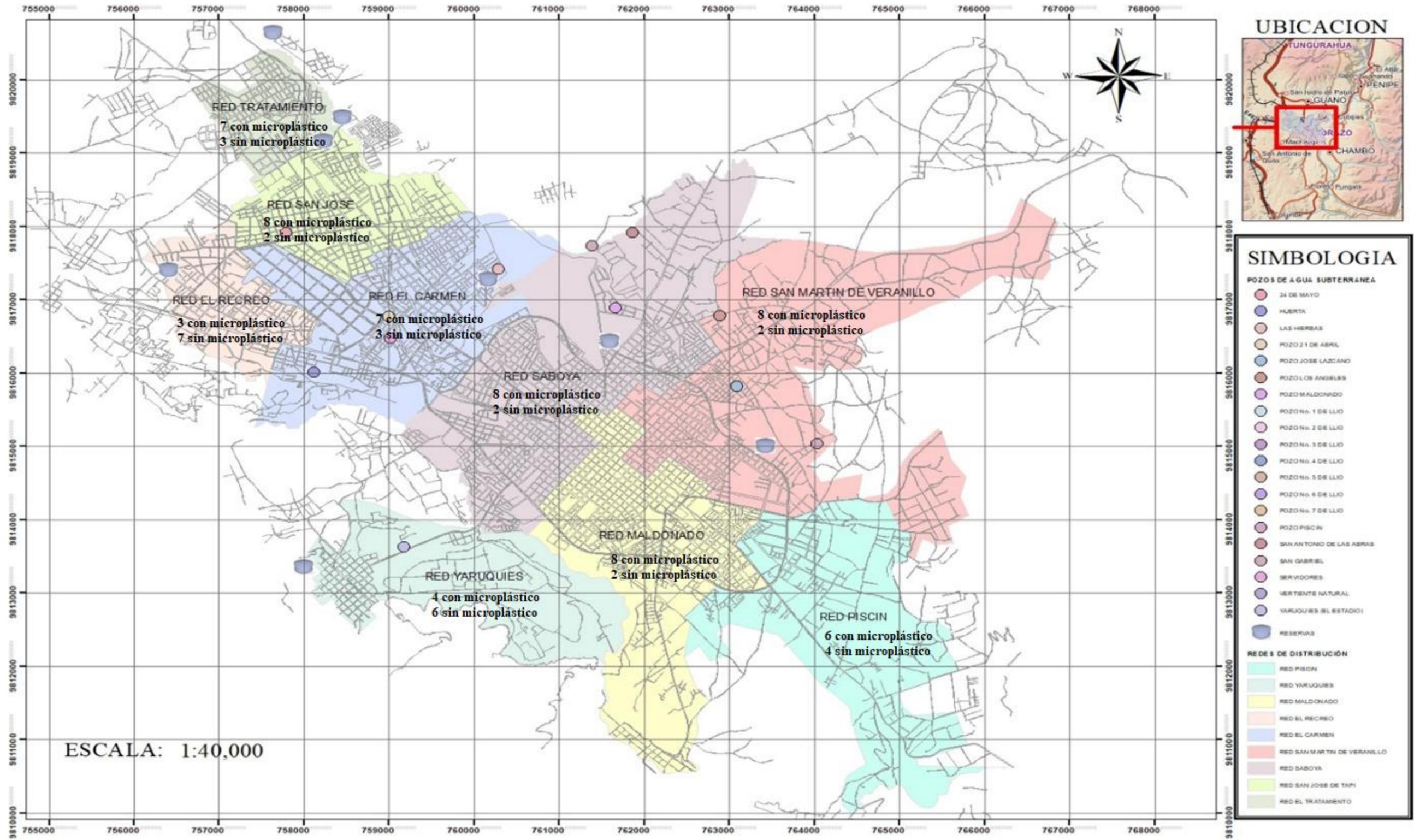


Figura 16: Mapa con resumen de resultados de presencia de microplásticos para cada red.  
Editado : Brayan Chávez a partir de(Fuentes, 2018).

Según los datos revelados después del análisis de los filtros con el microscopio visual se tiene como resultado que la presencia de microplásticos es totalmente evidente en los tanques con una edad mayor a los 5 años, lo que nos deja ver el riesgo que representa no tener un control de esto ya que las empresas nos dicen que la vida útil de los tanques de reserva plásticos es de 10 años, claro está que especifican que esta vida útil se cumpliría siempre que el tanque se encuentre en condiciones óptimas es decir no expuesto a la intemperie.

Los resultados obtenidos por medio de este análisis, se contrastan con lo expuesto por Bandow et al., (2017) estudio en el que se realizó un análisis de plásticos expuestos a un envejecimiento acelerado para representar el envejecimiento que sufren estos plásticos expuestos a la intemperie en la que se demostró que el desgaste de los plásticos, como el HDPE del que están hechos los tanques de reserva plástico PVC, polyvinyl y PS, polystyrene mismos que fueron colocados en tanques de análisis para acelerar su exposición a medios termo y foto-oxidantes hasta por 2000h que con esta exposición acelerada representa una exposición al exterior de 4 meses, y demostró que se degradan y expulsan tanto lixiviados químicos como partículas de microplástico iguales a las presentadas en las imágenes, y se advierte que mientras mayor es el tiempo expuesto a estos medios o condiciones, mayor es la posibilidad de degradación o lixiviación, siendo aún más evidente y veloz al estar en contacto permanente con el agua. Lo que afecta al consumo humano como ya ha sido expuesto por la investigación de (Rojo Nieto & Montoto, 2017).

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **6.1. Conclusiones**

Estos resultados nos dan a bien asegurar que la relación entre la edad del tanque de reserva plástico, es decir su tiempo de uso, vuelve más evidente la presencia de microplásticos en el agua, es decir que mientras más años tenga de uso el tanque será más seguro encontrar microplásticos dentro del agua contenida en estos. En este estudio evidenciamos que a partir de los 5 años de uso de estos tanques ya se tiene una presencia de microplásticos derivados de la degradación del tanque de reserva, esto debido a su exposición a los rayos UV y a las variaciones de temperatura, lo que se contrasta con la investigación realizada por Bandow et al., (2017), en la que se investigó la degradación de los plásticos expuestos a medios termo y foto oxidantes.

La recolección de muestras se realizó de la manera que se recomienda en la normativa y se logró un muestreo eficaz y rápido al implementar la ficha de levantamiento de datos de campo con esta logramos facilitar la inspección de esta investigación en cuanto a los objetivos que esperamos obtener.

La utilización de la cámara de flujo laminar nos aseguró, que la contaminación externa al momento de realizar la filtración de las muestras de agua, sea inexistente, además de que el transporte y manipulación de los filtros de cada muestra se realizó con la ayuda de cajas Petri y no se manipulo la muestra al aire libre en ningún momento previo a la inspección con el microscopio visual.

La identificación de las partículas o fibras de microplástico al momento de revisar los filtros con la ayuda del microscopio visual se tornó más sencilla, puesto que los microplásticos resaltan sobre el color rosa que toman los filtros al ser impregnados con el pigmento rosa de bengala.

El estudio de las muestras expone datos que hacen evidente que los tanques de reserva plásticos al estar expuestos a la intemperie derivan microplásticos hacia el agua potable que almacenan,

además de lixiviar sustancias químicas que forman parte de su composición tales como: Cloro, Calcio, Cobre y Zinc.

## **6.2.Recomendaciones.**

El presente es un estudio exploratorio en el que se analizaron muestras de agua a través de filtros para conocer la presencia de microplásticos presentes en el agua potable, esto se realizó con la ayuda de un microscopio óptico y aplicando pigmento rosa de bengala para, la mejor apreciación de los microplásticos, dicho esto se recomienda que para realizar un análisis más efectivo se puede realizar el análisis de las muestras filtradas, con un espectrómetro de Fourier.

Ya que la presencia de microplásticos resultado de la degradación de los tanques plásticos, a partir de los 5 años de edad es segura, se debería realizar un control más explícito de estos microplásticos, volviéndose recomendable un análisis de la cantidad de microplástico que se deriva hacia el agua a partir de esta edad.

Además de un análisis sobre los efectos que estos microplásticos secundarios tienen sobre la población al ser consumidos, y de ser posible establecer un parámetro de control sobre la cantidad permitida de microplásticos en el agua potable, para que el consumo de esta no sea perjudicial para la salud, ni para la correcta funcionalidad de nuestros servicios de agua potable.

Es necesario además de la presente investigación un análisis de cuál es el efecto de la lixiviación de los químicos sobre la dureza del agua, puesto que durante el desarrollo de esta investigación y más precisamente, al momento de la recolección de muestras se pudo notar que tanques en los que era evidente la degradación, presentaban un color amarillento en el agua.

## 7. REFERENCIAS.

- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Andrady, A. L., & Neal, M. A. (2009). Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1977–1984. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304>
- Association of Plastics Manufacturers. (2018). *Plastics-the Facts 2017 An analysis of European plastics production, demand and waste data*. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.015>
- Bandow, N., Will, V., Wachtendorf, V., & Simon, F. G. (2017). Contaminant release from aged microplastic. *Environmental Chemistry*, 14(6), 394–405. <https://doi.org/10.1071/EN17064>
- Carrillo Quintero, A. (2013). *Indicadores de cantidad y calidad del agua consumida en la ciudad de Riobamba*. Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH).
- Christie-Oleza, G. E.-C. G. G. C. T. A. C.-O. A. (2017). Lost, but found with Nile red; a novel method to detect and quantify small microplastics (20  $\mu\text{m}$ –1 mm) in environmental samples. *Environmental Science and Technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b04512>
- Fuentes, D. (2018). *Microplásticos en el agua potable de la ciudad de Riobamba*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Gross, M. (2013). Plastic waste is all at sea. *Current Biology*, 23(4), R135–R137. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.01.070>
- Hajibabaei, M., Nazif, S., & Tavanaei Sereshgi, F. (2018). Life cycle assessment of pipes and piping process in drinking water distribution networks to reduce environmental impact. *Sustainable Cities and Society*, 43, 538–549. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.09.014>
- Hoegh-guldberg, O., Cai, R., Poloczanska, E. S., Brewer, P. G., Sundby, S., Hilmi, K., ... Jung, S.

- (2015). The Ocean. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1655–1731. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415386.010>
- INEN. (2014). Nte Inen 1108:2014. *Norma Técnica Ecuatoriana*, 10. Retrieved from <http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf>
- Instituto Nacional de Meteorología, I. (2019). Enero 2019 a n a l i s i s c l i m a t o l o g i c o.
- Kosuth, M., Wattenberg, E. V., Mason, S. A., Tyree, C., & Morrison, D. (2017). Synthetic Polymer Contamination in Global Drinking Water. Retrieved from [https://orbmedia.org/stories/invisibles\\_final\\_report](https://orbmedia.org/stories/invisibles_final_report)
- Martines Garcia, A. D. (2014). *Análisis y caracterización de microplásticos presentes en limpiadores faciales y sus impacto sobre el medio ambiente. Evolution*. Universidad Politécnica de Cartagena.
- NTE INEN 2497. (2009). No Title. In *Norma Técnica Ecuatoriana* (2009th ed., p. 17). Quito, Ecuador.
- Rezaei, M., Riksen, M. J. P. M., Sirjani, E., Sameni, A., & Geissen, V. (2019). Wind erosion as a driver for transport of light density microplastics. *Science of The Total Environment*, 669, 273–281. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.382>
- Rochman, C. M., Tahir, A., Williams, S. L., Baxa, D. V., Lam, R., Miller, J. T., ... Teh, S. J. (2015). Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Scientific Reports*, 5(August), 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep14340>
- Rojo Nieto, E., & Montoto, T. (2017). *Basuras marinas , plásticos y microplásticos. España*. Retrieved from <https://www.mapama.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/basuras-marinas->

plasticos-microplasticos.aspx

Thomas Maes, Rebecca Jessop, Nikolaus Wellner, K. H. & A. G. M. (2017). A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red. *Scientific Reports*.

Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q., & Li, M. (2016). The behaviors of microplastics in the marine environment. *Marine Environmental Research*, 113, 7–17.  
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.10.014>

Watson, P. E., Watson, I. D., & Batt, R. D. (1980). Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements. *American Journal of Clinical Nutrition*, 33(1), 27–39.

Apéndice 1.

 <b>Unach</b> UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO <small>Libre por la Ciencia y el Color</small>	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b>						
	FACULTAD DE INGENIERIA						
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL						
<b>DATOS GENERALES</b>							
<b>Region</b>	Sierra						
<b>Provincia</b>	Chimborazo						
<b>Ciudad</b>	Riobamba						
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>							
<b>Muestra N°</b>		<b>Red de A.P</b>					
<b>Fecha</b>							
<b>TIPO DE MUESTRA</b>							
<b>Tipo de tanque</b>	<b>Tanque Azul</b>			<b>Tanque Negro</b>			
<b>Origen de la muestra</b>	<b>EDAD DEL TANQUE (AÑOS)</b>				<b>Tipo de Envase</b>		
	<b>0-2</b>	<b>2-5</b>	<b>5-10</b>	<b>Mas de 10</b>	<b>HDPE</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Otros</b>
<b>FOTOS</b>							
<b>Observaciones:</b>							

## Apéndice 2.

	<b>FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD</b>	Página : 1
		Edición revisada no : 0
		Fecha revisión : 21 / 7 / 2012
		Reemplaza : 0 / 0 / 0
<b>ROSE BENGAL AR</b> <b>MSDS CAS: 000632-68-8</b>		<b>05600</b>

### 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1. Identificador del producto

Nombre comercial : ROSE BENGAL AR  
 Código del producto : 05600  
 Identificación del producto : ROSE BENGAL AR C.I.No.45440  
 N° CAS :632-68-8

#### 1.2. Usos pertinentes conocidos de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Uso : Industrial. Reservado para uso profesional.

#### 1.3. Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Identificación de la Compañía : LOBA CHEMIE PVT.LTD.  
 107 Wode House Road, Jehangir Villa, Colaba  
 400005 Mumbai INDIA  
 Contact: +91 22 6663 6663 / Fax +91 22 6663 6699 / info@lobachemie.com  
 Safety Officer: + 91 98213 31336 / + 91 98214 86040 / safety@lobachemie.com

#### 1.4. Teléfono de emergencia

Número de teléfono : + 91 22 6663 6663 (9:00am - 6:00 pm) [ Horario de oficina ]

### 2. Identificación de los peligros

#### 2.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla

##### Clasificación 67/548 CE o 1999/45 CE

No clasificado.

##### Códigos de clase y categoría de peligro, Reglamento (CE) N° 1272/2008 (CLP)

No clasificado.

#### 2.2. Elementos de la etiqueta

##### Etiquetado 67/548 CE o 1999/45 CE

No clasificado.

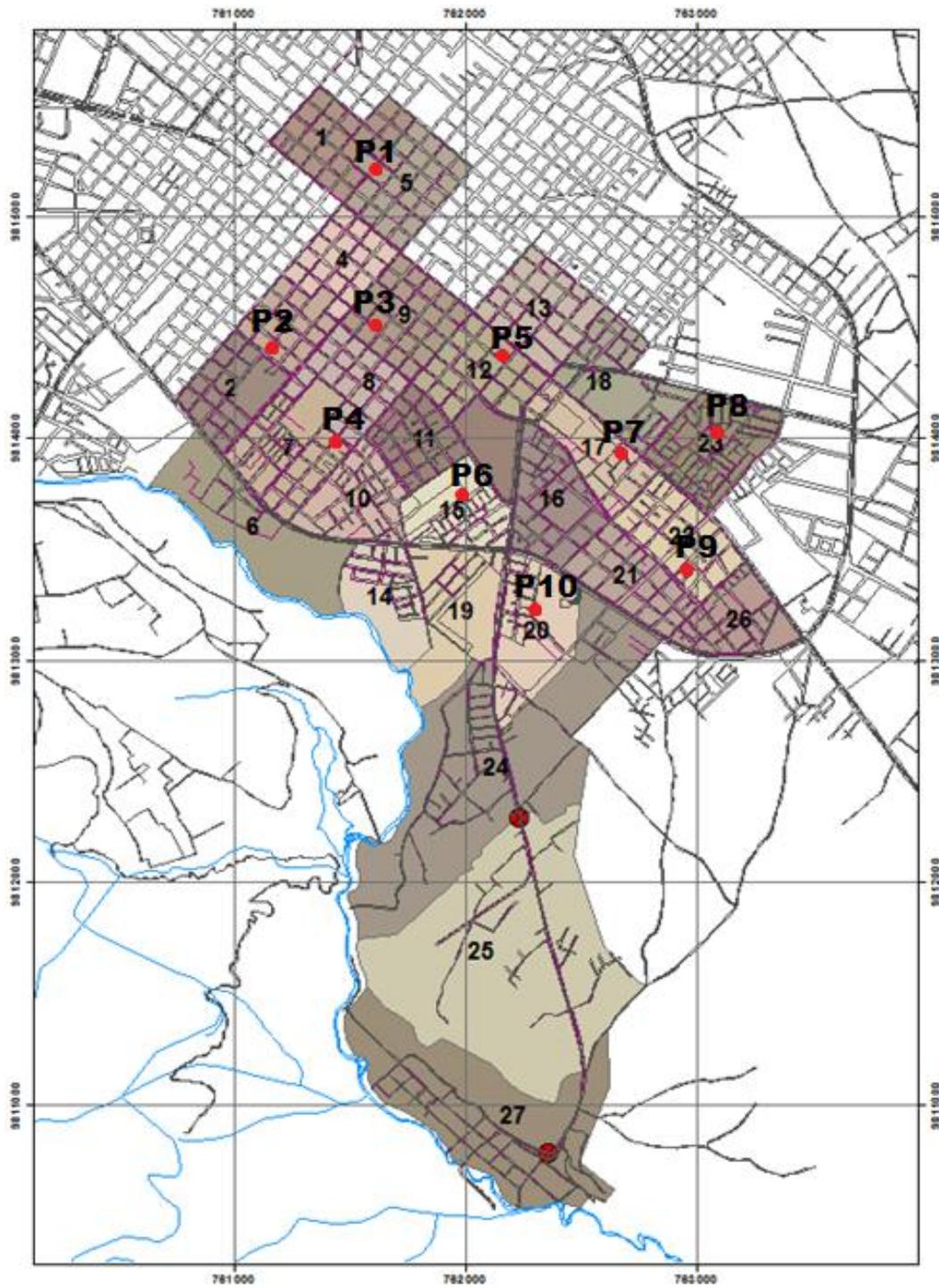
Frase(s) S : S22 : No respirar el polvo.  
 S24/25 : Evitese el contacto con los ojos y la piel.

---

LOBA CHEMIE PVT.LTD.  
 107 Wode House Road, Jehangir Villa, Colaba 400005 Mumbai INDIA  
 Contact: +91 22 6663 6663 / Fax +91 22 6663 6699 / info@lobachemie.com  
 Safety Officer: + 91 98213 31336 / + 91 98214 86040 / safety@lobachemie.com

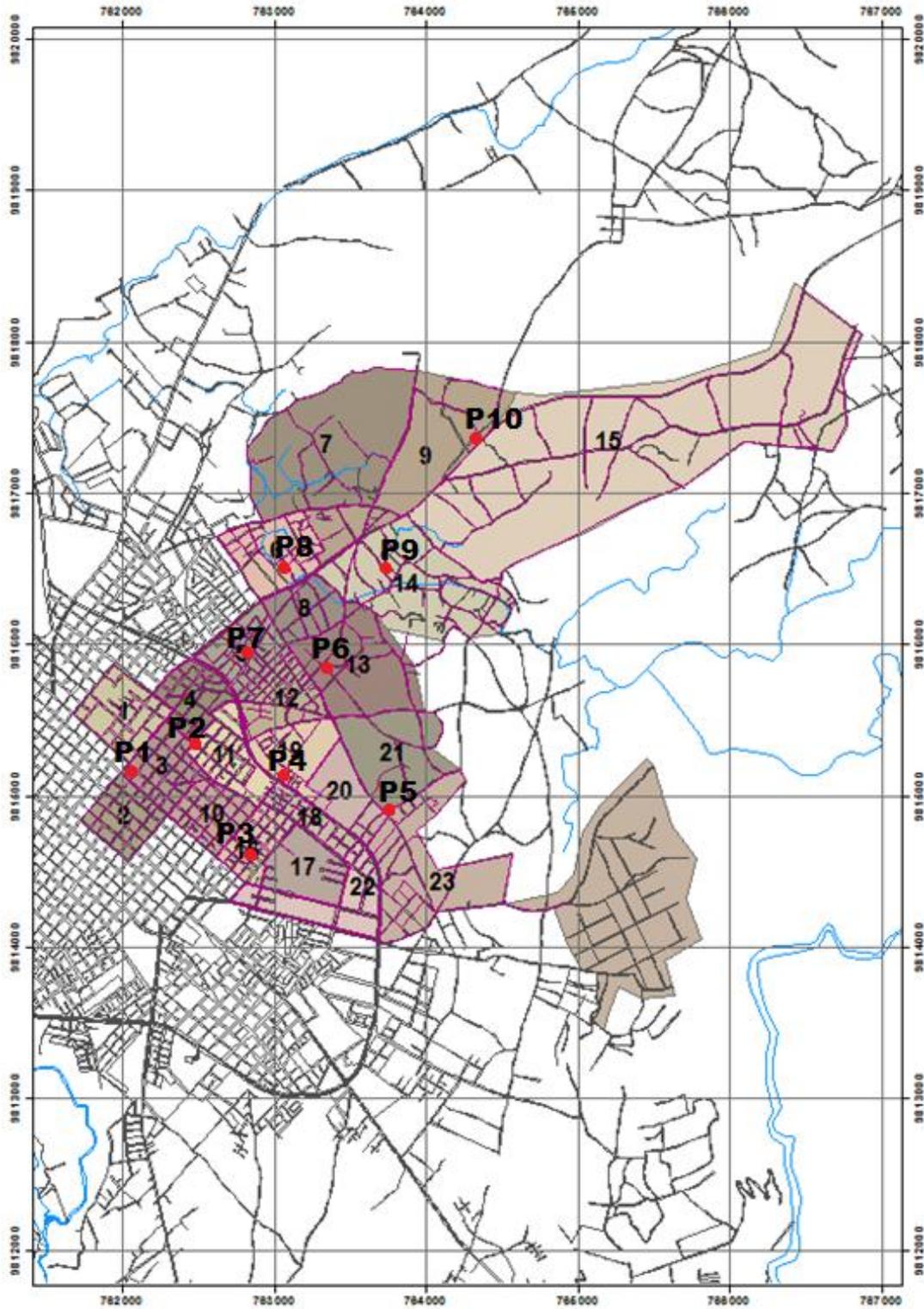
## 8. ANEXOS.

### Anexo 1. Esquema red Maldonado.



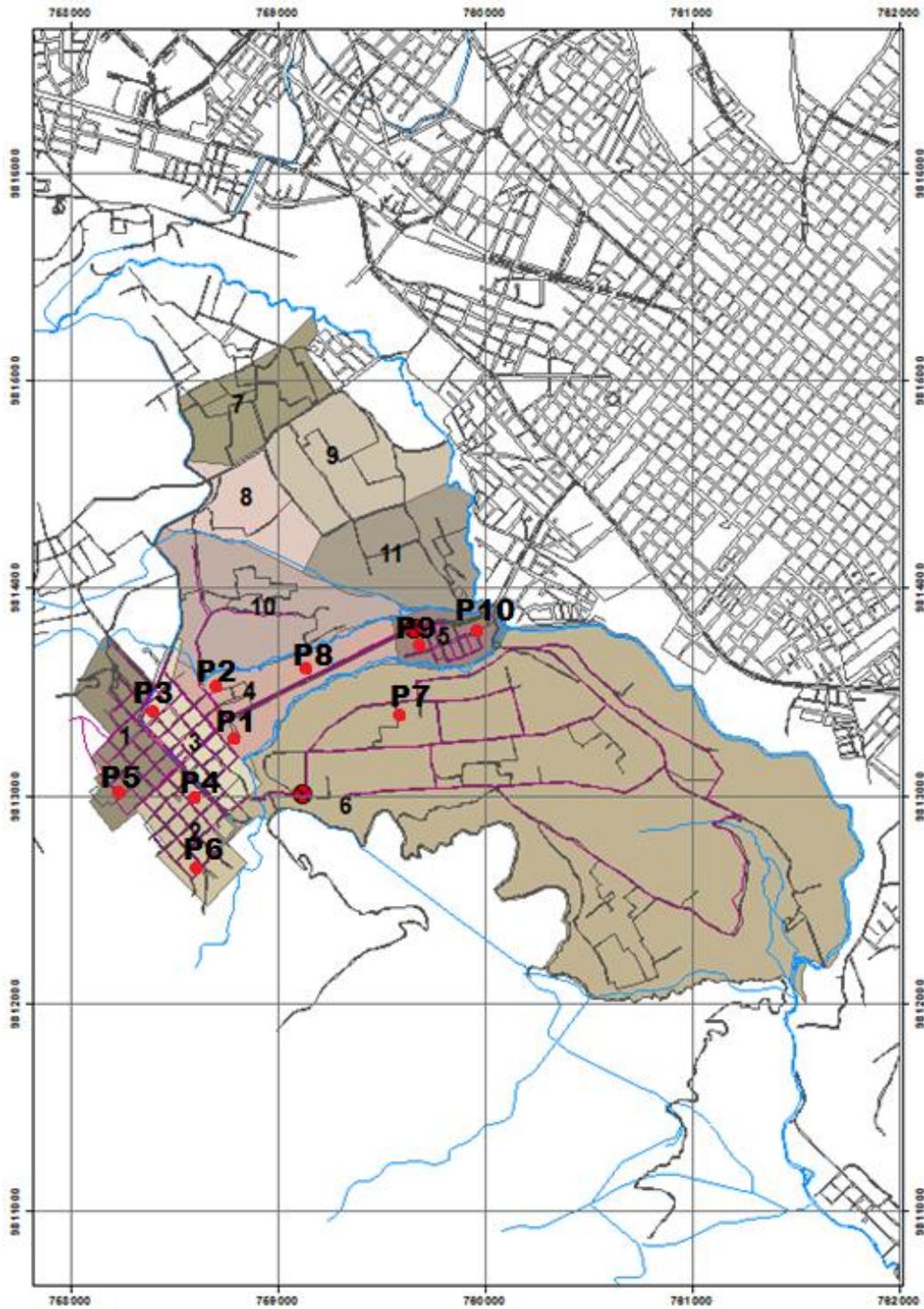
**Fuente:** Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba (EP-EMAPAR)

## Anexo 2. Esquema red San Martín Veranillo.



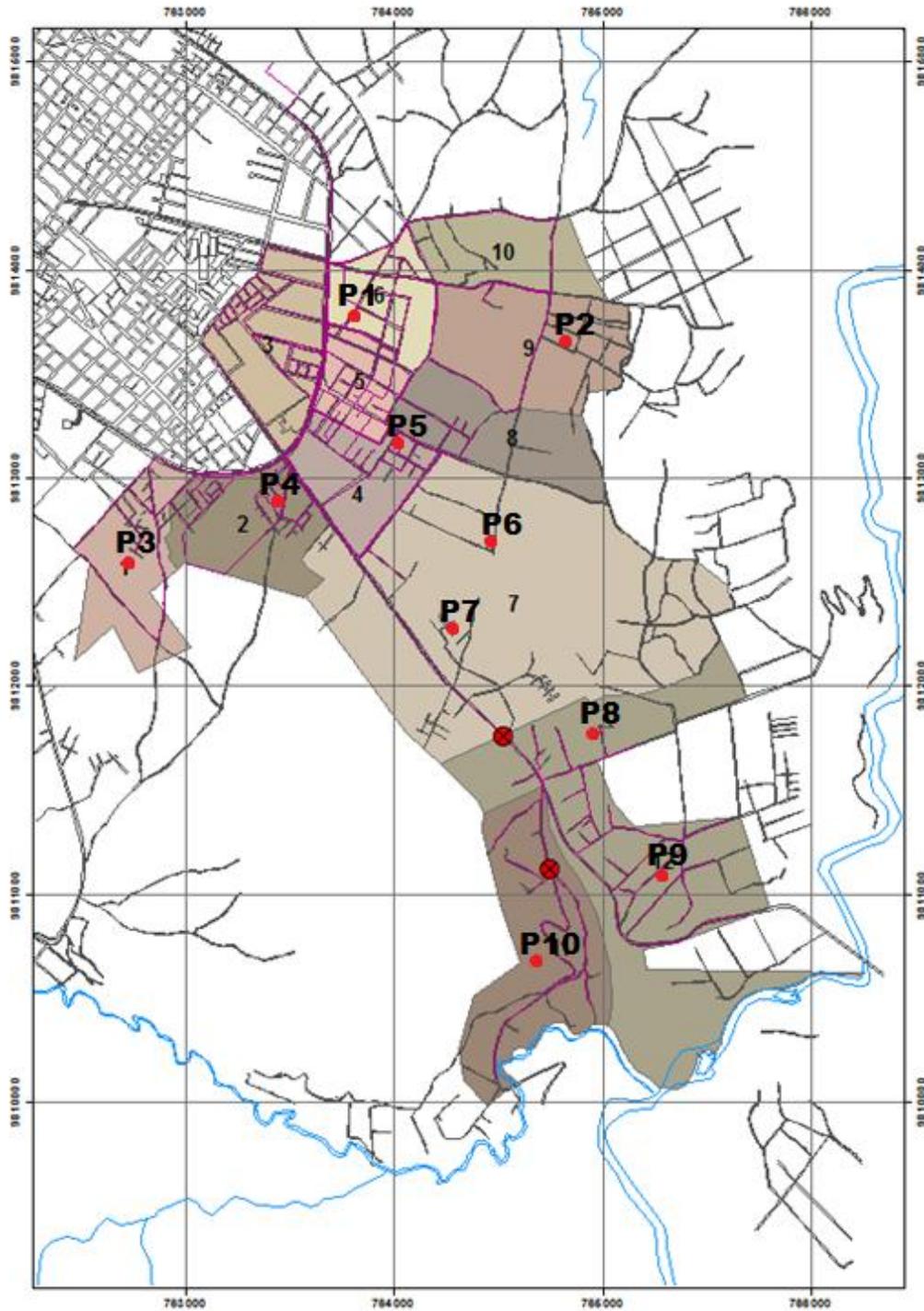
**Fuente:** Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba (EP-EMAPAR)

### Anexo 3. Esquema red Yaruquies.



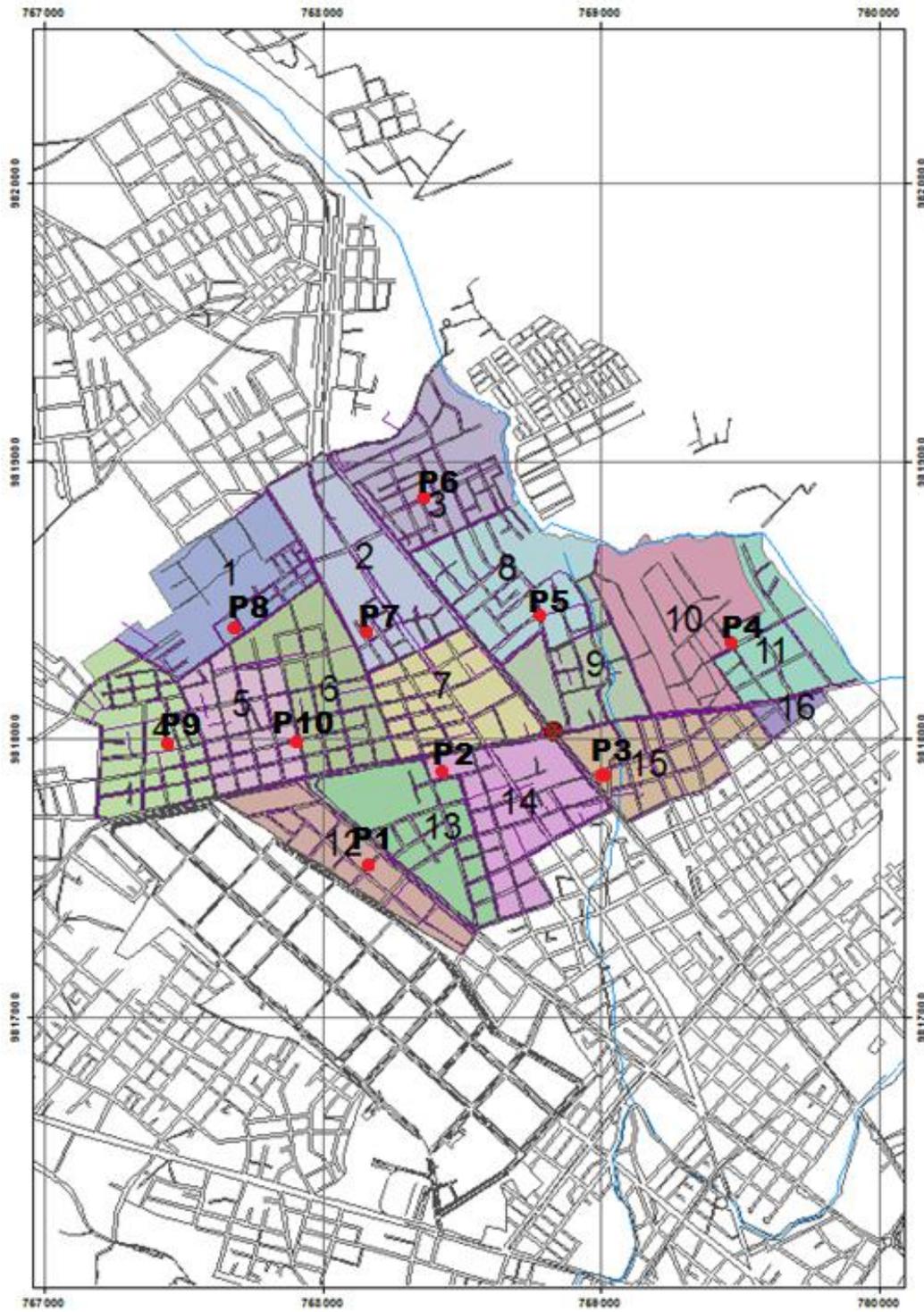
**Fuente:** Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba (EP-EMAPAR)

#### Anexo 4. Esquema red Piscin.



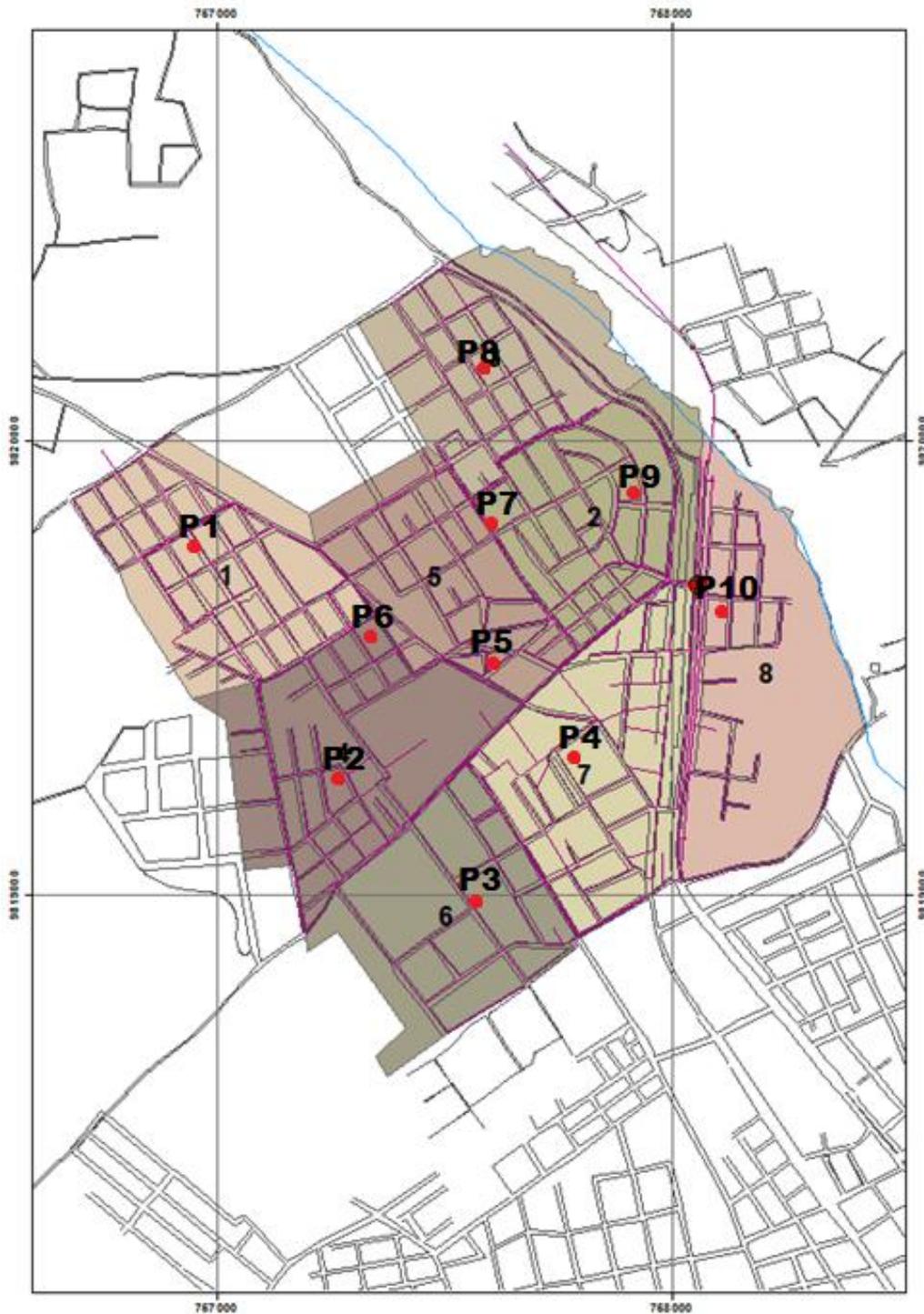
**Fuente:** Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba (EP-EMAPAR)

## Anexo 5. Esquema red San José.



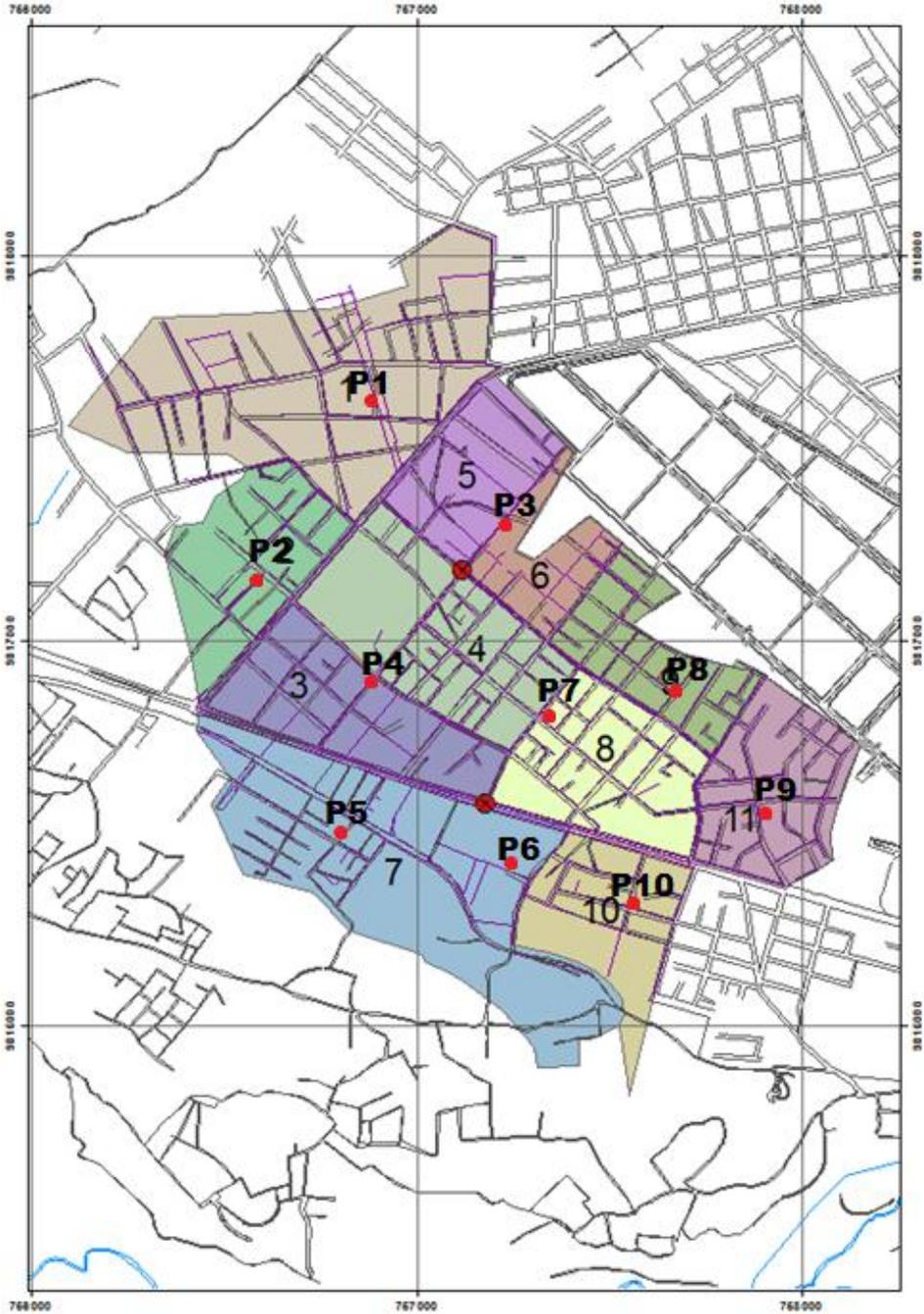
**Fuente:** Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba (EP-EMAPAR)

## Anexo 6. Esquema red Tratamiento.



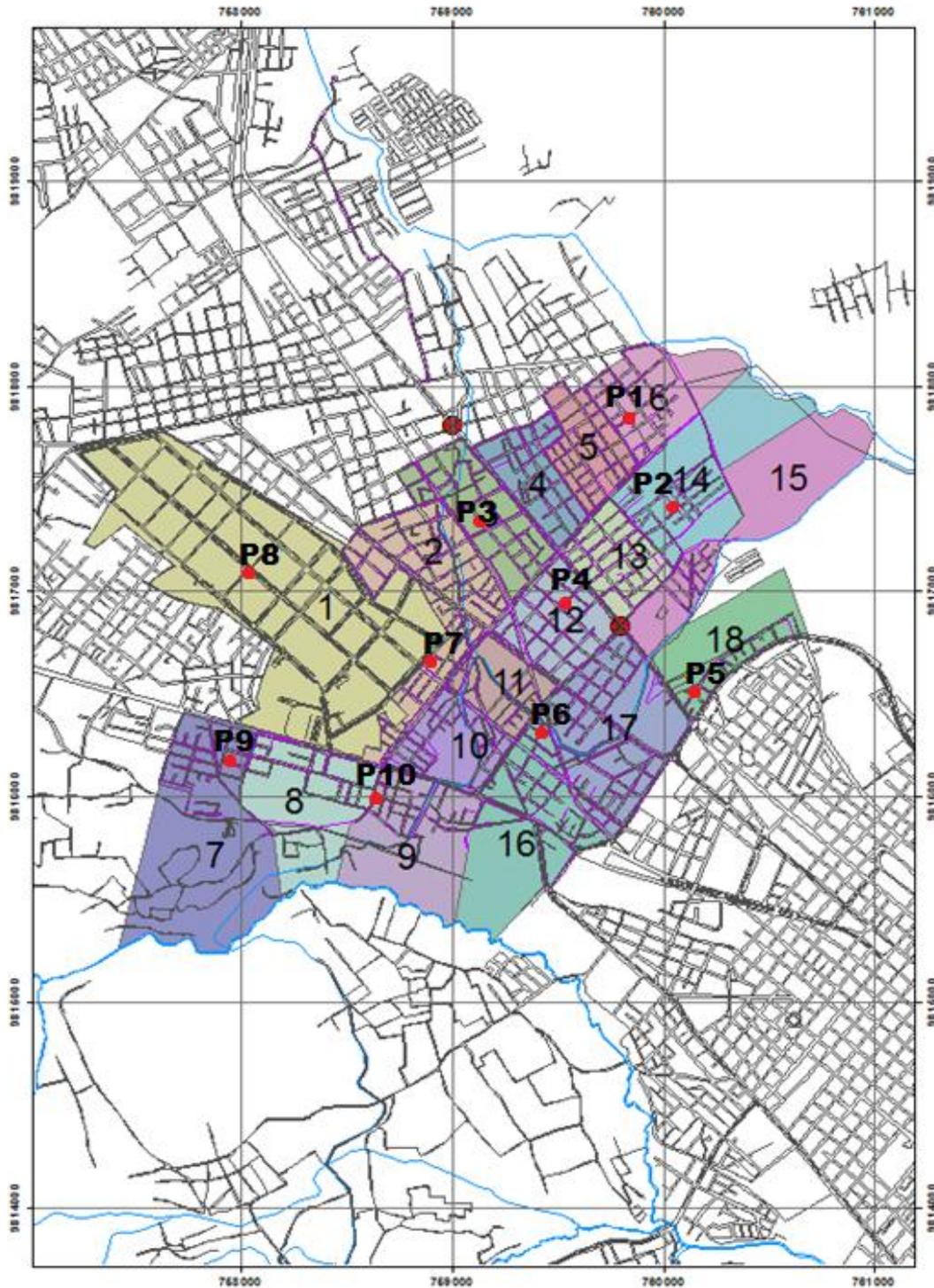
**Fuente:** Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba (EP-EMAPAR)

**Anexo 7. Esquema red Recreo.**



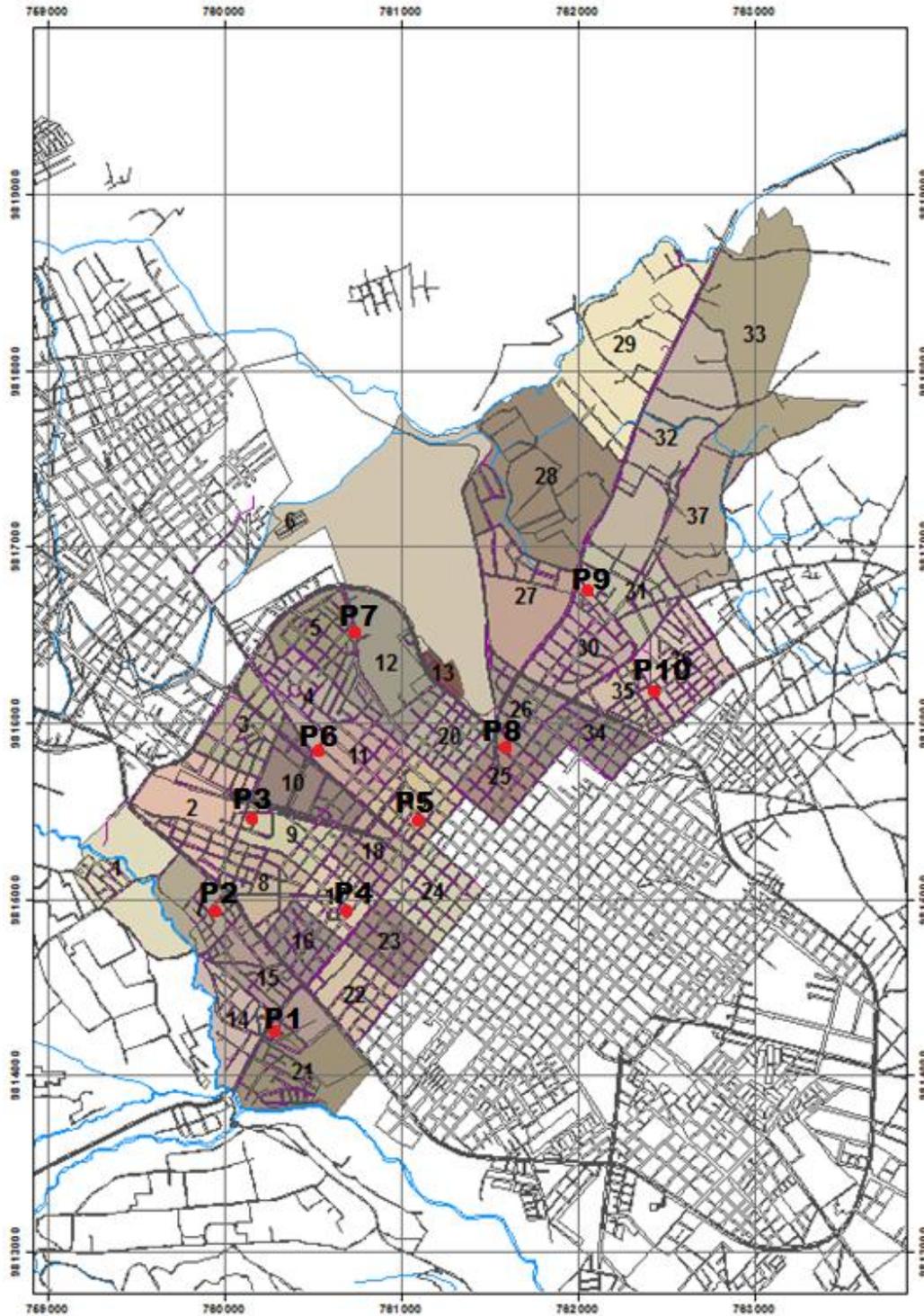
**Fuente:** Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba (EP-EMAPAR)

## Anexo 8. Esquema red El Carmen.



**Fuente:** Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba (EP-EMAPAR)

## Anexo 9. Esquema red Saboya.



**Fuente:** Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba (EP-EMAPAR)

**Anexo 10. Fichas de muestreo.**

 <b>Unach</b> UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO <small>Libros por la Ciencia y el Saber</small>	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b>						
	FACULTAD DE INGENIERIA						
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL						
<b>DATOS GENERALES</b>							
<b>Región</b>	Sierra						
<b>Provincia</b>	Chimborazo						
<b>Ciudad</b>	Riobamba						
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>							
<b>Muestra N°</b>	06	<b>Red de A.P</b>		Maldonado			
<b>Fecha</b>	26/11/2018						
<b>TIPO DE MUESTRA</b>							
<b>Tipo de tanque</b>	<b>Tanque Azul</b>			<b>Tanque Negro</b>			
				X			
<b>Origen de la muestra</b>	<b>EDAD DEL TANQUE (AÑOS)</b>				<b>Tipo de Envase</b>		
	<b>0-2</b>	<b>2-5</b>	<b>5-10</b>	<b>Más de 10</b>	<b>HDPE</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Otros</b>
			X		X		
<b>FOTOS</b>							
							
<b>Observaciones:</b>							



**Unach**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
*Unión por la Ciencia y el Saber*

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**DATOS GENERALES**

<b>Región</b>	Sierra
<b>Provincia</b>	Chimborazo
<b>Ciudad</b>	Riobamba

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>Muestra N°</b>	13	<b>Red de A.P</b>	SAN MARTIN DE VERANILLO
<b>Fecha</b>	27/11/2018		

**TIPO DE MUESTRA**

<b>Tipo de tanque</b>	<b>Tanque Azul</b>				<b>Tanque Negro</b>		
	X						
<b>Origen de la muestra</b>	<b>EDAD DEL TANQUE (AÑOS)</b>				<b>Tipo de Envase</b>		
	<b>0-2</b>	<b>2-5</b>	<b>5-10</b>	<b>Más de 10</b>	<b>HDPE</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Otros</b>
		X			X		

**FOTOS**



**Observaciones:**



**Unach**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
*Unión por el Cambio y el Futuro*

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**DATOS GENERALES**

<b>Región</b>	Sierra
<b>Provincia</b>	Chimborazo
<b>Ciudad</b>	Riobamba

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>Muestra N°</b>	22	<b>Red de A.P</b>	YARUQUIES
<b>Fecha</b>	28/11/2018		

**TIPO DE MUESTRA**

<b>Tipo de tanque</b>	<b>Tanque Azul</b>				<b>Tanque Negro</b>		
					X		
<b>Origen de la muestra</b>	<b>EDAD DEL TANQUE (AÑOS)</b>				<b>Tipo de Envase</b>		
	<b>0-2</b>	<b>2-5</b>	<b>5-10</b>	<b>Más de 10</b>	<b>HDPE</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Otros</b>
		X			X		

**FOTOS**



**Observaciones:**



**DATOS GENERALES**

<b>Región</b>	Sierra
<b>Provincia</b>	Chimborazo
<b>Ciudad</b>	Riobamba

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>Muestra N°</b>	32	<b>Red de A.P</b>	PISCIN
<b>Fecha</b>	29/11/2018		

**TIPO DE MUESTRA**

<b>Tipo de tanque</b>	<b>Tanque Azul</b>				<b>Tanque Negro</b>		
					X		
<b>Origen de la muestra</b>	<b>EDAD DEL TANQUE (AÑOS)</b>				<b>Tipo de Envase</b>		
	<b>0-2</b>	<b>2-5</b>	<b>5-10</b>	<b>Más de 10</b>	<b>HDPE</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Otros</b>
		X			X		

**FOTOS**



**Observaciones:**



**Unach**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
Unión por la Ciencia y el Saber

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**DATOS GENERALES**

<b>Región</b>	Sierra
<b>Provincia</b>	Chimborazo
<b>Ciudad</b>	Riobamba

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>Muestra N°</b>	48	<b>Red de A.P</b>	SAN JOSE
<b>Fecha</b>	30/11/2018		

**TIPO DE MUESTRA**

<b>Tipo de tanque</b>	<b>Tanque Azul</b>				<b>Tanque Negro</b>		
					X		
<b>Origen de la muestra</b>	<b>EDAD DEL TANQUE (AÑOS)</b>				<b>Tipo de Envase</b>		
	<b>0-2</b>	<b>2-5</b>	<b>5-10</b>	<b>Más de 10</b>	<b>HDPE</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Otros</b>
			X		X		

**FOTOS**



**Observaciones:**



**DATOS GENERALES**

<b>Región</b>	Sierra
<b>Provincia</b>	Chimborazo
<b>Ciudad</b>	Riobamba

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>Muestra N°</b>	60	<b>Red de A.P</b>	TRATAMIENTO
<b>Fecha</b>	10/12/2018		

**TIPO DE MUESTRA**

<b>Tipo de tanque</b>	<b>Tanque Azul</b>				<b>Tanque Negro</b>		
					X		
<b>Origen de la muestra</b>	<b>EDAD DEL TANQUE (AÑOS)</b>				<b>Tipo de Envase</b>		
	<b>0-2</b>	<b>2-5</b>	<b>5-10</b>	<b>Más de 10</b>	<b>HDPE</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Otros</b>
		X			X		

**FOTOS**



**Observaciones:**



**Unach**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
Creando por el Chimborazo un futuro

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**DATOS GENERALES**

<b>Región</b>	Sierra
<b>Provincia</b>	Chimborazo
<b>Ciudad</b>	Riobamba

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>Muestra N°</b>	62	<b>Red de A.P</b>	RECREO
<b>Fecha</b>	11/12/2018		

**TIPO DE MUESTRA**

<b>Tipo de tanque</b>	<b>Tanque Azul</b>				<b>Tanque Negro</b>		
					X		
<b>Origen de la muestra</b>	<b>EDAD DEL TANQUE (AÑOS)</b>				<b>Tipo de Envase</b>		
	<b>0-2</b>	<b>2-5</b>	<b>5-10</b>	<b>Más de 10</b>	<b>HDPE</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Otros</b>
		X			X		

**FOTOS**



**Observaciones:**



**Unach**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
Unión por el Desarrollo y el Bienestar

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**DATOS GENERALES**

<b>Región</b>	Sierra
<b>Provincia</b>	Chimborazo
<b>Ciudad</b>	Riobamba

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>Muestra N°</b>	76	<b>Red de A.P</b>	EL CARMEN
<b>Fecha</b>	12/12/2018		

**TIPO DE MUESTRA**

<b>Tipo de tanque</b>	<b>Tanque Azul</b>				<b>Tanque Negro</b>		
					X		
<b>Origen de la muestra</b>	<b>EDAD DEL TANQUE (AÑOS)</b>				<b>Tipo de Envase</b>		
	<b>0-2</b>	<b>2-5</b>	<b>5-10</b>	<b>Más de 10</b>	<b>HDPE</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Otros</b>
				X	X		

**FOTOS**



**Observaciones:**



**Unach**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
*Unión por la Ciencia y el Saber*

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**DATOS GENERALES**

<b>Región</b>	Sierra
<b>Provincia</b>	Chimborazo
<b>Ciudad</b>	Riobamba

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>Muestra N°</b>	87	<b>Red de A.P</b>	SABOYA
<b>Fecha</b>	13/12/2018		

**TIPO DE MUESTRA**

<b>Tipo de tanque</b>	<b>Tanque Azul</b>				<b>Tanque Negro</b>		
	X						
<b>Origen de la muestra</b>	<b>EDAD DEL TANQUE (AÑOS)</b>				<b>Tipo de Envase</b>		
	<b>0-2</b>	<b>2-5</b>	<b>5-10</b>	<b>Más de 10</b>	<b>HDPE</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Otros</b>
				X	X		

**FOTOS**



**Observaciones:**