

## DEDICATORIA

A mi adorable esposa Matilde: por su inmenso amor, comprensión, apoyo y compañía en cada etapa del camino que hemos recorrido juntos, por creer en mi al propiciar un ambiente estimulante para el desarrollo de mis estudios.

A mis queridos hijos, María Fernanda y Jaime: que con su cariño, esfuerzo y dedicación, me obligan a tratar de ser cada vez mejor padre y amigo para ellos, y por darme la felicidad de ser su padre.

A la memoria de mis padres, Joaquín y Elena.

A todos mi amigos y compañeros de las maestría: por la amistad que me brindaron en todo momento, en el trayecto de esta aventura, que juntos caminamos.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Empresa Metropolitana de Alcantarillado  
y Agua Potable de Quito.

A los compañeros de Ingeniería Operativa

A los compañeros de la Unidad de Agua No Contabilizada

Al Instituto de Altos Estudios Nacionales

A mi asesora, Mónica Urigüen

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE GENERAL	iii
LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
CAPITULO I	1
ANTECEDENTES	1
1. INTRODUCCION	1
2. JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS	2
3. ANTECEDENTES INSTITUCIONALES	4
4. EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	5
5. EL SERVICIO DE AGUA POTABLE	8
6. EL MUESTREO ALEATORIO	10
CAPITULO II	18
REVISIÓN DE LITERATURAS	18
1. INTRODUCCION	18
2. EXPERIENCIA INTERNACIONAL	21
CAPITULO III	31
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	31
1. INTRODUCCION	31
2. PREGUNTAS QUE GUIARAN LA INVESTIGACION	32
3. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION	33
CAPITULO IV	40
TRATAMIENTO DE LOS HALLAZGOS	40
1. INTRODUCCION	40
2. CRITERIOS Y ATRIBUTOS DE CALIDAD	40
3. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	49
CAPITULO V	79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
1. CONCLUSIONES	79
2. RECOMENDACIONES	82
CAPITULO VI	84
LA PROPUESTA	84
1. INTRODUCCIÓN	84
2. PROPUESTA	84
3. COROLARIO	124
ANEXOS	125

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
Cuadro 1.1: Sistema de Captaciones	9
Cuadro 1.2: Sistema de Producción	9
Cuadro 1.3: Sistema de Distribución	10
Cuadro 1.4: Reporte de la calidad del agua	12
Cuadro 1.5: Distribución de las muestras. Febrero de 2005	14
Cuadro 1.6: Conformidad de las muestras. Febrero de 2005	15
Cuadro 1.7: Calidad del agua distribuida. Año 2005	16
Cuadro 1.8: Parámetros fuera de norma. Año 2005	17
Cuadro 4.1: Atributos de la calidad. Definidos por los entrevistados	47
Cuadro 4.2: Atributos de la calidad. Definidos por revisión de literaturas	48
Cuadro 4.3: Atributos de la calidad	49
Cuadro 4.4: Número de clientes por subsector hidráulico	51
Cuadro 4.5: Distribución de la población de la ciudad de Quito	52
Cuadro 4.6: Distribución espacial del sistema de muestreo	53
Cuadro 4.7: Infraestructura del sistema de distribución	55
Cuadro 4.8: Sistemas hidráulicos	56
Cuadro 4.9: Información espacial básica	57
Cuadro 4.10 Sistema de distribución. Líneas de transmisión urbanas	58
Cuadro 4.11: Parámetros de calidad del agua en el sistema espacial	59
Cuadro 4.12: Parámetros que analiza el L3C	60
Cuadro 4.13: Puntaje de riesgo	62
Cuadro 4.14: Base de datos del control en tanques y redes de distribución	64
Cuadro 4.15: Cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua, IRCA	65
Cuadro 4.16: Relación de tabulaciones tipo	66
Cuadro 4.17: Tabulación de la clasificación del riesgo	67
Cuadro 4.18: Sitios críticos de muestreo seleccionados	69
Cuadro 4.19: Fuentes de agua subterránea	70
Cuadro 4.20: Presiones de servicio	73
Cuadro 4.21: Presiones bajas	74
Cuadro 4.22: Presiones altas	74
Cuadro 4.23: Fines de red	76
Cuadro 5.1: Diseño del sistema de muestreo espacial	80
Cuadro 5.2: Clasificación del riesgo . Febrero de 2005	80
Cuadro 6.1: Distribución espacial	85

Cuadro 6.2: Sitios críticos	86
Cuadro 6.3: Número de muestras tentativas	86
Cuadro 6.4: Número de muestras de la propuesta	89
Cuadro 6.5.1: Puengasí. Tanques de distribución	90
Cuadro 6.5.2: Puengasí, Pozos	91
Cuadro 6.5.3: Puengasí. Presiones bajas	92
Cuadro 6.5.4: Puengasí. Presiones altas	93
Cuadro 6.5.5: Puengasí. Fines de red. Meses de enero, mayo y septiembre	94
Cuadro 6.5.6: Puengasí. Fines de red. Meses de febrero, junio y octubre	96
Cuadro 6.5.7: Puengasí. Fines de red. Meses de marzo, julio y noviembre	96
Cuadro 6.5.8: Puengasí. Fines de red. Meses de abril, agosto y diciembre	97
Cuadro 6.6.1: El Placer. Tanques de distribución	98
Cuadro 6.6.2: El Placer. Presiones bajas	98
Cuadro 6.6.3: El Placer. Fines de red. Meses de enero, mayo y septiembre	99
Cuadro 6.6.4: El Placer. Fines de red. Meses de febrero, junio y octubre	101
Cuadro 6.6.5: El Placer. Fines de red. Meses de marzo, julio y noviembre	101
Cuadro 6.6.6: El Placer. Fines de red. Meses de abril, agosto y diciembre	102
Cuadro 6.7.1: Bellavista. Tanques de distribución	103
Cuadro 6.7.2: Bellavista. Pozos	103
Cuadro 6.7.3: Bellavista. Presiones bajas	105
Cuadro 6.7.4: Bellavista. Presiones altas	106
Cuadro 6.7.5: Bellavista. Fines de red. Meses de enero, mayo y septiembre	106
Cuadro 6.7.6: Bellavista. Fines de red. Meses de febrero, junio y octubre	106
Cuadro 6.7.7: Bellavista. Fines de red. Meses de marzo, julio y noviembre	107
Cuadro 6.7.8: Bellavista. Fines de red. Meses abril, agosto y diciembre	107
Cuadro 6.8.1: Norccidente. Tanques de distribución	108
Cuadro 6.8.2: Norccidente. Pozos	108
Cuadro 6.8.3: Norccidente. Presiones bajas	108
Cuadro 6.8.4: Norccidente. Presiones altas	109
Cuadro 6.8.5: Norccidente. Fines de red. Meses de enero, mayo y septiembre	109
Cuadro 6.8.6: Norccidente. Fines de red. Meses de febrero, junio y octubre	109

Cuadro 6.8.7: Norccidente. Fines de red. Meses de marzo, julio y noviembre	110
Cuadro 6.8.8: Norccidente. Fines de red. Meses de abril, agosto y diciembre	110
Cuadro 6.9.1: El Troje. Tanques de distribución	111
Cuadro 6.9.2: El Troje. Pozos	111
Cuadro 6.9.3: El Troje. Fines de red. Meses de enero, mayo y septiembre	111
Cuadro 6.9.4: El Troje. Fines de red. Meses de febrero, junio y octubre	112
Cuadro 6.9.5: El Troje. Fines de red. Meses de marzo, julio y noviembre	112
Cuadro 6.9.6: El Troje. Fines de red. Meses de abril, agosto y diciembre	112
Cuadro 6.10.1: Toctiuco. Fines de red. Meses de enero, mayo y septiembre	113
Cuadro 6.10.2: Toctiuco. Fines de red. Meses de febrero, junio y octubre	113
Cuadro 6.10.3: Toctiuco. Fines de red. Meses de marzo, julio y noviembre	113
Cuadro 6.10.4: Toctiuco. Fines de red. Meses de abril, agosto y diciembre	114
Cuadro 6.11.1. Rumipamba. Tanques de distribución	114
Cuadro 6.11.2. Rumipamba. Fines de red. Meses de enero, mayo y septiembre	114
Cuadro 6.11.3. Rumipamba. Fines de red. Meses de febrero, junio y octubre	115
Cuadro 6.11.4. Rumipamba. Fines de red. Meses de marzo, julio y noviembre	115
Cuadro 6.11.5. Rumipamba. Fines de red. Meses de abril, agosto y diciembre	115
Cuadro 6.12.1. Chilibulo. Tanques de distribución	116
Cuadro 6.12.2. Chilibulo. Presiones bajas	116
Cuadro 6.12.3. Chilibulo. Fines de red. Meses de enero, mayo y septiembre	116
Cuadro 6.12.4. Chilibulo. Fines de red. Meses de febrero, junio y octubre	117
Cuadro 6.12.5. Chilibulo. Fines de red. Meses de marzo, julio y noviembre	117
Cuadro 6.12.6. Chilibulo. Fines de red. Meses de abril, agosto y diciembre	117
Cuadro 6.13: Puntaje de riesgo	119
Cuadro 6.14: Nivel de riesgo	122

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo</b>
Anexo 1: Oficio del Ing. Daniel Polo Yépez, Jefe de Ingeniería Operativa, de la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito.
Anexo 2: Norma INEN 1108
Anexo 3: Infraestructura física
Anexo 4: Proyecto de Decreto por el cual se dictan normas sobre la calidad del agua para consumo humano y se establecen disposiciones sobre su inspección, vigilancia y control.
Anexo 5: Infográficos
Anexo 6: Área de Influencia de la Planta Bellavista
Anexo 7: Áreas de Influencia de las Plantas Chilibulo y Toctiuco
Anexo 8: Área de Influencia de la Planta El Placer
Anexo 9: Área de Influencia de la Planta Puengasí
Anexo 10: Áreas de Influencia de las Plantas Rumipamba, Noroccidente y Cochapamba
Anexo 11: Área de Influencia de la Planta El Troje

## RESUMEN

El Laboratorio Central de Control de Calidad (L3C) de la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito (EMAAP-Q), debe realizar el control de la calidad del agua distribuida. Esta labor consiste en un conjunto de actividades permanentes que buscan garantizar que el agua cumpla con las exigencias de la norma INEN 1108 vigente, la misma que establece los Requisitos que debe cumplir el Agua Potable para Consumo Humano.

El control tiene dos componentes: la capacidad técnica que avala que los resultados analíticos sean confiables y la logística que permite viabilizar la toma de muestras. La capacidad analítica del L3C ha tenido un gran desarrollo, llegando a disponer de la acreditación su laboratorio bajo al norma ISO/IEC 17025 por parte del Organismo de Acreditación Ecuatoriano, progreso que no ha sido similar al de la capacidad logística, puesto que todavía opera con el sistema aleatorio de toma de muestras, el cual no permite disponer una representatividad de todos los tipos de agua que se distribuyen debido principalmente al crecimiento en coberturas y desarrollo urbanístico de la ciudad de Quito.

Como resultado de la investigación se dispone de un nuevo sistema de muestreo que permite al L3C realizar un control espacial de la calidad del agua distribuida en todos los sectores de la ciudad de Quito; sus características principales son: utiliza el número de muestras dispuesto por la norma INEN 1108, considerando las concentraciones humanas en una delimitada área geográfica; define los sitios críticos de la red de distribución donde se tomarán las muestras; identifica las direcciones puntuales de los sitios de muestreo para el primer año de ejecución, reflejando la representatividad espacial de todos los tipos de agua potable distribuida en diferentes sectores de la ciudad; introduce en el

medio nuevos conceptos como el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua potable y el Nivel de Riesgo para evaluar la calidad del agua potable distribuida.

## **CAPITULO I**

### **ANTECEDENTES**

#### **1. INTRODUCCION**

Las grandes ciudades deben preocuparse por dar a sus habitantes una mejor calidad de vida, uno de esos componentes es precisamente el tener acceso a los servicios básicos de saneamiento, especialmente al agua potable de buena calidad.

Por lo tanto el garantizar la calidad de agua que se distribuye a la población del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), es uno de los propósitos de la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito (EMAAP-Q).

Para cumplir con el fin propuesto, la EMAAP-Q controla la calidad de agua potable distribuida con base a la toma de muestras diarias en forma aleatoria en la red de distribución y tomando medidas correctivas cuando la ocasión así lo amerita, por lo que es determinante realizar el monitoreo de una manera planificada.

En el presente capítulo, se reseñará las razones que motivaron al autor para plantear la tesis, se citarán algunos antecedentes institucionales de la EMAAP-Q que tengan relación, se expondrá la parte pertinente de la planificación macro del Consejo del DMQ en la que tiene ingerencia la empresa, se presentará algunos datos relevantes del servicio de agua potable y se expondrá como funciona el muestreo aleatorio.

## 2. JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS

Con el propósito de garantizar la calidad del agua que se distribuye a la ciudadanía, las normas ecuatorianas<sup>1</sup> únicamente se refieren a la calidad analítica, controlando si se cumple los conceptos organolépticos, físico químicos y microbiológicos consistentes en la valoración de las características, entre otras de: Olor, Sabor, Color, Turbidez, Conductividad, pH, Escherichia coli, Bacterias coliformes, Cloro residual, etc. No existe regulación sobre los sitios donde tomar las muestras en la red de distribución.

Internacionalmente, la Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS), recomienda que en la red de distribución se realice el muestreo en forma aleatoria, tomando un determinado número de muestras en función del número de habitantes que son abastecidos por un determinado sistema.

En el cumplimiento de estos requisitos no se dice que el control de la calidad del agua tiene dos componentes: la capacidad técnica, que tiene íntima relación con los resultados analíticos y su confiabilidad; y, la capacidad logística, que permite viabilizar la toma de muestras para que estas sean espacialmente representativas de la zona geográfica atendida por un sistema de agua potable.

Con relación a la capacidad analítica, la EMAAP-Q ha realizado ingentes inversiones para dotar a la empresa de un laboratorio que utiliza tecnología de última generación. El personal que labora en esta dependencia es altamente especializado en el manejo de equipos

---

<sup>1</sup> Norma NTE INEN 1108:2005

específicos como son el Espectrofotómetro de Absorción Atómica, el Cromatógrafo de Gases, Cromatógrafo Líquido de Alta *Performance*, el Sistema de Determinación de Carbono Orgánico Total, el Espectrofotómetro Ultra Visible, entre otros.

En los últimos dos años se ha conseguido implementar un Sistema de Calidad que cumple con las regulaciones de la norma ISO/IEC 17025, situación que concluyó cuando el Organismo Ecuatoriano de Acreditación extendió el Certificado de Acreditación No. OAE LE 2C 06-003 que ha sido publicado en el Registro Oficial No. 264 del 5 de mayo de 2006, con ello se garantiza que los análisis del laboratorio son técnicamente válidos, confiables y exactos, que cumplen con los requisitos para operar el sistema diseñado.

## **2.1 Planteamiento del Problema**

Por lo expuesto, el componente de la capacidad analítica del control de la calidad del agua ha tenido un gran desarrollo por parte de la EMAAP-Q, progreso que no ha sido similar al de la capacidad logística. Este antecedente nos lleva a buscar una solución al problema de **¿Cómo actualizar el proceso de muestreo y su representatividad espacial, debido principalmente al crecimiento en coberturas de los sistemas de agua potable y al desarrollo urbanístico sostenido?**

El problema presentado buscará ser resuelto a través de la investigación cualitativa que se desarrolla en la presente tesis tomando en cuenta el cumplimiento de la normativa vigente, por lo que averiguaremos **“¿Es factible diseñar un nuevo sistema de muestreo que permita realizar un control espacial de la calidad del agua distribuida en todos los sectores de la ciudad de Quito?”**

Metodológicamente las preguntas que nos guiarán en la investigación son:

**¿Es posible tener una representatividad espacial de la calidad del agua potable que se distribuye en la ciudad de Quito con el número de muestras que impone la norma NTE INEN 1108:2005?**

**¿El nuevo método de muestreo permitirá definir puntos claves de la red de distribución que sean espacialmente representativos?**

### **3. ANTECEDENTES INSTITUCIONALES**

La Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, tiene sus antecedentes en las empresas municipales de Agua Potable, creada mediante ordenanza No. 932, del 13 de junio de 1960; y, de Alcantarillado, creada mediante ordenanza No. 1118 de 17 de mayo de 1966. El desarrollo que alcanzó la ciudad en todos los órdenes, obligó al Municipio a buscar nuevas formas de gestión de la urbe, una de esas alternativas fue la de unificar las dos empresas, hecho que se concretó mediante la ordenanza No. 3057, publicada en el Registro Oficial No. 348 del 30 de Diciembre de 1993.

El objetivo que se definió para las actividades de la EMAAP-Q fue la prestación de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado, sanitario y pluvial, en el Distrito Metropolitano de Quito; para lograrlo debe realizar entre otras acciones las siguientes: ejecutar obras, adquirir equipos, operar y mantener los sistemas e instalaciones, realizar la gestión administrativa, comercial y financiera.

Para el cumplimiento de sus objetivos la EMAAP-Q dispone de las siguientes facilidades: es una entidad pública autónoma, con personería

jurídica, administrativa, operativa y financiera, que se rige por la Ley de Régimen Municipal, su Ordenanza constitutiva y demás disposiciones legales y reglamentarias; es administrada por su directorio y dirigida por su Gerente General.

### **3.1. Ámbito de Acción**

De acuerdo con la ordenanza de creación de la EMAAP-Q<sup>2</sup>, el ámbito de acción y competencias de la empresa está definido para ejercer "... su acción en el cantón Quito, teniendo competencia para todo lo relacionado con la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado, dentro de los planes cantonales de desarrollo físico."

## **4. EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO**

El DMQ, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), tomando como base el censo del 2001, señala que está conformado por la parte urbana de la ciudad de Quito y 35 parroquias rurales; la población total del DMQ para el año de la referencia ascendía a 1 839 856 habitantes, de los cuales 1 399 378 habitantes residían en el área urbana y 440 475 habitantes el área rural. En el DMQ existían 555 928 viviendas, de estas 419 845 se localizaban en el área urbana y 136 083 en las 35 parroquias rurales.

### **4.1 La Planificación del Concejo Metropolitano de Quito**

La EMAAP-Q es una empresa metropolitana que debe tomar en cuenta para su planificación los lineamientos generales establecidos por el Municipio del DMQ, los cuales constituyen el marco de referencia para su gestión. En tal virtud, a continuación se presentan de los planes de

---

<sup>2</sup> Ordenanza Municipal No. 3057 del 30 de diciembre de 1993

mediano plazo (Plan Bicentenario) y largo plazo (Plan Equinoccio), que gobernarán el Distrito Metropolitano de Quito, los temas que son de interés para la presente tesis.

### **Plan de Gobierno 2005 – 2009. Quito hacia el Bicentenario**

El Plan Bicentenario<sup>3</sup> es un proyecto que ha sido delineado conjuntamente con la comunidad y el Municipio del DMQ para el ejercicio del gobierno local durante el periodo 2005-2009. Establece ejes estratégicos y define programas y proyectos que deben ejecutarse en Quito y todo su Distrito Metropolitano para alcanzar sus objetivos superiores de desarrollo.

En el Plan Bicentenario, consta el Plan Maestro de Saneamiento Ambiental, que tiene, entre otros, los siguientes propósitos:

- Dotar de la infraestructura y las redes técnicas para la dotación de agua potable y el saneamiento ambiental, con el fin de:
- Asegurar la dotación de cantidad y calidad de agua potable para el consumo humano.
- Mejorar la calidad de vida y la salud de la población.
- Optimizar la calidad y sostenibilidad ambiental en el DMQ.

En este contexto, es mandatorio para la EMAAP-Q trabajar para cumplirlos, por lo que con la tesis que se presenta, se pretende ayudar al aseguramiento de la calidad del agua potable para el consumo humano que se distribuye a la colectividad.

---

<sup>3</sup> Plan de Gobierno 2005 – 2009. Quito hacia el Bicentenario.  
Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Agosto 2004

## **Plan Equinoccio 21. Quito Hacia El 2025**

Igualmente que el Plan Bicentenario, la planificación de Quito hacia el 2025, se realizó utilizando la metodología de talleres ciudadanos que contó con la presencia de representantes de la sociedad civil como son: las cámaras de producción, medios de comunicación, Consejo de Educación Superior, gremios profesionales, juntas parroquiales y organizaciones barriales, organizaciones de jóvenes, asociaciones de estudiantes secundarios y universitarios, organizaciones sociales, etc. El resultado de los diversos talleres de planificación fue aprobado por el Concejo Municipal mediante ordenanza 3531 de 5 de agosto del 2004.

El Plan Equinoccio 21<sup>4</sup>, se ha diseñado sobre cuatro ejes estratégicos: económico, social, territorial y gobernabilidad e institucional. La EMAAP-Q participa directamente en los ejes económico y territorial.

En el eje económico, la competencia de la EMAAP-Q es la construcción de la infraestructura de saneamiento ambiental básico, esto es agua potable y alcantarillado, estimulando la inversión privada.

En el eje territorial, la EMAAP-Q debe realizar obras, especialmente distribuidas de tal forma que, permita una dotación adecuada al uso y conservación del agua y de los recursos naturales renovables y no renovables.

Conjuntamente con los ejes estratégicos, El Plan Equinoccio 21 definió planes, programas y proyectos que deben ejecutarse, así se ha definido los planes económicos, sociales, territoriales y político-institucionales. Especial atención merece para la EMAAP-Q, el Programa de Salud, por el

---

<sup>4</sup> Plan Equinoccio 21. Quito Hacia El 2025.

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Julio 2004

proyecto Calidad del Agua Potable para Consumo Humano, por lo cual la tesis que se desarrolla, tiene vigencia institucional.

En el Plan Territorial, el programa en el cual debe participar la EMAAP-Q es el Programa de Infraestructura y Servicios, y proyectos de su interés son el Sistema Integral de Agua Potable y el Sistema Integral de Saneamiento Ambiental.

## **5. EL SERVICIO DE AGUA POTABLE**

Las principales fuentes de captación de agua cruda superficial que cuenta el DMQ, se encuentran sobre la cota de los 2.800 msnm y están situadas en las cabeceras de las cuencas geográficas Guayllabamba – Esmeraldas y Napo – Amazonas, que fluyen por los sistemas hidrográficos Occidental y Oriental, respectivamente. Estas fuentes permiten suministrar agua cruda a gravedad a las diferentes plantas de tratamiento.

Además de las fuentes citadas, también se dispone de otros recursos hídricos como son las fuentes subterráneas, vertientes, manantiales, etc. que se explotan para prestar el servicio a través del bombeo, estas aguas freáticas se encuentran en los valles de Quito y Los Chillos.

Cuadro No. 1. 1

**Sistema de Captaciones**

Sistema	Volumen (m <sup>3</sup> )
Papallacta	
Bombeo	16.197.723
Gravedad	61.110.640
La Mica:	42.573.041
Pita:	57.751.670
Centroccidental:	17.654.214
Norccidental:	65.431.688
Sistemas Rurales:	6.512.575
Pozos:	12.255.451
Vertientes:	23.843.358

Fuente: Ingeniería Operativa. EMAAP-Q. 2005

Para procesar el agua cruda captada, la EMAAP-Q dispone de 5 plantas grandes (Bellavista, Puengasí, El Troje, El Placer y Noroccidente), que con su producción abastece casi al 85% de la población servida, y un sinnúmero de plantas pequeñas, que abastecen a una circunscripción territorial pequeña, comparativamente hablando.

Cuadro No. 1. 2

**Sistema de Producción**

Plantas	Volumen (m <sup>3</sup> )
Ciudad	178.100.390
Rurales	13.911.557
Pozos	12.255.451
Vertientes	23.843.357

Fuente: Ingeniería Operativa. EMAAP-Q. 2005

La red de distribución tiene una capacidad instalada que permite una cobertura del servicio de agua potable al 95,49% de la población de la

ciudad de Quito y al 81,05% en el área rural, dando una cobertura del 92.10%<sup>5</sup> en todo el DMQ.

Cuadro No. 1. 3  
**Sistema de Distribución**

Area	Volumen (m <sup>3</sup> )
Urbana	174.062.562
Rural	13.673.063
Pozos	12.255.451
Vertientes	23.843.357

Fuente: Ingeniería Operativa. EMAAP-Q. 2005

En los cuadros se puede observar que los volúmenes de agua captada, producida y distribuida durante el año 2005, en todo el DMQ, han sido suficientes para entregar a los usuarios agua potable, en cantidades, inclusive superiores a la normativa vigente.

Gracias a la capacidad operativa de la empresa en la administración de los diferentes sistemas, se tiene que el 98.8%<sup>6</sup> del tiempo, los usuarios disponen de un servicio continuo, sin racionamientos.

## **6. EL MUESTREO ALEATORIO**

La EMAAP-Q ha venido dando cumplimiento a las recomendaciones impartidas por la Organización Panamericana de la Salud, en el sentido de realizar un control de calidad aleatorio, sistemático y permanente de la calidad del agua potable abastecida a través de la red de distribución, por ello en concordancia con la norma NTE INEN 1108, establece una

---

5 Informe de Labores 2005 de la Gerencia de Ingeniería. EMAAP-Q

6 Distribución. EMAAP-Q. 2005

metodología de control de la calidad del agua mediante indicadores de calidad fisicoquímica y bacteriológica.

El control de la calidad del agua potable que se produce en las diferentes plantas de tratamiento, es responsabilidad del Departamento de Producción, el mismo que cuenta para dicho cometido con el suficiente personal técnico capacitado que trabaja en los laboratorios de cada planta de tratamiento y que están convenientemente equipados, por lo que la calidad del agua en el ámbito de la producción está garantizada por el cumplimiento de la norma internacional ISO 9000.

Para asegurar el mantenimiento en la red de distribución de la calidad del agua tal como sale de la planta de tratamiento, se realiza el muestreo que responde a una planificación que dispone tomar muestras del agua distribuida a la entrada y a la salida de los tanques de distribución y en la red, en sitios aledaños al respectivo tanque, además se atiende las quejas de los clientes, realizando análisis de laboratorio cuando están debidamente sustentadas.

Cuadro No. 1.4

Reporte de la Calidad del Agua



EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE DE QUITO  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

Resumen Febrero-05

RESULTADOS CIUDAD

PARAMETRO ANALIZADO	METODO DE ENSAYO	UNIDAD	VALOR GUIA	TOTAL MUESTRAS ANALIZADAS	N. MUESTRA CONFORME	N. MUESTRA INCONFORME	% CONFORME	% INCONFORME
Cl <sub>2</sub> RESIDUAL	COLORIMÉTRICO/SM 4500 CL-G	mg/l	0,3 - 1,5	165	149	16	90	10
COLIFORME TOTAL	ENZIMÁTICO DE SUSTRATO DEFINIDO	NMP/100ml	< 2	165	162	3	98	2
E. COLI	ENZIMÁTICO DE SUSTRATO DEFINIDO	NMP/100ml	< 2	165	164	1	99	1
pH	ELECTRODO/SM 4500 H-B	-	6,5 - 8,5	165	163	2	99	1
COLOR	COMPARACIÓN VISUAL/SM 2120 B UTC	UTC	< 15	165	158	7	96	4
CONDUCTIVIDAD	METODO ELECTRODO/SM 2510 B µS/cm	µS/cm	-	165	165	0	100	0
SOLIDOS TOTALES D	METODO DE LABORATORIO	mg/l	< 1000	165	165	0	100	0
TURBIEDAD	NEFELOMÉTRICO/SM 2130 B	NTU	< 5	165	159	6	96	4
ALUMINIO	ABSORCION ATOMICA	mg/l	< 0,25	14	6	8	43	57

De acuerdo con las autorizaciones concedidas por las autoridades de la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, para sustentar la tesis se utilizará información del Laboratorio Central de Control de Calidad y de la Unidad de Agua No Contabilizada, del año 2005, considerando que la planificación utilizada no ha variado hasta la presente fecha.

Uno de los reportes mensuales que se generan sobre la calidad del agua potable en la red de distribución se presenta en el cuadro 3.1 Reporte de la Calidad del Agua.

Del análisis de la información contenida en el reporte del L3C de febrero de 2005, se establece que se tomaron 165 muestras en la ciudad; de estas, 16 muestras presentan no conformidad con la norma NTE INEN 1108 en el parámetro Cloro Residual, 3 tienen inconformidades en el parámetro Coliforme Total y 1 en el parámetro E. Coli dando como resultado un mínimo de 90% de conformidad con la norma y un máximo del 99%, con lo cual el agua que se distribuye puede señalarse que es de muy buena calidad, apta para el consumo humano, ya que los otros parámetros reportados pH, Color y Turbiedad, están dentro de los límites permitidos por la norma.

Con la información que se alimenta a la base de datos se puede también obtener la siguiente reseña del mes en consideración:

Cuadro No. 1.5  
**Distribución de las Muestras**  
**Febrero de 2005**

Sistema	Número de	Tanques		Red de
	Muestras	Entrada	Salida	Distribución
Bellavista	18	6	6	6
Puengasí	33	16	15	2
El Placer	20	6	4	10
El Troje	16	3	1	12
Menores	77	17	16	44
Pozo	1			1
Vertiente				
TOTAL	165	48	42	75

Fuente: L3C

Elaboración: El autor

Se evidencia que del total de muestras, el 29% se tomaron a la entrada o en los tanques de distribución, el 26% a la salida de los tanques de distribución y el 45% en la red de distribución.

En el cuadro, se hace referencia a los Sistemas Menores, que no son sino varias plantas que tienen una pequeña producción en comparación con las grandes plantas identificadas en el cuadro.

Como información, en la base de datos que se maneja actualmente, no se puede llegar a conocer en forma sistematizada la procedencia del agua que se distribuye en un determinado sector de la ciudad. El conocimiento intrínseco de la red de distribución se tiene por parte del personal más antiguo. Para solventar técnicamente esta deficiencia, a más de mejorar la continuidad del servicio, las presiones, el catastro técnico de la red en línea, entre otras prestaciones, la EMAAP-Q está llevando adelante el

Proyecto de Sectorización de la red de distribución de todo el DMQ, con un avance significativo en la ciudad.

Con relación a la calidad del agua, el distributivo que puede entregar la base de datos, se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro 1.6  
**Conformidad de las Muestras**  
**Febrero de 2005**

Sistema	Muestras		
	Número	Conformes	Inconformes
Bellavista	18	18	0
Puengasí	33	29	4
El Placer	20	15	5
El Troje	16	16	0
Menores	77	39	38
Pozo	1	1	0
Vertiente			
TOTAL	165	118	47

Fuente: L3C

Elaboración: El autor

En el cuadro se observa que el 72% de las muestras tomadas cumplen con la norma NTE INEN 1108 y el 28% no lo hacen. Este análisis no permite ver si una misma muestra tiene más de una inconformidad con los diferentes parámetros que se analizan. Este es otro limitante del actual sistema de registro de la información.

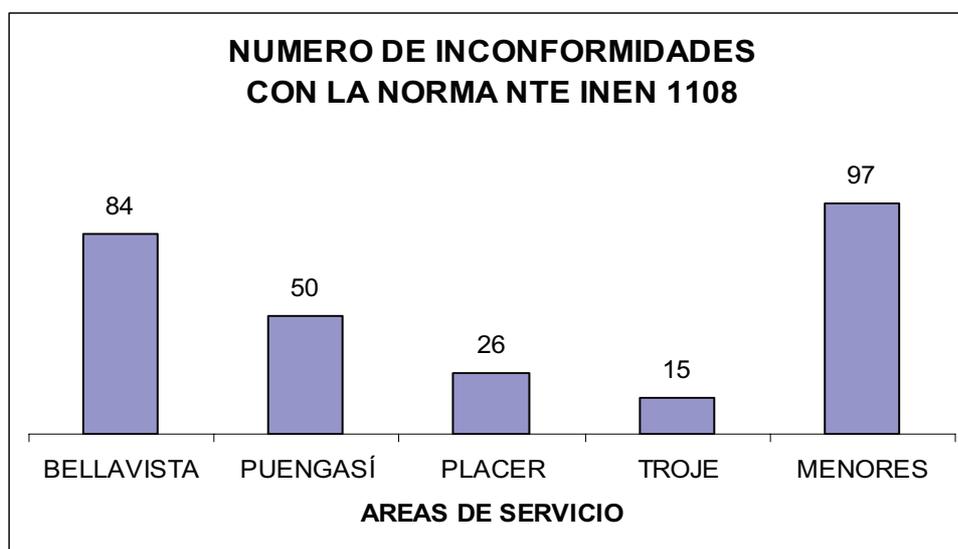
La actual planificación del muestreo por aleatoriedad no permite conocer expresamente la línea de transmisión utilizada y de cual tanque de

distribución se está abasteciendo a un sector, para en el caso de determinar problemas de calidad tomar los correctivos inmediatamente.

Las estadísticas que se pueden llevar nos indicarán únicamente desde cual planta de tratamiento se distribuye el agua, el número de muestras que se ha tomado de ese tipo de agua y si cumplen o no con la norma.

En este sentido presentamos la información macro que se puede obtener de la base de datos, teniendo como referencia que en los cuadros se cita a las plantas de tratamiento como base para las áreas de servicio que atienden.

Cuadro 1.7  
**Calidad del Agua Distribuida**  
**Año 2005**



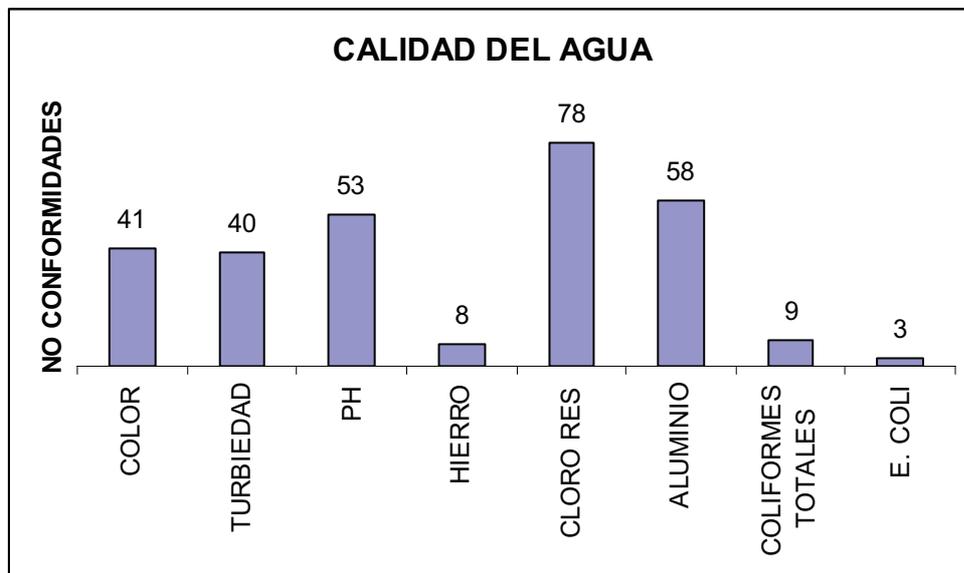
Fuente: L3C  
Elaboración: El autor

Podemos observar que de las áreas servidas por cada planta de tratamiento, los Sistemas Menores presentan el mayor número de no

conformidades (97), luego el área atendida por la planta de Bellavista con 84 no conformidades y que el menor número corresponde a la Planta de El Troje con 15 inconformidades.

Con relación a los parámetros fuera de norma, en el siguiente cuadro exponemos como fue esta relación en el 2005.

Cuadro 1.8  
**Parámetros Fuera de Norma**  
**Año 2005**



Fuente: L3C  
Elaboración: El autor

El mayor problema que se tuvo en la distribución del agua potable en la ciudad de Quito fue el Cloro residual, con 78 no conformidades. La inconformidad en este parámetro nos indica que hay que mejorar la desinfección que se correlaciona con un aumento de la dosis de cloro total, con el lavado de tanques y redes después de las reparaciones por mantenimiento.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURAS

#### 1. INTRODUCCION

En el presente capítulo, el autor expondrá como están enfrentando países como España, Cuba, México, Perú y Colombia, el problema del control de la calidad del agua potable en las redes de distribución, esta información en los próximos capítulos, en una suerte de *benchmarking*, será utilizada para rescatar las ideas más relevantes que se emplearán al momento de realizar un planteamiento que permita mejorar la situación del monitoreo del agua en las redes de distribución.

La calidad del agua se evalúa basándose en análisis físicos, químicos y bacteriológicos sobre muestras adecuadamente tomadas, complementadas con la inspección sanitaria de campo.

Los trastornos producidos por la mala calidad del agua de bebida están relacionadas con las denominadas enfermedades gastrointestinales. Para determinar que un agua de bebida es apta para el consumo humano, las diferentes normas que regulan la calidad del agua potable especifican que deben cumplir tres aspectos fundamentales:

- “ a. Ofrecer a la población agua límpida de sabor agradable y sin olor
- b. Impedir que el agua distribuida lleve consigo sustancias u organismos patógenos capaces de afectar a la población abastecida.

c. Que sea adecuada para el uso doméstico, que no sea agresiva a los componentes del sistema de agua y/o a las instalaciones.”<sup>1</sup>

Por lo tanto, las empresas, departamentos municipales, juntas administradoras, o cualquier otro ente que se encargue de brindar el servicio de agua potable, tienen el objetivo de distribuir a la población, agua saludable de buen aspecto. Pero, si se debe elegir entre suministrar agua segura<sup>2</sup> de mal aspecto y no suministrar agua alguna, es preferible la primera alternativa. En cambio, entre distribuir agua contaminada o no segura o simplemente no distribuir, es preferible la segunda. Por lo tanto el control de la calidad del agua es una de las principales actividades para garantizar la salud de la población.

Según la OPS/OMS<sup>3</sup> el objetivo de un programa de “... control de calidad del agua en la red de distribución es evaluar la calidad del agua abastecida a través de la red, de manera permanente y sistemática, a fin de garantizar la calidad sanitaria tal como sale de la planta y prevenir la incidencia de enfermedades de origen hídrico,... las muestras deben tomarse aleatoriamente, dentro de cada mes y deben extraerse de puntos

---

1 Idrovo, B. E. O. R. V., CAMAREN. (1999). Agua para consumo humano: Diseño, construcción, operación, mantenimiento y evaluación de sistemas de agua potable.

2 Agua segura: es aquella que es sometida únicamente al proceso de desinfección. Ante la dificultad de poder disponer de agua potable disponible para consumo humano en muchos lugares del planeta, principalmente por motivos de costo, asociados a prioridades de los gobiernos locales, se ha consolidado el concepto de agua segura como siendo el agua que no contiene bacterias peligrosas, metales tóxicos disueltos, o productos químicos dañinos a la salud, y es por lo tanto considerada segura para beber.  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_segura](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_segura)

Recuperado el 25 de Julio de 2006

3 HDT 67: Control de calidad del agua en la red de distribución

Biólogo Carmen Vargas García, Asesora en microbiología, CEPIS Junio 1995

Recuperado el 25 de Julio de 2006

<http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt067.html#progr>

fijos como estaciones de bombeo, redes primarias, reservorios matrices y lugares seleccionados al azar en todo el sistema de distribución...”

En la premisa reseñada debe resaltarse que se realiza la evaluación de la calidad de agua abastecida a través de la red únicamente, en forma permanente y sistemática, tomándose muestras aleatoriamente<sup>4</sup>, en forma mensual, citándose entre los sitios las redes primarias. No existe otra especificidad. Los diferentes países panamericanos, al igual que la OPS, han desarrollado el tema de las normas de calidad que debe cumplir el agua para considerarla apta para el consumo humano, pero se ha dejando de lado el control del mantenimiento de la calidad en la red de distribución.

A criterio del autor, tal vez para sistemas de abastecimiento pequeños sea suficiente el requerimiento de la OPS de muestrear, entre otros sitios, los mencionados por la OPS. Para sistemas complejos, muy grandes, como el de la ciudad de Quito, el muestreo en la red de distribución debe responder a una planificación estratégica que tome en cuenta, tanto el número de habitantes que se sirve, como el control en los sitios en los cuales se puede contaminar el agua distribuida.

---

4 Aleatoriamente: Que depende de la suerte o del azar: una muestra aleatoria.

Recuperado el 25 de Julio de 2006

<http://www.elmundo.es/diccionarios/>

## 2. EXPERIENCIA INTERNACIONAL

### 2.1 Experiencia Española<sup>5</sup>

En el artículo 17. “Control De La Calidad Del Agua De Consumo Humano”, del Real Decreto 140/2003, se señala:

- “1. En términos generales, en cada abastecimiento se controlarán los parámetros fijados en el anexo I. Cuando la autoridad sanitaria lo disponga se controlarán aquellos parámetros o contaminantes que se sospeche puedan estar presentes en el agua de consumo humano y suponer un riesgo para la salud de los consumidores.
2. El control de la calidad del agua de consumo humano engloba los siguientes apartados:
  - a) Autocontrol del agua de consumo humano.
  - b) Vigilancia sanitaria.
  - c) Control del agua en grifo del consumidor”

En el artículo 18. “Autocontrol”, del mismo cuerpo legal, se indica:

- “1. El autocontrol de la calidad del agua de consumo humano es responsabilidad del gestor de cada una de las partes del abastecimiento y velará para que uno o varios laboratorios realicen los análisis descritos en este artículo...
2. Los puntos de muestreo para el autocontrol serán representativos del abastecimiento o partes del mismo y se fijarán por el gestor con la supervisión de la autoridad sanitaria.

---

<sup>5</sup> Ministerio de la Presidencia

Real Decreto 140/2003

Recuperado el 23 de Julio de 2006

[http://www.formacion.cnc.es/info/img/NormativasCalculo\\_Ficheros/A07228-07245.pdf](http://www.formacion.cnc.es/info/img/NormativasCalculo_Ficheros/A07228-07245.pdf)

- A) Para el caso de redes de distribución, se fijarán, al menos, los siguientes puntos de muestreo:
- a) 1 a la salida de la ETAP<sup>6</sup> o depósito de cabecera.
  - b) 1 a la salida del depósito de regulación y/o distribución.
  - c) 1 en cada uno de los puntos de entrega entre los distintos gestores.
  - d) 1 en la red de distribución. En los abastecimientos que suministren más de 20.000 m<sup>3</sup>/día, el número de puntos de muestreo será de 1 por cada 20.000 m<sup>3</sup> o fracción de agua distribuida por día como media anual”.

La experiencia de un país considerado desarrollado económicamente, en cuanto al control de la calidad del agua en la red de distribución, es coincidente con las guías de la OPS/OMS, tal vez porque en su condición de “país desarrollado” tiene resuelto el problema de la continuidad de la calidad del agua, desde la fuente donde se capta el elemento vital, pasando por el consumidor hasta los efluentes que descarga las aguas en los cuerpos receptores, situación que no acontece en la ciudad de Quito y menos aún en la generalidad de nuestro país.

## **2.2 Experiencia Mexicana<sup>7</sup>**

La norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, “Salud Ambiental. Agua Para Uso Y Consumo Humano, Requisitos Sanitarios Que Se Deben Cumplir En Los Sistemas De Abastecimiento Públicos Y Privados Durante El Manejo Del Agua. Procedimientos Sanitarios Para El Muestreo”, en su capítulo 6. “Control Sanitario Y Medidas Preventivas”, en el numeral 7.6 “Selección De Puntos De Muestreo”, cita:

---

<sup>6</sup> ETAP: Estación de tratamiento de agua potable

<sup>7</sup> Norma Oficial Mexicana

Recuperado 18 de julio de 2006

<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/230ssa102.html>

“... La selección de puntos de muestreo debe considerarse para cada sistema de abastecimiento en particular. Sin embargo, existen criterios que deben tomarse en cuenta para ello. Estos criterios son:

7.6.1 Los puntos de muestreo deben ser representativos de las diferentes fuentes de agua que abastecen el sistema.

7.6.2 Debe haber una distribución uniforme de los puntos de muestreo a lo largo del sistema y, en su caso, considerar los lugares más susceptibles de contaminación:

7.6.2.1 Puntos muertos.

7.6.2.2 Zonas de baja presión.

7.6.2.3 Zonas con antecedentes de problemas de contaminación.

7.6.2.4 Zonas con fugas frecuentes.

7.6.2.5 Zonas densamente pobladas y con alcantarillado insuficiente.

7.6.2.6 Tanques de almacenamiento abiertos y carentes de protección, y

7.6.2.7 Zonas periféricas del sistema más alejadas de las instalaciones de tratamiento

7.6.3 Los puntos se localizarán dependiendo del tipo de sistemas de distribución y en proporción al número de ramales.

7.6.4 Debe haber como mínimo un punto de muestreo inmediatamente a la salida de las plantas de tratamiento...”

El sistema mexicano, país que al igual que el nuestro está en vías de desarrollo económico, da un paso adelante, a criterio del autor, ya que abandona la aleatoriedad y define taxativamente los sitios críticos de la red de distribución de los sistemas de agua potable en los cuales se deben muestrear.

## 2.3 Experiencia Cubana<sup>8</sup>

En el numeral 1.4 “Red De Distribución”, del Anexo II del “Subprograma De Control Sanitario Del Agua”, indica que se tomarán muestras para análisis “... en los puntos clave de la red de distribución de acueductos:

- Los puntos clave de cada acueducto se fijarán de modo que sean representativos de toda la red y su número estará de acuerdo a la población abastecida según lo establece la NC 93-03:92.
- Debe tenerse en cuenta las zonas donde la red no está debidamente protegida, donde la presión sea inferior a la mínima requerida o en puntos terminales de la misma.
- El número mínimo de muestras mensuales a tomar y los intervalos entre dos tomas de muestras de un mismo punto, también se establecen en la norma antes mencionada.
- Los acueductos con servicio discontinuo de agua se tomarán las muestras, preferentemente, dentro de la hora siguiente al reinicio del servicio.
- Se determinará diariamente el cloro libre residual como mínimo al 20% de todos los puntos (clave), seleccionando los de mayor importancia...”

Cuba también es un país que está catalogado en vías de desarrollo, por lo que debe tener un sistema más elaborado de controlar la calidad del agua que da a sus habitantes. En su experiencia también abandona la aleatoriedad y define con exactitud los sitios claves donde deben tomarse las muestras. Los nuevos sitios que aporta la experiencia cubana son:

---

<sup>8</sup> Subprograma de control sanitario del agua

Recuperado 26 de Julio de 2006

<http://aps.sld.cu/bvs/materiales/programa/otros/proagua.pdf#search=%22Subprograma%20De%20Control%20Sanitario%20Del%20Agua%20en%20Cuba%22>

donde la presión sea menor a la mínima y en lugares donde se reinicia la prestación del servicio.

## **2.4 Experiencia Peruana<sup>9</sup>**

Para la Superintendencia de Servicios de Saneamiento de Perú (SUNASS), se debe asegurar que las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento realicen el control de la calidad de agua que producen y distribuyen a sus usuarios, para ello desarrolla mecanismos para ejecutar las actividades que constan en el Programa de Control de Calidad del Agua, consistente en un conjunto de acciones permanentes que tienen como objetivo garantizar que el agua para consumo humano cumpla con los requisitos que establecen las Inspecciones Sanitarias en los sistemas de producción y distribución.

Para planificar la toma de muestras podrá considerarse para el "... análisis bacteriológico, lo siguiente:

1. Si el agua que sale de la planta de tratamiento va directamente a uno o mas reservorios (siempre y cuando el reservorio no reciba agua de otra fuente), el muestreo en la planta puede ser omitido, de manera que se podrían tomar las muestras correspondientes sólo en el reservorio (si hay uno) o los reservorios (si hay varios).
2. Si el agua que proviene de una fuente subterránea va directamente a uno o mas reservorios (siempre y cuando el reservorio no reciba agua de otra fuente), el muestreo en la fuente subterránea puede ser omitido, de manera que se podrían tomar las muestras

---

<sup>9</sup> Guía Sobre El Control De Calidad El Agua

Superintendencia de Servicios de Saneamiento de Perú

Recuperado el 20 de Julio de 2006

[http://www.crid.or.cr/crid/CD\\_Agua/pdf/spa/doc14595/doc14595-contenido.pdf](http://www.crid.or.cr/crid/CD_Agua/pdf/spa/doc14595/doc14595-contenido.pdf)

correspondientes sólo en el reservorio (si hay uno) o los reservorios (si hay varios).

3. Si el agua de la fuente subterránea no es clorada, sino en el reservorio, las muestras para el control se tomarán sólo en el reservorio correspondiente. Si se trata de varias fuentes no cloradas que van a un solo reservorio, se tomarán las muestras sólo en el reservorio. (Esta situación no elimina la realización de análisis bacteriológicos de dichas fuentes como parte del proceso de tratamiento).
4. En todos los otros casos, el muestreo en las fuentes subterráneas, a la salida de plantas de tratamiento y en los reservorios deberá realizarse con la frecuencia establecida.
5. Antes de la toma de muestras para el análisis bacteriológico, se debe determinar el contenido de cloro residual. Si el agua en algún punto tuviera un contenido menor de 0,5 mg/L de cloro libre residual, se debe proceder a tomar una muestra adicional al número de muestras ya establecido.
6. Para planificar la toma de muestras para análisis físico y químico, considerar lo siguiente:
  - a. Si el agua que sale de la planta de tratamiento va directamente a un solo reservorio (siempre y cuando el reservorio no reciba agua de otra fuente), el muestreo en la planta debe realizarse con la frecuencia correspondiente, y omitirse el muestreo en el reservorio o viceversa.
  - b. Si el agua que sale de planta de tratamiento va directamente a varios reservorios (siempre y cuando el reservorio no reciba agua de otra fuente), el muestreo en la planta debe realizarse con la frecuencia correspondiente, y el muestro en los reservorios por lo menos una vez al año.
  - c. Si el agua que proviene de una fuente subterránea va directamente a uno o mas reservorios (siempre y cuando el

reservorio no reciba agua de otra fuente), el muestreo en la fuente subterránea debe realizarse con la frecuencia correspondiente, y omitirse el muestreo en el reservorio y viceversa.

- d. En todos los otros casos, el muestreo en las fuentes subterráneas, a la salida de plantas de tratamiento y en los reservorios deberá realizarse con la frecuencia establecida...”

Además, con relación al muestreo en la red propiamente dicho, señala en la página 6, de la Guía Sobre El Control De Calidad El Agua, señala:

- f) “Plan de muestreo: conjunto de criterios que determinan los puntos y los parámetros a muestrear, la frecuencia y el período de muestreo.
- g) Puntos críticos: algunos puntos en la red cuya contaminación implica una mayor responsabilidad social para las EPS, como los hospitales, escuelas, etc.
- h) Puntos genéricos: los demás puntos de la red que no son críticos, notables ni sospechosos.
- i) Puntos notables: son los puntos donde la probabilidad de contaminación es mayor como los puntos de baja presión, puntos finales de la red, puntos en zonas de riesgo de contaminación.
- j) Puntos sospechosos: puntos eventuales de análisis para investigar algún problema detectado”.

La experiencia peruana, no tiene mayor diferencia con el control de calidad del agua para consumo humano que dicta la OPS, la SUNASS basa su control principalmente en las características de las fuentes de producción de agua, en el muestreo en los reservorios y en las redes de distribución en los puntos de baja presión y puntos finales de la red.

## 2.5 Experiencia Colombiana<sup>10</sup>

En el documento Instrucciones Para La Toma, Preservación Y Transporte De Muestras De Agua De Consumo Humano Para Análisis De Laboratorio, del Instituto Nacional de Salud de Colombia, se señalan algunas normas que bien podrían tomarse en cuenta "...La toma de muestras de agua para la vigilancia, se hará en puntos de la red de distribución y no debe ser tomada dentro de la vivienda.

- Si por alguna circunstancia el punto de toma de agua está dentro de la vivienda, porque viene directamente de la red de distribución, se hará un acta en la que conste porqué se toma de este punto. Sin embargo, es necesario recomendar a la EPSA la puesta de un mecanismo de toma de muestra para ese punto antes de la entrada a la vivienda o construcción.
- Debe hacerse Muestreo siempre, en mínimo uno de los puntos más alejados de la red de distribución según población servida, punto de toma no negociable para la entidad de vigilancia.
- Los puntos de toma de muestras deben ser los mismos durante el año y dependiendo de la frecuencia, debe hacerse como mínimo 4 análisis por cada uno de ellos, con el fin de poder analizar tendencias de la calidad del agua.
- Algunos de los puntos de toma de muestras seleccionados por la entidad de vigilancia, también serán muestreados por el organismo prestador ( EPSAs ), previo acuerdo entre las partes; para poder comparar, analizar y cruzar información entre las funciones de

---

<sup>10</sup> Instrucciones Para La Toma, Preservación y Transporte De Muestras De Agua De Consumo Humano Para Análisis De Laboratorio.

Superintendencia De Servicios Públicos Domiciliarios

Bogotá D.C., Octubre – 2001

Recuperado el 12 de Julio de 2006

[http://www.col.ops-oms.org/DIAA/2002/INS\\_guia\\_vigilancia.htm#461](http://www.col.ops-oms.org/DIAA/2002/INS_guia_vigilancia.htm#461)

vigilancia y control con el objetivo de fortalecer la toma de decisiones respecto a la calidad del agua suministrada.

- Los puntos de toma de muestras, podrán variarse si es necesario y si las condiciones lo permiten para el siguiente período anual, teniendo en cuenta Información local sobre problemas específicos que afectan la salud de la población y su distribución geográfica, resultados de la inspección sanitaria en la red de distribución, lugares de concentración habituales como hospitales, cárcel municipal, colegios, polideportivos, etc.
- En localidades donde no haya EPSAs y el agua se capte cruda para consumo, es necesario que los puntos de toma para vigilancia se seleccionen entre cada una de las diferentes fuentes de suministro dependiendo del porcentaje de cobertura o uso por parte de los usuarios”.

En la norma técnica colombiana NTC ISO 5667-25. “Calidad Del Agua. Muestreo. Técnicas Generales De Muestreo”<sup>11</sup>, en su Unidad de Competencia Obligatoria OM203 “Operar Los Sistemas De Tratamiento Garantizando La Cantidad, Continuidad y Calidad Físicoquímica Del Agua, Según Las Normas Vigentes Para Agua Potable” señala que los sitios de muestreo son las captaciones; plantas de tratamiento: entrada de agua a la planta, salida de los sedimentadores, tanques de almacenamiento, salida del proceso de cloración; tanque de distribución; diferentes puntos de la red en los grifos de las viviendas.

---

11 Sistema Nacional de Formación para el Trabajo. Unidades de Competencia Laboral que Integran la Titulación en Operación y Mantenimiento de Sistemas de Abastecimiento de Agua Para Pequeñas Comunidades. Equipo Técnico para el Estudio Ocupacional del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico. Medellín, abril de 2000.

Recuperado el 12 de Julio de 2006

[http://www.minambiente.gov.co/viceministerios/ambiente/dir\\_agua\\_potable\\_saneam\\_basico/municipios\\_menores\\_areas/certificacion\\_por\\_competencias\\_laborales/competencia\\_laboral\\_en\\_operacion\\_mant\\_sist\\_abast\\_agua\\_peq\\_comun\\_nivel\\_2.pdf](http://www.minambiente.gov.co/viceministerios/ambiente/dir_agua_potable_saneam_basico/municipios_menores_areas/certificacion_por_competencias_laborales/competencia_laboral_en_operacion_mant_sist_abast_agua_peq_comun_nivel_2.pdf)

La experiencia Colombiana, país muy similar al nuestro, en el que no está resuelto el problema del mantenimiento de la calidad del agua en la red de distribución, determina que se sigan las guías de OPS/OMS sobre la aleatoriedad en la toma de muestras, definiendo los puntos de muestreo con prevalencia en la producción del agua potable. Deja sentado que se debe controlar la calidad del agua, en la red de distribución y más precisamente en los grifos de las viviendas, sin especificaciones concretas de los sitios de muestreo.

## CAPITULO III

### METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

#### 1. INTRODUCCION

A fin de resolver el problema presentado en esta tesis **¿Cómo actualizar el proceso de muestreo y su representatividad espacial, debido principalmente al crecimiento en coberturas de los sistemas de agua potable y al desarrollo urbanístico sostenido?**, y sobre la base de la información expuesta en el capítulo anterior, el presente capítulo referirá la forma de investigación, es decir versará sobre la metodología utilizada para la recopilación de la información necesaria para el análisis de la misma y el tratamiento de los hallazgos o resultados obtenidos.

Siendo el propósito de la presente tesis cambiar el sistema de muestreo, de aleatorio a espacial, para garantizar la calidad del agua potable que se distribuye a la ciudadanía, la investigación y propuesta de esta tesis tuvo esa meta.

Para solventar este problema el autor utilizará en el proceso de investigación científica, la metodología que corresponde a la guiada por el método cualitativo con tres preguntas, que se fundamenta en observaciones y entrevistas no estructuradas<sup>1</sup>, evita la cuantificación, se hacen registros narrativos de los fenómenos que son estudiados, la

---

<sup>1</sup> Metodología de la Investigación

Investigación cuantitativa y cualitativa

Recuperado: 16 de noviembre de 2006

[http://www.fisterra.com/mbe/investiga/cuanti\\_cuali/cuanti\\_cuali.htm](http://www.fisterra.com/mbe/investiga/cuanti_cuali/cuanti_cuali.htm)

investigación es tratada de manera que conlleve al levantamiento de criterios y atributos de calidad del muestreo.

La entrevista no estructurada es un insumo de la investigación cualitativa, es una técnica que “se utiliza para recabar información en forma verbal, a través de una serie de preguntas que propone el analista,... es imprescindible relacionarse con los usuarios y recoger un conjunto de hechos y/o requerimientos de información necesarios para el estudio”<sup>2</sup>.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática<sup>3</sup> “las entrevistas son una forma de conversación,... al analizar las características de los sistemas con personal seleccionado cuidadosamente por sus conocimientos sobre el sistema,... su experiencia, son personas claves para la institución”.

## **2. PREGUNTAS QUE GUIARAN LA INVESTIGACION**

### **2.1 Preguntas**

En el desarrollo de la presente tesis se da respuesta a las preguntas que se enuncian líneas abajo, las cuales tienen que ver con algunos aspectos logísticos que deben cumplirse en el nuevo sistema de muestreo. Al evacuarlas el autor podrá estar en capacidad de afirmar si es viable o no para la EMAAP-Q disponer un nuevo sistema de monitoreo guiado por la distribución espacial.

---

2 Metodología Para La “Fase Análisis De Sistemas” En La Administración Pública  
Instituto Nacional de Estadística e Informática  
Recuperado el 28 de noviembre de 2006  
<http://www.inei.gob.pe/web/metodologias/attach/lib604/cap3-1.htm>

3 Ibid

- **¿Es factible diseñar un nuevo sistema de muestreo que permita realizar un control espacial de la calidad del agua distribuida en todos los sectores de la ciudad de Quito?**
- **¿Es posible tener una representatividad espacial de la calidad del agua potable que se distribuye en la ciudad de Quito con el número de muestras que impone la norma NTE INEN 1108:2005?**
- **¿El nuevo método de muestreo permitirá definir puntos claves de la red de distribución que sean espacialmente representativos?**

De las preguntas presentadas, la primera se relaciona directamente con el título de la tesis: **“Definir un Nuevo Sistema de Muestreo de la Calidad del Agua Potable en las Redes de Distribución de la Ciudad de Quito”**, las otras preguntas nos ayudan a guiar la investigación.

Debemos relatar que de acuerdo con las autorizaciones concedidas por las autoridades de la EMAAP-Q, para sustentar la tesis se utilizará información del L3C del año 2005, considerando que el sistema de muestreo aleatorio utilizado no ha variado hasta la presente fecha.

### **3. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION**

Para esta fase de la investigación, el autor relata cómo obtuvo la información necesaria para contestar las preguntas, a efectos de dar a conocer los procedimientos utilizados para generar la confiabilidad en los resultados que se vayan obteniendo.

Según Andrés Sánchez Moguel<sup>4</sup>:

La confiabilidad se refiere a la estabilidad del instrumento a través del tiempo y de las muestras. Confiable es aquello que se encuentra libre de error. Sin embargo, aunque esto parece ser suficientemente exacto en las ciencias naturales (por ejemplo, en la medición del contenido de sodio en un compuesto), en las ciencias sociales es muy ingenuo pensar en alcanzar la exactitud (puede incluso tantearse la duda de la posibilidad o la necesidad de ella a nivel filosófico).

Por lo tanto, en el desarrollo del presente trabajo se utilizó fuentes que permanezcan en el tiempo, tal es el caso de la Unidad de Agua No Contabilizada (UANC) y del Laboratorio Central de Control de Calidad (L3C), y la información generada en estas dependencias.

**Población Investigada.-** Es el primer atributo del cual el autor reseña cómo obtuvo la información. Para efectos de la presente tesis la población investigada es igual a la población servida, toda vez que se refiere a la población que tiene el servicio de agua potable a través de la red de distribución.

Para obtener la población investigada, el autor utilizó una de las bases de datos que administra la UANC, la misma que cuenta con códigos para definir el sector hidráulico, la clave de usuario, el número de clientes, entre otros. A continuación el autor calcula el número de habitantes multiplicando los valores del número de clientes y el promedio de habitantes por conexión domiciliaria, esta última información es

---

4 Criterios de Evaluación Educativa: Bases y Perspectivas

Andrés Sánchez Moguel

Recuperado el 30 de noviembre de 2006.

[Http://cinvestav.mx/publicaciones/avayper/enemar05/criterios.pdf](http://cinvestav.mx/publicaciones/avayper/enemar05/criterios.pdf)

proporcionada también por la UANC; luego tabula la información y la organiza por tanque, línea de transmisión y planta de tratamiento desde la cual se abastece con el agua potable a un cliente definido.

**Distribución Espacial.-** Mediante tabulación y organización de la información existente en la Unidad de Agua No contabilizada (UANC) se definió la representación espacial de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Quito.

**Número de Muestras.-** El nuevo sistema de monitoreo debe cumplir con lo estipulado por la norma obligatoria NTE INEN 1108, es decir con las 390 muestras / mes para todo el Distrito Metropolitano de Quito. Por organización interna de la empresa, para ejercitar un mejor control de la calidad del agua, se toman 165 muestras en la parte urbana de Quito, en el entendido que la ciudad cuenta con mejores instalaciones sanitarias, y el número restante de muestras (225) se las toma en las áreas periurbana y rural. Por lo tanto, por definición, en el sistema de muestreo espacial de la ciudad de Quito, solamente se tomarán 165 muestras.

Como información adicional, se hace notar que desde las plantas que abastecen a la ciudad, también se distribuye a sectores periurbanos como Calderón, Conocoto, Cumbayá, San Antonio, Nayón y Zámiza.

**Sectores de la Ciudad.-** El autor utilizó otra de las bases de datos de la UANC que contiene información relacionada con la infraestructura de la Red de Distribución del Sistema de Agua Potable, específicamente lo relacionado con los sectores y subsectores hidráulicos. Posteriormente tabuló la información y la encadena al área geográfica servida por un determinado tanque de distribución, a la línea de transmisión y a la planta de tratamiento de agua potable.

**Número de Habitantes por Sector.-** Este atributo permitió al autor conocer el número de habitantes que tienen cobertura de agua potable a través de la red de distribución por cada sector geográfico de la ciudad, para ello relacionó los resultados obtenidos en los atributos Población Investigada y Sectores de la Ciudad.

**Número de Muestras por Sector.-** Para obtener este atributo de calidad, el autor utilizó porcentajes ponderados basándose en los resultados alcanzados del atributo “Número de Habitantes por Sector”. El resultado así alcanzado permite unificar los criterios Distribución Espacial y Calidad del Agua Potable.

**Número de Parámetros que Puede Analizar el L3C.-** Del total de parámetros estipulados en la norma NTE INEN 1108, el L3C está en capacidad técnica de realizar el análisis de 24 de ellos, entre los que constan los parámetros físicos, químicos y microbiológicos básicos.

Cómo información se puede citar que la EMAAP-Q dispone de una planificación que le permitirá a su Laboratorio Central de Control de Calidad realizar todos los análisis de los parámetros que constan en la norma citada e ir acreditando más parámetros bajo la norma ISO/IEC 17025.

**Parámetros a Evaluar en el Sistema Espacial.-** Para efectos de esta tesis, y con la autorización del Jefe de Ingeniería Operativa de la EMAAPQ, se realizó un taller el 20 de julio de 2006, en la sala de reuniones del L3C en el cual se definió los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se reportarán mensualmente, pues no existe ningún mandato expreso en tal sentido en la norma NTE INEN 1108.

En el taller citado participó el personal técnico del L3C, que tiene dentro de sus funciones realizar el muestreo y los respectivos análisis de laboratorio de las muestras tomadas.

En el desarrollo del taller se utilizó la técnica METAPLAN, que es un método que permite “crear, coger, recolectar, estructurar, almacenar, visualizar ideas y construir la motivación y soportes necesarios previo a la implementación de una iniciativa de cambio”<sup>5</sup>. Es una herramienta de visualización que permite a quienes intervienen en un taller, tener a la vista los contenidos de sus reflexiones y el intercambio de opiniones para que, en una plenaria y de manera democrática, puedan arribar a decisiones o conclusiones comunes.

Metodológicamente, el taller tuvo el siguiente desenvolvimiento: se presentó el propósito de la tesis y la agenda del trabajo, posteriormente se realizó una lluvia de ideas sobre los parámetros básicos indispensables que debe contener la propuesta, después se realizó un debate sobre los parámetros que debían evaluarse mensualmente, a continuación se organizó los parámetros definidos por análisis físicos, químicos y microbiológicos.

**Puntaje Asignado a Cada Parámetro.-** En el taller reseñado y teniendo como base los parámetros que se deben reportar y que constan en el nuevo sistema de muestreo por distribución espacial, se analizó desde el punto de vista de los consumidores, las afectaciones a la salud que podría causar el no cumplir con los límites permisibles establecidos en la norma, luego y en consenso, se definió los valores que se otorgaría a cada

---

5 Metaplan

12 Manage – Rigor And Relevance

Recuperado el 1 de diciembre de 2006

[http://www.12manage.com/methods\\_schnelle\\_metaplan\\_es.html](http://www.12manage.com/methods_schnelle_metaplan_es.html)

parámetro por su incumplimiento, con el condicionante de que su suma sea igual a 100.

La aplicación de esta metodología se basa en la experiencia colombiana<sup>6</sup> que busca calificar el riesgo para la salud humana al ingerir agua potable que no cumpla con las normas de calidad establecidas. En anexo se presenta el Proyecto de Decreto de Agua para Consumo Humano de la República de Colombia.

**Sitios Claves.**- De la revisión de literaturas reseñadas en el capítulo dos, se encontró que tanto en la OPS como en España, México, Cuba, Colombia y Perú existe experiencia en la definición de sitios críticos en la red de distribución donde es posible que se contamine el agua potable.

Utilizando también la metodología METAPLAN, en las oficinas de Ingeniería Operativa se organizó otro taller, realizado el 3 de agosto de 2006 cuyo fin fue, definir los sitios críticos donde realizar los muestreos. La mecánica de este taller fue similar al utilizado en el taller que se desarrolló en el L3C y que fue descrito líneas arriba.

En el taller participaron dos funcionarios del L3C, y dos funcionarios de Ingeniería Operativa, todos con gran experiencia profesional y conocimientos de la red de distribución y química del agua, respectivamente.

---

6 Proyecto de Decreto de Agua para Consumo Humano  
Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente  
República de Colombia  
Recuperado el 12 de octubre de 2006  
[http://www.minambiente.gov.co/prensa/banner\\_home/proyectos\\_en\\_tramite/proyecto\\_agua\\_consumo\\_humano/proyecto\\_decreto\\_calidad\\_agua\\_consu\\_hum.doc](http://www.minambiente.gov.co/prensa/banner_home/proyectos_en_tramite/proyecto_agua_consumo_humano/proyecto_decreto_calidad_agua_consu_hum.doc)

En el presente capítulo se muestra la forma como el autor recopiló información y que seguridades tomó par que la misma sea relevante, ya que servirá de base para el análisis y formulación de la propuesta referente al nuevo sistema de muestreo que permita, por un lado, tener una distribución espacial de la toma de las muestras en los sitios críticos donde se puede contaminar el agua potable, y por otro, evaluar mensualmente el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano.

En el próximo capítulo, el autor expone los resultados de los análisis realizados a la información recabada, en directa concordancia con cada una de las preguntas formuladas.

## **CAPITULO IV**

### **TRATAMIENTO DE LOS HALLAZGOS**

#### **1. INTRODUCCION**

El propósito del presente capítulo es presentar los resultados de la investigación realizada en esta tesis, de acuerdo con las preguntas que se hicieron utilizando el método cualitativo.

El autor, utilizando como guía las tablas obtenidas con los resultados de la investigación, explica fundamentadamente los criterios de calidad hallados que le permitieron contestar las preguntas formuladas.

#### **2. CRITERIOS Y ATRIBUTOS DE CALIDAD**

Las preguntas formuladas que guiaron este estudio contienen criterios y atributos que deben cumplirse dentro del nuevo sistema de muestreo, por lo que se los define para que den la pauta al momento de contrastar contra ellos los hallazgos que arroja la investigación.

##### **2.1 Criterios de Calidad**

La pregunta ¿Es posible tener una representatividad espacial de la calidad del agua potable que se distribuye en la ciudad de Quito con el número de muestras que impone la norma NTE INEN 1108:2005? Para esta pregunta se tienen implícitos los siguientes criterios: el número de muestras que deben tomarse en la ciudad de Quito, su distribución espacial y la calidad del agua potable distribuida.

La pregunta ¿El nuevo método de muestreo permitirá definir puntos claves de la red de distribución que sean espacialmente representativos? En cuanto a esta pregunta, se tiene como único criterio la definición de sitios claves que sean espacialmente representativos.

La siguiente pregunta ¿Es factible diseñar un nuevo sistema de muestreo que permita realizar un control espacial de la calidad del agua distribuida en todos los sectores de la ciudad de Quito? Para esta, la pregunta principal, se contestará afirmativamente solo si son viables las dos preguntas anteriores.

**Número de muestras:** La norma NTE INEN 1108<sup>1</sup> en el Anexo 1. “Informativo”, señala que el número de muestras a tomarse será acorde a la población servida. Esta regulación se aplica a todo el DMQ, pero por disposición interna de la EMAAP-Q se tomarán 165 muestras en la ciudad de Quito.

En la entrevista con el participante 1, se cita que en el diseño del nuevo sistema de muestreo, las 165 muestras deben cumplir con la condicionante de que “el número de muestras que se tomen nos permita cubrir todos los tipos de agua (un tipo de agua es procesado únicamente por una planta de tratamiento)... esto en razón de que la empresa cuenta con varios sistemas de abastecimiento que hacen que sea difícil obtener una muestra representativa” ya que “si el muestreo no es correcto... el resultado no es valedero y no será valioso para los fines de un estudio”

Al respecto del número de muestras, el participante 2 dice que “deber ser cuestionada para ver si es que en las actuales circunstancias es representativa. Pero por el momento debe someterse a este número de muestras las que se deben tomar en la ciudad”, es decir, el nuevo sistema

---

<sup>1</sup> Una copia de la norma NTE INEN 1108:2005 se adjunta en los anexos

de muestreo debe cumplir con la disposición de las autoridades de realizar un muestreo con 165 muestras y que las mismas se tomen en los diferentes tipos de agua conforme lo plantea el participante 1. Si no es posible que existan muestras de todos los tipos de agua de la ciudad se debería cuestionar el número impuesto por las autoridades de la empresa, para aumentar en ciudad y disminuir el número de la parte rural del DMQ.

**Distribución espacial:** “Dentro de cada región, la población no ocupa el territorio de manera uniforme, sino que tiende a concentrarse en puntos de máxima densidad”<sup>2</sup>.

De acuerdo con el participante 3: “se puede tener una representación espacial, con base a un estudio por planta, por la población promedio servida en cada sector de la ciudad”. Al respecto el participante 2, dice “debería estar referido a zonas de servicio que cada uno de los tanques de la ciudad tiene... permitiendo sobre todo, en los tanques que están más alejados de los centros de producción, conocer cual es la calidad del agua que se está entregando en el sector de cada uno de estos tanques”

Para el participante 4: “ el hecho de que se tenga tantos sitios dentro de la ciudad (donde se debe tomar muestras) se tiene que también asegurar que todos los sitios vayan a ser muestreados, al menos una vez al año” por lo tanto en el diseño del nuevo sistema de muestreo todos los sitios críticos serán muestreados por lo menos una vez al año.

---

<sup>2</sup> Distribución espacial de la población mundial  
Geografía – Club Telépolis  
Recuperado el 30 de noviembre de 2006.  
<http://club.telepolis.com/geografo/poblacion/distribucion.htm>

**Calidad del agua potable:** “Se denomina agua potable a la tratada para su consumo humano según unos estándares de calidad determinados por las autoridades locales e internacionales”.<sup>3</sup>

Según nuestra legislación, los estándares de calidad están definidos en la norma NTE INEN 1108, pero para el participante 4: “el parámetro básico que siempre se debe entregar es el cloro residual, el cual nos dice si el agua es apta o no para el consumo humano”. De acuerdo con el participante 1: “es necesario llegar a determinar todos los tipos de agua, porque se puede controlar un 90% de la calidad del agua del distrito, pero en ese 10% restante puede tener problemas, como ya ocurrió, que no fueron debidamente controlados, y fue solamente el 5% de pozos que no estuvieron controlados”

En el taller realizado en el L3C, se definió los parámetros físico- químicos y microbiológicos que se reportarán. Según opinión del participante 2: “desde el punto de vista de la salud, los parámetros que son fundamentales... son los referidos a la calidad bacteriológica del agua, de modo que produzcan un impacto que permita que se tomen las medidas correctivas de inmediato. Hay otros parámetros que están referidos al aspecto físico que si bien no tienen una incidencia o pueden producir una afectación a la salud de las personas que ingieren el agua potable, sin embargo ese aspecto físico genera comportamientos de aceptación o rechazo al agua, por ejemplo, un alto color puede generar que la gente, así tenga una calidad bacteriológica óptima, no consuma agua”.

---

<sup>3</sup> Agua Potable – Calidad  
WIKIPEDIA, Enciclopedia libre  
Recuperado el 30 de noviembre de 2006.  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_potable](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_potable)

**Riesgo de la Calidad del Agua Potable:** Peligro que representa para la salud humana el ingerir agua no apta para el consumo humano.

En el taller realizado en el L3C, al momento de realizar una evaluación de la calidad del agua se definió que se asignaría un puntaje a cada parámetro que incumpla con la norma INEN 1108.

El participante 3, comentó al autor que “se puede evaluar (si tiene o no afectaciones para la salud de los consumidores) con los parámetros que se analizan en el laboratorio, para lo que es necesario definir puntajes por el incumplimiento de uno de ellos con la norma, ya que a nivel general se puede establecer que la calidad del agua es buena, pero si se hace un análisis puntual se puede dar cuenta que existen algunos problemas, por lo que el nuevo sistema debe ser más específico”

También se argumenta que el nuevo sistema de muestreo, al hablar de la calidad del agua, según el participante 1: “la calidad del agua en Quito, en general no tiene riesgo, pero se conoce que existen sitios donde existen problemas con riesgo para la población, por lo que es menester detectarlos para poder corregirlos... ya que el mismo depende, entre otras cosas, por la tecnología que tienen cada una de las plantas, por ejemplo Bellavista y El Troje son plantas modernas que están mejor controladas en comparación con las pequeñas o rurales”, es decir no solo hay que evaluar en forma macro sino que se debe exteriorizar el riesgo de la calidad en los diferentes puntos de muestreo para poder tomar los correctivos.

Por los criterios emitidos vemos que se exterioriza la existencia de algunos problemas con la calidad del agua en la ciudad de Quito, los mismos que no se han podido puntualizar debido a deficiencias en este aspecto en el actual sistema de muestreo.

Según el participante 1: "... desde el punto de vista químico el puntaje asignado al color es alto (10 puntos), mucho mayor que el del hierro (3 puntos). El color fuera de norma nos indica que puede deberse a otros parámetros, puede deberse a la presencia de hierro, a la presencia de sustancias orgánicas, a la presencia de manganeso. Igual ocurre con la turbiedad (15 puntos). Si la turbiedad es alta puede deberse a los sólidos suspendidos, al aluminio, y otras serie de parámetros involucrados, ya que son la consecuencia de que otros parámetros se hayan salido fuera de norma. Estos parámetros son globalizadores".

**Sitios claves representativos:** "Son aquellos sitios representativos de las fuentes de abastecimiento existentes, en donde se controlará la calidad del agua potable distribuida".<sup>4</sup>

El participante 2, opina "el tema de establecer en donde muestrear debe tener algunas consideraciones... deben ser objeto de un análisis de cómo opera y se mantiene una red de distribución y con ese conocimiento deben ser definidos (los sitios) y ser inamovibles... una de ellas es su lejanía o cercanía a los centros de producción,... entonces existen más posibilidades de pérdida de calidad por diferentes eventos, tales como contaminación por conexiones cruzadas o por trabajos de mantenimiento realizados..., los puntos muertos que son lugares con mayor sedimentación y que de hecho significa un problema para la calidad del agua"

---

4 Sistema de vigilancia de fluoruro en aguas de consumo en Cuba

Rev Cubana Hig Epidemiol 2002;40(2):136-42

Recuperado el 24 de julio de 2006

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-17512002000200009&script=sci\\_arttext&tlng=es#cargo](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-17512002000200009&script=sci_arttext&tlng=es#cargo)

El participante 1, expresó el siguiente criterio “Los puntos clave para el control de la calidad en la red de distribución serán los sitios donde puedan existir problemas, donde los parámetros que exige la norma INEN pueden salirse de los límites máximos permisibles, en cualquiera de los parámetros que puedan determinarse por análisis físicos, químicos o determinación de metales, compuestos orgánicos, etc.”

Para el participante 4, los sitios “donde muestrear serían los sitios donde existan problemas, quejas, donde la baja de la calidad del agua sea continua”, declaración concordante con el participante 1. Al respecto, el autor considera que las quejas de los usuarios que han sido atendidas con la toma de muestras, no se tomen en cuenta dentro del número que definido por las autoridades, ya que son adicionales y así se ha estado procediendo hasta la fecha, por lo que no considera oportuno cambiar esta política.

## **2.2 Atributos de la calidad**

Cada uno de los criterios descritos tienen a su vez atributos que deben cumplir dentro del nuevo sistema de muestreo por distribución espacial. En el siguiente cuadro se presentan los atributos que están relacionados con cada criterio de calidad, vistos desde la óptica de quienes participaron en las entrevistas realizadas por el autor.

**Cuadro 4.1**  
**Atributos de la Calidad**  
**Definidos por los Entrevistados**

<b>Distribución espacial</b>	<b>Calidad del agua potable</b>	<b>Riesgo de la calidad del agua</b>	<b>Sitios claves representativos</b>
Cubrir todos los tipos de agua que se están distribuyendo	Evaluar desde el punto de vista de la salud del consumidor	Análisis puntual para definir problemas	Análisis de cómo opera y se mantiene una red de distribución
Un estudio por planta	Determinarse por análisis de laboratorio básicos	Evaluar en forma macro	Lejanía a los centros de producción
Población promedio servida en cada sector de la ciudad		Evaluar con los parámetros que se analizan en el laboratorio	Los puntos muertos
Zonas de servicio de cada uno de los tanques		Definir puntajes por incumplimiento de parámetros con la norma	
		Parámetros globalizadores con mayor puntaje que los parámetros simples	

Elaboración: El autor

Los atributos que se expondrán a continuación son resultado del análisis de la Revisión de Literaturas presentada en el capítulo dos y que el autor

lo ha considerado pertinente al momento de definir los componentes de los criterios de calidad.

**Cuadro 4.2**  
**Atributos de la Calidad**  
**Definidos por Revisión de Literaturas**

<b>Distribución Espacial</b>	<b>Calidad del Agua Potable</b>	<b>Sitios representativos</b>	<b>Claves</b>
Población Servida	Número de muestras por sector	Sitios críticos donde puede contaminarse el agua potable que se distribuye Salidas de las plantas de tratamiento. Salidas de los tanques de distribución. Pozos Zonas de alta presión. Zonas de baja presión. Finales de red.	
Número de Muestras (165 muestras/mes)	Número de parámetros que está en capacidad de analizar el L3C		
Sectores de la ciudad	Parámetros a evaluar en el sistema espacial		
Número de habitantes por sector	Puntaje asignado a cada parámetro que se evalúa en el sistema espacial		
	Cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano		

Elaboración: El autor

De la comparación de los dos cuadros vemos que existe gran coincidencia en los conceptos emitidos por quienes concedieron entrevistas al autor y la revisión de literaturas realizadas.

Unificando los criterios emitidos en una sola guía que el autor utiliza para la presentación de los hallazgos, se tiene:

Cuadro 4.3  
**Atributos de la Calidad**

<b>Distribución Espacial</b>	<b>Calidad del Agua Potable</b>	<b>Sitios Representativos Claves</b>
1. Cubrir todos los tipos de agua que se distribuyen	6. Análisis de laboratorio básicos a informarse mensualmente	10. Sitios críticos donde puede contaminarse el agua potable que se distribuye Salidas de las plantas de tratamiento. Salidas de los tanques de distribución. Pozos Zonas de alta presión. Zonas de baja presión. Finales de red.
2. Número de Muestras (165 muestras/mes)	7. Evaluación utilizando el IRCA	
3. Población servida	8. En el IRCA, los parámetros globalizadores irán con mayor puntaje que en los parámetros simples.	
4. Zonas de servicio de cada uno de los tanques	9. Permitir análisis puntuales y macro de la calidad del agua	
5. Población promedio servida en cada sector		

Elaboración: El autor

### **3. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS**

El esquema que el autor utiliza es presentar primero la pregunta, luego los atributos, posteriormente se analiza cada atributo y criterio de calidad y se contesta la respectiva pregunta.

#### **3.1 ¿Es posible tener una representatividad espacial de la calidad del agua potable que se distribuye en la ciudad de Quito con el número de muestras que impone la norma NTE INEN 1108:2005?**

Con relación al primer atributo, que el nuevo sistema de muestreo debe cubrir todos los tipos de agua que se distribuye. Al respecto, los diferentes tipos de agua que se distribuyen en la ciudad de Quito tienen relación directa con las diferentes plantas de tratamiento procesadoras de agua potable: Bellavista, Puengasí, El Placer, El Troje y los Sistemas Menores. En los sistemas menores se encuentra todas aquellas plantas que procesan caudales pequeños y que tienen una cobertura geográfica igualmente pequeña.

El segundo atributo de calidad del nuevo sistema es el número de muestras. Por definición, deben tomarse en la ciudad de Quito 165 muestras/mes, por lo tanto con las 165 muestras debe tenerse la representación espacial de todos y cada uno de los tipos de aguas.

Con la definición de los atributos anteriores, y con información recabada de la Unidad de Agua No Contabilizada, el autor presenta la población servida por los sistemas de agua potable que tiene la ciudad de Quito y que corresponde al tercer atributo.

Cuadro 4.4

**Número de Clientes por Subsector Hidráulico**

MZONA	MTANQU	MSCTAP	vinculo	CONSUMOS	NClientes
2,000	5,000	4,000	1-2-2000	682,000	2,000
2,000	5,000	4,000	1-2-2010	73,000	1,000
4,000	11,000	3,000	1-2-1990	324,000	1,000
0,000	0,000	0,000	1-2-1960	30,000	1,000
0,000	0,000	0,000	1-2-1970	989,000	1,000
0,000	0,000	0,000	1-2-1950	1594,000	4,000
4,000	11,000	3,000	1-2-1940	919,000	3,000
4,000	11,000	3,000	1-2-2040	220,000	1,000
4,000	11,000	3,000	1-2-2030	0,000	1,000
4,000	11,000	3,000	1-2-1890	1717,000	1,000
4,000	11,000	3,000	1-2-1880	47,000	1,000
4,000	11,000	3,000	1-2-1870	85,000	1,000
4,000	11,000	3,000	1-2-1860	24,000	1,000
4,000	11,000	3,000	1-2-1850	18,000	1,000
4,000	11,000	3,000	1-2-1900	23,000	1,000
4,000	11,000	3,000	1-2-1910	53,000	1,000
4,000	11,000	3,000	1-2-1920	368,000	2,000
4,000	11,000	3,000	1-2-2050	146,000	2,000
4,000	11,000	3,000	1-2-2060	15,000	1,000
4,000	11,000	3,000	1-2-2070	108,000	1,000
4,000	11,000	3,000	1-2-2080	214,000	2,000
4,000	11,000	3,000	1-2-1840	38,000	1,000

Fuente: Unidad de Agua No Contabilizada - EMAAPQ

Elaboración: El autor

En el cuadro se presenta una muestra de la información contenida en la base de datos de la UANC, se observa la población que tiene cada sector geográfico de la ciudad de Quito. Se presenta el detalle únicamente de la población con servicio de agua potable de la ciudad por ser éste el ámbito de acción de la presente tesis.

El autor organiza la información por sistema de distribución, que posteriormente servirá como base para la comparación entre el sistema aleatorio de muestreo y el propuesto (sistema espacial), tenemos:

Cuadro No. 4.5  
**Distribución de la Población  
de la Ciudad de Quito**

Sistema	Población Servida (Hab.)
Bellavista	625 364
Puengasí	439 545
El Placer	133 496
El Troje	61 096
Menores	170 105
TOTAL	1 429 606

Fuente: UANC EMAAP-Q  
Elaboración: El autor

En el siguiente cuadro y utilizando porcentajes ponderados el autor diseña la distribución espacial del muestreo. Aprovecha la elaboración de la distribución para presentar también los resultados comparativos entre la distribución espacial y la aleatoria, sobre la base del muestreo realizado el mes de febrero del 2005.

Cuadro No. 4.6

**Distribución Espacial del Sistema de Muestreo**

Población Servida (hab.)		Muestras			
		Sistema Aleatorio		Sistema Espacial	
		(%)	No.	(%)	No.
Bellavista	625 364	11	18	44	72
Puengasí	439 545	20	33	31	51
El Placer	133 496	12	20	9	15
El Troje	61 096	10	17	4	7
Menores	170 105	47	77	12	20
TOTAL	1 429 606	100	165	100	165

Elaboración: El autor

Como vemos existe una marcada diferencia entre los dos sistemas de muestreo, espacial y aleatorio, hasta tal extremo que según el participante 1: “si el muestreo no es correcto, los resultados no nos sirven de nada”, el participante 3, al respecto manifiesta que “hasta el momento lo que se está realizando es una toma de muestras” y no un muestreo, “porque actualmente no tenemos un sistema de muestreo planificado que refleje o permita establecer de manera clara y precisa la calidad de agua que se está entregando en la ciudad”, según el participante 2.

Analizando el cuadro, tomando como ejemplo el área geográfica servida por la Planta de Tratamiento de Bellavista, se nota que atiende a 625 364 habitantes, que representa el 44% del total de la población con cobertura del servicio de agua potable; según el criterio espacial de distribución se debería tomar igual porcentaje (44%) del total de muestras asignadas a la parte urbana de Quito (165), dando como resultado 72 muestras que deben tomarse.

En la actualidad, según el criterio aleatorio, se están tomando alrededor de 18 muestras, lo que representa el 11% de la población servida, en consecuencia se dejan de tomar 54 muestras. Como podemos observar existen diferencias entre las programaciones de muestreo guiados por la aleatoriedad y por distribución espacial.

Si la idea es elevar el horizonte del control de la calidad del agua que se suministra a la población y establecer los consecuentes niveles de riesgo en salud, resulta evidente que es mejor utilizar una programación espacial de muestreo.

El cuarto atributo tiene que ver con las diferentes zonas de servicio de cada uno de los tanques. Para definirlos el autor utilizó información proporcionada por la UANC con sus bases de datos referente a la Infraestructura de los sistemas de agua potable y los Sistemas Hidráulicos.

A continuación se presenta una muestra de la información que contienen las bases datos que son útiles para el desarrollo de la presente tesis.

Cuadro No. 4.7

**Infraestructura del Sistema de Distribución**

COD_SIS	COD_LT	COD_TQ	NOMBRE	TIPO
09	01	02	SAN IGNACIO MEDIO	TANQUE
65			LOMON DE TINAJILLAS	VERTIENTE
65	01	01	CHAVEZPAMBA	TANQUE
65	01	01	PILGARAN	TANQUE
58	01	01	EL ARENAL EXISTENTE	TANQUE
58	01	01	EL ARENAL	TANQUE
03	01	18	PONCEANO MEDIO	TANQUE
57	01	01	PUSUQUI	TANQUE
01	03	15	SOLANDA #2	TANQUE
01	02	01	CHIRIYACU BAJO	TANQUE
56			LA MARCA ALTO	TANQUE
56			CANTARILLA	TANQUE
56			LA MARCA BAJO	TANQUE
03	01	19	PONCIANO BAJO #1	TANQUE
03	01	08	COMITE DEL PUEBLO TRP #3	TANQUE
03	01	07	COMITE DEL PUEBLO TRP #2	TANQUE
61	01		CHIMBATOLA	TANQUE
61	01		PIRAMIDE	TANQUE
58	01	01	SAN JUAN DE CALDERON BAJO	TANQUE
03	01	03	COLLALOMA MEDIO	TANQUE
55	01	01	EL CHORRO	TANQUE

Fuente: Unidad de Agua No Contabilizada

Elaboración: El autor

En esta base de datos se identifican los recursos físicos de los sistemas de agua potable que son de interés para la tesis: tanques, pozos y vertientes, con los cuales se sirve a la ciudad de Quito.

En el siguiente cuadro el autor expone la información sobre los sistemas que han producido el agua potable (cabe indicar que se refiere a la planta de tratamiento), la línea de transmisión utilizada para distribuirla a los diferentes tanques de la ciudad, los sectores y subsectores hidráulicos (para los fines de esta tesis, las áreas geográficas que son atendidas) y sus nombres respectivos.

**Cuadro No. 4.8**  
**Sistemas Hidráulicos**

COD_SIS	COD_LT	COD_TQ	COD_SH	COD_SUBSH	NOMBRE	SUBNOMBRE
03	04	10	3410	341004	ITCHIMBIA BAJO	POLITECNICA
03	01	08	3118	311801	PONCIANO MEDIO	alborada
03	01	08	3118	311803	PONCIANO MEDIO	einstein
01	03	09	1309	130903	FERROVIARIA ALTO	FERROVIARIA ALTO SUB # 3
03	01	17	3117	311702	PONCIANO ALTO	ponciano alto ss 2
01	03	02	1302	130204	SOLANDA - MENA	SOLANDA # 4
01	03	02	1302	130207	SOLANDA - MENA	MARIELENA SALAZAR
01	03	02	1302	130206	SOLANDA - MENA	EL CARMEN
01	03	02	1302	1302SC	SOLANDA - MENA	SIN CONTROL
03	04	10	3410	341003	ITCHIMBIA BAJO	12 DE OCTUBRE
03	04	01	3401	340101	CAROLINA BAJO	mariscal
03	04	02	3412	341203	ITCHIMBIA ALTO	EL DORADO 2
01	02	04	1204	120407	SAN BARTOLO	CHIMBACALLE #3
01	02	04	1204	120403	SAN BARTOLO	EL CORAZON
01	02	04	1204	120414	SAN BARTOLO	EL CALZADO
01	03	02	1302	130208	SOLANDA - MENA	EL COMERCIO
01	05	03	1503	150301	ALMA LOJANA ALTO	ALMA LOJANA ALTO BOMBEO
01	05	03	1503	150302	ALMA LOJANA ALTO	ALMA LOJANA ALTO GRAVEDAD
03	04	06	3406	340601	GRANJA ALTO	las casas
03	03	03	3303	330302	BELLAVISTA BAJO	naciones unidas
03	03	03	3303	330304	BELLAVISTA BAJO	jijajapa
03	04	01	3401	340105	CAROLINA BAJO	carolina
03	04	05	3405	3405TT	GRANJA MEDIO	SIN ACTUALIZAR
01	02	05	1205	120501	ALPAHUASI ALTO	LA TOLA
01	02	05	1205	120506	ALPAHUASI ALTO	SAN SEBASTIAN 2
03	03	01	3301	330102	BELLAVISTA ALTO	jardines del batan
03	03	01	3301	330109	BELLAVISTA ALTO	victoria
03	03	02	3302	330203	BELLAVISTA MEDIO	eloy alfaro sur
03	03	02	3302	330207	BELLAVISTA MEDIO	dammer
03	03	02	3302	330208	BELLAVISTA MEDIO	kennedy
03	03	02	3302	3302TT	BELLAVISTA MEDIO	SIN ACTUALIZAR
03	03	02	3302	330214	BELLAVISTA MEDIO	carlos quinto
03	03	02	3302	330213	BELLAVISTA MEDIO	aerzamora
03	03	03	3303	330303	BELLAVISTA BAJO	6 de diciembre #3
03	02	03	3203	3203TQ	IDAQUITO ALTO	planta itaquito

Fuente: Unidad de Agua No Contabilizada  
Elaboración: El autor

El autor tabuló la información y la presenta acorde a los fines previstos, es decir obtiene la información espacial básica de los sistemas de agua potable, referenciada a las líneas de transmisión, a los tanques y los subsectores, tal como se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 4.9  
**Información Espacial Básica**

Sistema	Linea de transmisión	Tanque Principales	No. Subsectores			
01	02	01 Chiriyacu Bajo	4			
		02 Chiriyacu Medio	4			
		03 Chiriyacu Alto	4			
		04 San Bartolo	22			
		05 Alpahuasi Alto	19			
		07 Forestal Alto	3			
		08 Forestal Medio	5			
		09 Forestal Bajo	3			
		03	03	01 Ferroviaria Medio # 3	1	
	01 1 Punegasi Bajo			6		
	02 Solanda Mena			12		
	02 1 Ferroviaria Medio # 2			2		
	03 Ferroviaria Medio # 1			1		
	03 1 Argelia Bajo			4		
	04 Argelia Alto			5		
	04 1 Chillogallo Bajo			17		
	05 Chillogallo Medio			13		
	06 Guajalo Medio			5		
	07 Guajalo Bajo			2		
	08 Guajalo Alto			4		
	09 Ferroviaria Alto			7		
	04	04	10 Ferroviaria Bajo	5		
			01 Punegasi Alto	4		
			02 San Isidro Bajo	3		
			03 San Isidro Alto	5		
			01 Eden del Valle	8		
			05	05	01 1 Pinos Alto	2
					02 Alma Lojana Bajo	1
					02 1 Pinos Bajo	1
					03 Alma Lojana Alto	2
					04 Alma Lojana Medio	1
	04 1 Tanquilla Monjas Existente	1				
	05 Monjas Existente	1				
	07 Monjas TRP # 1	1				
	08 Monjas TRP # 2	1				
	09 Monjas TRP # 3	1				
	06	06	10 Miravalle	1		
	02	01	01 Los Pinos San Francisco	1		
			01 Placer Medio	6		
			02 Placer Bajo	22		
			03 San Juan Bajo	1		
			04 San Juan Medio	1		
05 San Juan Alto			1			
02		02	06 El Panecillo	2		
			01 Placer Alto	6		
			02 Libertad Bajo	2		
			03 Libertad Alto	2		

Elaboración: El autor

Los resultados permiten conocer los diferentes sectores de la ciudad de Quito en una forma espacial.

Correlacionando la información constante en los cuadros precedentes 4.5, 4.7, 4.8 y 4.9 el autor obtiene la población promedio atendida en cada sector de la ciudad (quinto atributo definido).

En el siguiente cuadro, el autor presenta la información de la población servida relacionándola con la respectiva línea de transmisión.

Cuadro 4.10  
**Sistema de Distribución**  
**Líneas de Transmisión Urbanas**

<b>Plantas</b>	<b>Línea de Transmisión</b>	<b>Población Promedio Servida</b>
Bellavista	Cumbayá	(*)
	Bellavista	179 559
	Chaupicruz	53 439
	Carolina	160 157
	Collaloma	232 209
Noroccidente		66 682
El Placer		133 496
Puengasí	Chiriyacu	125 078
	Suroccidente	169 345
	San Isidro Alto	32 208
	Puengasí Alto	5 203
	Puengasí Bellavista	107 711
El Troje	Suroriental	16 627
	Suroccidental	44 469
	Planta Conocoto	(*)
Rumipamba		19272
Chilibulo		33979
Toctiuco		13426
Cochapamba		36746
<b>TOTAL</b>		<b>1 429 606</b>

Notas

(\*) Líneas de Transmisión para la población periurbana

Elaboración: El autor

El sexto atributo que se evalúa corresponde a los parámetros que deben reportarse mensualmente en el sistema espacial. Como resultado del taller que se realizó en el L3C, que fuera facilitado por el Jefe de

Ingeniería Operativa con la ayuda del autor de la presente tesis, se definió que debe continuarse con los parámetros que mensualmente se vienen reportando.

Cuadro No. 4.11

**Parámetros de Calidad del agua en el Sistema Espacial**

<b>Parámetros</b>	<b>Método de Ensayo</b>	<b>Unidad</b>
Conductividad	Electrodo/Sm 2510 B	μS/Cm
Color	Comparación Visual/Sm 2120 B	UTC
Turbiedad	Nefelométrico/Sm 2130 B	NTU
PH	Electrodo/Sm 4500 H-B	
Manganeso	Absorción Atómica	mg/l
Hierro	Absorción Atómica	mg/l
Cloro Libre Residual	Colorimétrico/sm 4500 CL-G	mg/l
Aluminio	Absorción Atómica	mg/l
Sólidos Totales Disueltos	Método de Laboratorio	mg/l
Coliformes Totales	Enzimático de Sustrato Definido	NMP/100 ml
E. Coli	Enzimático de Sustrato Definido	NMP/100 MI

Elaboración: El autor

Como información, el número de parámetros que en la actualidad está en capacidad de analizar el L3C son los siguientes parámetros:

Cuadro No. 4.12

**Parámetros que Analiza el L3C**

<b>Características Físicas</b>		<b>Hidrocarburos aromáticos</b>	
1	Color	15	benzo [a] pireno
2	Turbiedad	16	benzo [a] fluoranteno
3	pH	17	benzo [k] fluoranteno
4	Sólidos totales disueltos	18	benzo [ghi] pirileno
		19	indeno [1.2.3-cd] pireno
<b>Inorgánicos</b>		<b>PESTICIDAS</b>	
5	Aluminio. Al.	20	Lindano
6	Arsénico. As.	21	Pentaclorofenol
7	Cadmio. Cd.		
8	Cloro libre residual.*	<b>SUBPRODUCTOS DE</b>	
9	Cromo. Cr. (cromo hexavalente)	22	Trihalometanos
10	Hierro. Fe.	23	bromoforno
11	Manganeso. Mn.		
12	Nitratos. N-NO <sub>3</sub>	<b>REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS</b>	
13	Potasio. K.	24	Coliformes totales (1) NMP/100 ml
14	Sodio. Na.	25	Coliformes fecales NMP/100 ml

Elaboración: El autor

Según el participante 1: “El L3C está trabajando de tal manera que ... los resultados que se emiten desde el laboratorio sean confiables, esta es su preocupación” ya que tiene la respectiva acreditación ante el Organismo de Acreditación Ecuatoriano,

Con relación al séptimo atributo, que se refiere a la evaluación de la calidad del agua distribuida utilizando para ello el índice de Riesgo de Agua (IRCA), el autor utiliza en el diseño del nuevo sistema de monitoreo espacial la metodología que descrita en el Proyecto de Decreto de Agua para Consumo Humano de la República de Colombia<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Proyecto de Decreto de Agua para Consumo Humano  
Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente  
República de Colombia

En los Art. 11, 12, 13 y 14 del mencionado proyecto de decreto se reseña que es el IRCA y como se lo utiliza. Como información, este método permite evaluar tanto en forma puntual (una sola muestra) como acumulada (varias muestras tomadas durante un periodo), la calidad del agua potable que ha distribuido un determinado sistema, para ello requiere que a los parámetros que se someterán a la evaluación se les asigne un puntaje de riesgo, con ellos se realiza el cálculo de IRCA utilizando fórmulas matemáticas sencillas, los resultados así obtenidos son comparados contra la clasificación del nivel de riesgo a la salud, lo que determinará las acciones correctivas que haya menester tomar. En anexos se presenta una copia del Proyecto de Decreto de Agua para Consumo Humano.

Para satisfacer el octavo atributo, relacionado con la asignación de altos puntajes a los parámetros globalizadores en relación al puntaje que se establezca para los parámetros simples y su posterior cálculo del IRCA, en el mismo taller que se realizó en el Laboratorio Central de Control de Calidad, se llegó a definir por consenso la valoración dada a los parámetros que se evaluarán mensualmente, lo mismos que constan en el siguiente cuadro.

---

Recuperado el 12 de octubre de 2006

[http://www.minambiente.gov.co/prensa/banner\\_home/proyectos\\_en\\_tramite/proyecto\\_agua\\_consumo\\_humano/proyecto\\_decreto\\_calidad\\_agua\\_cons\\_u\\_hum.doc](http://www.minambiente.gov.co/prensa/banner_home/proyectos_en_tramite/proyecto_agua_consumo_humano/proyecto_decreto_calidad_agua_cons_u_hum.doc)

Cuadro No.4.13  
Puntaje de Riesgo

PARAMETROS	PUNTAJE DE RIESGO
CONDUCTIVIDAD METODO ELECTRODO/SM 2510 B $\mu$ S/cm	
COLOR METODO COMPARACIÓN VISUAL/SM 2120 B UTC	10
TURBIEDAD NEFELOMÉTRICO/SM 2130 B NTU	15
PH METODO ELECTRODO/SM 4500 H-B	3
MANGANESO mg/l	3
HIERRO mg/l	3
COLOR LIBRE RESIDUAL METODO COLORIMÉTRICO/SM 4500 CL-G mg/l	18
ALUMINIO mg/l	3
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS mg/l	2
COLIFORMES TOTALES NMP/100 ml	18
ECOLI NMP/100 ml	25

Elaboración: El autor

Con la aplicación de esta metodología también se satisface el atributo noveno, ya que permite realizar análisis puntuales de cómo está una muestra y cual fue el comportamiento de un sistema de distribución durante un periodo determinado.

A manera de ejemplo de utilización de la metodología del IRCA, el autor evalúa la calidad del agua potable distribuida en la ciudad de Quito durante el mes de febrero del año 2005. Para ello emplea como fuente de información la base de datos que dispone Ingeniería Operativa que contiene los resultados de los análisis de laboratorio realizados al agua potable distribuida.

En el cuadro 4.14 “Base de Datos del Control en Tanques y Redes”, se presenta un ejemplo de la información contenida en la base de datos, sin ningún procesamiento.

En el siguiente cuadro, el 4.15 “Cálculo de Índice de Riesgo de la Calidad de Agua”, se presenta como muestra una hoja electrónica, donde el autor realizó los cálculos pertinentes del referido índice para el mes de febrero del 2005.

En el cuadro 4.16 “Relación de Tabulaciones Tipo” se puede observar un ejemplo del procesamiento de la información. En el se puede observar la planta de tratamiento que produjo el agua distribuida, el valor del IRCA calculado, su clasificación del riesgo para la salud humana, el sitio en el que se tomó la muestra (en un tanque, en la red, en un pozo), además se conoce los resultados analíticos de los parámetros proporcionado por el L3C y el puntaje de riesgo asignado a cada parámetro. Toda esta información permitirá realizar la respectiva evaluación y seguimiento.

Cuadro 4.14

Base de Datos del Control en Tanques y Redes de Distribución

EMAAP-Q		LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD	
Control en Tanques y Red de Distribución			
CODIGO: OIG10F01			
MES: Feb-05			
ISO 9002			

				PARAMETROS									
				LIMITES									
FECHA MUESTRO	CODIGO MUESTRA	FECHA ANALISIS	SISTEMA	CONDUCTIVIDAD METODO/ ELECTRODO/S	COLOR METODO COMPARACION VISUAL/SM	TURBIDOMETRICO/SM 2130 B UTC	PH METODO ELECTRODO/ SM 4500 H-B	MANGANES O mg/l	HIERRO mg/l	CLORO LIBRE RESIDUAL METODO COLORIMETRIC O/SM 4500 CL-G	ALUMINIO mg/l	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES mg/l	COLIFORMES ECOLI NMP/100 ml
2005/Feb/01	C-0396	2005/Feb/02	PUENGASI	231	5	0.46	7.14			0.6		166	0
2005/Feb/01	C-0397	2005/Feb/02	PUENGASI	232	5	0.49	7.15			0.6		167	0
2005/Feb/01	C-0398	2005/Feb/02	PUENGASI	233	0	1.9	7.14			0.6		168	0
2005/Feb/01	C-0399	2005/Feb/02	PUENGASI	233	0	1.9	7.16			0.6		168	0
2005/Feb/01	C-0400	2005/Feb/02	PUENGASI	236	0	0.66	7.11			0.6		170	0
2005/Feb/01	C-0401	2005/Feb/02	PUENGASI	236	0	0.53	7.12			0.6		169	0
2005/Feb/01	C-0402	2005/Feb/02	PUENGASI	234	5	0.81	7.29			0.5		169	0
2005/Feb/01	C-0403	2005/Feb/02	PLAGER	197	5	1.94	7.02			0.7		142	0
2005/Feb/01	C-0404	2005/Feb/02	PLAGER	196	5	1.96	7.01			0.7		141	0
2005/Feb/01	C-0405	2005/Feb/02	PLAGER	198	5	1.97	6.98			0.7		142	0
2005/Feb/01	C-0406	2005/Feb/02	PLAGER	198	5	1.08	7			0.9		142	0
2005/Feb/01	C-0407	2005/Feb/02	PLAGER	198	5	1.47	6.95			0.9		142	0
2005/Feb/01	C-0408	2005/Feb/02	PLAGER	199	5	1.47	6.97			0.9		143	0
2005/Feb/01	C-0409	2005/Feb/02	PLAGER	199	5	1.43	6.96			0.9		143	0
2005/Feb/01	C-0410	2005/Feb/02	PLAGER	195	5	1.87	6.97			1		140	0
2005/Feb/01	C-0411	2005/Feb/02	PLAGER	198	5	1.38	7.08			0.9		143	0
2005/Feb/01	C-0412	2005/Feb/02	PLAGER	284	5	0.28	6.92			0.5		211	0
2005/Feb/01	C-0413	2005/Feb/02	PLAGER	293	5	0.37	7.21			0.5		211	0
2005/Feb/01	C-0414	2005/Feb/02	PLAGER	270	5	0.29	7.35			0.5		194	0
2005/Feb/03	C-0451	2005/Feb/03	BELLAVISTA	196	5	0.85	7.14			1		141	0
2005/Feb/03	C-0452	2005/Feb/03	BELLAVISTA	197	5	0.84	7.26			1		142	0
2005/Feb/03	C-0453	2005/Feb/03	BELLAVISTA	198	5	0.93	7.15			1		143	0
2005/Feb/03	C-0454	2005/Feb/03	BELLAVISTA	198	5	0.88	7.15			1		143	0
2005/Feb/03	C-0455	2005/Feb/03	BELLAVISTA	201	5	0.69	7.16			0.9		145	0
2005/Feb/03	C-0456	2005/Feb/03	BELLAVISTA	201	5	1.14	7.17			0.8		145	0
2005/Feb/03	C-0457	2005/Feb/03	BELLAVISTA	201	5	0.73	7.13			0.9		145	0
2005/Feb/03	C-0458	2005/Feb/03	BELLAVISTA	201	5	0.72	7.25			0.8		145	0
2005/Feb/03	C-0459	2005/Feb/03	POZO	204	5	0.86	7.14			0.7		148	0
2005/Feb/03	C-0460	2005/Feb/03	MEÑORES	204	5	0.82	7.13			0.7		147	0
2005/Feb/09	P-0461	2005/Feb/10	MEÑORES	631	10	0.57	7.55			1		272	0
2005/Feb/09	P-0462	2005/Feb/10	MEÑORES	612	5	0.27	7.53			1		264	0
2005/Feb/09	P-0463	2005/Feb/10	MEÑORES	330	5	0.32	7.13			1	0.05	143	0
2005/Feb/09	P-0464	2005/Feb/10	MEÑORES	283	5	0.17	7.09			1	0.03	122	0
2005/Feb/09	P-0465	2005/Feb/10	MEÑORES	142	15	1.43	6.9			0.8	0.31	61	0
2005/Feb/09	P-0466	2005/Feb/10	MEÑORES	143	15	1.13	6.93			1	0.19	62	0

Cuadro 4.15

Cálculo del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua, IRCA.



INFORME MES:  
TIPO DE MUESTRA:

		LÍMITES										25	18	2	3	18	3	2	3	18	25	100
FECHA MUESTRO	SISTEMA	DIRECCIÓN	CONDUCTIVIDAD ELECTRODOS M 2510 B JS/SM	COLOR VISUAL/SM 2190 B UTC	TURBIDEZ NEFELOMETRÍ C/9/SM 2130 B NTU	PH METODOS ELECTRODOS M 4500 HB	MANGANESO mg/l	HIERRO mg/l	CLORO LIBRE RESIDUAL COLORIMETRIC O/SM 4500 CL-G mg/l	ALUMINIO mg/l	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS mg/l	COLIFORMES TOTALES NMP/100 ml	ECOLI NMP/100 ml	IRCA								
2005FEB01	PUENGASI	TANQUE TCHIMBIA BAJO ENTRADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB01	PUENGASI	TANQUE TCHIMBIA ALTO SALIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB01	PUENGASI	TANQUE TCHIMBIA ALTO ENTRADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB01	PUENGASI	TANQUE TCHIMBIA MEDIO ENTRADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB01	PUENGASI	TANQUE TCHIMBIA MEDIO SALIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB01	PUENGASI	VAL PARAISO M-205 LAVANDERIAS PUBLICAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB01	PUENGASI	CALLE SUCRE E 3-118 RESTAURANTE MERGEDITAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB01	PLACER	RETIEN PALSA CALLE LOJA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB01	PLACER	TANQUE LIBERTAD ALTO ENTRADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB01	PLACER	TANQUE LIBERTAD ALTO SALIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB01	PLACER	TANQUE LIBERTAD BAJO SALIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB01	PLACER	TANQUE LIBERTAD BAJO ENTRADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB01	PLACER	ARCHIDONA C09-67 Y CUMANDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB01	PLACER	AV. DE JUNIO 88-85 SAN GERAL MILLER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB01	PLACER	AV. 5 DE JUNIO 88-88 SAN GERAL MACHUCA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB03	BELLAVISTA	GONZALO DIAZ DE PINEDA Op- 2-142 Y PEDRO DORADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB03	BELLAVISTA	TANQUE COLLA LOMA BAJO ENTRADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB03	BELLAVISTA	TANQUE COLLA LOMA BAJO SALIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB03	BELLAVISTA	TANQUE COLLA LOMA MEDIO ENTRADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB03	BELLAVISTA	TANQUE COLLA LOMA MEDIO SALIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB03	BELLAVISTA	TANQUE PONCEANO ALTO # 10 SALIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB03	BELLAVISTA	TANQUE PONCEANO MEDIO # 9 ENTRADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB03	BELLAVISTA	TANQUE PONCEANO MEDIO # 9 SALIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB03	POZO	JHON F. KENNEDY N71-500 Y MARISCAL SUCRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB03	MEÑORES	COLEGIO ANDRES BELLO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB11	BELLAVISTA	AV. ELOY ALFARO GASOLINERA SHELL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB11	BELLAVISTA	AV. ELOY ALFARO # 100 Y LA PRINCESA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB11	BELLAVISTA	LA QUELMA Op- 319 Y AV. LA PRINCESA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB11	BELLAVISTA	TANQUE COTOCOLLAO BAJO ENTRADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB11	BELLAVISTA	TANQUE SAN EDUARDO BAJO SALIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB11	BELLAVISTA	TANQUE SAN EDUARDO ENTRADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB11	BELLAVISTA	TANQUE SAN EDUARDO SALIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB11	BELLAVISTA	CALLE LOS ARIUPOS Y TUJIPANES Op- 4-07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB11	BELLAVISTA	DE LOS ARIUPOS N66-29 Y TUJIPANES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB11	BELLAVISTA	TANQUE CAROLINA ALTO ENTRADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB11	PUENGASI	TANQUE CAROLINA ALTO SALIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB11	PUENGASI	TANQUE CAROLINA BAJO ENTRADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB11	PUENGASI	TANQUE CAROLINA BAJO SALIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB11	PUENGASI	TANQUE CAROLINA MEDIO ENTRADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB11	MEÑORES	TANQUE CAROLINA MEDIO SALIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%								
2005FEB11	MEÑORES	TANQUE PRIVAVERA ALTO ENTRADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,0%								
2005FEB11	MEÑORES	TANQUE PRIVAVERA BAJO ENTRADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,0%								
2005FEB11	MEÑORES	TANQUE LAS CASAS ALTO ENTRADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,0%								

Cuadro 4.16

Relación de Tabulaciones Tipo

Puntaje de Riesgo											
10	15	3	3	3	3	3	18	3	2	18	25

PARÁMETROS										
15	5	6.5-8.5	0.1	0.3	0.3	0.3-1.5	0.25	1000	<2	<2

STIOS CON MAYOR IRCA

TANQUE RED

AREA DE SERVICIO	IRCA	CLASIFICACION	FECHA	SITIO	DIRECCION	CONDUCTIVIDAD METODO ELECTRODOS II 2510 B µS/cm	COLOR METODO COMPARACION VISUAL SIN N 2120 B UTC	TURBIEDAD NEFELOMETRI COSM 2130 B NTU	PH METODO ELECTRODOS II 4500 HB	MANGANESO mg/l	HIERRO mg/l	CLORO LIBRE RESIDUAL METODO COLORIMETRI COSM 4500 CL G mg/l	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS mg/l	COLIFORMES TOTALES NMP/100 ml	ECOLI NMP/100 ml
PUENGASI	18% MEDIO		22-Feb	TANQUE	TANQUE FORESTAL BAJO SALIDA	235	5	0.9	7.3			0.2	169	0	0
PUENGASI	18% MEDIO		22-Feb	TANQUE	TANQUE FORESTAL MEDIO SALIDA	241	5	0.94	7.21			0.2	173	0	0
PUENGASI	18% MEDIO		22-Feb	TANQUE	TANQUE LOS PINOS ALTO ENTRADA	231	5	1.3	7.22			0	166	0	0
PUENGASI	18% MEDIO		22-Feb	TANQUE	TANQUE LOS PINOS ALTO SALIDA	238	5	1.32	7.16			0.2	171	0	0
EL PLACER	3% BAJO		14-Feb	TANQUE	PLANTA TRATAMIENTO TOCTUCCO TANQUE	74	5	1.89	6.52			1.3	53	0	0
EL PLACER	3% BAJO		14-Feb	TANQUE	PLANTA DE TRATAMIENTO EL PLACER TANQUE	133	5	1.12	6.53			1.3	95	0	0
EL PLACER	6% BAJO		14-Feb	RED	BAÑOS PUBLICOS ALVAREZ DE CUELLAR	74	5	1.62	6.46			1.2	53	0	0
MEJORES	46% ALTO		11-Feb	TANQUE	TANQUE LAS CASAS ALTO SALIDA	118	60	6.78	7.13	0.023		0.41	85	0	0
MEJORES	28% MEDIO		14-Feb	RED	S13-43 Y CHILIBULO	146	55	11.3	6.78			1	105	0	0
VERTIENTES	18% MEDIO		17-Feb		VERTIENTE CHALGUANAGO	222	0	0.42	6.96			0	160	28	0

Con toda la información procesada, el autor puede emitir su informe de evaluación mensual de la calidad del agua distribuida durante el mes de febrero del 2005:

**Cuadro No. 4.17**  
**Tabulación de la Clasificación del Riesgo**

MES	FEBRERO	BELLAVISTA	PUENGASÍ	PLACER	TROJE	MENORES	POZO	VERTIENTE
TANQUES	No. MUESTRAS	12	31	10	4	33		
	PARAMETROS NO CONFORMES		COLOR RES (4)	ALUMINIO (2)		COLOR (5) TURBIEDAD (5) PH (1) HIERRO (4) CLORO RES (4) ALUMINIO (2)		
	IRCA	0,0%	2,3%	0,6%	0,0%	6,6%		
	CLASIFICACION	SIN RIESGO	SIN RIESGO	SIN RIESGO	SIN RIESGO	BAJO		
POZOS	No. MUESTRAS						1	
	PARAMETROS NO CONFORMES							
	IRCA						0%	
	CLASIFICACION						SIN RIESGO	
VERTIENTES	No. MUESTRAS							1
	PARAMETROS NO CONFORMES							COLOR RES (1)
	IRCA							18%
	CLASIFICACION							MEDIO
RED	No. MUESTRAS	6	2	10	12	43		
	PARAMETROS NO CONFORMES			PH (1) ALUMINIO (2)		COLOR (2) TURBIEDAD (1) CLORO RES (7) ALUMINIO (2)		
	IRCA	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	3,9%		
	CLASIFICACION	SIN RIESGO	SIN RIESGO	SIN RIESGO	SIN RIESGO	SIN RIESGO		

Elaboración: El autor

La calidad del agua potable distribuida por las grande plantas de tratamiento no tienen riesgo para la población que ingiere esta agua. Se debe realizar controles especiales a los tanques de distribución que son alimentados por las plantas menores.

Se ha calificado como riesgo medio a las agua provenientes de las vertientes, ya que no tiene el suficiente cloro residual, lo cual amerita que se tomen medidas directas de la persona encargada de tales funciones en el Departamento de Distribución.

Como se puede observar, si es factible tener con el número de muestras definidas institucionalmente, y que son parte de la regulación de la norma NTE INEN 1108, una representatividad espacial del agua que se distribuye en la ciudad de Quito, también es factible realizar una evaluación del riesgo de la calidad del agua potable para consumo humano con todas las características definidas.

## **2.2 ¿El nuevo método de muestreo permitirá definir puntos claves de la red de distribución que sean espacialmente representativos?**

Como ya se mencionó en el capítulo tres, se utiliza las experiencias de otros países, y con base a un taller se definió los sitios críticos en los cuales se deben tomar muestras para realizar el control de la calidad en la ciudad de Quito.

Cuadro No. 4.18

**Sitios Críticos de Muestreo Seleccionados**

Salidas de las plantas de tratamiento
Salidas de los depósitos de regulación
Fuentes de agua subterránea
Zonas baja presión
Zonas de alta presión
Zonas con servicio discontinuo
Finales de la red de distribución, entendida como los más alejados al tanque de distribución

Fuente: Taller en Ingeniería Operativa  
Elaboración: El autor

Determinados los sitios críticos, corresponde ahora señalar las direcciones donde el personal del Laboratorio Central de Control de Calidad debe tomar las muestras. Para ello el autor utiliza información proporcionada por la Unidad de Agua No Contabilizada.

El primer punto crítico citado en el cuadro 4.18 en el cual se debe medir la calidad del agua, es en las salidas de las plantas de tratamiento hacia las líneas de transmisión. La toma de las muestras en estos sitios es una responsabilidad de los laboratorios de cada planta de tratamiento y servirán como referencia para cotejar los resultados de los análisis realizados en los otros sitios críticos, por lo tanto estas muestras no se contabilizan en el nuevo sistema de muestreo.

El siguiente punto crítico donde debe muestrearse la calidad del agua corresponde a las salidas de los Tanques de Distribución. Esta

información fue presentada en el cuadro No. 4.9 “Información Espacial Básica”, en él se encuentra información de los tanques en relación a la línea de transmisión y planta de tratamiento de la cual reciben agua potable.

Otro de los sitios donde debe muestrearse corresponde a los pozos, ésta fuente de abastecimiento (acuífero) puede contener agua de excelente calidad, donde sólo se necesite desinfección y/o filtración directa o algún tratamiento específico previo a la distribución. Debe mencionarse que si en un pozo se encuentra hasta pequeñas trazas de parámetros fuera de norma, es recomendable muestrearlo con una frecuencia mayor a la mensual.

Cuadro No. 4.19

## Fuentes de Agua Subterránea

DIRECCION	NOMBRE	COD_SIS_1	COD_LT	COD_TQ	TANQUE / SECTOR	SUBSECTOR
Las Orquídeas Urb. Monjas	MONJAS 5	01	05	08	MONJAS TRP #2	TANQUE ROMPE PRESION # 2
Av. Del Maestro y Quitumbe	QUITUMBE - P23	03	01	09	COTOCOLLAO ALTO	COTOCOLLAO ALTO
Av. América y Diguja	P-24	03	03	02	BELLAVISTA MEDIO	GRANDA CENTENO
MANUEL CORNEJO Y SIMON CARDENAS	pozo 45	03	03	02	BELLAVISTA MEDIO	fernandez salvador
FERNANDEZ SALVADOR Y LA PRENSA	pozo 15	03	03	02	BELLAVISTA MEDIO	fernandez salvador
Capitán Ramos Rafael - FAE	P-26	03	03	02	BELLAVISTA MEDIO	LA LUZ
MACHALA Y GONZALO GALLO	pozo 38	03	03	02	BELLAVISTA MEDIO	carlos quinto
Av. 6 de Diciembre y Checoslovaquia	51	03	04	01	CAROLINA BAJO	shyris
Parque de la Carolina	P-3	03	04	01	CAROLINA BAJO	area verde
Parque de la Carolina	P-1B	03	04	01	CAROLINA BAJO	area verde
V.A.AGUIRRE Y MANUEL SEMBLANTES	pozo 48 SAN CARLOS	03	02	01	CHAUPICRUZ #2	carlos v
LUIS ROVALINO Y FLORENCIO ESPINOZA	pozo 47 SAN CARLOS	03	02	01	CHAUPICRUZ #2	carlos v
LLAGAS FRANCISCA Y CARLOS V	pozo 46 SAN CARLOS	03	02	01	CHAUPICRUZ #2	carlos v
Las Orquídeas Urb. Monjas	MONJAS 3	01	05	09	MONJAS TRP #3	TANQUE ROMPE PRESION # 3
Las Orquídeas Urb. Monjas	MONJAS 4	01	05	09	MONJAS TRP #3	TANQUE ROMPE PRESION # 3
Las Orquídeas Urb. Monjas	MONJAS 1	01	05	09	MONJAS TRP #3	TANQUE ROMPE PRESION # 3
Carlos Rodríguez y San Bruno	QUITO SUR-78	05	01	06	CHILLOGALLO ALTO #1	CHILLOGALLO ALTO #1
Chillogallo-El Triunfo (Sr. Gal)	QUITO SUR-79	05	01	06	CHILLOGALLO ALTO #1	CHILLOGALLO ALTO #1
PUERTO RICO y VIA USHIMANA	SAN RAFAEL - LAS TORRES	52	01	01	Parroquia ALANGASI	ALANGASI (No Sectorizado)
Sector Diego de Velasco	P-69	03	01	03	MARISOL BAJO	tulipanes
P.17 de Mayo-calles M y 19	17 DE MAYO	05	01	10	TURUBAMBA ALTO #2	TURUBAMBA ALTO #2
Jorge Drom y Villalengua	P-11	03	03	03	BELLAVISTA BAJO	naciones unidas
l. San Cristobal e l. Tortuga	P-27	03	03	03	BELLAVISTA BAJO	jijipapa
Japon tras CCI	P-18	03	04	01	CAROLINA BAJO	carolina
Rumibamba y Amazonas	P-2	03	04	01	CAROLINA BAJO	carolina
Tyarco y Luis Tufiño	P-13	03	03	01	BELLAVISTA ALTO	los cedros
Rafael Aulestia y Borrero	P-28	03	03	02	BELLAVISTA MEDIO	real audiencia
M. Zambrano y C. Borja		03	03	02	BELLAVISTA MEDIO	real audiencia

Fuente: Unidad de Agua No Contabilizada

Elaboración: El autor

En el cuadro constan, como ejemplo, las direcciones de algunos pozos que son operados por el Departamento de Distribución de la Gerencia de Operación y Mantenimiento.

Con relación a las zonas de alta y baja presión, las normas de diseño de agua potable del desaparecido Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS), señala en su Séptima parte: Almacenamiento y Distribución de

Agua Potable, Capítulo IV: Disposiciones Específicas, 4.2: Red de distribución de agua potable; 4.2.2: Información básica; 4.2.2.3 Caudal de diseño y presiones, en el Numeral 4.2.3.2 dice “En lo que a presión se refiere, se establece un mínimo de 10m. de columna de agua en el momento en que se produce el consumo máximo diario más incendios. Esta presión mínima sólo podrá aceptarse en zonas en las que existan casas de un solo piso. Se tomarán además, todas las precauciones para evitar conexiones cruzadas.

Numeral 4.2.3.3 Para el caso de zonas que se aprovisionen exclusivamente de grifos públicos, la presión mínima será de 5m. de columna de agua.

Numeral 4.2.3.4 La presión máxima estática a mantenerse en la red no debe superar, en lo posible, los 70m. de columna de agua y la presión máxima dinámica, 50m. Para lograr esto se podrá dividir la red principal en varias redes provistas de instalaciones reductoras de presión.”

Por lo tanto la presión máxima en la red de distribución es de 60 mca (metros de columna de agua) y la mínima es de 10 mca.

Para conocer cuales son los lugares donde deben tomarse las muestras referidas a las altas y bajas presiones, en el cuadro 4.18 “Presiones de Servicio” consta una muestra de las direcciones de los hidrantes existentes en la ciudad de Quito, sus presiones de servicio, el tanque del cual reciben el agua, la línea de transmisión utilizada y desde cual planta de tratamiento ha sido distribuida.

Cuadro 4.20  
**Presiones de Servicio**

COD_SIS	COD_LT	COD_TQ	DIRECCION	PSI	mca
03	01	25	AV AYORA ISIDRO Y HERNANDO MORAN	0	0
01	02	05	ESPEJO Y VENEZUELA	85	59,755
03	04	02	MANABI Y FLORES	40	28,12
02	01	01	ROCAFUERTE Y BOLIVAR	100	70,3
03	04	02	ESMERALDAS Y PEDRO FERMIN CEVALLOS	0	0
03	04	02	12 DE OCTUBRE Y TARQUI	100	70,3
01	02	05	5 DE JUNIO Y RICARDO JARAMILLO	54	37,962
03	04	01	6 DE DICIEMBRE Y CHECOSLOVAQUIA	54	37,962
03	04	15	Clemente Celi y Juan de la Vega	30	21,09
06	01	01	Tomás Atandagua y Francisco Puente	0	0
03	04	02	UNIVERSIDAD CENTRAL	0	0
02	01	06	RAMON NAVAS Y PA OTOYA	70	49,21
08	01	01	4 Transversal y Amancay	0	0
08	01	01	Pasaje A	0	0
03	02	02	Rio Yaupi y M.de Jesus	28	19,684
03	01	34	CALLE N91 Y CALLE E4B	0	0
08	01	01	Chahuarloma Chilibulo	0	0
03	01	27	MANUEL BENIGNO CUEVA Y JAIME ROLDOS	46	32,338
01	05	09	ISLA DEL ENCANTO	0	0
02	02	01	HUAYNA CAPAC Y LOJA	65	45,695

Fuente: Unidad de Agua No Contabilizada

Elaboración: El autor

Al tabular la información, el autor conoce las direcciones de los lugares donde la red de distribución que tienen presiones más altas que las reguladas y también las presiones hidráulicas por debajo de la regulación. Los sitios así definidos se los expone en los siguientes cuadros.

**Cuadro No. 4.21**  
**Presiones Bajas**

COD_SIS	COD_LT	COD_TQ	DIRECCION	PSI	m.c.a.	Eventos
<b>Noroccidente</b>						
<b>Noroccidente Medio</b>						
04	01	03	JUAN FIGUEROA Y OCCIDENTAL PASANDO	10.00	7.03	1.00
<b>Noroccidente Bajo # 1</b>						
04	01	04	Rafael Gualocota	11.00	7.73	1.00
<b>Cohapamta Bajo</b>						
04	02	04	Joaquín Calderón y Teresa Flor	7.00	4.92	1.00

Fuente: Unidad de Agua No Contabilizada  
Elaboración: El autor

**Cuadro 4.22**  
**Presiones Altas**

COD_SIS	COD_LT	COD_TQ	DIRECCION	PSI	m.c.a.	Eventos
<b>Noroccidente</b>						
<b>Planta de Noroccidente</b>						
04	01	01	CESAR VILLACRES Y EUSEBIO CONDE	90,00	63,27	2,00
04	01	01	Calle 9 y calle 10 (La Pulida)	87,00	61,16	
<b>Noroccidente Alto</b>						
04	01	02	CALLE B Y FLAVIO ALFARO	118,00	82,95	8,00
04	01	02	LEGARDA Y CALLE 9	112,00	78,74	
04	01	02	CALLE 2da #68	112,00	78,74	
04	01	02	Calle 2da, N44-100	100,00	70,30	
04	01	02	Ca 4ta y Ca 2da(La Pulida)	90,00	63,27	
04	01	02	FLAVIO ALFARO Y CALLE E	85,00	59,76	
04	01	02	El Parque y Calle 5ta	78,00	54,83	
04	01	02	CALLE SEXTA	74,00	52,02	
<b>Noroccidente Medio</b>						
04	01	03	Av.El Parque y Alonso Torres	132,00	92,80	11,00
04	01	03	CALLE 3ra y CALLE B	101,00	71,00	
04	01	03	Calle 3era N43-14 (El Bosque)	96,00	67,49	
04	01	03	Juan Aruaz (Florida Alta)	94,00	66,08	
04	01	03	MACHALA Y ALISOS	90,00	63,27	
04	01	03	CALLE 3ra y CALLE C	87,00	61,16	
04	01	03	CALLE 1era Y CALLE 2da (La Pulida)	86,00	60,46	
04	01	03	Antonio Roman y Juan Aruaz	85,00	59,76	
04	01	03	Vicente Heredia e Ignacio Asing (Florida Alta)	85,00	59,76	
04	01	03	AV OCCIDENTAL Y J. FIGUEROA	85,00	59,76	
04	01	03	Manuel Valdiviezo y Calle C.	77,00	54,13	
<b>Noroccidente Bajo # 1</b>						
04	01	04	CESAR VILLACRES Y ANTONIO JOSE DE SUCRE	100,00	70,30	4,00
04	01	04	Av.Occidental y Manuel Valdiviezo	81,00	56,94	
04	01	04	Av.Occidental y Vicente Heredia	78,00	54,83	
04	01	04	Bernardo León y Diego de Mora	73,00	51,32	
<b>Noroccidente Bajo # 2</b>						
04	01	05	PEDRO GARCIA Y ANGEL LUDEDA	83,00	58,35	
04	01	05	P. DE ALVARADO ENTRE FIGUEROA Y SABANILLA	81,00	56,94	

Fuente: Unidad de Agua No Contabilizada  
Elaboración: El autor

Los sitios más representativos en los cuales debe controlarse la calidad del agua potable, son los finales de red. Se considera finales de red aquellos lugares que geográficamente están más alejados del tanque de distribución que les abastece.

Para determinar estos sitios se utiliza la base de datos que lleva la Unidad de Agua No Contabilizada, la misma que luego de ser tabulada y organizada por el autor de acuerdo a los objetivos de la presente tesis, suministra 12 direcciones por cada tanque de distribución para el respectivo análisis (se muestreará tres sitios por trimestre), se estima que la información que se obtenga será suficiente como para disponer de tendencias de cada uno de los parámetros por cada sector hidráulico de la ciudad.

En el cuadro No. 4.23 se presenta un ejemplo de los finales de red del tanque de distribución San Fernando que es alimentado por la línea de transmisión El Troje – Suroccidental de la planta El Troje.

Cuadro No. 4.23

**Fines de Red**

<b>COD_SIS</b>	<b>COD_LT</b>	<b>COD_TQ</b>	<b>Tanque</b>	<b>Cod_SH</b>	<b>Calle Principal</b>	<b>Intersección</b>	<b>Barrio</b>
05	01	14		5114	13 TRANSVERSAL	CALLE E	HEROES DE PAQUISHA
05	01	14		5114	CALLE C	10 TRANSVERSAL	HEROES DEL PAQUISHA
05	01	14		5114	CALLE 6	CALLE 8	LA ESPERANZA
05	01	14		5114	CALLE E	CALLE 11	SIN NOMBRE
05	01	14		5114	CALLE 9	CALLE 7	SAN ALFONSO
05	01	14	San	5114	CALLE 18	CALLE 9	SAN ALFONSO
05	01	14	Fernando	5114	PASAJE 14	CALLE PRINCIPAL	MUNUELITA SAENZ
05	01	14		5114	AV. PRINCIPAL	PASAJE 17	MUELITA SAENZ
05	01	14		5114	CALLE 1	CALLE 3-G	LOS PEDESTALES I
05	01	14		5114	CALLE D	CALLE DECIMA SEGUNDA	SAN FERNANDO DE GUAMANI
05	01	14		5114	24 TRANSVERSAL	CALLE I	HEROES DEL PAQUISHA
05	01	14		5114	CALLE 1	ARRAYANES	SANTOSPAMBA

Fuente: Unidad de Agua No Contabilizada

Elaboración: El autor

Como puede verse el tratamiento espacial para la toma de muestras, si permite definir sitios críticos representativos de los diferentes sectores geográficos donde se debe muestrear.

### **2.3 ¿Es factible diseñar un nuevo sistema de muestreo que permita realizar un control espacial de la calidad del agua distribuida en todos los sectores de la ciudad de Quito?**

Para contestar esta pregunta el autor se basa en los criterios y atributos de calidad ya definidos, tales como la definición del sistema que se desea implantar, se expuso ya en que consiste el control espacial, se conoce cuales son las normas de calidad del producto agua potable y el procedimiento para calcular el riesgo por consumir agua potable que no cumpla con las normas, se conoce los sectores geográficos de la ciudad de Quito, la población que en dichos sectores dispone del servicio de agua potable, el número de muestras que se debe tomar en cada sector, la infraestructura que dispone cada sector hidráulico, las presiones que soporta la red de distribución en cada sector hidráulico.

Toda la información utilizada está disponible al interior de la EMAAP-Q, lo que se requiere para implantar el nuevo sistema es organizarla con el fin propuesto en esta tesis, y para ello dispone personal altamente capacitado, la capacidad analítica del laboratorio de control de calidad, los recursos informáticos (software), los resultados que el proyecto de sectorización de la ciudad va alcanzando, entre otros, por lo tanto el autor considera que si es viable cambiar el método aleatorio de muestreo.

Con todos los elementos expuestos en el desarrollo de esta tesis, en el próximo capítulo se presentarán las conclusiones y recomendaciones del

estudio en función de lo que significan para la solución del problema planteado.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **1. CONCLUSIONES**

La realización de este Proyecto, permitió al autor elaborar un nuevo sistema de control de la calidad del agua potable en la red de distribución de la ciudad de Quito, fue desarrollado como una solución a las fallas que se presentan al cumplir en forma aleatoria con esas funciones, cuyo planteamiento del problema se originó de la observación directa de las tareas y actividades que se cumplen en el Laboratorio Central de Control de Calidad.

La metodología de distribución espacial del muestreo asigna por toda la ciudad de Quito, el número de muestras que deben tomarse, considerando las concentraciones humanas en una delimitada área geográfica, todos los tipos de aguas que se distribuyen, los sitios críticos de muestreo debidamente priorizados. El resultado en números de esa distribución queda expresado en el siguiente cuadro

Cuadro No. 5.1

**Diseño del Sistema de Muestreo Espacial**

<b>Planta</b>	<b>Bella vista</b>	<b>Noroccidente</b>	<b>El Placer</b>	<b>Puengasí</b>	<b>El Troje</b>	<b>Rumi pamba</b>	<b>Chilibulo</b>	<b>Toc tiuco</b>	<b>Cochapamba</b>
Salidas de tanques	10	2	2	5	1	1			1
Pozos	40	1		4	4				
Zonas baja presión	5	3	1	5			2		
Zonas alta presión	5	1		22					
Fines de red	12	1	12	15	2	2	2	2	2
<b>Total</b>	<b>72</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>51</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

Elaboración: El autor

Al aplicar la metodología del IRCA a la distribución aleatoria que se presentó como ejemplo en el capítulo 4, se puede afirmar en un análisis macro que con un IRCA igual a 3.4% (ver cuadro 5.2), el consumidor del agua potable distribuida en Quito no corre ningún riesgo a su salud.

Cuadro No. 5.2

**Clasificación del Riesgo****Febrero de 2005**

<b>SISTEMA</b>	<b>No. MUESTRAS</b>	<b>INCONFORMES</b>	<b>IRCA</b>	<b>CLASIFICACION</b>
BELLAVISTA	18	0	0,0%	SIN RIESGO
PUENGASÍ	33	4	2,2%	SIN RIESGO
PLACER	20	5	0,8%	SIN RIESGO
TROJE	16	0	0,00%	SIN RIESGO
MENORES	77	38	5.9%	BAJO
POZO	1	0	0,00%	SIN RIESGO
<b>TOTAL</b>	<b>165</b>	<b>47</b>	<b>3,4%</b>	<b>SIN RIESGO</b>

Elaboración: El autor

La metodología también permite conocer que de los sistemas expuestos, el que tiene el más alto índice de riesgo corresponde a los sistemas menores con un 5.9%, equivalente a un nivel de bajo riesgo, lo cual amerita tomar acciones puntuales de mejoramiento en forma inmediata.

Si se desea realizar un análisis puntual, la metodología permite utilizando la información proporcionada en el cuadro 4.16, establecer que el área abastecida por los sistemas menores, en la muestra tomada el 11 de febrero del 2005 a la salida del tanque Las Casas Alto, recibió una calificación del IRCA igual al 48% equivalente a un alto nivel de riesgo de la calidad del agua distribuida, dado por el incumplimiento en los parámetros Color, Turbiedad, Hierro y Cloro libre residual. La respuesta de la EMAAPQ en este tipo de casos debería ser acciones para desinfectar el tanque y corregir los procesos de producción en la planta de tratamiento respectiva.

Por lo tanto, se puede realizar análisis globales y puntuales de la calidad de agua potable distribuida, por lo que es innegable el apoyo de esta herramienta para mejorar el control y evaluación de la calidad del agua en las redes de distribución.

Por lo tanto, la selección de puntos de muestreo debe considerarse para cada sistema de abastecimiento en particular, logrando una distribución equitativa entre población atendida y puntos de muestreo a lo largo del sistema, considerando los lugares más susceptibles de contaminación

Culminados todos los puntos propuestos para el desarrollo de la investigación, se llega a la conclusión que es factible actualizar el proceso de muestreo mediante la representatividad espacial, con el número de muestras que impone la segunda revisión de la norma NTE

INEN 1108. El muestreo puede ser susceptible de ajustes, de acuerdo a los nuevos requerimientos que se tengan en el proceso de puesta en marcha del nuevo sistema.

## **2. RECOMENDACIONES**

Para mejorar continuamente el nuevo sistema de control de la calidad del agua distribuida, se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El personal que labore en el L3C debe ser altamente capacitado, para mantener actualizados los métodos y técnicas de ensayo.
- Mantener la acreditación del L3C en la norma ISO/IEC 17025 e incrementar el número de parámetros .
- Ampliar paulatinamente el número de parámetros utilizados para calificar el IRCA y actualizar su valoración, actuando en conformidad con los parámetros que se pueda ir controlando y que constan en la norma NTE INEN 1108
- Ejecutar las mejoras en los sistemas de producción y distribución, con los problemas detectados y con el índice de riesgo de la calidad del agua potable.
- Mantener un nivel alto de coordinación entre las unidades del Laboratorio Central de Control de Calidad y Agua No Contabilizada, a efectos de tener oportunamente la información que requiere el nuevo sistema.
- Diseñar una propuesta de muestreo, que se guíe por el sistema de distribución espacial para monitorear la calidad del agua potable de la ciudad de Quito.

En el próximo capítulo, como resultado de la investigación y de las recomendaciones efectuadas en la presente tesis, se presenta el modelo

del muestreo desarrollado por el autor, el mismo que contempla la representatividad espacial en la distribución de la toma de muestras de agua potable distribuida en la ciudad de Quito.

## **CAPITULO VI**

### **LA PROPUESTA**

#### **1. INTRODUCCIÓN**

En éste capítulo se presenta la propuesta que el autor realiza como resultado de la investigación y que da respuesta a la pregunta ¿Es factible diseñar un nuevo sistema de muestreo que permita realizar un control espacial de la calidad del agua distribuida en todos los sectores de la ciudad de Quito?

#### **2. PROPUESTA**

##### **2.1 Antecedentes**

Las fallas detectadas en el sistema de monitoreo aleatorio al no guardar una representatividad, entre el número de persona que son atendidas por los diferentes sistemas de agua potable, consecuentemente entre el volumen de agua potable distribuida y el número de muestras tomadas para evaluar su calidad, llevaron al autor a buscar la manera de cambiar esta realidad..

De acuerdo con la investigación realizada por el autor, con el sistema de monitoreo espacial se solventa esta deficiencia, ya que el número de muestras a tomarse bajo el nuevo sistema son representativas, tanto de la densidad poblacional como de su consumo de agua potable, en un sector definido de la ciudad de Quito, lo cual a su vez permite realizar de una mejor manera la evaluación del producto distribuido a la ciudadanía.

Este nuevo sistema de monitoreo basa su representación espacial en la matriz de distribución que se indica a continuación:

Cuadro 6.1  
**Distribución Espacial**

<b>Planta</b>	<b>Población Promedio Servida (Hab)</b>	<b>(%)</b>	<b>No. Muestras</b>
Bellavista	625 364	44%	72
Noroccidente	66 682	5%	8
El Placer	133 496	9%	15
Puengasí	439 545	31%	51
El Troje	61 096	4%	7
Rumipamba	19 272	1%	2
Chilibulo	33 979	2%	4
Toctiuco	13 426	1%	2
Cochapamba	36 746	3%	4
<b>TOTALES</b>	<b>1 429 606</b>	<b>100%</b>	<b>165</b>

Elaboración: El autor

Una vez que dispone de este conocimiento, es decir se conoce el número de muestras definidas en el nuevo sistema de muestreo, corresponde al autor citar los sitios críticos donde deben tomarse las muestras.

Cuadro No. 6.2

**Sitios Críticos**

Salidas de las plantas de tratamiento
Salidas de los depósitos de regulación
Fuentes de agua subterránea
Zonas baja presión
Zonas de alta presión
Finales de la red de distribución, entendida como los más alejados al tanque de distribución

Elaboración: El autor

Con la información sobre los sitios críticos de muestreo, se presenta la matriz que resume el número de muestras a tomarse:

Cuadro No. 6.3

**Número de Muestras Tentativas**

Planta	Bellavista	Noroccidente	El Placer	Puengasí	El Troje	Rumipamba	Chilibullo	Toctiucullo	Cochapamba
Salida de Plantas	4	1	2	4	2	1	1	1	1
Salida de Tanque	41	6	11	41	18	3		4	2
Pozos	40	1		4	4				
Zonas Baja Presión	5	3	1	6			3	3	10
Zonas Alta Presión	525	36	107	297	291	7	20	7	13
Fines de Red	492	72	132	492	216	36		48	24
<b>TOTAL</b>	<b>1107</b>	<b>119</b>	<b>253</b>	<b>844</b>	<b>531</b>	<b>47</b>	<b>24</b>	<b>63</b>	<b>50</b>

Elaboración: El autor

Según el cuadro, se deberían tomar 3038 muestras sólo en la ciudad de Quito, lo que sobrepasa incluso lo que manda la norma NTE INEN 1108.

La disposición de la norma es de cumplimiento obligatorio en todo el país, por lo tanto también en el DMQ como parte del territorio nacional. La EMAAP-Q, por organización interna dispuso que en la ciudad de Quito se tomen solamente 165 muestras y la diferencia en el resto del DMQ.

A efectos de cumplir con la regulación interna, el autor realizó la respectiva priorización con base en los siguientes supuestos:

- Salidas de Plantas de tratamiento:

Al ser la calidad del agua potable que sale a distribución responsabilidad del Departamento de Producción, corresponde a los laboratorios de cada planta de tratamiento el control de la calidad del agua procesada, por lo que estas muestras no se tomarán en cuenta en el nuevo sistema de muestreo.

- Salida de los tanques de distribución:

El orden de prelación para definir el número de muestras inicia desde el tanque más alejado de cada una de las líneas de distribución, para lo cual se utiliza los infográficos preparados por la Unidad Mejoramiento Operativo de la Gerencia de Operación y Mantenimiento.

- Pozos:

Se tomarán muestras en todos los pozos. Si no existen anomalías o se detecta pequeñas trazas en tres muestras consecutivas, se difiere en el tiempo el volver a tomar muestras en este tipo de pozos, salvo por solicitud del cliente. En su reemplazo se toman muestras en las redes de distribución, que es donde existe mayor posibilidad de que se contamine o deteriore la calidad el agua potable distribuida, con lo cual se tiene una mejor cobertura del control.

- Zonas con baja presión de servicio:

Se tomarán muestras en todos los sitios que presentaron bajas presiones y que fueron detectados en el año anterior.

- Zonas con alta presión de servicio:

En una primera instancia se tomarán muestras en los sitios más críticos, es decir aquellos que presentaron presiones superiores a los 100 mca.

El número de muestras a tomarse en cada sector geográfico de la ciudad, relacionadas con altas presiones de servicio, será el necesario para cuadrar el número total de muestras definidas en esta propuesta para cada planta de tratamiento.

- Fines de red

Se tomará las muestras, por definición, en los sectores geográficos más alejados de la planta de tratamiento siguiendo una determinada línea de transmisión.

El número mínimo de muestras que se deben tomar en los fines de red por sector geográfico son dos (2).

Aplicando los conceptos de priorización presentados, se obtiene el número de muestras que se contemplan en el nuevo sistema de muestreo.

Cuadro No. 6.4

**Número de Muestras de la Propuesta**

Planta	Bellavista	Noroccidente	El Placer	Puengasí	El Troje	Rumipamba	Chilibullo	Toctiucullo	Cochapamba
Salida de Tanque	10	2	2	5	1	1			1
Pozos	40	1		4	4				
Zonas Baja Presión	5	3	1	5			2		
Zonas Alta Presión	5	1		22					
Fines de Red	12	1	12	15	2	2	2	2	2
TOTAL	72	8	15	51	7	3	4	2	3

Elaboración: El autor

En la sección 2.2 de este capítulo, el autor expone las direcciones de los sitios donde deben tomarse las muestras según el sistema espacial diseñado.

**2.2 Direcciones**

Es esta sección, para cada planta de tratamiento, como procesadora de agua potable que es, se presentan las direcciones, según los sitios críticos definidos, en el mismo orden y en el número de muestras especificadas en el cuadro 6.4 “Número de Muestras de la Propuesta”. El esquema que se utilizará para la presentación de las direcciones será el mismo en cada una de las plantas.

**2.2.1 Planta de tratamiento de Puengasí**

En el cuadro donde se indican los tanques de distribución, se hace constar el mes en el que cada uno de ellos va a ser muestreado; el sitio crítico definido donde debe tomarse las muestras son en las salidas a la distribución.

El procedimiento de cálculo del número de tanques en los cuales se tomarán las muestras, es el siguiente:

- Son conocidos el número de líneas de transmisión que salen desde cada una de las plantas de tratamiento, cinco (5) para Puengasí, por lo que cada mes se muestrearán en cinco tanques de los más alejados según los infográficos, con lo cual se toma en cuenta los diferentes tipos de agua distribuida.
- Se toman muestras en el mismo sitio tres veces, porque según un criterio de evaluación estadístico<sup>12</sup>, que el autor lo asume, señala que como mínimo debe muestrearse en el mismo sitio 3 veces en un año para tener una idea de la tendencia que tiene cada uno de los diferentes parámetros. Con estas medidas queda perfectamente definida la forma de cálculo.

Cuadro No. 6.5.1

**Puengasí - Tanques de Distribución**

<b>Enero, Mayo, Septiembre</b>	<b>Febrero, Junio, Octubre</b>	<b>Marzo, Julio, Noviembre</b>	<b>Abril, Agosto, Diciembre</b>
San Bartolo, Solanda Mena 2, San Isidro Alto, Puengasí Alto, Alma Lojana Bajo	Forestal Bajo, Guajaló Alto, San Isidro Bajo, Edén Del Valle; Pinos Bajo	Chiriyacu Bajo, Ferroviaria Media #3, Alma Lojana Alto, Miravalle, Argelia Bajo	Chillogallo Bajo, Monjas TRP3, Ferroviaria Alto, Alpahuasi Alto, Los Pinos – San Francisco

Elaboración: El autor

<sup>12</sup> Sistema de vigilancia de fluoruro en aguas de consumo en Cuba  
Maricel García, Maritza Sosa, Lilian Cuellar, Luis Rodríguez, Ricardo Cangas.

Recuperado el 24 de julio del 2006

[http://bvs.sld.cu/revistas/hie/vol40\\_2\\_02/hie09202.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/hie/vol40_2_02/hie09202.htm)

Se indicó en los condicionantes de priorización que se tomarán muestras de todos los pozos, en tal sentido, dentro del área de influencia que atiende la planta de Puengasí, se han perforado cuatro (4) pozos, todos ubicados en la urbanización Las Orquídeas. Igualmente, con esta medida se busca muestrear todos los tipos de agua con los que se atiende a la ciudadanía.

Cuadro No. 6.5.2  
**Puengasí - Pozos**

<b>Tanque / Sector</b>	<b>Subsector</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dirección</b>
Monjas TRP #2	Tanque Rompe Presión # 2	Monjas 5	Las Orquídeas Urb.
Monjas TRP #3	Tanque Rompe Presión # 3	Monjas 3	
		Monjas 4	
		Monjas 1	

Elaboración: El autor

Con relación a las zonas que presentan bajas y altas presiones de servicio, al igual que con los pozos, se mira su ubicación y dependiendo del área de influencia de la planta de tratamiento, se define la dirección donde se muestreará.

Se considera que los sitios con bajas presiones son más críticos, ya que los efectos más importantes en esos sectores son la no circulación del agua y la anulación de la desinfección, las causas pueden ser entre otras: la rotura de la tubería o el taponamiento de la misma y la pérdida de cloro residual, por ello se muestreará todos las zonas con bajas presiones detectadas.

En las zonas con altas presiones, el efecto es la posibilidad de que se presenten problemas debido a la presencia de coliformes totales o echerichia coli, al no tener la suficiente cantidad de cloro residual, por lo tanto se utilizará este criterio de priorización para cuadrar el número total de muestras definidas para cada planta de tratamiento, comenzando con los sitios con mayores presiones.

Cuadro No. 6.5.3  
**Puengasí - Presiones Bajas**

Tanque	Dirección
San Bartolo	AV. Cardenal de la Torre y Av. Ajaví
Alpahuasi Alto	Antonio Salas y Francia
	Cori y Princesa Toa
Solanda Mena	Sigchos y Jima
Chillogallo Bajo	Calle C y Manglaralto

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.5.4  
**Puengasí - Presiones Altas**

Tanque	Dirección
Alpahuasi Alto	Av. Maldonado y C. M. De La Torre
	Francia y Daniel Alvarado
	Francia y Daniel Alvarado
	Chile y Montúfar
	Rocafuerte y Luis Chávez
	Silva e Inclana
	Francia y Caspicara
	Av. Maldonado y Upano
	Av. Maldonado y Upano
	Zaldumbide y Rocafuerte
	Luis Chávez Y Manuel J Calle
Guajaló Bajo	Calle 13
	Pasaje 7 y Av. Principal
	Pasaje 1 y calle K
	Calle 2 y Vía San Cristóbal
	Calle s/n y Av. principal
Chillogallo Bajo	Aurelio Guerrero
Chillogallo Medio	Nueva Vía Oriental Acceso Principal Valle Del Sur
Monjas TRP # 2	Matilde Delgado
Chiriyacu Alto	José Olmos y José Rico
	20de Enero y G. Ortega
Ferroviana Medio # 2	Peña y Picoazá

Elaboración: El autor

Para definir el número de muestras a tomarse en los fines de red, se utiliza el mismo criterio estadístico definido para los tanques de distribución, es decir se tomarán tres (3) muestras en el mismo sitio durante un año, a efectos de tener la tendencia de los diferentes parámetros. Se definirá los sitios de muestreo ubicando direcciones de la

periferia de los sectores hidráulicos dentro del área de influencia de los tanques que se seleccionaron con anterioridad.

**Cuadro No. 6.5.5**  
**Puengasí - Fines de Red**  
**Meses de Enero, Mayo y Septiembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
San Bartolo	Blas Campos	Pedro Domínguez	La Internacional
	Alonso Fuentes	Emilio Mullendor	San Bárbara Baja
	Delfín Díaz	James Sivewright	Doscientas Casas
Solanda Mena 2	Pasaje 14	Pasaje 15	Solanda Sector 1
	José Endara	Maria Augusta Urrutia	Luis Alberto Valverde
	Av. Cusubamba	Loreto	Santa Rita
San Isidro Alto	Calle A	Calle B	Monjas Alto Donoso
	Pasaje B	Calle S/N	Ferrovial Baja
	Pasaje B	Pasaje 4	Chaguarquingo
Puengasí Alto	Vía Conocoto	Francisco Olmos	San José De Monjas
	Javier Loyola	Calle C	Monjas Alto Donoso
	Calle J	Calle K	El Recreo
Alma Lojana Bajo	Av. Simón Bolívar	Escalinata 2	Alma Lojana
	Calle 7	Av. General Rumiñahui	Primero De Mayo
	Calle 2I	Calle B	Jardín Del Valle

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.5.6  
**Puengasí - Fines de Red**  
**Meses de Febrero, Junio y Octubre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Forestal Bajo	Pasaje Ángeles	Chicán	Forestal Media
	Pasaje Jarrín	Neptalí Jarrín	20 de Mayo
	George Davis	Eduardo Morley	Alegría 2
Guajaló Alto	Calle 4	Calle U	Lucha del Pueblo
	Calle P	Calle Q	San Martín de Porras
	Pasaje F	Calle 4	Pueblo Unido
San Isidro Bajo	Pasaje B	Pasaje H	Ferrovial Baja
	Pasaje 3	Principal	Forestal Media
	Augusto Baldeón	Juan Guerrero	San José de Monjas
Edén Del Valle	Calle A	Calle F	6 De Junio, Segunda Etapa
	Juan Aragón	Autopista General Rumiñahui	Madrigal
	Pasaje 1	28 De Noviembre	Primero De Mayo
Pinos Bajo	Pasaje 28 Noviembre 2	28 Noviembre	Sin Nombre
	Pasaje 1	28 Noviembre	Sin Nombre
	Pasaje 28 Noviembre 1	28 Noviembre	Sin Nombre

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.5.7

**Puengasí - Fines de Red**  
**Meses de Marzo, Julio y Noviembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Chiriyacu Bajo	Gil Rengifo	Urcuqui	Pío XII
	Gabriel Huerta	Andrés Pérez	Chimbacalle
	Francis White	Harman Archer	Ferrovial Media
Ferrovial Medio 3	Ángel	Puyo	Bella Argelia
	Gualea (Final de la Calle)	Tiputini	El Mirador
	Ángel	Matus	Argelia Alta
Alma Lojana Alto	Calle A	Pasaje Z	Auqui De Monjas
	Calle F	Calle S/N	Auqui De Monjas
	Calle Leonor	Calle Auqui	Auqui De Monjas
Miravalle	16 Noviembre	Proaño Leonidas	Miravalle
	15 Noviembre	Proaño Miguel Ángel	Miravalle
	Calle A	Calle M	Miravalle
Argelia Bajo	Picoazá	Tosagua	Santa Rosa De Argelia
	Catarama	Palenque	San Bartolo
	Balzar	Jujan	Hierba Buena

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.5.8

**Puengasí - Fines de Red**  
**Meses de Abril, Agosto y Diciembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Chillogallo Bajo	Pasaje 11	Pasaje J	Biloxi
	Calle 03	Calle 04	Vencedores Del Pichincha
	Río Cade	Nicolás Rocha	Asistencia Social
Monjas TRP #3	Delgado Matilde	Jubales	Las Orquídeas
	Due	Albornoz Alfredo	Las Orquídeas
	Pasaje 4b	Ureña	Las Orquídeas
Ferroviaria Alto	Calle P	Av. Y	San Martín De Porras
	Pasaje 2	Calle 8	Lucha Del Pueblo
	Fronteras	Calle G-2	Hierba Buena 2
Alpahuasi Alto	Av. Jacinto Collahuaso	Av. De Los Libertadores	Los Dos Puentes
	Calle A	Moraspungo	Santa Bárbara Alta
	Duchicela	Huaynapalcon	Atahualpa Oriental
Los Pinos	Diego Montanero	Francisco Matiz	Bolívar Salazar
	28 De Noviembre	Fin De La Calle	San José De Monjas
	Pasaje D	Cochasquí	Multifamiliares De Luluncoto

Elaboración: El autor

## 2.2.2 Planta de tratamiento de El Placer

Cuadro No. 6.6.1

### El Placer - Tanques de Distribución

<b>Enero, Mayo, Septiembre</b>	<b>Febrero, Junio, Octubre</b>	<b>Marzo, Julio, Noviembre</b>	<b>Abril, Agosto, Diciembre</b>
El Panecillo, San Juan Bajo	Libertad Alto, San Juan Medio	Placer Alto, San Juan Alto	Libertad Bajo, Placer Bajo

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.6.2

### El Placer - Presiones Bajas

<b>Tanque</b>	<b>Dirección</b>
Placer Bajo	Montevideo y Delfilio Torres

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.6.3

**El Placer - Fines de Red**  
**Meses de Enero, Mayo y Septiembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
El Panecillo	Balao	Pasaje Palestina	El Panecillo
	Ramón Navas	Río Negro	El Panecillo
	Gabriel García	Chongón	El Panecillo
San Juan Bajo	Imbabura	Galápagos	San Juan
	Nicaragua	Haití	San Juan
	Habana	Bombona	San Juan
Libertad Alto	José Corolla	Cayetano Céstaris	Colmena Alta
	Pedro Alcina	Miller	Colmena Alta
	Cayetano Céstaris	Elías Brito	Colmena Alta
Placer Alto	Mariano Ontaneda	Babahoyo	La Chilena
	José Olmedo	Av. Mariscal Antonio José De Sucre	El Tejar
	Imbayas (Final de la Calle)	Caras	Dos Puentes

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.6.4

**El Placer - Fines de Red**  
**Meses de Febrero, Junio y Octubre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Placer Medio	Pasaje Bolivia	Santa Rosa	Miraflores
	Manuel Aguilar	Tegucigalpa	América
	Montevideo	Cañada	San Blas
San Juan Medio	Independencia	Buga	La Chilena
	Carchi	Pineda Antonio	La Chilena
	Tapi	Guatemala	La Chilena
Libertad Bajo	Paltas	Mayu	Los Libertadores
	Francisco Gálvez (Final De La Calle)	Francisco Letamendi	Santa Lucía Baja
	Batallón Magdalena	Jaramijó	Santa Lucía Alta
Placer Bajo	Calle M	Toacazo	14 De Enero
	Sozoranga	Serapio Japeravi	Unión Y Justicia
	Asunción	Nueva York	América

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.6.5

**El Placer - Fines de Red**  
**Meses de Marzo, Julio y Noviembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
El Panecillo	Chongón	Pasaje Moro	El Panecillo
	Melchor Aymerich	Final De La Calle	El Panecillo
	Melchor Aymerich	<b>Pasaje Aymerich</b>	El Panecillo
San Juan Alto	Monroy Joel	Pasaje Monroy	Toctiuco
	Guatemala	San Mateo	Toctiuco
	Granado Hernando	Monroy Joel	La Chilena
Libertad Alto	Alhajuela	Manuel Ponce	Santa Lucia Baja
	Pasaje Jaramijó 3	Magdalena	Josefina Enrique
	Francisco Letamendi	Batallón Magdalena	Santa Lucia Alta
Placer Alto	Manuel Ponce	Alhajuela	Santa Lucia Baja
	Elías Brito	Pasaje S/N	Colmena Alta
	Pasaje José Martínez	Rumiñahui	Los Libertadores

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.6.6

**El Placer - Fines de Red**  
**Meses de Abril, Agosto y Diciembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Placer Medio	Paya	Urdaneta	Santa Lucia Baja
	Florencio Oleary	Punales	Dos Puentes
	Yépez	Puyarde	Yaguachi
San Juan Bajo	Pineda Antonio	Haití	San Juan
	Guatemala	Tapi	San Juan
	Bombona	Carchi	San Juan
Libertad Bajo	Florencio Oleary	Cayetano Céstaris	Colmena Alta
	Narciso Bonifaz	Miller	Santa Lucia Baja
	Concepción	Cayetano Céstaris	La Libertad Bajo
Placer Bajo	Francisco Illescas	Zaruma	Marcopamba
	Pasaje 10	Canelo	Barrionuevo
	Antonio Jaramillo	Av. Tnte. Hugo Ortiz	Atahualpa Occidental

Elaboración: El autor

## 2.2.3 Planta de tratamiento de Bellavista

Cuadro No. 6.7.1

### Bellavista - Tanques de Distribución

<b>Enero, Mayo, Septiembre</b>	<b>Febrero, Junio, Octubre</b>	<b>Marzo, Julio, Noviembre</b>	<b>Abril, Agosto, Diciembre</b>
Bellavista Bajo, Chaupicruz 2, Carolina Bajo, Granja Bajo, 29 de Julio, 19 de Abril, Carcelén JNV, Cotocollao Alto, Comité del Pueblo TRP #3, Collaloma Bajo # 1	Bellavista Medio, Chaupicruz 1, Carolina Medio, Granja Medio, Carcelén Alto, Ponciano Bajo, Com. Pueblo TRP #2, Roldós Medio, Cangahua, Collaloma Bajo #2	Bellavista Bajo, Chaupicruz 2, Carolina Bajo, Granja Alto, Carcelén Medio, Marisol Bajo, San Eduardo, Com. Pueblo TRP #1, Monteserrín, Cotocollao Bajo	Bellavista Medio, Chaupicruz 1, Carolina Medio, Carolina Alto, Marisol Alto, Ponciano Medio, Carcelén Alto, Barcino, Ponciano Alto, Americano

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.7.2

### Bellavista - Pozos

<b>Tanque / Sector</b>	<b>Subsector</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dirección</b>
Cotocollao Alto	Cotocollao Alto	Quitumbe - P23	Av. Del Maestro Y Quitumbe
Bellavista Medio	San Isidro 2	Pozo 37	
Bellavista Medio	Granda Centeno	P-24	Av. América Y Diguja
Bellavista Alto	Victoria	Pozo 68	
Bellavista Medio	Dammer	Pozo 75	
Bellavista Medio	Fernández Salvador	Pozo 45	Manuel Cornejo Y Simón Cárdenas
Bellavista Medio	Fernández Salvador	Pozo 15	Fernández Salvador Y La Prensa
Bellavista Medio	Isaac Alberniz	Pozo 30	
Bellavista Medio	La Luz	P-26	Capitán Ramos Rafael - FAE
Bellavista Bajo	El Inca	P-17	
Bellavista Medio	Carlos Quinto	Pozo 38	Machala Y Gonzalo Gallo
Collaloma Bajo #1	Brasilia	Pozo 68 A	

Collaloma Bajo #1	Brasilia	Pozo 85	
Collaloma Bajo #1	Brasilia	Pozo 85	
Carolina Bajo	Mariscal	Pozo 12	
Carolina Bajo	Shyris	51	Av. 6 De Diciembre Y Checoslovaquia
Carolina Bajo	Área Verde	P-3	Parque De La Carolina
Carolina Bajo	Área Verde	P-1b	Parque De La Carolina
Chaupicruz #2	Carlos V	Pozo 48 San Carlos	V. A. Aguirre Y Manuel Semblantes
Chaupicruz #2	Carlos V	Pozo 47 San Carlos	Luis Robalino Y Florencio Espinoza
Chaupicruz #2	Carlos V	Pozo 46 San Carlos	Llagas Francisca Y Carlos V
Marisol Bajo	Tulipanes	P-69	Sector Diego De Vásquez
Bellavista Bajo	Naciones Unidas	P-11	Jorge Drom Y Villalengua
Bellavista Bajo	Jipijapa	P-27	I. San Cristóbal E I. Tortuga
Carolina Bajo	Carolina	P-18	Japón Tras Cci
Carolina Bajo	Carolina	P-2	Rumipamba Y Amazonas
Bellavista Alto	Los Cedros	P-13	Tyarco y Luis Tufiño
Bellavista Medio	Real Audiencia	P-28	Rafael Aulestia Y Borrero
Bellavista Medio	Real Audiencia		M. Zambrano Y C. Borja
Carolina Bajo	Eloy Alfaro	Pozo 5	
Condado Medio	Descalzi	Condado 1 (Pozo 72)	Oega Y C. Cardenas
Cotocollao Bajo	Cotocollao Bajo	Hoy	
Cotocollao Bajo	Cotocollao Bajo	Urinco 2	
Cotocollao Bajo	Cotocollao Bajo	Urinco 1 P-40	Urbanización Los Cipreses
Cotocollao Bajo	Cotocollao Bajo		Bellavista Y Zamora
Cotocollao Bajo	Cotocollao Bajo	La Ofelia-49	Calle De Los Molles Y Pasaje E
Cotocollao Bajo	Cotocollao Bajo	El Rocio-68	Parque El Rocío Urb. Marisol
Cotocollao Bajo	Cotocollao Bajo	Urinco 1	Urinco 1
Cotocollao Bajo	Cotocollao Bajo	Las Volquetas	Piedras Negras Y Av. Mariscal Sucre
Cotocollao Bajo	Cotocollao Bajo	Agua Clara-50	Agua Clara, Zamora Y Av D Vázquez

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.7.3

**Bellavista - Presiones Bajas**

<b>Tanque</b>	<b>Dirección</b>
Collaloma Alto	Pasaje S/N y de Los Cipreses
Chaupicruz # 2	Homero Salas entre Altar y Carlos Cabezas
Iñaquito Alto	Vásquez Hernán
Bellavista Medio	De Los Comicios
Nombre?	Mariano Calvache

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.7.4

**Bellavista - Presiones Altas**

<b>Tanque</b>	<b>Dirección</b>
Bellavista Medio	Eloy Alfaro y Germán Alemán
Collaloma Bajo #1	Manuel Carrillo Y Carlos Fortines
Granja Alto	Francisco Cruz Miranda Y Mañosca
San Eduardo	De Los Tulipanes y De Los Cerezos
Carolina Bajo	6 de Diciembre Y Bello Horizonte

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.7.5  
**Bellavista - Fines de Red**  
**Meses de Enero, Mayo y Septiembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Bellavista Bajo	Morlán	Av. Albeniz Isaac	Las Acacias
	Pasaje Guarumos	Viñedos	San José de El Inca
	Av. Palmeras	Viñedos	El Inca
Chaupicruz 2	Figueroa José	Pacheco Francisco	Los Tulipanes
	Arteta José	Av. Occidental	San José de Jarrín
	Prócel Juan	Puruanta	Mena del Hierro
Carolina Bajo	Casas Bartolomé	Av. América	Las Casas Bajo
	Carondelet	Av. 10 De Agosto	Voz de Los Andes
	Ulloa Antonio	Bedón Pedro	Rumipamba
29 de Julio	Argandona Pedro	Ordóñez	Corazón de Jesús
	Av. Roldós Jaime	Calle A	29 de Abril
	Pasaje 27	Calle C	Carcelén Bajo

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.7.6  
**Bellavista - Fines de Red**  
**Meses de Febrero, Junio y Octubre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Bellavista Medio	Pasaje Panorama	Bossano Ignacio	Bellavista
	Madrid	Lugo	La Floresta
	Wimpper Eduardo	Riveth Paúl	González Suárez
Chaupicruz 1	Antonio Ulloa	Pedro Bedón	Rumipamba
	Av. Mariana De Jesús	Gaspar Carvajal	San Gabriel
	San Gabriel	Av. América	Mariana De Jesús
Carolina Medio	García Gabriel	Manabí	San Blas
	Vargas Luis	Ante Antonio	Larrea
	Bolivia	Av. Universitaria	Miraflores
Carcelén Medio	Av. Ayora Isidro	Av. Roldós Jaime	Primera Zona Aérea
	Av. Maya Pedro	Cueva Agustín	24 De Mayo
	Velasco Ibarra	Mastodontes	Mastodontes

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.7.7

**Bellavista - Fines de Red**  
**Meses de Marzo, Julio y Noviembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Bellavista Bajo	Bossano Ignacio	Játiva Sergio	Bellavista
	Moreno Julio	Av. 6 De Diciembre	El Batan
	Colines	Av. Granados	El Inca
Cahupicruz # 2	Zambrano Agustín	Cevallos Jaime	Mexterior
	Gallo Gonzalo	Tulcán	Félix Rivadeneira
	Machala	Av. Fernández José	San Carlos
Granja Bajo	Pasaje Pérez Quiñónez	Fernández Juan	La Gasca
	Valentín José	Isla	Las Casas Bajo
	Núñez Bonilla	Palacio Pablo	Pambachupa
Cotocollao Alto	Figueroa José	Guerrero José	Los Tulipanes
	Cuicocha	Santa Teresa	Cotocollao
	Pasaje 2	Carrión José	Loma Hermosa

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.7.8

**Bellavista - Fines de Red**  
**Meses de Abril, Agosto y Diciembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Bellavista Medio	Hidalgo Pinto	Sarmiento Pedro	Tennis Club
	Chira Francisco	Paredes Joaquín	Unión Nacional
	Av. Palmeras	Pasaje Robles	San Isidro Del Inca
Chaupicruz #1	Av. Antonio Granda Centeno	Gregorio Bobadilla	Tennis Club
	Juan Villalengua	Sancho Carrera	Granda Centeno
	Av. América	Av. De La Republica	Voz De Los Andes
Granja Alto	Juan Acevedo	Av. La Gasca	La Gasca
	Mateo Ponce	Saravia Ugarte	La Comuna (S. P.)
	Gaspar Sangurima	Ignacio Quezada	Sector Selva Alegre
Comité Del Pueblo TRP #2	Iza Teresa	Lenín Wladimir	La Bota
	Ramos Julio	Pasaje 2	
	Pasaje 5	Ramos Julio	

Elaboración: El autor

## 2.2.4 Planta de tratamiento Noroccidente

Cuadro No. 6.8.1

### Noroccidente - Tanques de Distribución

<b>Enero, Mayo, Septiembre</b>	<b>Febrero, Junio, Octubre</b>	<b>Marzo, Julio, Noviembre</b>	<b>Abril, Agosto, Diciembre</b>
Quito Tenis Bajo, Atucucho Bajo	Cochapamba Bajo, Noroccidente Bajo	Quito Tenis Alto, Noroccidente Medio	Atucucho Medio, Cochapamba Medio

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.8.2

### Noroccidente - Pozos

<b>Tanque / Sector</b>	<b>Subsector</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dirección</b>
Quito Tenis Bajo	Quito Tenis Bajo	P-91	Centro Comercial El Bosque

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.8.3

### Noroccidente - Presiones Bajas

<b>Tanque</b>	<b>Dirección</b>
Noroccidente Medio	Juan Figueroa y Occidental Pasando
Noroccidente Bajo # 1	Rafael Gualocota
Cochapamba Bajo	Joaquín Calderón y Teresa Flor

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.8.4

**Noroccidente - Presiones Altas**

<b>Tanque</b>	<b>Dirección</b>
Cochapamba Alto (planta)	Francisco de la Pita

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.8.5

**Noroccidente - Fines de Red**

**Meses de Enero, Mayo y Septiembre**

<b>Tanque</b>	<b>Dirección</b>		
	<b>Calle Principal</b>	<b>Intersección</b>	<b>Barrio</b>
Quito Tenis Bajo	Torres Alonso	Av. Parque	Quito Tenis Y Golf Club

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.8.6

**Noroccidente - Fines de Red**

**Meses de Febrero, Junio y Octubre**

<b>Tanque</b>	<b>Dirección</b>		
	<b>Calle Principal</b>	<b>Intersección</b>	<b>Barrio</b>
Noroccidente Bajo # 2	Figuroa José	Alvarado Pedro	Bellavista Alta

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.8.7  
**Noroccidente - Fines de Red**  
**Meses de Marzo, Julio y Noviembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Cochapamba Bajo	Montalvo Francisco	Romería	Cochapamba Norte

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.8.8  
**Noroccidente - Fines de Red**  
**Meses de Abril, Agosto y Diciembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Atucucho Bajo	San Vicente	Cisne	San José

Elaboración: El autor

## 2.2.5 Planta de tratamiento El Troje

Cuadro No. 6.9.1

### El Troje -Tanques de Distribución

<b>Enero, Mayo, Septiembre</b>	<b>Febrero, Junio, Octubre</b>	<b>Marzo, Julio, Noviembre</b>	<b>Abril, Agosto, Diciembre</b>
Turubamba Alto # 2	Argelia Alto	San Fernando	Guajaló Bajo

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.9.2

### El Troje - Pozos

<b>Tanque / Sector</b>	<b>Subsector</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dirección</b>
Chillogallo Alto #1	Chillogallo Alto #1	Quito Sur-78	Carlos Rodríguez Y San Bruno
Chillogallo Alto #1	Chillogallo Alto #1	Quito Sur-79	Chillogallo - El Tránsito (Sr. Gral.)
Chillogallo Alto #1	Chillogallo Alto #1	Quito Sur-01	
Turubamba Alto #2	Turubamba Alto #2	17 De Mayo	P.17 De Mayo- Calles M Y 19

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.9.3

### El Troje - Fines de Red

#### Meses de Enero, Mayo y Septiembre

<b>Tanque</b>	<b>Dirección</b>		
	<b>Calle Principal</b>	<b>Intersección</b>	<b>Barrio</b>
Turubamba Alto # 2	Calle H	Av. Mariscal Antonio José De Sucre	Guamaní Alto
	Calle 9	Andrés Pérez	San Francisco

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.9.4

**El Troje - Fines de Red**  
**Meses de Febrero, Junio y Octubre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Argelia Alto	Picoazá	Calceta	San Alfonso
	Pasaje San Marcos	Tenguel	Concepción del Sur

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.9.5

**El Troje - Fines de Red**  
**Meses de Marzo, Julio y Noviembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
San Fernando	Calle C	10 Transversal	Héroes Del Paquisha
	Av. Principal	Pasaje 17	Muelita Sáenz

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.9.6

**El Troje - Fines de Red**  
**Meses de Abril, Agosto y Diciembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Guajaló Bajo	Av. Principal	Calle K	Lucha De Los Pobres
	Pasaje 3	Av. Simón Bolívar	Pueblo Unido

Elaboración: El autor

## 2.2.6 Planta de tratamiento Toctiuco

Cuadro No. 6.10.1

### **Toctiuco - Fines de Red Meses de Enero, Mayo y Septiembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Toctiuco Alto	Soto Juan	Salvador Allende	Toctiuco
	LIBERTADORES	CASTILLO JAIME	ATACAZO

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.10.2

### **Toctiuco - Fines de Red Meses de Febrero, Junio y Octubre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Toctiuco Alto	Libertadores	Castillo Jaime	Atacazo
	Huerta Matilde	Pasaje Vinueza	Jesús Vinueza

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.10.3

### **Toctiuco - Fines de Red Meses de Marzo, Julio y Noviembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Toctiuco Alto	Soto Juan	Salvador Allende	Toctiuco
	Libertadores	Castillo Jaime	Atacazo

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.10.4

**Toctiuco - Fines de Red**  
**Meses de Abril, Agosto y Diciembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Toctiuco Alto	Soto Juan	Salvador Allende	Toctiuco
	Huerta Matilde	Pasaje Vinueza	Jesús Vinueza

Elaboración: El autor

**2.2.7 Planta de tratamiento Rumipamba**

Cuadro No. 6.11.1

**Rumipamba - Tanques de Distribución**

Enero, Mayo, Septiembre	Febrero, Junio, Octubre	Marzo, Julio, Noviembre	Abril, Agosto, Diciembre
La Primavera	Casas Alto	La Primavera	Casas Alto

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.11.2

**Rumipamba - Fines de Red**  
**Meses de Enero, Mayo y Septiembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
La Primavera	Díaz De La Madrid	Calle G	La Primavera
	Pasaje D Al Final	Pasaje 1 (Oe2)	San Vicente

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.11.3  
**Rumipamba - Fines de Red**  
**Meses de Febrero, Junio y Octubre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Casas Alto	Antonio Herrera	Humberto Albornoz	La Gasca
	Gaspar Sangurima	Av. Antonio José De Sucre	Santa Clara

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.11.4  
**Rumipamba - Fines de Red**  
**Meses de Marzo, Julio y Noviembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
La Primavera	Enriqueta Aymer	Av. Álvaro Pérez	La Primavera
	Pasaje 1 (Oe2)	N31	San Vicente

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.11.5  
**Rumipamba - Fines de Red**  
**Meses de Abril, Agosto y Diciembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Casas Alto	Juan Acevedo	Av. Antonio José De Sucre	La Granja
	Av. Antonio José De Sucre	Oe 8 A	Ninguilla

Elaboración: El autor

## 2.2.8 Planta de tratamiento Chilibulo

Cuadro No. 6.12.1

### Chilibulo - Tanques de Distribución

<b>Enero, Mayo, Septiembre</b>	<b>Febrero, Junio, Octubre</b>	<b>Marzo, Julio, Noviembre</b>	<b>Abril, Agosto, Diciembre</b>
Chilibulo Planta	Chilibulo Planta	Chilibulo Planta	Chilibulo Planta

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.12.2

### Chilibulo - Presiones Bajas

<b>Tanque</b>	<b>Dirección</b>
Chilibulo Planta	Urbanización Terrazas Del Pichincha
	Francisco Fuentes y Juan López

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.12.3

### Chilibulo - Fines de Red

#### Meses de Enero, Mayo y Septiembre

<b>Tanque</b>	<b>Dirección</b>		
	<b>Calle Principal</b>	<b>Intersección</b>	<b>Barrio</b>
Chilibulo Planta	Caranqui	Jauja	Hermano Miguel
	Calle 06	Calle I	Vencedores Del Pichincha

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.12.4

**Chilibulo - Fines de Red**  
**Meses de Febrero, Junio y Octubre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Chilibulo Planta	Cojitambo	Marcopamba	Marcopamba
	Pasaje 2	Arenillas	Los Libertadores

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.12.5

**Chilibulo - Fines de Red**  
**Meses de Marzo, Julio y Noviembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Chilibulo Planta	Calle J	Calle G	La Raya B
	Hualpa Capac	Arenillas	Magdalena Alta

Elaboración: El autor

Cuadro No. 6.12.6

**Chilibulo - Fines de Red**  
**Meses de Abril, Agosto y Diciembre**

Tanque	Dirección		
	Calle Principal	Intersección	Barrio
Chilibulo Planta	Temuco (Final de la Calle)	El Canelo	Santiago 1
	Calle H	Carapungo	Vencedores Del Pichincha

Elaboración: El autor

## **2.3 Evaluación de la Calidad del Agua Potable Distribuida**

Después que se tomen las muestras del agua potable distribuida en los diferentes sitios definidos, se realice los análisis de laboratorio y se haya ingresado los resultados en la base de datos del L3C, se evaluará la calidad del agua potable.

El método o sistema que el autor ha estructurado para ejecutar la evaluación de la calidad de agua potable distribuida, consiste primero en conocer el índice de riesgo de la calidad del agua, para ello se debe calcular dicho índice en cada una de las muestras tomadas en forma individual y luego de las muestras tomadas en un periodo de tiempo definido, para el caso de presente la tesis en forma mensual; luego con los resultados del IRCA obtenidos se evalúa la calidad del agua cotejando los resultados obtenidos contra la tabla del nivel de riesgo previamente definida.

### **2.3.1 Cálculo del IRCA**

El cálculo del IRCA, se realiza sobre la base de la metodología expuesta en este estudio, adaptado a la realidad de la EMAAP-Q del Proyecto de Decreto para Agua de Consumo Humano de la República de Colombia<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> Proyecto de Decreto de Agua para Consumo Humano  
Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y  
Desarrollo Territorial.  
República de Colombia  
[http://www.minambiente.gov.co/prensa/banner\\_home/proyectos\\_en\\_tramite/proyecto\\_agua\\_consumo\\_humano/proyecto\\_decreto\\_calidad\\_agua\\_con\\_su\\_hum.doc](http://www.minambiente.gov.co/prensa/banner_home/proyectos_en_tramite/proyecto_agua_consumo_humano/proyecto_decreto_calidad_agua_con_su_hum.doc)  
Recuperado el 12 de octubre de 2006

Para el cálculo del IRCA se debe tomar en cuenta el puntaje de riesgo definido en el cuadro No 6.13 asignado a cada característica física, química y microbiológica por falta de cumplimiento de los valores máximos aceptables establecidos en la norma NTE INEN 1108

Al tener una muestra varios parámetros, el índice de riesgo de la muestra se calcula en función los valores obtenidos en los respectivos análisis de laboratorio, asignando cero (0) si el resultado del análisis del parámetro está dentro de los valores aceptables establecidos en la norma NTE INEN 1108, o el puntaje de riesgo asignado en el cuadro No. 6.13, si está por fuera de los valores aceptables establecidos; la sumatoria nos da como resultado el IRCA de la muestra.

**Cuadro 6.13**  
**Puntaje de Riesgo**

PARAMETROS	PUNTAJE DE RIESGO
CONDUCTIVIDAD METODO ELECTRODO/SM 2510 B $\mu\text{S}/\text{cm}$	
COLOR METODO COMPARACIÓN VISUAL/SM 2120 B UTC	10
TURBIEDAD NEFELOMÉTRICO/SM 2130 B NTU	15
PH METODO ELECTRODO/SM 4500 H-B	3
MANGANESO mg/l	3
HIERRO mg/l	3
COLOR LIBRE RESIDUAL METODO COLORIMÉTRICO/SM 4500 CL-G mg/l	18
ALUMINIO mg/l	3
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS mg/l	2
COLIFORMES TOTALES NMP/100 ml	18
ECOLI NMP/100 ml	25

Elaboración: El autor

Matemáticamente el cálculo del IRCA de una muestra se lo realiza con la siguiente fórmula:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

El IRCA mensual se calculará con la siguiente fórmula:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\Sigma \text{ de los IRCA's obtenidos en cada muestra realizada en el mes}}{\text{Número total de muestras realizadas en el mes}} \times 100$$

### **2.3.2 Evaluación del Nivel de Riesgo**

Con los resultados del cálculo del IRCA, de una muestra o de las muestras tomadas durante todo un mes, se puede realizar la evaluación del nivel de riesgo del agua potable distribuida para el consumo humano, ya sea una evaluación individual o una condensada mensual. Para ello se utiliza sin ningún cambio la definición de los niveles concertados y definidos en el Proyecto de Decreto de Agua para Consumo Humano de la República de Colombia, que exponemos en el cuadro 6.14.

El autor adoptó dichos Niveles de Riesgo, entre otras por las siguientes razones:

- No existe en el país un sistema de monitoreo y evaluación de la calidad del agua potable. Ninguna normativa, reglamento o ley tenemos al respecto, por lo que al realizar la revisión de literaturas, el autor encuentra que en la República de Colombia, están adelantando un proceso que permitirá uniformizar este proceso, y considera que sería válido disponer como inicial la metodología del país vecino.

- Los niveles de riesgo y sus consideraciones han sido suficientemente debatidos en Colombia antes de entrar en vigencia, por lo que no existe un peligro potencial en su utilización.
- Los Niveles de Riesgo que constan en el proyecto de ley, fueron puestos a consideración de los participantes del taller realizado en el L3C, mereciendo su aprobación, pudiendo posteriormente modificarse los niveles, una vez que se tenga los suficientes datos que estadísticamente tratados permitan conocer a la realidad ecuatoriana, y la de Quito en particular.
- El método adoptado de evaluación permite conocer a través del cumplimiento o no de los parámetros con la norma NTE INEN 1108, el riesgo para la salud de los consumidores, ya que agrupa los parámetros según su afectación a la salud.
- Dependiendo del nivel de riesgo, se deben tomar medidas para reducir la vulnerabilidad de la población frente a la calidad del agua para consumo humano.
- El conocer el nivel de riesgo, como resultado del proceso de monitoreo y evaluación de la calidad del agua, permitirá con el tiempo a la EMAAP-Q realizar un mapa del riesgo al vigilar todo sistema de suministro de agua, cualquiera sea su fuente de abastecimiento.

Cuadro 6.14  
**Nivel de Riesgo**

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	Consideraciones
70.1 - 100	Inviabile Sanitariamente	A este nivel el agua se califica como <u>agua no apta para el consumo humano</u> por sobrepasar los valores máximos aceptables de las características físicas, químicas y microbiológicas establecidas en el presente decreto y que causan un <b>riesgo alto y permanente</b> a la salud humana, el cual requiere una <b>vigilancia máxima, especial y detallada</b> por parte de las Autoridades Sanitaria, Ambiental y Control.
35.1 - 70	Alto	A este nivel el <u>agua es no apta para el consumo humano</u> por sobrepasar los valores máximos aceptables de las características físicas, químicas y microbiológicas establecidas en el presente decreto y que causan un <b>riesgo</b> a la salud humana, el cual requiere una <b>vigilancia especial</b> por parte de las Autoridades Sanitaria, Ambiental y Control.
14.1- 35	Medio	Corresponden al suministro de <u>agua es no apta para el consumo humano</u> por sobrepasar los valores máximos aceptables de las características físicas, químicas y microbiológicas establecidas en el presente decreto y que causan un <b>riesgo</b> a la salud humana, el cual <b>es susceptible de disminuir por una gestión directa</b> de la persona prestadora del servicio público de acueducto.
5.1 - 14	Bajo	El agua cumple con todos o casi todos los valores máximos aceptables de las características físicas, químicas y microbiológicas establecidas en el presente decreto haciendo que el <u>agua sea apta para el consumo humano</u> , <b>susceptible de mejoramiento</b> .
0 - 5	Sin Riesgo	El agua cumple con todos los valores máximos aceptables de las características físicas, químicas y microbiológicas establecidas en el presente decreto, haciendo que el <u>agua se apta para el consumo humano</u>

Fuente: Proyecto de Decreto de Agua para Consumo Humano, Colombia

Aplicando la metodología detallada se obtiene como resultado la evaluación general de la calidad del agua potable distribuida en la ciudad de Quito. Ejemplos de aplicación de la metodología constan en el capítulo cuatro.

En conclusión, el autor cree firmemente haber dado respuesta a la pregunta principal de esta tesis: “¿Es factible diseñar un nuevo sistema de muestreo que permita realizar un control espacial de la calidad del agua distribuida en todos los sectores de la ciudad de Quito?”, ya que ha diseñado un nuevo sistema muestreo, eligiendo para el efecto el control espacial, con las siguientes características:

- Utiliza el número de muestras dispuestas por las autoridades de la EMAAP-Q para la ciudad de Quito, cumpliendo a la vez con la norma INEN 1108.
- Los puntos críticos donde se tomarán las muestras han sido definidos sobre la base de la experiencia del personal técnico que labora en la empresa y de la revisión de literaturas de la experiencia internacional que se halló sistematizada en el internet,
- Las direcciones de los puntos de muestreo reflejan la representatividad espacial de todos los tipos de agua potable distribuida en diferentes sectores de la ciudad
- Reconoce la capacidad técnica del L3C para entregar resultados confiables de los análisis de laboratorio realizados a las muestras de agua potable tomadas.
- Introduce nuevos conceptos como el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua potable y el Nivel de Riesgo para evaluar la calidad del agua potable distribuida.

### **3. COROLARIO**

Como corolario de todo el proceso de aprendizaje, por el cual el autor ha pasado al elaborar la presente tesis, desde la investigación hasta plasmarlo en el un documento con los resultados descritos, se permite aseverar junto con Astar Sheran: “Todo acto o actividad, toda idea y su manifestación, sólo se pueden validar por sus consecuencias, resultados y desenlaces. Así es como tiene lugar el verdadero aprendizaje”, es decir, aprender haciéndolo con todas sus vicisitudes es muy reconfortante.

## **ANEXOS**