



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

*“OPTIMIZACIÓN DE LA RED N° 2 DEL SISTEMA DE AGUA
POTABLE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”.*

Tesis de Grado Previo a la obtención del título de:

INGENIERO QUÍMICO

CARLOS JAVIER ROMERO LARA

Riobamba - Ecuador

2009

AGRADECIMIENTO

- *A Dios, por ser Luz en el camino y Fortaleza durante esta importante etapa de mi vida.*
- *A mis Padres Judith y Wilfrido, por traerme a este mundo a ser un triunfador. Gracias por ser mi guía, mis amigos sin ustedes hubiera sido imposible lograr esto, LOS AMO.*
- *A mis hermanos Diana y Golwin por brindarme su apoyo atreves de todos estos años, se que siempre puedo contar con ustedes “SON LO MEJOR”.*
- *A esas personas con las que compartimos momentos gratos, sin sabores, triunfos y fracasos a ellos que son como hermanos, gracias AMIGOS, nos espera una nueva etapa. SCCV por siempre.*
- *A Fundación Natura, Glows y al Fondo de Tesistas por darme la oportunidad de realizar esta investigación, Gracias por su auspicio fue un honor que me hayan tomado en cuenta.*
- *A mi Director de Tesis Ing. César Ávalos, y a los miembros del Tribunal Ing. Hannibal Brito y Dra. Gina Álvarez, quienes con su invaluable conocimiento contribuyeron para la culminación de este trabajo de investigación.*
- *A todos los que de una u otra manera aportaron para la realización de este trabajo Dios les pague.*

Sentir gratitud y no expresarla es como envolver un regalo y no darlo.

William Arthur Ward

DEDICATORIA

Dedicado a los mejor regalo que Dios me dio en la vida, mis padres: Wilfrido y Judith, por su inmenso amor, quienes guiaron mi vida por el camino de la superación. A mis hermanos, por su ejemplo de trabajo, dedicación y sacrificio.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Edmundo Caluña DECANO FAC. CIENCIAS.	-----	-----
Ing. Hannibal Brito. DIRECTOR DE ESCUELA.	-----	-----
Ing. César Ávalos DIRECTOR DE TESIS.	-----	-----
Ing. Hannibal Brito MIEMBRO DE TRIBUNAL.	-----	-----
Dra. Gina Álvarez MIEMBRO DE TRIBUNAL.	-----	-----
Sr. Carlos Rodríguez DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN.	-----	-----
NOTA DE LA TESIS.	-----	-----

“Yo, Carlos Javier Romero Lara soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.

CARLOS JAVIER ROMERO LARA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

pH	Potencial de hidrógeno
L	Litros
S	Segundos
Min	Minutos
μ	Micras
M	Metro
Cm	Centímetro
h_c	Profundidad crítica
L_m	Distancia al punto de aplicación del coagulante
h_f	Pérdidas totales
UV	Ultravioleta
mL	Mililitros
N	Normalidad
EDTA	Exilen dietil amino
NTU	Unidades técnicas nefelométricas
Mg	Miligramos
μL	Microlitros
STD	Sólidos totales disueltos
T	Temperatura
C	Grados centígrados
Ppm	Partes por millón
F_v	Fugas visibles
Q_F	Caudal promedio por fuga.
T	Tiempo promedio desde que la fuga aflora hasta que es reparada.

V_A	Volumen Almacenado.
V_F	Volumen Facturado.
N_F	Número de fugas en un mes.
P_O	Pérdidas por Gastos Operacionales.
P_{CC}	Pérdidas por conexiones clandestinas.
V_A	Volumen almacenado en los tanques.
N_C	Número de conexiones legales.
N_{CC}	Número de conexiones clandestinas.
P_E	Pérdidas especiales.

Tabla de Contenido

	Pp.
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
INTRODUCCIÓN	iii
ANTECEDENTES	iv
JUSTIFICACIÓN	v
OBJETIVOS	vi
1 MARCO TEÓRICO	25
1.1 SISTEMA DE AGUA POTABLE	25
1.1.1 ALMACENAMIENTO DE AGUA BRUTA	25
1.1.2 CAPTACIÓN	25
1.1.3 TRATAMIENTO	26
1.1.4 ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA	26
1.2 RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE	27
1.2.1 LOS FLUJOS O CAUDALES	28
1.2.2 EL CONSUMO	29
1.2.3 CONSUMO HORARIO	31
1.2.4 CONSUMO POR HABITANTE	31
1.2.5 PRESIONES	32
1.2.6 RÉGIMEN DE PRESIONES	34
1.2.7 PRESIONES NEGATIVAS	34
1.2.8 PRESIONES MÍNIMAS DE SERVICIO	35
1.2.9 SERVICIO PARA EDIFICIOS	35
1.2.10 FUGAS	38
1.2.11 CAUSAS QUE PRODUCEN LAS FUGAS	41
1.3 OPTIMIZACIÓN	43
1.3.1 BALANCE DE MASA DE UNA RED	43
1.3.2 DETERMINACIÓN DE LAS FUGAS VISIBLES	44
1.3.3 GASTO POR CONSUMOS OPERACIONALES <i>PO</i>	45
1.3.4 PÉRDIDAS POR CONEXIONES CLANDESTINAS <i>PCC</i>	45
1.3.5 PÉRDIDAS POR CONSUMOS ESPECIALES (REBOSAMIENTO)	45
2 PARTE EXPERIMENTAL	47
2.1 MUESTREO	47
2.1.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	47
2.1.2 MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	47
2.1.3 PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	47
2.1.4 PLAN DE TABULACIÓN Y ANÁLISIS	48

2.2	METODOLOGÍA	48
2.2.1	METODOLOGÍA DE TRABAJO	48
2.2.2	TRATAMIENTOS DE MUESTRAS	49
2.2.3	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS	50
2.2.4	MÉTODOS Y TÉCNICAS	51
2.3	DATOS EXPERIMENTALES	13
2.3.1	DETERMINACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA RED	13
2.3.2	DATOS	14
3	BALANCE DE MASA DE LA RED N° 2	23
<hr/>		
3.1.1	DETERMINACIÓN DE LAS FUGAS VISIBLES	23
3.1.2	GASTO POR CONSUMOS OPERACIONALES <i>Po</i>	24
3.1.3	PÉRDIDAS POR CONEXIONES CLANDESTINAS <i>PCC</i>	24
3.1.4	PÉRDIDAS POR CONSUMOS ESPECIALES (REBOSAMIENTO)	24
3.2	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	27
3.2.1	DETERMINACIÓN DE PH DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 DE LA RED N° 2	27
3.2.2	DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 DE LA RED N° 2	28
3.2.3	DETERMINACIÓN DE LA TURBIEDAD DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 DE LA RED N° 2	29
3.2.4	DETERMINACIÓN DE CLORUROS DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 DE LA RED N° 2	30
3.2.5	DETERMINACIÓN DE DUREZA DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 DE LA RED N° 2	31
3.2.6	DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 DE LA RED N° 2	32
3.2.7	DETERMINACIÓN DE AMONIOS EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 DE LA RED N° 2	33
3.2.8	DETERMINACIÓN DE NITRITOS EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 DE LA RED N° 2	34
3.2.9	DETERMINACIÓN DE HIERRO EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 DE LA RED N° 2	35
3.2.10	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 DE LA RED N° 2	36
3.2.11	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS DISUELTOS (TDS) EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 DE LA RED N° 2	37
3.2.12	DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 DE LA RED N° 2	38
3.2.13	DETERMINACIÓN DE PRESIÓN EN LA ZONA 1 DE LA RED N° 2	39
3.2.14	DETERMINACIÓN DEL CAUDAL EN LA ZONA 1 DE LA RED N° 2	40
3.3	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS DEL AGUA DE LA ZONA 2 EN LA RED N° 2.	41
3.3.1	DETERMINACIÓN DE PH DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 2 DE LA RED N° 2	41
3.3.2	DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 2 DE LA RED N° 2	42
3.3.3	DETERMINACIÓN DE LA TURBIEDAD DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 2 DE LA RED N° 2	43
3.3.4	DETERMINACIÓN DE CLORUROS EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 2 DE LA RED N° 2	44
3.3.5	DETERMINACIÓN DE DUREZA EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 2 DE LA RED N° 2	45
3.3.6	DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 2 DE LA RED N° 2	46
3.3.7	DETERMINACIÓN DE AMONIOS EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 2 DE LA RED N° 2	47
3.3.8	DETERMINACIÓN DE NITRITOS EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 2 DE LA RED N° 2	48
3.3.9	DETERMINACIÓN DE HIERRO EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 2 DE LA RED N° 2	49
3.3.10	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 2 DE LA RED N° 2	50
3.3.11	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS DISUELTOS (TDS) EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 2 DE LA RED N° 2	51
3.3.12	DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 2 DE LA RED N° 2	52
3.3.13	DETERMINACIÓN DE PRESIÓN EN LA ZONA 2 DE LA RED N° 2	53
3.3.14	DETERMINACIÓN DE CAUDAL EN LA ZONA 2 DE LA RED N° 2	54
3.4	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 3 EN LA RED N° 2.	55
3.4.1	DETERMINACIÓN DE PH DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 3 DE LA RED N° 2	55

3.4.2	DETERMINACIÓN DE CONDUCTIVIDAD DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 3 DE LA RED N° 2	56
3.4.3	DETERMINACIÓN DE LA TURBIEDAD DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 3 DE LA RED N° 2	57
3.4.4	DETERMINACIÓN DE CLORUROS EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 3 DE LA RED N° 2	58
3.4.5	DETERMINACIÓN DE DUREZA EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 3 DE LA RED N° 2	59
<p>TODOS LOS SECTORES DE ESTA ZONA ESTÁN FUERA DE NORMA Y FUERA DEL LÍMITE ÓPTIMO, LA NORMA INEN 1108 DETERMINA UN LÍMITE PARA DUREZA DE 300 MG/L. SU ALTA DUREZA SE DEBE A QUE EL AGUA QUE SE DISTRIBUYE EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA ES DE NATURALEZA SUBTERRÁNEA, RAZÓN POR LA CUAL OCASIONA PROBLEMAS DE INCRUSTACIONES, CORROSIÓN DERIVANDO EN RUPTURAS Y FUGAS EN LA TUBERÍA.</p>		
3.4.6	DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 3 DE LA RED N° 2.	60
3.4.7	DETERMINACIÓN DE AMONIOS EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 3 EN LA RED N° 2.	61
3.4.8	DETERMINACIÓN DE NITRITOS EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 3 EN LA RED N° 2	62
3.4.9	DETERMINACIÓN DE HIERRO EN EL AGUA POTABLE EN LA ZONA 3 EN LA RED N° 2.	63
3.4.10	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN EL AGUA POTABLE EN LA ZONA 3 DE LA RED N° 2.	64
3.4.11	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS DISUELTOS (TDS) EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 3 DE LA RED N° 2	65
3.4.12	DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 3 DE LA RED N° 2.	66
3.4.13	DETERMINACIÓN DE PRESIÓN EN LA ZONA 3 DE LA RED N° 2	67
3.4.14	DETERMINACIÓN DE EL CAUDAL EN LA ZONA 3 DE LA RED N° 2.	68
<p>3.5 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 4 EN LA RED N° 2. 69</p>		
3.5.1	DETERMINACIÓN DE PH DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 4 DE LA RED N° 2	69
3.5.2	DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 4 DE LA RED N° 2	70
3.5.3	DETERMINACIÓN DE LA TURBIEDAD DEL AGUA POTABLE DE LA ZONA 4 DE LA RED N° 2	71
3.5.4	DETERMINACIÓN DE CLORUROS EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 4 DE LA RED N° 2	72
3.5.5	DETERMINACIÓN DE DUREZA EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 4 DE LA RED N° 2	73
<p>TODOS LOS SECTORES DE ESTA ZONA ESTÁN DENTRO DE NORMA Y FUERA DEL LÍMITE ÓPTIMO, LA NORMA INEN 1108 DETERMINA UN LÍMITE PARA DUREZA DE 300 MG/L. SU ALTA DUREZA SE DEBE A QUE EL AGUA QUE SE DISTRIBUYE EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA ES DE NATURALEZA SUBTERRÁNEA, RAZÓN POR LA CUAL OCASIONA PROBLEMAS DE INCRUSTACIONES, CORROSIÓN DERIVANDO EN RUPTURAS Y FUGAS EN LA TUBERÍA.</p>		
3.5.6	DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 4 DE LA RED N° 2	74
3.5.7	DETERMINACIÓN DE AMONIOS EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 4 EN LA RED N° 2	75
3.5.8	DETERMINACIÓN DE NITRITOS EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 4 EN LA RED N° 2.	76
3.5.9	DETERMINACIÓN DE HIERRO EN EL AGUA POTABLE EN LA ZONA 4 EN LA RED N° 2.	77
3.5.10	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN EL AGUA POTABLE EN LA ZONA 4 DE LA RED N° 2.	78
3.5.11	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS DISUELTOS (TDS) EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 4 DE LA RED N° 2	79
3.5.12	DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL EN EL AGUA POTABLE DE LA ZONA 4 DE LA RED N° 2.	80
3.5.13	DETERMINACIÓN DE PRESIÓN EN LA ZONA 4 DE LA RED N° 2	81
3.5.14	DETERMINACIÓN DEL CAUDAL EN LA ZONA 4 DE LA RED N° 2	83
<p>3.6 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS DE LA RED N° 2 DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA. 84</p>		
3.6.1	DETERMINACIÓN DE PH DEL AGUA POTABLE DE LA RED N° 2	84
3.6.2	DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD DEL AGUA POTABLE DE LA RED N° 2.	85
3.6.3	DETERMINACIÓN DE LA TURBIEDAD DEL AGUA POTABLE DE LA RED N° 2	86
3.6.4	DETERMINACIÓN DE CLORUROS EN EL AGUA POTABLE DE LA RED N° 2	87
3.6.5	DETERMINACIÓN DE DUREZA EN EL AGUA POTABLE DE LA RED N° 2	88
3.6.6	DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD EN EL AGUA POTABLE DE LA RED N° 2	89
<p>GRAF 3.6.6-1 DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD EN EL AGUA POTABLE DE LA RED N° 2 89</p>		
3.6.7	DETERMINACIÓN DE AMONIOS EN EL AGUA POTABLE DE LA RED N° 2	90
3.6.8	DETERMINACIÓN DE NITRITOS EN EL AGUA POTABLE DE LA RED N° 2	91
3.6.9	DETERMINACIÓN DE HIERRO EN EL AGUA POTABLE DE LA RED N° 2.	92

3.6.10	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN EL AGUA POTABLE DE LA RED N° 2.	93
3.6.11	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS DISUELTOS (TDS) EN EL AGUA POTABLE DE LA RED N° 2.	94
3.6.12	DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL EN EL AGUA POTABLE DE LA RED N° 2	95
3.6.13	DETERMINACIÓN DE PRESIÓN DE LA RED N° 2	96
3.6.14	DETERMINACIÓN DE EL CAUDAL DE LA RED N° 2	97
3.7	PROPUESTA	98
4	<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	<u>102</u>
4.1	CONCLUSIONES.	102
4.2	RECOMENDACIONES.	103
	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>104</u>
	<u>ANEXOS</u>	<u>106</u>

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		Pp.
1.2-1	Barrios que conforman la Red N° 2 del sistema de distribución de agua potable de la ciudad de Riobamba	24
1.4.4-1	Condiciones para la construcción de una planta	36
1.4.4-2	Presión mínima de servicio y presión mínima estática	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO		Pp.
3.1.1-1.	Determinación de pH del agua potable de la zona 1 de la Red N°2	58
3.1.2-1.	Determinación de la conductividad del agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	59
3.1.3-1.	Determinación de la turbiedad del agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	60
3.1.4-1	Determinación de cloruros en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	61
3.1.5-1	Determinación de dureza en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	62
3.1.6-1	Determinación de la alcalinidad en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	63
3.1.7-1	Determinación de amonios en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	64
3.1.8-1	Determinación de nitritos en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	65
3.1.9-1	Determinación de hierro en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	66
3.1.10-1	Determinación de sólidos totales en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	67
3.1.11-1	Determinación de sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	68
3.1.12-1	Determinación de cloro residual en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	69
3.1.13-1	Determinación de presión en la zona 1 de la Red n° 2	70
3.1.14-1	Determinación de caudal en la zona 1 de la Red n° 2	71
3.2.1-1.	Determinación de pH del agua potable de la zona 2 de la Red N°2	72
3.2.2-1.	Determinación de la conductividad del agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	73
3.2.3-1.	Determinación de la turbiedad del agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	74
3.2.4-1	Determinación de cloruros en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	75
3.2.5-1	Determinación de dureza en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	76
3.2.6-1	Determinación de la alcalinidad en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	77
3.2.7-1	Determinación de amonios en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	78
3.2.8-1	Determinación de nitritos en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	79
3.2.9-1	Determinación de hierro en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	80
3.2.10-1	Determinación de sólidos totales en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	81

GRÁFICO	Pp.	
3.2.11-1	Determinación de sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	82
3.2.12-1	Determinación de cloro residual en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	83
3.2.13-1	Determinación de presión en la zona 2 de la Red n° 2	84
3.2.14-1	Determinación de caudal en la zona 2 de la Red n° 2	85
3.3.1-1.	Determinación de pH del agua potable de la zona 3 de la Red n°2	86
3.3.2-1.	Determinación de la conductividad del agua potable de la zona 3 de la Red N° 2	87
3.3.3-1.	Determinación de la turbiedad del agua potable de la zona 2 de la Red N° 2	88
3.3.4-1	Determinación de cloruros en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2	89
3.3.5-1	Determinación de dureza en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	90
3.3.6-1	Determinación de la alcalinidad en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	91
3.3.7-1	Determinación de amonios en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	92
3.3.8-1	Determinación de nitritos en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	93
3.3.9-1	Determinación de hierro en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	94
3.3.10-1	Determinación de sólidos totales en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	95
3.3.11-1	Determinación de sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	96
3.3.12-1	Determinación de cloro residual en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	97
3.3.13-1	Determinación de presión en la zona 3 de la Red n° 2	98
3.3.14-1	Determinación de caudal en la zona 3 de la Red n° 2	99
3.4.1-1.	Determinación de pH del agua potable de la zona 4 de la Red n°2	100
3.4.2-1.	Determinación de la conductividad del agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	101
3.4.3-1.	Determinación de la turbiedad del agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	102
3.4.4-1	Determinación de cloruros en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	103
3.4.5-1	Determinación de dureza en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	104
3.4.6-1	Determinación de la alcalinidad en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	105
3.4.7-1	Determinación de amonios en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	106
3.4.8-1	Determinación de nitritos en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	107
3.4.9-1	Determinación de hierro en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	108
3.4.10-1	Determinación de sólidos totales en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	109
3.4.11-1	Determinación de sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	110
3.4.12-1	Determinación de cloro residual en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	111
3.4.13-1	Determinación de presión en la zona 4 de la Red n° 2	112
3.4.14-1	Determinación de caudal en la zona 4 de la Red n° 2	113

GRÁFICO		Pp.
3.5.1-1.	Determinación de pH del agua potable de la Red n° 2	114
3.5.2-1.	Determinación de la conductividad del agua potable en la Red n° 2	115
3.5.3-1.	Determinación de la turbiedad del agua potable en la Red n° 2	116
3.5.4-1	Determinación de cloruros en el agua potable en la Red n° 2	117
3.5.5-1	Determinación de dureza en el agua potable en la Red n° 2	118
3.5.6-1	Determinación de la alcalinidad en el agua potable en la Red n° 2	119
3.5.7-1	Determinación de amonios en el agua potable en la Red n° 2	120
3.5.8-1	Determinación de nitritos en el agua potable en la Red n° 2	121
3.5.9-1	Determinación de hierro en el agua potable en la Red n° 2	122
3.5.10-1	Determinación de sólidos totales en el agua potable en la Red n° 2	123
3.5.11-1	Determinación de sólidos disueltos (TDS) en el agua potable en la Red n° 2	124
3.5.12-1	Determinación de cloro residual en el agua potable en la Red n° 2	125
3.5.13-1	Determinación de presión en la Red n° 2	126
3.4.14-1	Determinación de caudal en la Red n° 2	127

ÍNDICES DE TABLAS

TABLA		Pp.
3.1.1-1.	Determinación de pH del agua potable de la zona 1 de la Red n°2	58
3.1.2-1.	Determinación de la conductividad del agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	59
3.1.3-1.	Determinación de la turbiedad del agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	60
3.1.4-1	Determinación de cloruros en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	61
3.1.5-1	Determinación de dureza en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	62
3.1.6-1	Determinación de la alcalinidad en el agua potable de la zona 1 de la red n° 2	63
3.1.7-1	Determinación de amonios en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	64
3.1.8-1	Determinación de nitritos en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	65
3.1.9-1	Determinación de hierro en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	66
3.1.10-1	Determinación de sólidos totales en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	67
3.1.11-1	Determinación de sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	68
3.1.12-1	Determinación de cloro residual en el agua potable de la zona 1 de la Red n° 2	69
3.1.13-1	Determinación de presión en la zona 1 de la Red n° 2	70
3.1.14-1	Determinación de caudal en la zona 1 de la Red n° 2	71
3.2.1-1.	Determinación de pH del agua potable de la zona 2 de la Red n°2	72
3.2.2-1.	Determinación de la conductividad del agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	73
3.2.3-1.	Determinación de la turbiedad del agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	74
3.2.4-1	Determinación de cloruros en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	75
3.2.5-1	Determinación de dureza en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	76
3.2.6-1	Determinación de la alcalinidad en el agua potable de la zona 2 de la Red	77

n° 2

TABLA		Pp.
3.2.7-1	Determinación de amonios en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	78
3.2.8-1	Determinación de nitritos en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	79
3.2.9-1	Determinación de hierro en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	80
3.2.10-1	Determinación de sólidos totales en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	81
3.2.11-1	Determinación de sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	82
3.2.12-1	Determinación de cloro residual en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	83
3.2.13-1	Determinación de presión en la zona 2 de la Red n° 2	84
3.2.14-1	Determinación de caudal en la zona 2 de la Red n° 2	85
3.3.1-1.	Determinación de pH del agua potable de la zona 3 de la Red n°2	86
3.3.2-1.	Determinación de la conductividad del agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	87
3.3.3-1.	Determinación de la turbiedad del agua potable de la zona 2 de la Red n° 2	88
3.3.4-1	Determinación de cloruros en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	89
3.3.5-1	Determinación de dureza en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	90
3.3.6-1	Determinación de la alcalinidad en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	91
3.3.7-1	Determinación de amonios en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	92
3.3.8-1	Determinación de nitritos en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	93
3.3.9-1	Determinación de hierro en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	94
3.3.10-1	Determinación de sólidos totales en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	95
3.3.11-1	Determinación de sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	96
3.3.12-1	Determinación de cloro residual en el agua potable de la zona 3 de la Red n° 2	97
3.3.13-1	Determinación de presión en la zona 3 de la Red n° 2	98
3.3.14-1	Determinación de caudal en la zona 3 de la Red n° 2	99
3.4.1-1.	Determinación de pH del agua potable de la zona 4 de la Red n°2	100
3.4.2-1.	Determinación de la conductividad del agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	101
3.4.3-1.	Determinación de la turbiedad del agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	102
3.4.4-1	Determinación de cloruros en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	103
3.4.5-1	Determinación de dureza en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	104
3.4.6-1	Determinación de la alcalinidad en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	105
3.4.7-1	Determinación de amonios en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	106
3.4.8-1	Determinación de nitritos en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	107
3.4.9-1	Determinación de hierro en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	108
3.4.10-1	Determinación de sólidos totales en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	109
3.4.11-1	Determinación de sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	110

TABLA		Pp.
3.4.12-1	Determinación de cloro residual en el agua potable de la zona 4 de la Red n° 2	111
3.4.13-1	Determinación de presión en la zona 4 de la Red n° 2	112
3.4.14-1	Determinación de caudal en la zona 4 de la Red n° 2	113
3.5.1-1.	determinación de pH del agua potable de la Red n° 2	114
3.5.2-1.	Determinación de la conductividad del agua potable en la Red n° 2	115
3.5.3-1.	Determinación de la turbiedad del agua potable en la Red n° 2	116
3.5.4-1	Determinación de cloruros en el agua potable en la Red n° 2	117
3.5.5-1	Determinación de dureza en el agua potable en la Red n° 2	118
3.5.6-1	Determinación de la alcalinidad en el agua potable en la Red n° 2	119
3.5.7-1	Determinación de amonios en el agua potable en la Red n° 2	120
3.5.8-1	Determinación de nitritos en el agua potable en la Red n° 2	121
3.5.9-1	Determinación de hierro en el agua potable en la Red n° 2	122
3.5.10-1	Determinación de sólidos totales en el agua potable en la Red n° 2	123
3.5.11-1	Determinación de sólidos disueltos (TDS) en el agua potable en la Red n° 2	124
3.5.12-1	Determinación de cloro residual en el agua potable en la Red n° 2	125
3.5.13-1	Determinación de presión en la Red n° 2	126
3.4.14-1	Determinación de caudal en la Red n° 2	127

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pp.
1.2-1	Flujo máximo y flujo mínimo	28
1.4-1	Lectura del manómetro	32
1.4-2	Régimen de presiones en un sistema de distribución	33
1.5.2-1	Fallas en las tuberías principales	40
3.1-1	Diagrama del balance de masa	72

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		Pp.
A	Mapa Red N° 2 de abastecimiento	154
B	Zonificación de la Red N° 2 para realizar el muestreo	155
C	Límites máximos y mínimos para agua potable	156

RESUMEN

Con la Optimización de la Red N° 2 del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Riobamba, se pretende poner en marcha un proceso de reformas en la misma a fin de mejorar la calidad del agua que presenta problemas de dureza, hierro, amonios, nitritos, sólidos totales, sólidos disueltos (TDS), cloro residual, fugas y presión. Auspiciado por Fundación Natura y Glows.

En la ejecución de la parte práctica se utilizó equipos portátiles de medición para realizar el análisis in situ y los análisis físico-químicos y microbiológicos utilizando métodos y técnicas basados en el Standar Methods en el Laboratorio de Análisis Técnico de la Epoch.

En los análisis preliminares para determinar el estado actual de la red se obtuvo resultados de 336,86 mg/L de dureza, para el hierro se obtuvo valores en el orden de 0,08 mg/ L observando que existe una relación directamente proporcional entre el incremento de la dureza del agua y el aumento del hierro en la misma. En el caso de amonios y nitritos se registró valores de 0,03 mg/L y 0,02 mg/L. Los valores de sólidos totales y sólidos disueltos (TDS) son 467,04 mg/L y 206,18 mg/L Para el cloro residual se midió un valor de 0,35 mg/. La presión medida en la red es de 15,37 psi, además se determino que el 53,56 % de las pérdidas calculadas representa a las fugas visibles. Estos resultados permitieron establecer que los procesos para optimizar la red serian: implementar el ablandamiento químico del agua añadiendo policloruro de aluminio lo que reducirá su dureza en un 40% además que disminuirá la presencia de hierro en el mismo porcentaje. Con el fin de eliminar los sedimentos acumulados en las tuberías y reducir la presencia de sólidos se simuló aumentando una hora más de distribución reduciéndose hasta en un 30% su presencia, ya que al aumentar el tiempo de distribución arrastrara mayor cantidad de sólidos.

Se recomienda estandarizar el procedimiento de cambio y reparación de las tuberías para reducir las fugas y rupturas en el sistema previniendo la pérdida de presión en la red. Dotar de un nuevo sistema de cloración por gas ya que el actual supero su vida útil

SUMMARY

With the Optimization of the Piping System N° 2 of the Potable Water System of Riobamba city, a process of reforms are to be carried out in it to improve the water quality presenting problems of hardness, iron, ammonium, nitrites, total solids, dissolved solids (TDS), residual chlorine leaks and pressure. This work was sponsored by The Natura Foundation and Glows. In the execution of the practical part, portable measurement equipment was used to carry out the analyses using methods and the physical and chemical as well as the microbiological analyses using methods and techniques based upon the Standard Methods at the Laboratory of Technical Analyses of the ESPOCH. In the preliminary analyses to determine the actual piping system status results of 336.86 mg/L hardness, 0.08 mg/L iron were recorded. The values of total solids and dissolved solids (TDS) are 467.04 mg/L. For the residual chlorine a value of 0.35 mg/L was measured. The pressure measurement in the piping systems is 15.37 PSI, moreover it was determined that 53.56% calculated losses accounts for the visible leaks. These results permitted to establish that the processes to optimize the piping system would be: implementing the chemical softening of water adding aluminum poly-chloride which would reduce its hardness by 40% and would diminish the iron presence in the same percentage. To eliminate the accumulated sediments in the piping system and reduce the presence of solids simulation was performed increasing one hour more of distribution, reducing by 30% their presence, as upon increasing the distribution time a higher solid quantity would be dragged down. It is recommended to standardize the charge and repair procedure of the piping system the reduce the leaks and breaks in the system preventing the pressure loss in the piping system and provide a new chlorine provision system with gas as the actual one surpassed its useful life.

INTRODUCCIÓN

La red N° 2 del Sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba que distribuye liquido vital a la zona central de la ciudad, viene dando servicio desde hace 40 años, tiempo supera la vida útil de tuberías y accesorios que forman parte de dicha red. Esto hace que la red se vea afectada por diversos problemas como: contaminación, baja de presión, fugas, rupturas de tuberías, distribución no continua, deficiencia en la cloración.

La Optimización de la Red N° 2 del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Riobamba, intenta resolver esta problemática mediante el estudio y la aplicación de procesos los mismos que mejoraran la calidad del agua distribuida y la operatividad de la red. Las principales reformas son el ablandamiento del agua y la simulación del incremento del horario de distribución, tratando así a los problemas más urgentes que se encuentran en la red.

La misión principal de optimizar una red de distribución de agua potable es lograr agua de calidad aceptable para los clientes, controlando las variables que puedan modificar esta condición. Para que esto se realice se tiene que entender primero que todo accionar afecta a la materia prima, desde ser obtenida de las fuentes superficiales y las aguas subterráneas, al pasar por el proceso de Tratamiento, los almacenamientos, hasta llegar a la conexión domiciliaria es decir el consumidor final.

ANTECEDENTES

La red N°2 es la más extensa de la ciudad de Riobamba tiene una extensión total de 566 hectáreas, se abastece de la reserva de la Saboya, depósito que posee cuatro tanques de reserva, tres de 1000 m³ y uno de 2000 m³, brindando el servicio de distribución a 10.535 usuarios en los siguientes horarios: 05h30- 08h30, 12h00- 14h30, 18h00- 21h00, esta red comprende los barrios que se encuentran localizados de norte a sur desde la Avenida la Prensa hasta la calle Morona, en el sector occidental hasta la Avenida Circunvalación y por el sector Oriental hasta la calle Veloz, avenida Circunvalación y salida a Guano, dando un total de 39 barrios que son abastecidos por esta red.¹

El sistema de agua potable que presta servicio actualmente a la ciudad de Riobamba, está conformado por algunos componentes que sobrepasan los 20 años de vida útil y en algunos casos los 40 años, como se expone en la siguiente cronología:

En el año 1912 se construyó la captación de San Pablo, que está conformada por vertientes localizadas a 14 km hacia el norte de la ciudad. El agua es transportada a los tanques de almacenamiento ubicados en la Loma de Quito.²

En el año de 1964, el SCISP (Servido Cooperativo Interamericano de Salud Pública) realizó ampliaciones y mejoras del sistema, particularmente en la captación, conducción y redes de distribución. Se construyó una planta de tratamiento conformado por aireadores de boquillas y desinfección con cloro gas, la misma que está situada en la zona El Carmen a 5 km de la ciudad para de allí transportar el agua hasta tres tanques de reserva de 1000 m³ ubicados sector de Tapi o Saboya en donde se instaló un sistema adicional de desinfección con cloro gas, de estos tanques de reserva se alimentaba el área central de la ciudad (red N° 2).³

En 1984 se realiza la ampliación del sistema de agua potable incluyendo nuevas fuentes de abastecimiento, que son los Pozos de Llío, este sistema incluye una línea de

¹ EMAPAR, Resumen Informativo para Conocimiento de la Ciudadanía: fragmentos. Riobamba, 1990. Pp. 10

² Ibit, Pp. 11

³ Ibit, Pp. 12

conducción desde los pozos hasta La Saboya incrementándose el número de tanques de reserva; adicionalmente se construye un tanque de reserva en el sector de El Carmen y otro junto al Colegio Maldonado. Estos tres tanques alimentan a tres redes de distribución que corresponden a la Red 1 (zona alta), Red 2 (zona media), y Red 3 (zona baja). Existe una cuarta red la misma que provee de agua a la zona de Yaruquíes.⁴

⁴ Ibit, Pp.13

JUSTIFICACIÓN

Las actuales condiciones de operación de la red de distribución del agua en la ciudad hacen al sistema muy vulnerable a eventos de suspensión del servicio y contaminación del recurso, lo que finalmente produce en la ciudadanía intranquilidad e incertidumbre.

Por los problemas antes expuestos es una necesidad que la Red N° 2 que suministra agua potable a la zona central de la ciudad de Riobamba sea sometida a un estudio a fondo para establecer cuáles son los problemas más apremiantes que provocan que el servicio ofertado no proporcione confianza al usuario.

La mejor manera de optimizar una red de distribución de agua potable es basándose en los objetivos de la misma: llevar a cada uno de los usuarios o abonados una cantidad de agua que se considera racional, en una forma continua, a una presión adecuada aun en las horas de máximo consumo y además que el agua que cumpla con las normas de potabilidad.

Para que lo anterior se logre de una manera eficiente se requiere que la red sea confiable, es decir que tenga el mínimo de pérdidas de agua en la misma y que además mantenga la calidad del líquido, en otras palabras que si el agua sale tratada del tanque reservorio hacia la red esta no cambie en el transcurso por la misma por lo cual el servicio debe ser continuo y no debe interrumpirse con relativa facilidad.

OBJETIVOS

GENERAL

- Optimizar la Red N° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba.

ESPECÍFICOS

- Medir la variación de presión en las tuberías que se encuentra dentro de la red N° 2.
- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica del agua potable proveniente de la red N° 2.
- Establecer que el agua procedente de la red N° 2 cumple con los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 1108:2006 Segunda revisión Agua Potable Requisitos.
- Calcular las fugas en la red de distribución N° 2 mediante la medición de caudales.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1 Marco teórico

1.1 Sistema de agua potable

El sistema de agua potable más complejo, consta de cinco partes principales:

- Almacenamiento de agua bruta
- Captación
- Tratamiento
- Almacenamiento de agua tratada
- Red de distribución.

1.1.1 Almacenamiento de agua bruta

El almacenamiento de agua bruta se hace necesario cuando la fuente de agua no tiene un caudal suficiente durante todo el año para suplir la cantidad de agua necesaria. Para almacenar el agua de los ríos o arroyos que no garantizan en todo momento el caudal necesario se construyen embalses.

En los sistemas que utilizan agua subterránea, el acuífero funciona como un verdadero tanque de almacenamiento, la mayoría de las veces con recarga natural, sin embargo hay casos en que la recarga de los acuíferos se hace por medio de obras hidráulicas especiales.

1.1.2 Captación

La captación de un manantial debe hacerse con todo cuidado, protegiendo el lugar de afloramiento de posibles contaminaciones, delimitando un área de protección cerrada.

La captación de las agua superficiales se hace a través de las bocatomas, en algunos casos se utilizan galerías filtrantes paralelas al curso de agua para captar las aguas que resultan así con un filtrado preliminar.

La captación de las aguas subterráneas se hace a través de pozos o galerías filtrantes.

1.1.3 Tratamiento

El tratamiento del agua para hacerla potable es la parte más delicada del sistema. El tipo de tratamiento es muy variado en función de la calidad del agua bruta. Una planta de tratamiento de agua potable completa generalmente consta de los siguientes componentes:

- Reja para la retención de material grueso, tanto flotante como de arrastre de fondo.
- Desarenador, para retener el material en suspensión de tamaño fino.
- Floculadores, donde se adicionan químicos que facilitan la decantación de sustancias en suspensión coloidal y materiales muy finos en general.
- Decantadores, o sedimentadores que separan una parte importante del material fino.
- Filtros, que terminan de retirar el material en suspensión.
- Dispositivo de desinfección.

1.1.4 Almacenamiento de agua tratada

El almacenamiento del agua tratada tiene la función de compensar las variaciones horarias del consumo, y almacenar un volumen estratégico para situaciones de emergencia, como por ejemplo incendios. Existen dos tipos de tanques para agua tratada:

- Tanques apoyados en el suelo.
- Tanques elevados.

Cada uno dotado de dosificador o hipoclorador para darle el tratamiento y volverla apta para el consumo humano.

Para una eficiente prestación de servicio de agua es indispensable que todas las tuberías del sistema correspondiente, bien sea de conducción, de alimentación, de distribución o domiciliarias, reúnan permanentemente cuatro condiciones fundamentales:

- Ser herméticas, es decir, no presentar aberturas diferentes a las establecidas previamente, que den origen a fugas y/o contaminaciones.

- No tener sus secciones transversales reducidas u obstruidas, ni sus superficies interiores incrustadas o rugosas.
- Disponer de capacidad suficiente para atender las demandas de agua producidas en todo momento por los usuarios.
- Mantener un régimen de presiones dentro de los límites previamente especificados y con el cual se logre, en forma directa, distribuir el agua a las edificaciones normales.

Sin embargo, en la práctica, los sistemas de distribución presentan continuamente fallas pequeñas y grandes que no les permiten cumplir con cabalidad con estos requisitos. Así se ocasionan una serie de problemas tales como:

- Fugas
- Fallas de servicio
- Capacidad reducida de las redes.

Que finalmente se traducen en un mal funcionamiento del sistema, por otra parte, puede decirse que el funcionamiento de los sistemas de distribución depende de dos grupos de magnitudes: el uno es la estructura física que la contribuyen: la capacidad de los tanques de almacenamiento, los diámetros y longitudes de cada tramo, así como las cotas de esos tanques y de los diferentes puntos de intersección o nudos de la red. El otro, lo conforman una serie de valores tales como el de los flujos, que son función de las características locales del estado de tuberías, etc.⁵

1.2 Red de distribución de agua potable

Es un sistema de obras de ingeniería, concatenadas que permiten llevar hasta la vivienda de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural relativamente densa, el agua potable.

Dentro de una red de distribución de agua potable es importante describir factores importantes para el correcto funcionamiento de la misma, estos factores son los siguientes:

⁵ ARBOLEDA, J. Purificación del Agua: Teoría y Práctica, tomo I, 3era. ed. Colombia, 2000. Pp 10-12.

1.2.1 Los Flujos o Caudales

Se denomina flujo o caudal a la cantidad de agua que pasa por la sección de una tubería, en un tiempo determinado. El valor correspondiente puede expresarse simplemente en unidades de volumen, llamándose entonces flujo total. Puede también expresarse en unidades de volumen por unidad de tiempo y entonces se llamará flujo medio en el período considerado. Por ejemplo, si por una sección de un conducto pasan 20000 m³ en seis horas, el flujo total será de 20000 m³ en las seis horas y el flujo medio será de 80.000 m³/día o de 926 L/s, según que se tome como unidad de tiempo el día o el segundo.

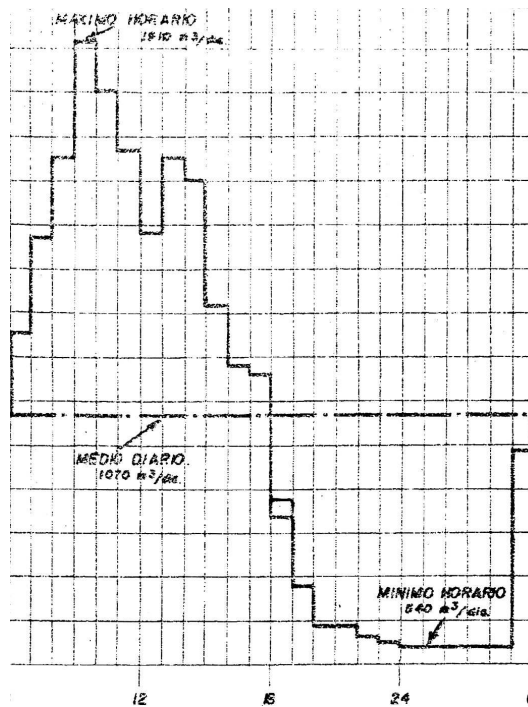
Cuando se hacen observaciones sucesivas de flujos, aparece en los cálculos otra magnitud denominada flujo instantáneo, que en rigor viene a ser para cada momento, la derivada de los flujos con relación al tiempo. En la práctica y de un modo aproximado, puede adoptarse como flujo instantáneo, el flujo medio registrado durante un período relativamente corto de tiempo que se suceda alrededor del momento considerado. Por ejemplo si dentro de las seis horas correspondientes al flujo medio de los 80.000 m³ por día, antes citados, se observa que el flujo total durante cinco minutos, entre las 7:58 y las 8:03 de la mañana, fue de 450 m³, podrá decirse que a las 8 de la mañana, el flujo instantáneo era aproximadamente de:

$$(450: 5) \times 60 \times 24 = 129.600 \text{ m}^3/\text{día}$$

Por otra parte, se acostumbra generalmente a dividir el período básico de observación en lapsos iguales de tiempo y determinar para cada uno el flujo medio correspondiente. En el caso de las redes, se suele tomar el día dividido en horas; entonces se denominan flujos horarios a los flujos medios calculados para cada hora; flujo medio diario, al flujo medio durante las 24 horas y flujos máximo y mínimo horarios, al mayor y menor de los flujos horarios observados.

La figura 1.2.1-1 presenta como ejemplo de esto, un caso cualquiera de flujos. Puede observarse allí que el medio diario es 1070 m³/día, el máximo 1910 m³/ día y el mínimo 540 m³/día. Además, es conveniente que estos valores se expresen en forma de números índices, tomando como base 100 el del flujo medio diario. Así, en el caso ilustrado se dice que el flujo máximo es 1,8 veces (178,5%) mayor que el medio diario y que el mínimo es un 50% de aquel.

Si tanto los flujos horarios como el medio diario se calculan en $\text{m}^3/\text{día}$, el flujo total en m^3 se expresará con las mismas cifras que las del flujo medio diario y éste se calculará sumando los consumos horarios y dividiendo el resultado por 24. En el ejemplo propuesto, el flujo medio diario de $1070 \text{ m}^3/\text{día}$ se obtiene dividiendo por 24 la suma 25630 de los flujos horarios y el flujo total en las 24 horas será también de 1070 m^3 .⁶



Fuente: Optimización de Sistemas, Redes de Distribución. Costa Rica, 1979.

Fig. 1.2.1-1 Flujo máximo y flujo mínimo

1.2.2 El Consumo

Consumo es la cantidad de agua gastada, durante un tiempo determinado, en una localidad, en un sector de ella o en una de sus casas. Implica por consiguiente tres elementos: uno referente al sujeto que gasta el agua; otro que indica el volumen involucrado y el tercero que expresa el tiempo durante el cual se produce el gasto.

Normalmente se consideran como sujetos del consumo a:

- Toda la ciudad
- Un sector de ella

⁶ FARRER, H. Optimización de Sistemas: Redes de Distribución. Costa Rica, 1979. Pp. 30,32-35.

- Un conjunto de casas y se llama entonces consumo domiciliar
- Una casa determinada

El conocimiento de los valores correspondientes a cada uno es de gran utilidad para la planificación, financiación, operación y administración de los servicios de agua.

El volumen se expresa entre nosotros en m^3 o en litros. Lo más común es emplear como unidad el m^3 y decir, por ejemplo, que la ciudad consumió durante el año de 1976 75.000.000 de m^3 o que la casa X consumió en el, mes pasado 85 m^3 .

Como períodos de tiempo se utilizan el año, el mes, la semana, el día y la hora, denominándose, de acuerdo con esto, consumo anual, mensual, semanal, diario y horario, respectivamente.

Lo mismo que los flujos, el consumo de agua es una magnitud esencialmente variable. Sus variaciones se refieren no solamente al sujeto, sino al tiempo.

Esta variabilidad ha obligado a considerar tres aspectos en materia de consumo:

La clasificación en tres tipos:

- Total
- Medio
- Instantáneo

El consumo medio diario (anual, mensual, etc.) incluye la totalidad del agua suministrada en el período correspondiente, bien sea a toda la ciudad o a un sector de ella, según el caso estudiado. Por esta razón puede considerarse integrado por varios consumos parciales, que en general son: el consumo doméstico, el industrial, el comercial, el institucional, el público, los desperdicios y fugas domiciliarias y las fugas en las redes. Los cinco primeros dependen de las costumbres, tendencias y grado de desarrollo de la localidad. En cambio, los dos últimos es posible tratar de eliminarlos reduciéndolos a un mínimo o a un valor óptimo. Pero tanto unos como otros requieren medir, estudiar y justificar las magnitudes del consumo medio diario para adecuar, en el caso de los cinco primeros, la capacidad del sistema a sus necesidades crecientes y para corregir las fallas que dan origen a las fugas y desperdicios, incluidos en los dos últimos.

1.2.3 Consumo horario

Es natural que siendo el consumo de agua una magnitud esencialmente variable, sea necesario considerar cantidades de agua consumidas en tiempos muy cortos, las cuales constituyen en rigor el consumo instantáneo. En la práctica, para los efectos de la operación de los sistemas de agua, es suficiente emplear la hora como período de tiempo más pequeño, originándose así el consumo horario. Sin embargo, la cantidad de agua gastada en una hora, expresada en unidades de volumen por unidad de tiempo (m³ por segundo, litros por segundo, m³ por día, etc.), que correspondería realmente al consumo medio horario, se llama comúnmente consumo horario.

1.2.4 Consumo por habitante

El consumo de agua es una función de la población de cada localidad, considerándose en la práctica que el consumo medio diario anual es directamente proporcional al número de habitantes o sea que:

$$C = q \cdot P \qquad \text{Ec. 1.2.4.1.}$$

Donde, *C* es el consumo medio diario anual; *P* el número de habitantes y *q* el factor de proporcionalidad que se denomina consumo medio diario anual por habitante o simplemente consumo por habitante, por ser igual al valor de *C* cuando *P* = 1.

La población *P* que se considere para efecto de los cálculos puede ser la total de la localidad o el número de habitantes servidos. Son habitantes servidos los que ocupan edificaciones provistas de conexión domiciliar directa, el resto puede considerarse como población beneficiaria. Sí se utiliza el número de habitantes servidos, el factor se denomina consumo por habitante servido sí se emplea la población total, el factor se llama simplemente consumo por habitante.

Cuando se utiliza el número total de habitantes, los datos correspondientes deben tomarse de las estimaciones oficiales para el año que se considere. En cambio, para la población servida, el valor se estima por el número de conexiones multiplicado por una cifra media de habitantes por conexión, que puede ser, por ejemplo, la que den los censos como "habitantes por casa" o mejor, hacer muestreos representativos.

En estas condiciones, parece que es más conveniente, cuando se trata de toda la ciudad, emplear el número total de habitantes y por consiguiente el consumo por habitante. Además, puede introducirse otro índice equivalente al de la población servida, pero más fácil de obtener y que consiste en considerar el consumo medio diario anual como directamente proporcional al número de conexiones existentes, obteniéndose entonces el consumo medio diario anual por conexión o simplemente consumo por conexión.

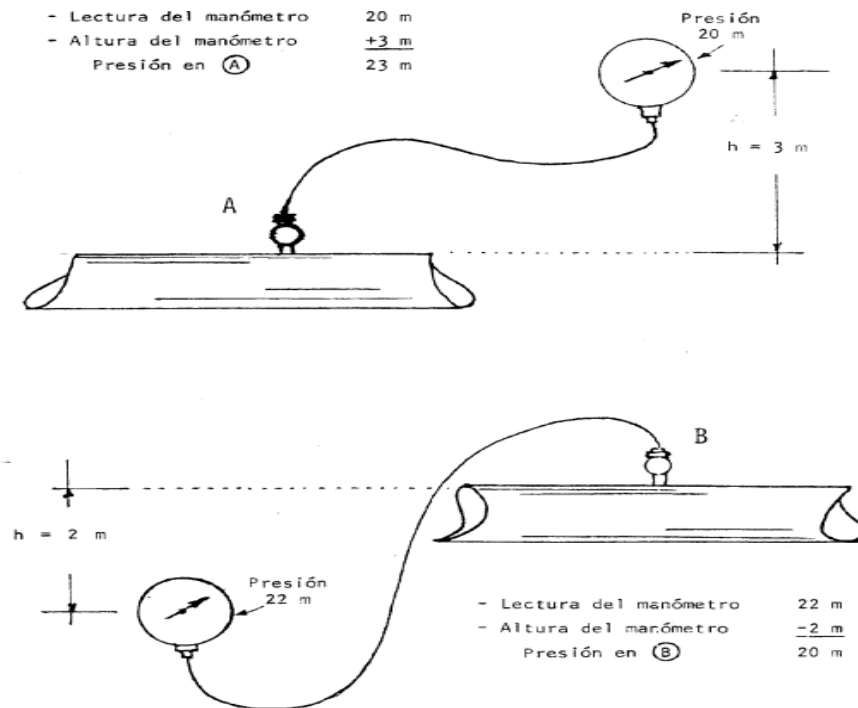
Cuando se trate de sectores de una localidad, es difícil obtener el dato censal y, por tanto, el consumo por conexión resulta ser el más indicado.

Tanto el consumo por habitante como el consumo por conexión son índices de gran interés. Su análisis permite conocer una serie de modalidades en cada localidad y son fundamentales para proyecciones del consumo, estudio de desperdicios, etc.⁷

1.2.5 Presiones

Para la operación de los sistemas de distribución de agua es suficiente considerar que la presión en un punto específico de la red es la magnitud tomada por un manómetro colocado directamente sobre la tubería que pasa por ese punto, más o menos la distancia vertical existente entre la clave de la tubería y el centro del manómetro. Por ejemplo, en la figura 1.2.5-1 la presión en el punto A será de 23 m con una lectura del manómetro igual a 20 m y en el punto B será de 20 m con una lectura del manómetro de 22 m.

⁷FARRER, H. Optimización de Sistemas: Redes de Distribución. Costa Rica, 1979. Pp. 39-42.



Fuente: Optimización de Sistemas, Redes de Distribución. Costa Rica, 1979.

Fig. 1.2.5-1 Lectura del manómetro

Dada la forma como se usan normalmente los valores de la presión en las actividades de operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable, lo más indicado es expresar sus cifras en altura de columna de agua utilizando como unidad para ella el metro.

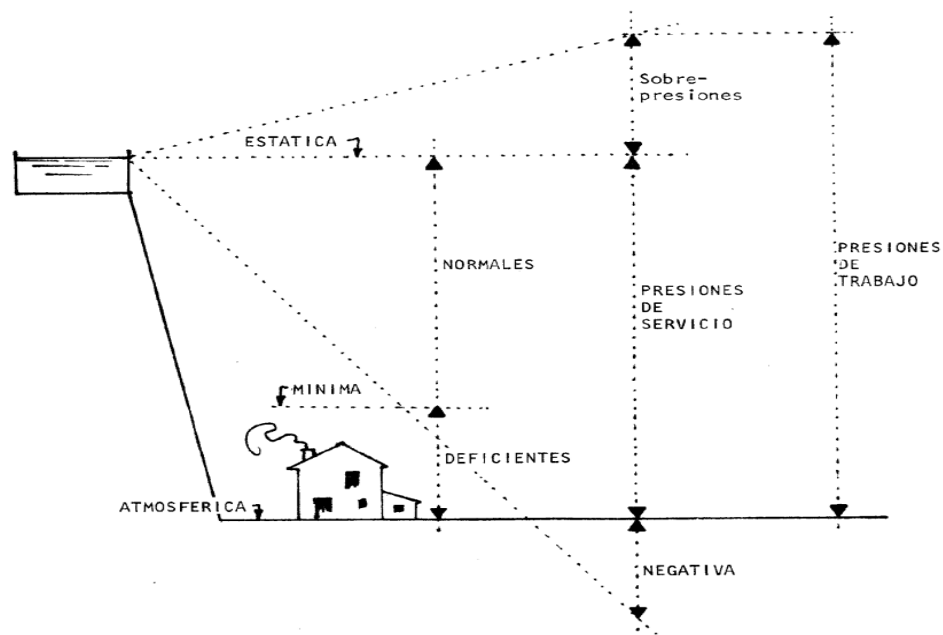
Las magnitudes tomadas por el manómetro pueden representar cuatro situaciones diferentes:

- Presiones "elásticas" que corresponden a los casos en que el agua no circula en la red, estando llenas sus tuberías. Ellas equivalen en columna de agua a la diferencia entre las cotas correspondientes al plano de carga y a la llave del tubo en el punto considerado.
- Presiones "dinámicas" que son las obtenidas cuando el agua está circulando dentro de las tuberías.
- Sobre-presiones, que son la parte de la presión dinámica que excede a la estática cuando ésta es menor que ella.
- Presiones negativas, que son valores de la presión dinámica inferiores a la

presión atmosférica.

1.2.6 Régimen de presiones

El conjunto de valores que adoptan las presiones en los diferentes puntos del sistema de distribución constituye el "régimen de presiones" en él. Los elementos que intervienen en su establecimiento son básicamente dos: las "presiones de servicio" y las "presiones de trabajo". Accidentalmente se presentan, además, las sobre-presiones y las presiones negativas.



Fuente: Optimización de Sistemas, Redes de Distribución. Costa Rica, 1979.
Fig. 1.2.6-1. Régimen de presiones en un sistema de distribución.

1.2.7 Presiones negativas

Las presiones negativas son también de tipo accidental en los sistemas de distribución y, lo mismo que en el caso de las sobrepresiones, deben evitarse en todas las formas.

Los principales casos dan origen a las presiones negativas que son:

- Las tuberías en sifón, cuando la línea de niveles piezométricos corta el perfil de ellas.
- Cuando al desocuparse una tubería la rata de entrada del aire es menor que la de salida del agua.

- Cuando el equipo de bomberos produce una succión sobre la red que hace bajar la presión residual de ella por debajo de la atmosférica.

En el caso de los sifones, se necesita colocar una ventosa que permita la salida del aire cuando la línea se está llenando pero que no lo deje entrar cuando haya una presión negativa. Así no se rompe el sifón y el servicio se mantiene.

Durante la operación de los hidrantes en casos de incendio, cuando las máquinas de los bomberos succionan de la red, es necesario que sobre el hidrante quede una presión residual positiva para evitar la producción de vacíos. Además, conviene que esta presión no sea inferior a 10 m a fin de prevenir, hasta donde sea posible, los problemas que pueden presentarse en las conexiones domiciliarias con los aparatos sanitarios situados a la altura del segundo y tercer pisos. Este aspecto debe estar contemplado en la reglamentación local sobre el uso de hidrantes.

1.2.8 Presiones mínimas de servicio

Para que las presiones de servicio se consideren normales, es indispensable que ellas sean superiores a un valor mínimo capaz de atender dos clases de requerimientos:

- Los de los edificios y domicilios de la población
- Los del servicio contra incendios. Cuando sean inferiores, las presiones serán deficientes porque el sistema no está en condiciones de atender debidamente una de las dos condiciones o ambas.

1.2.9 Servicio para Edificios

La presión necesaria para el abastecimiento de los domicilios en una población es la que permite atender suficientemente la demanda en los orificios más altos de ellos. Su valor dependerá, pues, de:

- La altura de las construcciones
- La magnitud de la demanda instantánea máxima
- Las pérdidas de carga desde la tubería principal hasta los puntos más elevados.

Como la altura de los edificios es variable en toda ciudad, para establecer los valores mínimos de la presión es necesario determinar la predominante a fin de que las

construcciones hasta ese nivel se sirvan directamente y las demás lo hagan por intermedio de un bombeo interior. Esto puede ser en el total de la población o por zonas. En los pequeños núcleos urbanos es suficiente una estimación global. En las grandes ciudades conviene discriminar, por lo menos, sectores comerciales y residenciales. Los desarrollos modernos de vivienda multifamiliar pueden obligar a sectorizar, a su vez, éstos últimos.

La magnitud de la demanda y las pérdidas de carga son función de cada edificación y de los criterios que se adopten para el diseño de su instalación. Por esta razón es conveniente dividir la presión necesaria para el servicio domiciliario en tres alturas:

- La del orificio.
- La correspondiente a la presión mínima sobre el orificio.
- La que se requiere para compensar las pérdidas de carga.

Para estimaciones de tipo general, como son las que se trata de hacer, puede utilizarse como altura del orificio la de 3 m por cada planta de la edificación. La presión mínima sobre él varía según el tipo de aparato, pero es posible aceptar la de 6 m (8 PSI) que es la mínima adoptada por el Uniform Plumbing Code Committee. Las pérdidas de carga en diferentes diseños oscilan alrededor del 20%.

En estas condiciones, para la construcción de una planta se tiene:

Cuadro 1.2.9-1
Condiciones para la construcción de una planta

Altura edificio	3 m
Presión orificio	6 m
Pérdidas de carga	2 m
Total	11 m

Fuente: Optimización de Sistemas, Redes de Distribución. Costa Rica - 1979.

Por otra parte, el problema de las presiones mínimas debe dividirse en dos casos, el de las ciudades y el de las pequeñas localidades. En las primeras es indispensable considerar por lo menos tres sectores:

- Residenciales, en los que predominan construcciones de dos plantas
- Residenciales con alturas medias de cuatro plantas
- Comerciales, en los cuales puede aceptarse hasta seis plantas como promedio.

Los de la primera categoría necesitan presiones mínimas de servicio entre 15 y 20 m. Los segundos, 25 m y los terceros no menos de 35 m.

En pequeñas localidades es suficiente considerar una presión mínima de 10 a 15 m. Las edificaciones que superen estas alturas necesitan bombeo interno. Para corroborar estas cifras, se pueden citar los criterios siguientes:

- Para sectores residenciales aceptan presiones entre 25 y 40 PSI (18 y 28 m) para sectores residenciales con no más de cuatro pisos.
- Thomas R. Camp sostiene que "la experiencia muestra que para zonas residenciales se logra un caudal adecuado si la presión no se reduce por debajo de 35 PSI (25 m)".
- Para sectores comerciales aceptan de 30 a 45 PSI (24 a 31 m), de 60 a 75 PSI (42 a 53 m), Steel dice que presiones inferiores a 50 PSI (35 m) no pueden servir a seis plantas y que las menores de 30 PSI (21 m) no pueden servir cuatro pisos.
- La presión mínima de servicio no debe ser inferior a 20 m.
- De acuerdo con la clasificación que se estableció, los valores mínimos para condiciones normales en las ciudades, cuando no sea necesario zonificar, pueden ser:

Cuadro 1.2.9-2
Presión mínima de servicio y Presión mínima estática

SECTOR	Presión mínima de servicio	Presión mínima Estática
Sector Residencial I	20	25
Sector Residencial II	25	30
Sector Comercial	35	40

Fuente: Optimización de Sistemas, Redes de Distribución. Costa Rica - 1979

Los edificios que sobrepasen las alturas especificadas deben utilizar bombeos interiores.

- En las ciudades, cuando sea necesario zonificar, no es posible, por razones económicas, utilizar en los puntos altos, límites de servicio y líneas divisorias, presiones de servicio mayores de 15 m con estáticas de 20 m. En los puntos bajos de cada zona pueden emplearse los valores normales. Esto implica que los edificios en los sectores altos, que tengan tres pisos y más, deben estar provistos de bombeo individual.
- En ciudades de crecimiento rápido sometidas periódicamente a restricciones del servicio, es indispensable especificar en todas partes bombeos interiores para edificios de más de tres plantas, especialmente en los multifamiliares. La razón de esta medida estriba en que, durante las épocas de racionamiento aumentan las demandas máximas y bajan, por tanto, las presiones de servicio.⁸

1.2.10 Fugas

Clasificación de las fugas

Varías clasificaciones de las fugas se han dado considerando su magnitud expresada en unidades de caudal. La clasificación dada en, en tres categorías, a saber:

- **Categoría 1:** se incluyen dentro de esta categoría las fugas muy pequeñas, por ejemplo, aquéllas que se presentan en las juntas o uniones en tuberías principales o de servicio y que son prácticamente exudaciones goteos. Estas fugas no son detectables por técnicas normales. Más aún, algunas de estas fugas pueden ser visibles como el goteo de una válvula, pero puede ser que no se repare oportunamente.
- **Categoría 2:** se incluyen dentro de esta categoría las fugas pequeñas que en conjunto contribuyen en un alto porcentaje al desperdicio total en un sector de fugas, pero que no son aparentes excepto cuando se lleva a cabo una inspección detallada y algunas veces el uso de técnicas más sofisticadas, tales como medición, sectoro y sondeo con equipos acústicos.
- **Categoría 3:** se incluyen dentro de esta categoría las fugas grandes que se evidencian por varios mecanismos, tales como roturas en el pavimento, agua fluyendo visiblemente, ruido en las casas, baja presión y falta de agua.

⁸ FARRER, H. Optimización de Sistemas: Redes de Distribución. Costa Rica, 1979. Pp. 50-62.

En términos generales, las fugas que se incluyen en la categoría 3 serán reportadas y reparadas independientemente de los programas de detección de fugas.

La categoría 2 contiene algunas fugas que pueden ser localizadas mediante programas de detección de fugas y posteriormente reparadas.

Sin embargo, no parecería económico localizar y reparar algunas fugas de la categoría 2 y aquéllas de categoría 1, que únicamente se localizarían descubriendo las tuberías tanto principales como de servicio.

Las fugas subterráneas en tuberías principales y de servicio o acometidas se dividen en dos grupos:

- a) Aquéllas que afloran en la superficie.
- b) Aquéllas que encuentran una salida hacia algún canal natural subterráneo o una alcantarilla existente.

En las fugas del tipo a), el tiempo que tarda el agua para aflorar en la superficie varía acorde con el material del tubo, tipo de suelo, etc. y puede ser comparativamente corto o extenderse por meses.

Las fugas comprendidas dentro del grupo b) pueden descubrirse luego del transcurso de varios años. Más conveniente la primera clasificación dada, o sea, en tres categorías, esta da una mejor idea de las fugas detectables y no detectables.

Es importante notar que muy a menudo se utilizan como sinónimos los términos fugas y desperdicio, cuando formalmente las fugas son parte del desperdicio.

Donde se producen las fugas

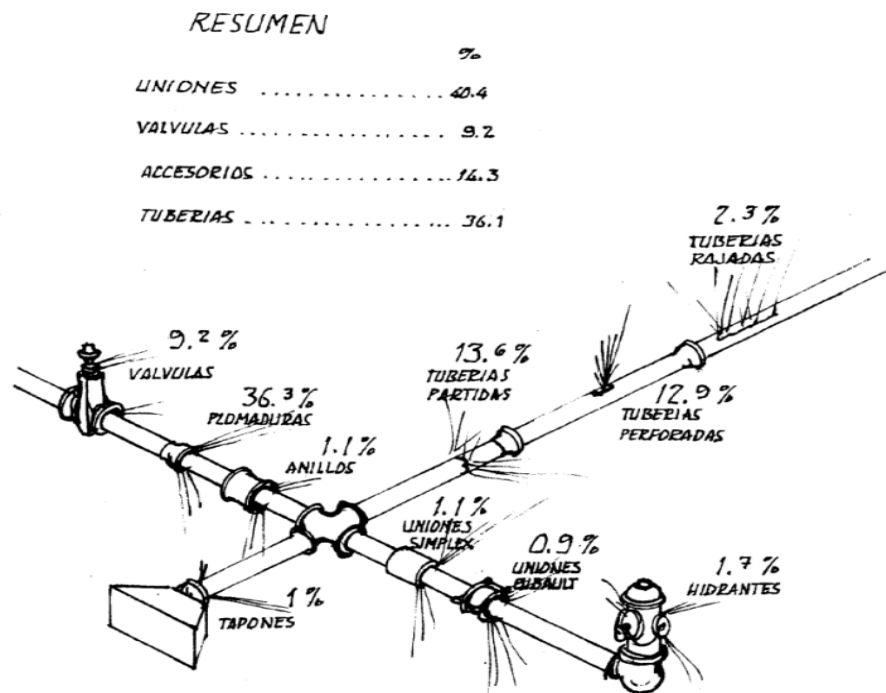
El agua es susceptible de escapar del sistema en cualquiera de sus puntos. Analizando el mismo en el sentido de avance del agua, ésta puede escapar en los tanques de almacenamiento, conducciones y redes, acometidas domiciliarias, y dentro de los domicilios.

- **Fugas en los tanques.-** El agua puede fugarse de los tanques por reventaduras o

rebalses. Aquéllas por reventaduras pueden ser visibles o no. En cualquier caso, cerrando la entrada y la salida y verificando que efectivamente estas válvulas cierren herméticamente, se mide la altura que desciende el agua en determinado tiempo. La altura multiplicada por el tiempo dará el volumen perdido. Las fugas por rebalse, cuando suceden, generalmente son de gran magnitud por lo que merecen especial atención la inspección y el mantenimiento de las válvulas de control del nivel en el tanque, sean boyas o válvulas de altitud.

- **Fugas en las conducciones y tuberías principales.**- Estas fugas se presentan en las juntas o uniones y en el cuerpo del tubo. Las primeras suceden con mayor frecuencia en uniones con plomo que en las automáticas - "push on joint" o mecánicas: también se dan en uniones flexibles, tales como la triplex de asbesto-cemento y otras similares como la gíbault o dresser.

Las segundas corresponden a tuberías perforadas y rajadas por el efecto de la corrosión, esfuerzos concentrados y sobrepresiones.



Fuente: Optimización de Sistemas, Redes de Distribución. Costa Rica, 1979.

Fig. 1.5.2-1 Fallas en las tuberías principales.

- **Fugas en las acometidas o tuberías de servicio:** Estas fugas se presentan

también en las uniones y en el cuerpo del tubo. La figura 2 muestra los daños principales en estas tuberías. Los daños en las acometidas son de menor trascendencia que los daños en las conducciones y en las redes, pero se presentan con una frecuencia mucho mayor. De un análisis estadístico de 20,000 casos de reparaciones realizadas en un Acueducto, el 60% se sucedieron en las acometidas y el 40% en las redes. Si se tiene en cuenta que la longitud de estas es doble de la de aquéllas, puede establecerse que la proporción por kilómetro es elevada en el caso de las acometidas y que, por tanto, la organización necesaria para reparaciones está en gran parte destinada a atender los daños de las acometidas.

- **Fugas dentro de los domicilios:** Dentro de los domicilios las fugas mayores se dan en boyas: por desgaste, mal funcionamiento de las mismas o porque no existen del todo; en válvulas o grifos de servicio, por desgaste o falta de empaques y, con menor frecuencia, por tuberías rotas, expuestas o empotradas en la construcción.

1.2.11 Causas que producen las fugas

1.2.11.1 Alta presión

Es aceptado que un aumento en la presión causará un incremento en el desperdicio y si se considera un orificio fijo en un tubo, la descarga por el mismo aumentará proporcionalmente a la raíz cuadrada de la presión. Aun cuando lo expuesto no es necesariamente cierto para todas las fugas, ya que algunas tienen orificios que varían de tamaño con la presión como un tubo de PVC rajado longitudinalmente, para un sector dado si existe una razón única presión/desperdicio.

La presión en un sistema de distribución tiene tres efectos que deben considerarse:

- Una fuga existente aumentará su magnitud con la presión.
- La incidencia de fugas aumenta con la presión.

1.2.11.2 Corrosión

➤ Corrosión externa

Los problemas asociados con tuberías ferrosas, principales y de servicio, son bien conocidos y el debilitamiento causado por la corrosión las hace más susceptibles a fallas. Bien conocido es el fenómeno de gravitación causado por la disolución del hierro, quedando como resultado del proceso una estructura débil grafitada.

➤ Corrosión interna

El acarreo de aguas corrosivas o agresivas puede causar en ocasiones ataque a las tuberías metálicas, causando debilitamiento y fugas.

1.2.11.3 Efectos del tráfico

Las tuberías antiguas ubicadas bajo superficies no diseñadas para aceptar las cargas impuestas por el tráfico moderno son muy susceptibles a fracturarse, especialmente aquellas con uniones rígidas. Las tuberías de instalación reciente pueden sufrir daños similares si la profundidad y compactación del terreno sobre las mismas no son adecuadas.

1.2.11.4 Mala calidad de materiales y accesorios

La mala calidad de materiales y accesorios redundando en una vida útil corta, reparaciones defectuosas y frecuentes que implican a su vez desperdicios de agua.

En una reparación de un tubo de servicio en una calle asfaltada, los costos de horadación, mano de obra y reposición de la superficie de la calle corresponden aproximadamente al 76% del costo total, siendo el 24% restante el costo de la tubería y accesorios, lo que demuestra que no se justifica adquirir materiales y accesorios de mala calidad.

1.2.11.5 Mala calidad de mano de obra

Mala calidad de mano de obra implica trabajos defectuosos y de mayor duración en la ejecución. Por lo tanto es indispensable el adiestrar al personal en las técnicas de fontanería más adecuadas y al mismo tiempo deberá dotárselo del equipo y herramientas

necesarias.

1.2.11.6 Edad de las tuberías

En general, la corrosión externa e interna se incrementa con el tiempo y por consiguiente conforme más viejas son las tuberías, mayor incidencia de fugas se presenta.

1.2.11.7 Electrolisis

Este fenómeno se presenta en situaciones donde las tuberías metálicas se encuentran en un medio húmedo debido generalmente al nivel del agua freática. En esta, condición el material de las tuberías se deposita en el terreno. La práctica muy común en nuestro medio, de conectar la tierra de aparatos eléctricos como calentadores de agua a la cañería de acero galvanizado acentúa este fenómeno. En ningún caso esta conexión debe permitirse.

1.3 Optimización

En el caso de la optimización de redes de distribución de agua potable se entenderá el término optimización como el conjunto de programas de operación y mantenimiento preventivo y correctivo encaminados a obtener el funcionamiento óptimo del sistema, los mismos que están ligados debiendo ejecutarse en secuencia desde la investigación del problema hasta la puesta en práctica de la propuesta tomando en cuenta cuidadosamente el lugar, tiempo y recursos asignados.

El funcionamiento óptimo del sistema se logra cuando el mismo cumple con su cometido a cabalidad al menor costo y riesgo. El riesgo podemos definirlo como la medida del impacto y consecuencia de una decisión o acción sobre el sistema.

1.3.1 Balance de masa de una Red

El establecimiento del balance del agua en un sistema provee un índice de eficiencia del mismo, por cuanto se obtiene el porcentaje del agua producida que no se vende. Así mismo, el análisis de este balance proporciona como resultado los programas y medidas correctivas que deban adoptarse cuando fueren necesarios.

Las cantidades de agua que intervienen en un sistema de distribución se pueden clasificar en:

- Volumen Almacenado
- Volumen Facturado

Basándose en esta clasificación, es posible establecer un balance entre el volumen almacenado y el volumen facturado, este balance se relaciona con los aspectos de distribución del agua.⁹

$$V_A = V_F + P + A_C$$

$$P = F_V + P_O + P_{CC} + P_E \quad \text{Ec. 1.3.1.1}$$

Donde:

V_A =Volumen Almacenado.

V_F = Volumen Facturado.

P =Pérdidas.

A_C =Acumulación.

F_V =Fugas visibles.

P_O =Gastos operacionales.

P_{CC} =Pérdidas por conexiones clandestinas.

P_E =Pérdidas especiales

1.3.2 Determinación de las Fugas visibles

La fuga visible es aquella que aflora a la superficie del terreno o está sobre la superficie del mismo, pudiendo detectarse visualmente.

Para determinar las fugas visibles dentro de la red es necesario realizar un recorrido en un tramo de la red en un tiempo promedio para de esta manera descubrir el número de fugas en dicho tramo, además se estima que el tiempo desde que la fuga aflora hasta que es reparada es de cinco días, de esta manera se tiene la siguiente ecuación:

$$F_V = \overline{Q_F} \times t \times N_F \quad \text{Ec. 1.3.2.1}$$

Donde:

F_V =Fugas visibles

Q_F =Caudal promedio por fuga.

t = tiempo promedio desde que la fuga aflora hasta que es reparada.

⁹ FARRER, H. Optimización de Redes y Balance de Agua. Costa Rica, 1979. Pp. Pp. 5 -7

N_F =Número de fugas en un mes.

1.3.3 Gasto por consumos operacionales P_o

Se considera gasto por consumos operacionales el agua utilizada para:

- Lavado y desinfección de tanques.
- Distribución por camiones tanques.
- Uso del cuerpo de bomberos.
- Piletas y parques.

Y este tipo de gasto está representado por P_o .

1.3.4 Pérdidas por conexiones clandestinas P_{cc}

La cantidad de conexiones clandestinas puede ser estimada por muestreo, investigándose una parte del sistema de distribución y explotando los resultados para el sistema restante. Hay casos en que existen sectores donde las conexiones clandestinas son conocidas, sin que puedan ser regularizadas debido a implicaciones político – sociales. Una vez conocido el número de conexiones clandestinas, se puede llegar a una estimación de consumo.

Para la determinación de estas pérdidas se puede hacer uso de la siguiente ecuación:

$$P_{cc} = \frac{V_A}{N_C} \times N_{CC} \quad \text{Ec. 1.3.4.1}$$

Donde:

P_{cc} = Pérdidas por conexiones clandestinas.

V_A = Volumen almacenado en los tanques.

N_C = Número de conexiones legales.

N_{CC} = Número de conexiones clandestinas.

1.3.5 Pérdidas por consumos especiales (Rebosamiento)

Son las pérdidas de agua que ocurre por los rebosaderos de los tanques de almacenamiento de agua y demás instalaciones del sistema de abastecimiento, lo cual es causado por fallas de operación de los dispositivos de control. Y se representan por P_E ¹⁰

¹⁰ R.J. Rago. Distribution system design criteria and leak detection at East Bay Municipal Utility District. Oakland, California,

CAPÍTULO II
PARTE EXPERIMENTAL

2 Parte experimental

2.1 Muestreo

2.1.1 Localización de la investigación

La presente investigación se desarrolló en la red N° 2 del sistema de distribución de agua potable de la ciudad de Riobamba ubicada en la provincia de Chimborazo, esta red comprende los barrios que se encuentran localizados de norte a sur desde la Avenida la Prensa hasta la calle Morona, en el sector occidental hasta la Avenida Circunvalación y por el sector Oriental hasta la calle Veloz, avenida Circunvalación y salida a Guano, dando un total de 39 barrios que son abastecidos por esta red.

2.1.2 Método de recolección de la información

Todos los datos recolectados se los registrara en cuadros diferentes para cada zona de muestreo a fin de que permita realizar un método de análisis comparativo entre cada uno de estos para así determinar la condición en la que se encuentra la red.

2.1.3 Procedimiento para la recolección de la información

Tabla 2.1.3-1

Plan de muestreo para análisis de muestras

Lugar de muestreo	Número de muestras analizar	Días de muestreo	Puntos de muestreo	Total de muestras semanales
Zona 1	1	3	5	15
Zona 2	1	3	5	15
Zona 3	1	3	5	15
Zona 4	1	3	4	12

Dentro de los procedimientos de recolección de la investigación se realizará el estudio de la información secundaria existente del tema, entrevistas con personajes claves, e implementación de encuestas.

2.1.4 Plan de tabulación y análisis

Todos los datos recolectados se los registrara en cuadros diferentes para cada zona de muestreo a fin de que permita realizar un análisis comparativo entre cada uno de estos a fin de determinar la condición en la que se encuentra la red

2.2 Metodología

2.2.1 Metodología de trabajo

Se trabajo con cinco muestras diarias de agua captada a lo largo de la red N° 2 a estas muestras se dio el código R2. Las muestras fueron trasladadas el mismo día al Laboratorio de ANÁLISIS TÉCNICOS ubicado en la Facultad de Ciencias en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, luego se realizó el análisis físico – químico de las aguas previamente en el lugar de muestreo se hizo la medición de caudal y presión para verificar las condiciones de operación de la tubería.

Para facilidad de muestreo a la red N° 2 se la dividió en cuatro zonas tomando como eje de referencia de norte a sur la intersección de la Av. Daniel León Borja con la Av. De la Prensa, su extensión la calle 10 de Agosto hasta la intersección con la calle Morona y de este a oeste la Calle Carabobo desde su intersección con la Av. 9 de Octubre hasta la unión con la Calle Sucre. De esta manera la delimitación de las zonas es la siguiente:

- a. ZONA 1: Al norte desde la Av. De la prensa, al sur la calle Carabobo, al este por la Av. Daniel León Borja y al oeste Av. 9 de Octubre.
- b. ZONA 2: Al norte desde la intersección entre las Av. De la prensa y Av. Daniel León Borja; al sur desde la intersección entre las calles 10 de Agosto y Carabobo; al este la Av. Veloz, Circunvalación y salida a Guano; al oeste la Av. De la Prensa.
- c. ZONA 3: Al norte la calle Carabobo; al sur la calle Morona; Al este la calle 10 de Agosto y al oeste la Av. 9 de Octubre.
- d. ZONA 4: Al norte la calle Carabobo; al sur la calle Morona; al este Av. Veloz, Circunvalación y salida a Guano; al oeste la calle 10 de Agosto.

Esta división se planteó con el fin de poder muestrear la red en toda su ramificación procurando a la vez el tener un número equivalente de usuarios al momento de la toma de muestras.

2.2.2 Tratamientos de muestras

Se trabajo con muestras diarias a las que se realizó la caracterización físico – química del agua, esta caracterización está dada por 17 parámetros: temperatura, pH, color, turbiedad, conductividad, sólidos totales, alcalinidad total, dureza, calcio, hierro, cloruros, sulfatos, amonios, nitritos, nitratos. Además se realizo el análisis microbiológico utilizando el kit coliscan gel (Método rápido para la determinación de coliformes totales y coliformes fecales).Para la optimización de la red N° 2 del sistema agua potable de la ciudad de Riobamba se tomo en cuenta otros parámetros de suma importancia para la realización de esta Tesis, estos parámetros son Presión y caudal, de igual manera se efectuaron mediciones in situ de parámetros como Cloro residual, conductividad, salinidad, sólidos totales, temperatura.

2.2.3 Equipos, materiales y reactivos

Equipos	Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • pHmetro • Conductímetro Dridge Model 31 • Fotómetro. • Turbidímetro Hatch Ratio/XR • Potenciómetro Orion Research Model 30 • Equipo de reflujo • Baño María • Insufador de aire • Balanza analítica BOECO • Reverbero 	<ul style="list-style-type: none"> • Pipetas volumétricas 1, 5, 10 mL. • Buretas de 10, 25, 50 mL. • Probetas 10, 25, 50 mL. • Espátulas. • Balones aforados 50, 100, 250 mL. • Vasos de precipitación 100, 250, 500 mL. • Matraz erlenmeyer. • Buretas. • Embudo. • Papel filtro. • Desecador. • Pipeta volumétrica • Cápsula de porcelana • Estufa. • Desecador. • Balanza Analítica. • Pinza de crisol. • Erlenmeyer. • Bureta. • Pipeta. • Espectrofotómetro • Balones de 100 mL • Pipetas. • Botellas de vidrio con tapón 	<ul style="list-style-type: none"> • Solución valorada de dicromato de potasio 0,25 Normal • Solución valorada de sulfato ferroso amoniacal 0,25 Normal • Indicador de ferroina. • Solución de cloruro férrico. • Sulfato de magnesio. • Cloruro de calcio. • Sulfato manganoso • Solución de ácido sódica. • Ácido sulfúrico concentrado. • Tío sulfato de sodio • Ácido sulfúrico (0,05 Normal) • Fenolftaleína. • Naranja de metilo. • Solución patrón de fosfato ácido de sodio. • Solución de amonio molibdato. • Solución de cloruro estannoso. • Solución de Na (OH) 6 Normal. • Solución de Cloruro de Aluminio.

Fuente: Carlos J. Romero

2.2.4 Métodos y técnicas

2.2.4.1 Métodos

Los análisis se realizarán mediante espectrofotometría de UV visible, para metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica; para acidez, cloruros, calcio, alcalinidad, dureza por volumétrica; para sulfatos, fosfatos, nitritos, nitratos, hierro por espectrofotometría de UV visible; para turbiedad por nefelometría; para olor por umbral del olor.

Los métodos que se utilizarán están adaptados al manual "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales).

TABLA 2.2.4.1-1

Descripción de método de análisis

DETERMINACIÓN	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
RECOLECCIÓN DE MUESTRAS		Recoger muestras de agua potable en los lugares previamente determinados, en un volumen aproximado a 1000 mL.
TURBIEDAD	Nefelométrico	Utilizar el Turbidímetro para el análisis.
COLOR	Comparativo	Observación a través del comparador de color.
pH	Electrométrico	En este ensayo se hace uso del electrodo de cristal
ALCALINIDAD	Volumétrico	25 mL de muestra + 2 gotas de Fenolftaleína (rosado) titular con H ₂ SO ₄ hasta incoloro (pH = 6,1) + 3 gotas de Naranja de Metilo titular con H ₂ SO ₄ de naranja / rosado (pH = 8)
DUREZA	Volumétrico	25 mL de muestra + 1 mL de KCN + 2 mL de buffer pH 10 + indicador Negro de Eriocromo T (Eriochromschwarz) Titular con EDTA (0,02M) de rojo / azul.
CONDUCTIVIDAD	Electrométrico	Tomar el dato luego de la lectura con el conductímetro.
CLORUROS	Volumétrico	25 mL de muestra + 4 gotas de K ₂ CrO ₇ Titular con AgNO ₃ (0.01N) de amarillo / ladrillo.
CALCIO	Volumétrico	25 mL de muestra + 1 mL de KCN + 1 mL de NaOH (1N) + indicador Murexida, Titular con EDTA (0,02M) de rosado / lila
AMONIOS	Espectrofotométrico	En un balón de 50 mL, colocamos 25 mL de muestra + 1 mL de NaK tartrato + 2 mL de sol. Nessler (color amarillo), se afora con la muestra, medir en el fotómetro a 425 nm

Descripción de método de análisis

DETERMINACIÓN	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
FOSFATOS	Espectrofotométrico	En un balón de 100 mL, colocamos 50 mL de muestra + 4 Amonio molibdato + 0,5 de Cloruro estannoso (glicerina), cambia a color azul, aforar con la muestra, medir en el fotómetro a 650 nm
SULFATOS	Espectrofotométrico	En un balón de 100 mL, colocamos una porción de muestra + 2 mL de solución acondicionadora + aproximadamente 1 g de BaCl ₂ , aforar con la muestra, medir en el fotómetro a 410 nm
HIERRO	Espectrofotométrico	En un erlenmeyer de 125 mL colocamos 50 mL de muestra + 1 mL de Cloruro de hidroxil-amina + 2 mL de Acido clorhídrico concentrado y someter a reducción hasta un volumen de 15 a 20 mL aproximadamente y dejar enfriar Una vez frío añadir 8 mL de buffer pH 5.5 + 2 ml de solución fenantrolina y agregar 50 mL de la misma muestra, dejar descansar por 15 minutos, medir en el fotómetro a 510 nm
NITRITOS	Espectrofotométrico	En un balón de 50 mL, colocar 25 mL de muestra + 2 mL de solución A + 2 mL de reactivo B, aforar con la misma muestra, dejar reposar durante 30 minutos, medir en el fotómetro a 520 nm
SÓLIDOS TOTALES	Gravimétrico	Pesar una caja petri, colocar 25 mL de muestra en la caja, someter a baño María hasta sequedad, introducirla en la estufa, colocarla en el desecador por aproximadamente 15 minutos y pesarla
CONTAMINACIÓN (Coliformes totales)	Sembrado	Luego de esterilizar el equipo microbiológico de filtración por membranas, se siembra y se toma la lectura a las 24 horas, se realiza el conteo de las colonias si las hubiere.
CAUDAL	Practico	Se recolecto una cantidad del líquido y a la vez se midió el tiempo en el cual se captó la muestra. Dividir el volumen para el tiempo.
PRESIÓN	Practico	Se toma el dato registrado por el manómetro.

Fuente: Carlos J. Romero

2.2.4.2 Técnicas

Potencial de hidrógeno pH

TABLA 2.2.4.2 – 1

STANDARD METHODS 4500-HB

Concepto	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
El pH es el parámetro que nos indica la alcalinidad o acidez del agua, en un escala numérica de 1 a 14. Si el agua es ácida el pH es menor a 7, si es básica mayor a 7, si es igual a 7 es neutro.	<ul style="list-style-type: none">• pHmetro digital.• Un vaso de precipitación de 250 mL.	<ul style="list-style-type: none">• Soluciones buffer pH 4 y pH 7 y pH 10	<ul style="list-style-type: none">• Verificar que el pHmetro este calibrado utilizando las soluciones buffer (el siguiente orden 4,7 y 10 de pH) estas que se encargan de realizar pequeños cambios de su potencial de estado y mantener a este.• Colar el electrodo dentro del vaso.• Leer directamente el valor en el equipo.	Lectura directa

*STANDARD METHODS 2550 Edición 17.

Conductividad

TABLA 2.2.4.2 – 2
STANDARD METHODS 2510-B

Concepto	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Es la capacidad de una solución para transportar corriente eléctrica, depende de la presencia de iones y su concentración total, de su movilidad valencia y sus concentraciones relativas así como de la temperatura	<ul style="list-style-type: none">• Conductímetro• Vaso de precipitado de 250 mL		<ul style="list-style-type: none">• Colocar la muestra problema en un vaso de precipitación y vertimos en el recipiente que trae el conductímetro.• Tomar la lectura en el conductímetro el cual trae tres diferentes escalas (0-1, 0-10, 0-1000) micro ohms *cm, la misma que tenemos que regular de acuerdo a la escala que se requiera.	Lectura directa

*STANDARD METHODS 2550 Edición 17.

Turbidez

TABLA 2.2.4.2 – 3
MÉTODO HACH* 46500-88

Concepto	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>La turbidez mide la intensidad de color en el agua que se obtiene en la captación de agua cruda y luego de la filtración (agua tratada), este equipo identifica toda impureza finamente dividida, cualquiera que sea su naturaleza, que pueda ser suspendida. Estas impurezas pueden ser de origen inorgánicas tales como las arcillas, limos, carbonatos de calcio, sílice, hidróxido férrico, azufre, etc. O pueden ser de naturaleza orgánica tales como materia vegetal finamente dividida, aceites, grasas, microorganismos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2100P Turbidímetro HACH Chemical Company • Celda • Pizeta 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua Problema 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar en la celda el agua recolectada en el tanque de recepción. Y agua tomada luego del proceso de filtración • Colocar la celda en el turbidímetro. • Leer directamente el valor según la escala deseada (0-1, 0-10, 0-100 NTU). 	<p>Lectura directa</p>

*HACH MODEL 2100P TURBIDIMETER

Alcalinidad total

TABLA 2.2.4.2 – 4
STANDARD METHODS 4500HB

Concepto	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
La alcalinidad del agua es la capacidad para neutralizar los ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables, el valor medido puede variar significativamente con el pH. Depende del contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos por los que se puede tomar como una medida directa de la concentración de estos.	<ul style="list-style-type: none">• Probeta de 50 mL• Pipeta de 1 mL• Vaso de precipitados de 250 mL	<ul style="list-style-type: none">• Muestra problema.• Anaranjado de metilo• Fenolftaleína• Ácido sulfúrico 0,02N	<ul style="list-style-type: none">• Tomar 25 mL de muestra• Agregar 2 gotas de Fenolftaleína si cambia a color rosado titular con H₂SO₄ hasta incoloro.• Si no cambia de color añadir 3 gotas de Naranja de Metilo titular con H₂SO₄ de naranja / rosado• Leer el valor de titulación.	mL valorados por 20

*STANDARD METHODS 2550 Edición 17.

Dureza

TABLA 2.2.4.2 – 5
STANDARD METHODS* 2340-C

Concepto	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>La dureza total mide la capacidad del agua para consumir jabón. Las aguas duras son usualmente menos corrosivas que las blandas. Contienen sales de calcio y magnesio que están disueltos generalmente en forma de carbonatos que por calentamiento pueden formar bicarbonatos que son la causa de incrustación en los sistemas de transporte de agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Probeta de 100 mL. • Pipeta de 1 mL. • Vaso de precipitación de 250 mL. 	<ul style="list-style-type: none"> • Muestra problema • Cianuro de potasio KCN. • Buffer de dureza • Negro de Eriocromo T • Solución de EDTA 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar 25 mL de muestra • Añadir 1 mL de KCN • Anadir 2 mL de buffer pH 10 • Añadir indicador Negro de Eriocromo T. • Titular con EDTA (0.02M) de rojo / azul. 	<p>mL valorados por 20</p>

*STANDARD METHODS 2550 Edition 17.

Color

TABLA 2.2.4.2 – 6
MÉTODO HACH*

Concepto	Materiales	Procedimiento
<p>El color es causado por la presencia de sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. El color producido por sólidos suspendidos se denomina Color Aparente. Mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denominan color verdadero.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Colorímetro HACH• Vaso de precipitado de 250mL	<ul style="list-style-type: none">• Tomar la muestra en un vaso de precipitación y colocar en la celda.• Colocar la rueda colorimétrica de aguas crudas y leer comparativamente.• De la misma manera colocar la rueda colorimétrica para aguas limpias y leer comparativamente.• Anotar la lectura directamente.

* HACH MODEL DR/4000V

Sólidos totales disueltos

TABLA 2.2.4.2 – 7

STANDARD METHODS 2540-B

Concepto	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Los sólidos totales es la cantidad de materia disuelta en un volumen de agua. Se puede calcular tomando la suma de las concentraciones de todos los cationes y aniones indicados en la parte del análisis del agua o puede también ser medida evaporando una muestra de agua para secarla y posteriormente pesar sus residuos.	<ul style="list-style-type: none">• Caja petri• Pipeta 25 mL.• Baño maría.	<ul style="list-style-type: none">• Agua	<ul style="list-style-type: none">• Pesar una caja petri• Colocar 25 mL de muestra en la caja• Someter a baño María hasta sequedad• Introducirla en la estufa• Colocarla en el desecador• Pesar	Diferencia de pesos.

* STANDARD METHODS Edition 17.

Hierro

TABLA 2.2.4.2 – 8

STANDARD METHODS 3500-Fe –D

Concepto	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Es un constituyente inorgánico que está presente en las aguas de formación por lo tanto en los lodos provenientes de estas. El óxido de tubos de hierro o acero, también pueden aumentar la concentración de materiales disueltos, así como la cantidad total de hierro.	<ul style="list-style-type: none"> • Erlenmeyer de 125 mL • Pipeta de 1mL • Piceta 	<ul style="list-style-type: none"> • Cloruro de hidroxil-amina • Acido clorhídrico conc. • Fenantrolina • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar 50 mL de muestra en un erlenmeyer • Añadir 1 mL de Cloruro de hidroxil-amina • Añadir 2 mL de Acido clorhídrico • Someter a reducción hasta un volumen de 15 a 20 mL • Dejar enfriar. • Añadir 8 mL de buffer pH 5.5 • Añadir 2 mL de solución fenantrolina • Agregar 50 mL de la misma muestra • Dejar descansar por 15 minutos, medir en el fotómetro a 510 nm 	Lectura del espectrofotómetro.

* STANDARD METHODS 2550 edición 17

Cloruros

TABLA 2.2.4.2 – 9

STANDARD METHODS 4500-Cl- C

Concepto	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>El cloruro en la forma de iones Cl⁻, es uno de los principales aniones presentes en el lodo. Los mismos que pueden encontrarse en altas concentraciones esto depende de la formación de la que procede.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bureta • Erlenmeyer de 100 mL • Probeta de 100 mL • Pipeta de 1 mL • Vaso de precipitado de 250 mL • Piceta 	<ul style="list-style-type: none"> • Dicromato de Potasio. • Nitrato de plata 0,01 N. • Agua destilada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar 25mL de la muestra en un Erlenmeyer. • Agregar unas gotas de indicador de dicromato de potasio, el cual nos dará una coloración amarilla • Titular con nitrato de plata hasta cambio de color. 	<p>Dígitos * 0.5 * factor de Dilución</p>

*STANDARD METHODS 2550 edición 17

Nitritos y Nitratos

TABLA 2.2.4.2 – 10

MÉTODO HACH

Concepto	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de unos pocos miligramos por litro. En muchas aguas subterráneas, se ha observado un incremento de los niveles de nitratos debido a la intensificación de las prácticas agrícolas y ganaderas. Las concentraciones pueden alcanzar varios cientos de miligramos por litro.	<ul style="list-style-type: none"> • HACH 2004 • Pipeta de 1 mL • Vaso de precipitado de 250 mL 	<ul style="list-style-type: none"> • Reactivo NitriVer. • Reactivo NitraVer 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10mL de muestra de agua cruda con el reactivo NitriVer en la celda del HACH 2004. • Colocar la celda en el HACH 2004 • Leer el valor directamente. 	Leer el valor directamente.

* HACH MODEL DR/4000V

Calcio

TABLA 2.2.4.2 – 12

STANDARD METHODS 3500-Ca –D

Concepto	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
-----------------	-------------------	------------------	----------------------	-----------------

<p>El calcio es el 5° elemento en orden de abundancia en la corteza terrestre, su presencia en las aguas naturales se debe a su paso sobre depósitos de piedra caliza, yeso y dolomita. La cantidad de calcio puede variar desde cero hasta varios cientos de mg/l, dependiendo de la fuente y del tratamiento del agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bureta • Pipeta de 1 mL • Vaso de precipitado de 250 mL • Erlenmeyer 	<ul style="list-style-type: none"> • Cianuro de potasio • Hidróxido de sodio 1N • Murexida • EDTA 0,02M 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar 25 mL de muestra • Añadir 1 mL de KCN • Añadir 1 mL de NaOH (1N) • Añadir 1g de indicador Murexida • Titular con EDTA (0.02M) 	<p>Multiplicar por el factor correspondiente.</p>
--	---	---	---	---

* STANDARD METHODS 2550 edition 17

Sulfatos

TABLA 2.2.4.2 – 13

STANDARD METHODS 4500-SO₄²⁻-E

Concepto	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>Si el sulfato en el agua supera los 250 mg/l, un sabor amargo o medicinal puede hacer que sea desagradable beber esa agua.</p> <p>Los altos niveles de sulfato pueden también corroer tuberías, particularmente las de cobre. En áreas con altos niveles de sulfato, normalmente se utilizan materiales más resistentes a la corrosión para las tuberías, tales como tubos de plástico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bureta • Pipeta de 1 mL • Vaso de precipitado de 250 mL • Erlenmeyer • Espectrofotómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Solución sulfatos • Cloruro de bario 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar una porción de muestra en un balón de 100 mL • Añadir 2 mL de solución acondicionadora • Añadir 1g de BaCl₂ • Aforar con la muestra • Medir en el fotómetro a 410 nm 	<p>Multiplicar por el factor correspondiente.</p>

* STANDARD METHODS 2550 edición 17

2.3 Datos experimentales

2.3.1 Determinación del estado actual de la red

La red N° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba se abastece actualmente de los tanques reservorios ubicados en el sector de la Saboya, el agua de estos tanque es subterránea por lo cual tiene una alta dureza y una gran cantidad de minerales, el único tratamiento que se da al agua al momento de almacenarla es la cloración.

Para determinar el estado actual de la red se realizó el análisis físico – químico y microbiológico del agua proveniente de la red N° 2 de distribución.

Los análisis de temperatura, turbiedad, pH, conductividad, salinidad, cloro residual, sólidos totales, presión y caudal se realizaron in situ en la red N° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba, los demás parámetros se determinaron en el laboratorio de Análisis Técnicos en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.3.1.1 Red N° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba

Es la red más extensa tiene una extensión total de 566 hectáreas, se abastece de la reserva de la Saboya, depósito que posee cuatro tanques de reserva. Esta red comprende 39 barrios que se encuentran localizados de norte a sur desde la Avenida la Prensa hasta la calle Morona, en el sector occidental hasta la Avenida Circunvalación y por el sector Oriental hasta la calle Veloz, avenida Circunvalación y salida a Guano es decir abastece a la zona central de la ciudad de Riobamba.

2.3.1.2 Tanques de reserva

Los tanques de reserva están ubicados en el sector de la Saboya, recibiendo el nombre de este sitio, existen 4 tanques, 3 de 1000 m³ y uno de 2000 m³, brindando el servicio de distribución a 10.535 usuarios en los siguientes horarios:¹¹

05h30- 08h30

12h00- 14h30

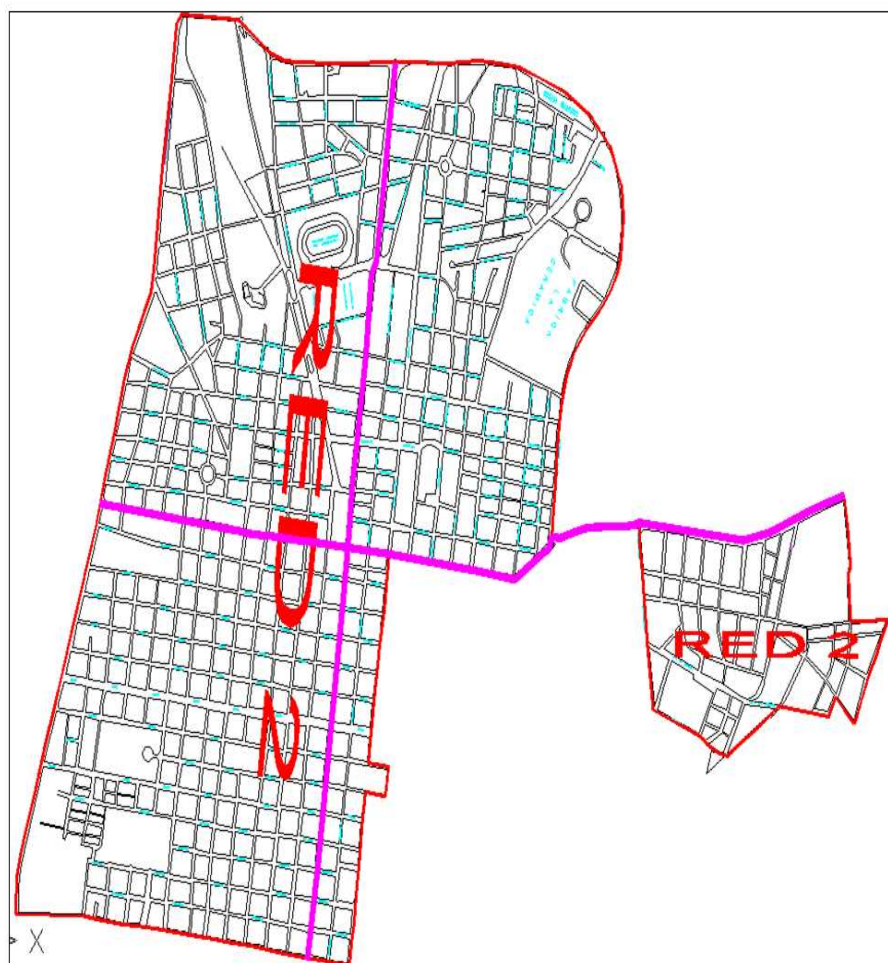
18h00- 21h00

¹¹YÉPEZ, O. ESCANDÓN, S. Problemática de la Gestión del Agua en el Cantón Riobamba. 2006, Pp. 5,6

2.3.2 Datos

2.3.2.1 Caracterización del agua potable.

Las muestras de agua fueron tomadas a lo largo de la red de. Los análisis de temperatura, turbiedad, pH, conductividad, salinidad, cloro residual, sólidos totales, presión y caudal se realizaron in situ y los demás parámetros en laboratorio. Al analizar los datos se trabajo con el promedio de todas las muestras tratadas, es decir 5 muestras tomadas en cada día de muestreo, 3 días de muestreo a la semana esto durante 2 meses de trabajo de campo, da como resultado 120 muestras analizadas por cada zona.



Fuente: Carlos J. Romero

Fig. 2.3.2-1 Zonificación de la Red N° 2 para realizar el muestreo

Tabla 2.3.2.1-1

Caracterización Físico- Química del agua potable proveniente de la Zona 1 de la Red N° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba. Datos obtenidos como promedio de 120 muestras recolectadas.

	12 de octubre y Lavalle	Chile y Uruguay	Autachi y la 44	Daniel L. Borja y Carlos Zambrano	Lavalle y Daniel L. Borja	ZONA 1
pH	7,18	7,12	7,03	7,15	7,05	7,11
Conductividad	325	358,33	337,5	342,84	337,73	340,28
Turbiedad	0,53	0,4	0,9	0,52	0,72	0,61
Cloruros	43,75	46,1	37,6	44,43	40,50	42,48
Dureza	282,67	282	290,67	283,55	286,67	285,11
Calcio	88	84,8	100	86,84	95,00	90,93
Magnesio	10,05	19,12	7,78	14,59	10,08	12,32
Alcalinidad	290	283,33	307,5	288,26	298,95	293,61
Bicarbonatos	295,8	289	313,65	293,38	305,59	299,48
Sulfatos	34,93	30,97	34,07	32,85	33,76	33,32
Amonios	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
Nitritos	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Nitratos	0,09	0,09	0,05	0,09	0,07	0,08
Hierro	0,08	0,07	0,14	0,08	0,11	0,10
Fosfatos	0,2	0,15	0,07	0,16	0,14	0,14
Sólidos Totales	503,33	503,33	479	503,25	486,68	495,12
Sólidos Disueltos	200,47	201,5	209,25	202,64	204,86	203,74
Cloro residual	0,5	0,27	0,25	0,4	0,3	0,34
Presión	11,67	12,5	13,75	12,15	13,12	12,64
Caudal	0,12	0,14	0,15	0,13	0,14	0,14

Fuente: Carlos J. Romero

Tabla 2.3.2.1-2

Caracterización Físico- Química del agua potable proveniente de la Zona 2 de la Red N° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba. Datos obtenidos como promedio de 120 muestras recolectadas.

	Veloz y la 44	Junín y Arrayanes	Orozco y Francia	Junín y Carabobo	Uruguay y New York	ZONA 2
pH	7,18	7,18	7,2	7,25	7,20	7,20
Conductividad	368,75	315	360	355	349,68	349,69
Turbiedad	0,78	0,38	0,57	0,67	0,62	0,60
Cloruros	38,33	56,73	31,21	39,26	41,38	41,38
Dureza	470	310	397,33	453,33	407,68	407,67
Calcio	85,6	66,4	82,13	100,27	83,58	83,60
Magnesio	62,21	34,99	46,66	49,25	48,28	48,28
Alcalinidad	255	262,5	298,33	296,67	278,14	278,13
Bicarbonatos	260,1	267,75	304,3	302,6	283,68	283,69
Sulfatos	38,83	63,55	35,75	38,41	44,14	44,14
Amonios	0,05	0,01	0,02	0,04	0,03	0,03
Nitritos	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
Nitratos	1,16	0,14	0,84	0,73	0,73	0,72
Hierro	0,1	0,1	0,07	0,09	0,08	0,09
Fosfatos	0,07	0,15	0,09	0,08	0,09	0,10
Sólidos Totales	876	295	982,67	534	671,91	671,92
Sólidos Disueltos	230,18	195,25	224,03	220,1	217,40	217,39
Cloro residual	0,4	0,3	0,47	0,57	0,435	0,44
Presión	27,5	11,25	16,67	21,67	19,25	19,27
Caudal	0,34	0,12	0,2	0,23	0,19	0,22

Fuente: Carlos J. Romero

Tabla 2.3.2.1-3

Caracterización Físico- Química del agua potable proveniente de la Zona 3 de la Red N° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba. Datos obtenidos como promedio de 120 muestras recolectadas.

	Chile y España	Colón y Boyacá	Villarroel y Benalcázar	1 era constituyente y Morona	Guayaquil y Espejo	ZONA 3
pH	7,15	7,2	7,23	7,18	7,20	7,19
Conductividad	342,5	335	350	340,25	344,75	342,50
Turbiedad	0,68	0,78	0,7	0,69	0,74	0,72
Cloruros	31,93	37,26	39,73	35,33	37,28	36,31
Dureza	392	404	292	411,00	314,35	362,67
Calcio	85,6	81,6	87,2	86,20	83,40	84,80
Magnesio	43,26	48,6	22,85	43,10	33,40	38,24
Alcalinidad	305	285	297,5	301,25	290,41	295,83
Bicarbonatos	311,1	290,7	303,45	307,28	296,20	301,75
Sulfatos	33,5	31,05	32,2	32,85	31,63	32,25
Amonios	0,05	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03
Nitritos	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nitratos	0,57	1,11	0,09	0,50	0,66	0,59
Hierro	0,07	0,08	0,11	0,09	0,10	0,09
Fosfatos	0,12	0,08	0,09	0,11	0,09	0,10
Sólidos Totales	608	441	451	540,00	460,00	500,00
Sólidos Disueltos	212,35	207,7	213,95	212,90	209,76	211,33
Cloro residual	0,55	0,2	0,2	0,2	0,45	0,32
Presión	17,5	15	15	15,4	16,25	15,83
Caudal	0,23	0,17	0,17	0,17	0,2	0,19

Fuente: Carlos J. Romero

Tabla 2.3.2.1-4

Caracterización Físico- Química del agua potable proveniente de la Zona 4 de la Red N° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba. Datos obtenidos como promedio de 120 muestras recolectadas.

	Coop. 21 de abril	Unach	Coop. 21 de abril	Unach	ZONA 4
pH	7	7,1	7,2	7	7,08
Conductividad	300	310	330	300	310
Turbiedad	0,5	0,6	0,5	0,6	0,55
Cloruros	56,7	49,6	42,6	42,6	47,88
Dureza	296	280	296	296	292
Calcio	60,8	64	73,6	73,6	68
Magnesio	34,99	29,16	27,22	27,22	29,65
Alcalinidad	360	350	340	350	350
Bicarbonatos	367,2	357	346,8	357	357
Sulfatos	66,66	65,78	67,1	70,4	67,49
Amonios	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Nitritos	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
Nitratos	0,13	0,12	0,13	0,12	0,13
Hierro	0,06	0,08	0,1	0,09	0,08
Fosfatos	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14
Sólidos Totales	228	188	188	200	201
Sólidos Disueltos	186	192	205	186	192,25
Cloro residual	0,4	0,2	0	0,6	0,30
Presión	10	15	10	20	13,75
Caudal	0,108	0,157	0,102	0,24	0,15

Fuente: Carlos J. Romero

Tabla 2.3.2.1-5

Caracterización Físico- Química del agua potable proveniente de la Red N° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba.

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	red 2
pH	7,11	7,2	7,19	7,08	7,15
Conductividad	340,28	349,69	342,5	310	335,62
Turbiedad	0,61	0,6	0,72	0,55	0,62
Cloruros	42,48	41,38	36,31	47,88	42,01
Dureza	285,11	407,67	362,67	292	336,86
Calcio	90,93	83,6	84,8	68	81,83
Magnesio	12,32	48,28	38,24	29,65	32,12
Alcalinidad	293,61	278,13	295,83	350	304,39
Bicarbonatos	299,48	283,69	301,75	357	310,48
Sulfatos	33,32	44,14	32,25	67,49	44,30
Amonios	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03
Nitritos	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
Nitratos	0,08	0,72	0,59	0,13	0,38
Hierro	0,07	0,09	0,09	0,08	0,08
Fosfatos	0,14	0,1	0,1	0,14	0,12
Sólidos Totales	495,22	671,92	500	201	467,04
Sólidos Disueltos	203,74	217,39	211,33	192,25	206,18
Cloro residual	0,34	0,44	0,32	0,30	0,35
Presión	12,64	19,27	15,83	13,75	15,37
Caudal	0,14	0,22	0,19	0,15	0,18

Fuente: Carlos J. Romero

2.3.2.2 Análisis microbiológico

Las muestras fueron tomadas en frascos totalmente estériles para la confiabilidad de los resultados, además estos análisis se realizaron mediante el uso del Kit Coliscan gel

Tabla 2.3.2.2-1

Análisis microbiológico del agua potable proveniente de la zona 1 de la Red N° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba.

ZONA 1	Coliformes Totales	Coliformes Fecales		
	UFC/100mL	UFC/100mL	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
Agua potable	0	0	ausencia	ausencia

Fuente: Carlos J. Romero

Tabla 2.3.2.2-2

Análisis microbiológico del agua potable proveniente de la zona 2 de la Red N° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba.

ZONA 2	Coliformes Totales	Coliformes Fecales		
	UFC/100ml	UFC/100ml	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
Agua potable	0	0	ausencia	ausencia

Fuente: Carlos J. Romero

Tabla 2.3.2.2-3

Análisis microbiológico del agua potable proveniente de la zona 3 de la Red N° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba

ZONA 3	Coliformes Totales	Coliformes Fecales		
	UFC/100mL	UFC/100mL	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
Agua potable	0	0	ausencia	ausencia

Fuente: Carlos J. Romero

Tabla 2.3.2.2-4

Análisis microbiológico del agua potable proveniente de la zona 4 de la Red N° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba

ZONA 4	Coliformes Totales	Coliformes Fecales		
	UFC/100mL	UFC/100mL	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
Agua potable	0	0	ausencia	ausencia

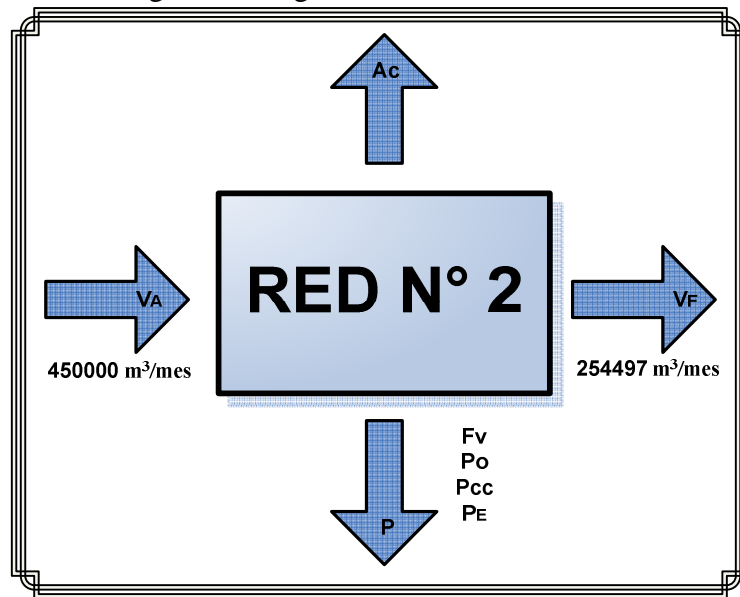
Fuente: Carlos J. Romero

CAPÍTULO III
OPTIMIZACIÓN DE LA RED
Nº 2 DEL SISTEMA DE AGUA
POTABLE DE LA CIUDAD DE
RIOBAMBA

En el caso de la optimización de redes de distribución de agua potable se entenderá el término optimización como el conjunto de programas de operación y mantenimiento preventivo y correctivo encaminados a obtener el funcionamiento óptimo del sistema, los mismos que están ligados debiendo ejecutarse en secuencia desde la investigación del problema hasta la puesta en práctica de la propuesta tomando en cuenta cuidadosamente el lugar, tiempo y recursos asignados.

3 Balance de masa de la Red N° 2

Fig 3.1-1 Diagrama del balance de masa



Fuente: Carlos J. Romero

$$V_A = V_F + P + A_C$$

$$P = F_V + P_O + P_{CC} + P_E$$

3.1.1 Determinación de las Fugas visibles

Es la fuga que aflora a la superficie del terreno o está sobre la superficie del mismo, pudiendo detectarse visualmente.

Recorridos cerca de 20 km de red durante una semana, se constataron seis fugas visibles que, después de descubiertas y reparadas, permitieron estimar en cerca de 75 m³/día el caudal promedio por fuga.

Considerándose que ocurren 216 fugas por mes en toda la red de distribución, y que el tiempo promedio desde que la fuga aflora hasta que es reparada es de cinco días, se tiene:

$$F_V = \overline{Q_F} \times t \times N_F$$

$$F_V = 75 \text{ m}^3/\text{día} \times 5 \times 216$$

$$F_V = 81000 \text{ m}^3/\text{día}$$

3.1.2 Gasto por consumos operacionales P_o

Tabla 3.1.2-1.
Gasto por consumos operacionales

Lavado y desinfección de tanques.	7000 m ³ /mes
Distribución por camiones tanques.	3000 m ³ /mes
Uso del cuerpo de bomberos.	6400 m ³ /mes
Piletas y parques.	5000 m ³ /mes
Total	21400 m ³ /mes

Fuente: Carlos J. Romero

P_o = Pérdidas Operacionales

P_o = 21400 m³/mes

3.1.3 Pérdidas por conexiones clandestinas P_{cc}

De acuerdo a datos proporcionados por la Empresa municipal de agua potable de la ciudad de Riobamba se estima que existen 90 conexiones clandestinas.

$$P_{cc} = \frac{V_A}{N_c} \times N_{cc}$$

$$P_{cc} = \frac{450000 \text{ m}^3/\text{mes}}{10535 \text{ cnx}} \times 90 \text{ cnx}$$

$$P_{cc} = 3844,33 \text{ m}^3/\text{mes}$$

3.1.4 Pérdidas por consumos especiales (Rebosamiento)

Son las pérdidas de agua que ocurre por los rebosaderos de los tanques de almacenamiento de agua y demás instalaciones del sistema de abastecimiento, lo cual es causado por fallas de operación de los dispositivos de control.

P_E =Pérdidas especiales
 $P_E=44981,82 \text{ m}^3/\text{mes}$

Reemplazando las variables conocidas obtenemos el valor de pérdidas en el sistema.

$$P = F_V + P_O + P_{CC} + P_E$$

$$P = 81000 \text{ m}^3/\text{mes} + 21400 \text{ m}^3/\text{mes} + 3844,33 \text{ m}^3/\text{mes} + 44981,82 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$P = 151226,15 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Reemplazando todas las variables en el balance general podemos determinar el valor de la A_C .

$$V_A = V_F + P + A_C$$

$$A_C = V_A - P - V_F$$

$$A_C = 450000 \text{ m}^3/\text{mes} - 151226,15 \text{ m}^3/\text{mes} - 254947 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$A_C = 43826,85 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Porcentaje de Volumen Facturado en la red

$$\%V_F = \frac{254947 \text{ m}^3/\text{mes}}{450000 \text{ m}^3/\text{mes}} \times 100$$

$$\%V_F = 56,6$$

Porcentaje de Pérdidas Calculadas en la red

$$\%P = \frac{151226,15 \text{ m}^3/\text{mes}}{450000 \text{ m}^3/\text{mes}} \times 100$$

$$\%P = 33,61$$

Porcentaje de acumulación en la red

$$\%P = \frac{43826,85 \text{ m}^3/\text{mes}}{450000 \text{ m}^3/\text{mes}} \times 100$$

$$\%P = 9,74$$

Porcentaje de fugas visibles calculadas en la red.

$$\%F_v = \frac{81000m^3/mes}{450000m^3/mes} \times 100$$

$$\%F_v = 18$$

Porcentaje de fugas visibles.

$$\%F_v = \frac{81000m^3/mes}{151226,15m^3/mes} \times 100$$

$$\%F_v = 53,56$$

3.2 Análisis y discusión de resultados

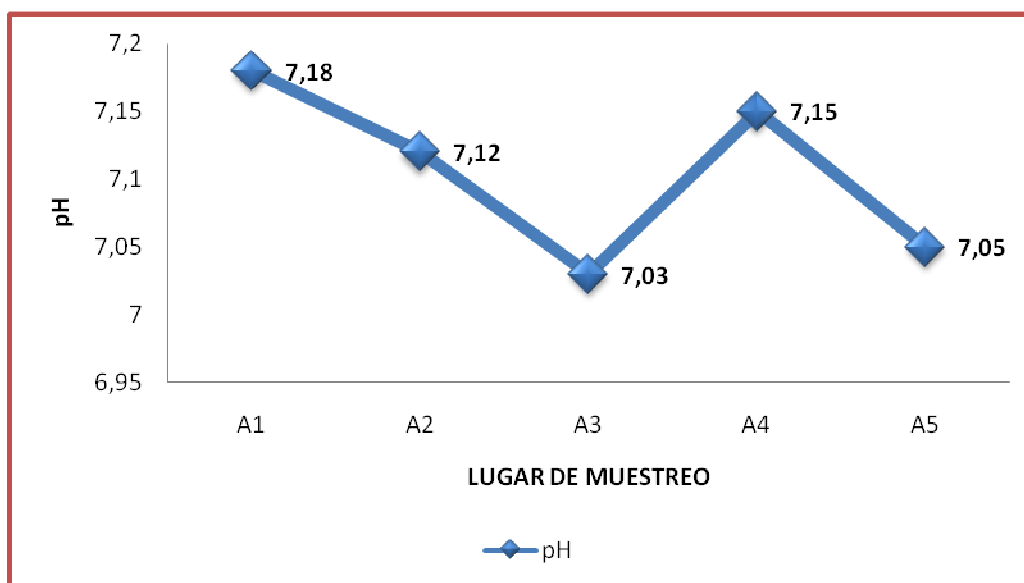
Determinación de las Propiedades Físico - Químicas del agua de la zona 1 de la Red N° 2.

3.2.1 Determinación de pH del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Tabla 3.2.1-1.

Determinación de pH del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	pH	LÍMITE ÓPTIMO	LÍMITE NORMA
12 de octubre y Lavalle	A1	7,18	7 – 7,5	6,5 -8,5
Chile y Uruguay	A2	7,12		
Autachi y la 44	A3	7,03		
Daniel L. Borja y Carlos Zambrano	A4	7,15		
Lavalle y Daniel L. Borja	A5	7,05		



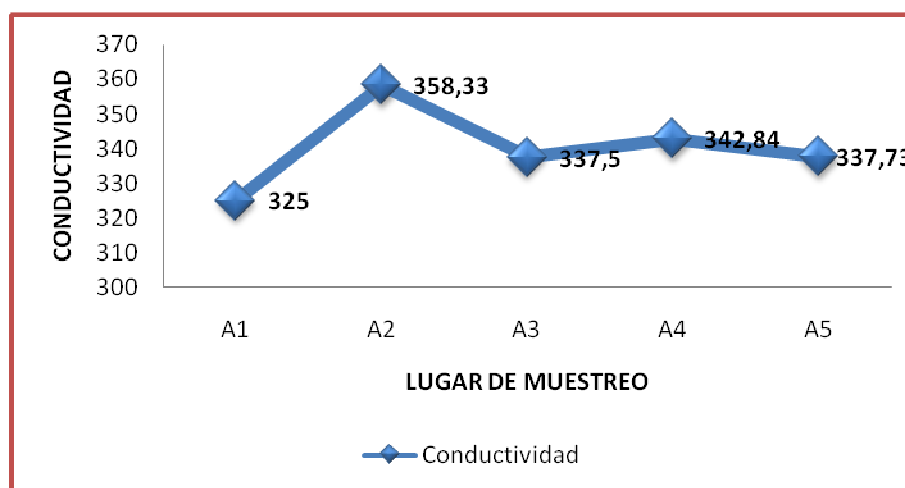
Graf 3.2.1-1. Determinación de pH del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

El valor de pH expresa el grado de acidez o alcalinidad de una disolución la normativa indica que el agua debe poseer un pH entre 6,5 y 8,5, de los sectores analizados se pudo ver que en el sector A1 se registra el valor más alto de pH dentro de la zona 1, sin embargo esto no quiere decir que estos datos se encuentren fuera de la norma. Por lo cual podemos indicar que el agua de esta zona es neutra y apta para el consumo humano.

3.2.2 Determinación de la Conductividad del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Tabla 3.2.2-1.
Determinación de la Conductividad del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CONDUCTIVIDAD (mS)	LÍMITE ÓPTIMO (m/S)	LÍMITE NORMA (m/S)
12 de octubre y Lavalle	A1	325	300	< 1250
Chile y Uruguay	A2	358,33		
Autachi y la 44	A3	337,5		
Daniel L. Borja y Carlos Zambrano	A4	342,84		
Lavalle y Daniel L. Borja	A5	337,73		



Graf 3.2.2-1. Determinación de la Conductividad del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Todos los datos se encuentran dentro de la norma, los límites de conductividad que el agua potable debe ser menor a los 1250 mS para que sea apta para el consumo humano, considerando que el límite de la norma es muy alto y al realizar el análisis los datos obtenidos en la caracterización físico – química pese a estar de la normativa no se encuentra dentro de los límites óptimos.

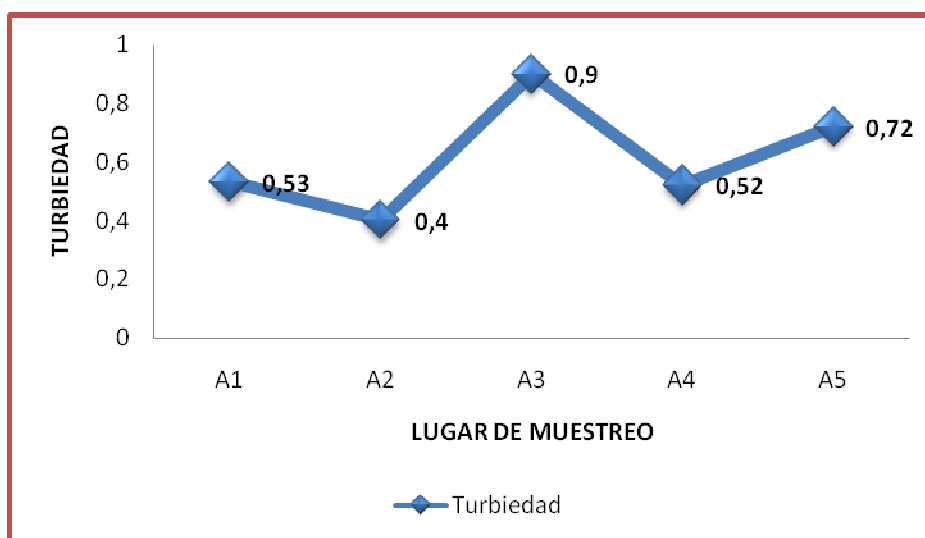
Este incremento en la conductividad se está produciendo por la acumulación de minerales en el sistema de tuberías y al no existir una distribución continua estos minerales son arrastrados por el agua a cada casa.

3.2.3 Determinación de la Turbiedad del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Tabla 3.2.3-1.

Determinación de la Turbiedad del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	TURBIEDAD (NTU)	LÍMITE ÓPTIMO (NTU)	LÍMITE NORMA (NTU)
12 de octubre y Lavalle	A1	0,53	0,7 – 0,8	1
Chile y Uruguay	A2	0,4		
Autachi y la 44	A3	0,9		
Daniel L. Borja y Carlos Zambrano	A4	0,52		
Lavalle y Daniel L. Borja	A5	0,72		



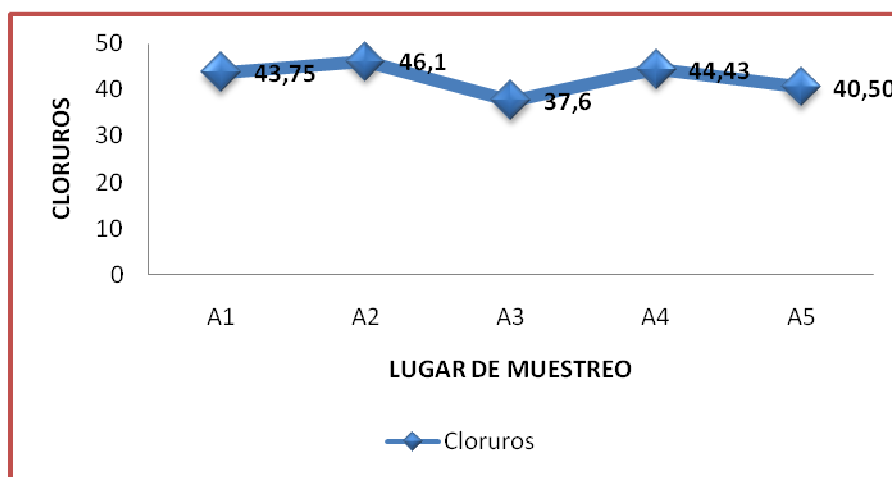
Graf 3.2.3-1. Determinación de la Turbiedad del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Todos los datos están dentro del límite permisible de acuerdo a la norma INEN 1108, este límite es 1 NTU, sin embargo existe un sector analizado que no están dentro de los límites óptimos es el sector A3, este incremento de la turbiedad se debe a una mayor presencia de sólidos en suspensión por la acumulación de residuos, lo cual nos indica una disminución en la calidad del agua en este lugar.

3.2.4 Determinación de Cloruros del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Tabla 3.2.4-4.
Determinación de Cloruros del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CLOURUROS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
12 de octubre y Lavalle	A1	43,75	20 – 25	250
Chile y Uruguay	A2	46,1		
Autachi y la 44	A3	37,6		
Daniel L. Borja y Carlos Zambrano	A4	44,43		
Lavalle y Daniel L. Borja	A5	40,50		



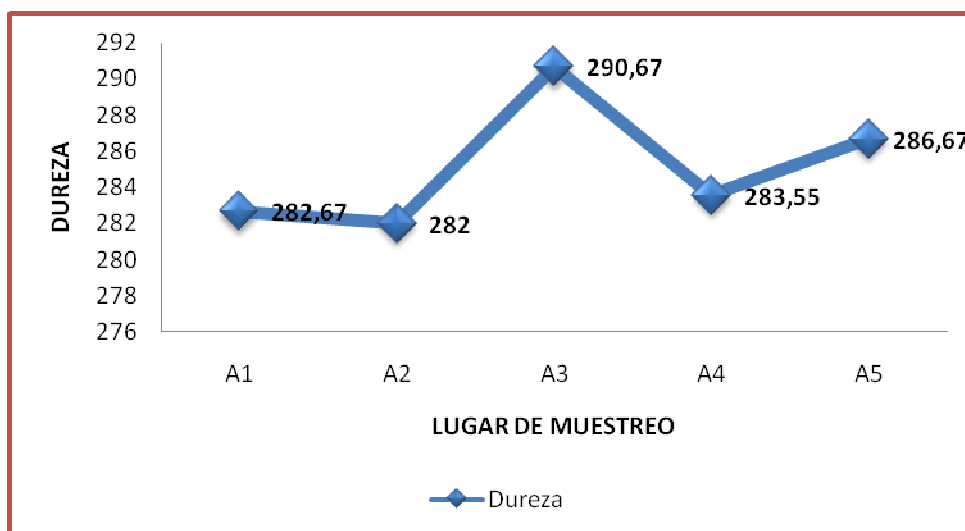
Graf 3.2.4-4. Determinación de Cloruros del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Los datos de cloruros en esta zona se encuentran dentro del límite de la norma, pero fuera del límite óptimo, su presencia nos indica que existe una gran concentración de sales producida por la discontinua distribución que tiene la red. Una vez mas es necesario decir que los límites de la norma son muy altos y no se ajustan a las características del agua de la ciudad.

3.2.5 Determinación de Dureza del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Tabla 3.2.5-1.
Determinación de Dureza del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	DUREZA (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
12 de octubre y Lavalle	A1	282,67	250 – 270	300
Chile y Uruguay	A2	282		
Autachi y la 44	A3	290,67		
Daniel L. Borja y Carlos Zambrano	A4	283,55		
Lavalle y Daniel L. Borja	A5	286,67		



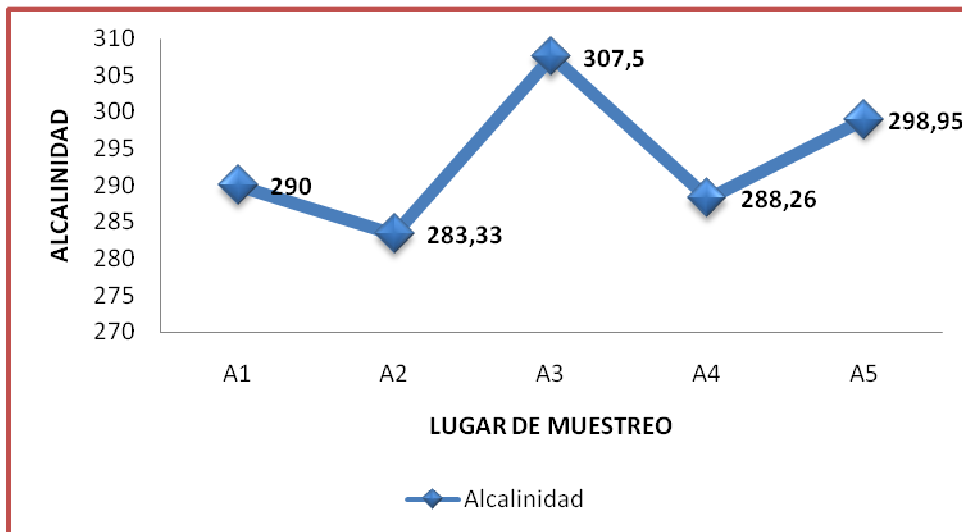
Graf 3.2.5-1. Determinación de Dureza del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

La norma INEN 1108 determina un límite para dureza de 300 mg/L, en esta zona todos los datos están fuera de norma y fuera del límite óptimo, es condición se presenta ya que el agua que se distribuye en la ciudad de Riobamba por su naturaleza subterránea posee una alta dureza, la misma que ocasiona problemas de incrustaciones, corrosión derivando en rupturas y fugas en la tubería.

3.2.6 Determinación de Alcalinidad del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Tabla 3.2.6-1
Determinación de Alcalinidad del agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	ALCALINIDAD (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
12 de octubre y Lavalle	A1	290	250	300
Chile y Uruguay	A2	283,33		
Autachi y la 44	A3	307,5		
Daniel L. Borja y Carlos Zambrano	A4	288,26		
Lavalle y Daniel L. Borja	A5	298,95		



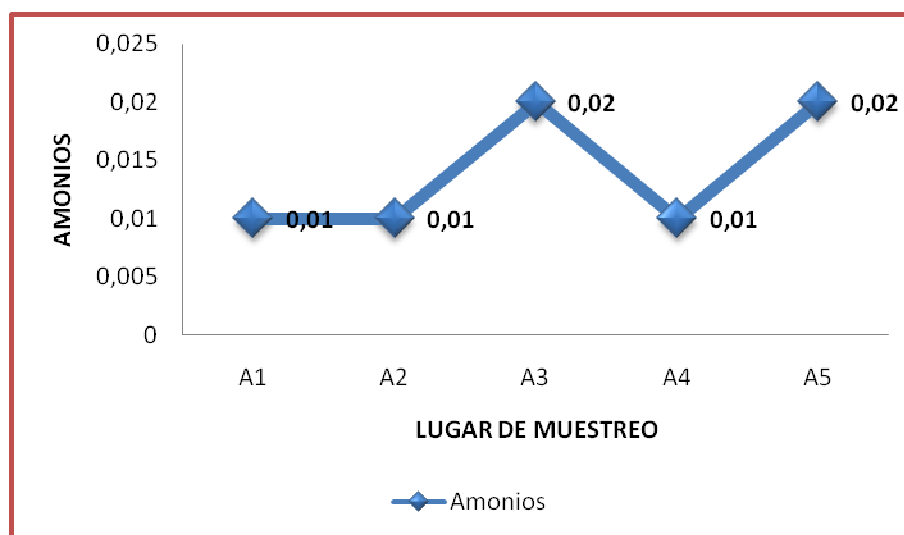
Graf 3.2.6-1 Determinación de Alcalinidad en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

De los sectores analizados solo uno de ellos se encuentra fuera de norma, la misma que expresa un límite de 300 mg/L, pero en relación del límite óptimo los datos no cumplen con el mismo, el incremento de la alcalinidad se da por la acumulación de sales minerales ya que al no tener un flujo continuo de agua estas sales se depositan en las tuberías disminuyendo la calidad del agua distribuida.

3.2.7 Determinación de Amonios en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Tabla 3.2.7-1
Determinación de Amonios en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	AMONIOS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
12 de octubre y Lavalle	A1	0,01	0,01	1
Chile y Uruguay	A2	0,01		
Autachi y la 44	A3	0,02		
Daniel L. Borja y Carlos Zambrano	A4	0,01		
Lavalle y Daniel L. Borja	A5	0,02		



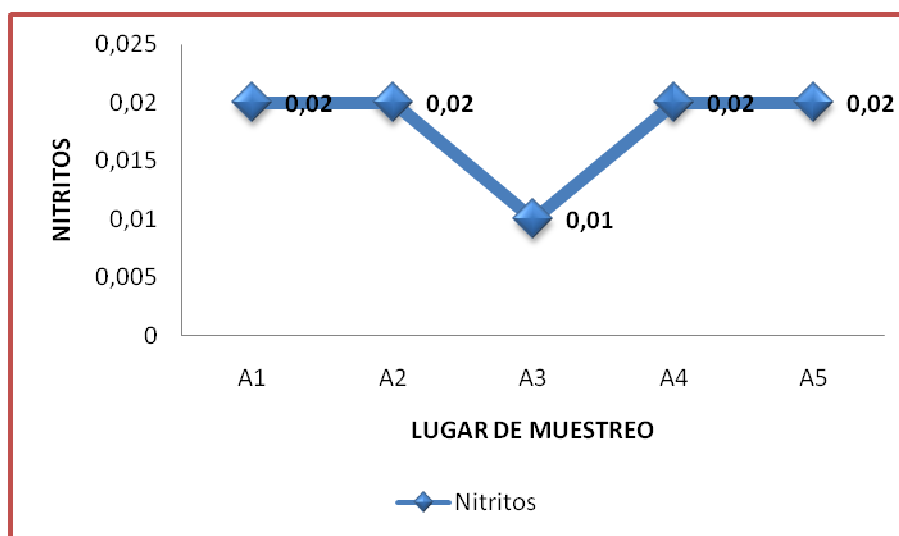
Graf 3.2.7-1 Determinación de Amonios en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

La normativa indica que debe existir amonios en un límite menor a los 1 mg/L, toda la zona está dentro de la normativa, sin embargo los sectores A3 y A5 son los que presentan el valor más alto los mismos que están fuera del límite óptimo, la presencia de amonios en el agua indica que existe una fuente de contaminación orgánica, por la filtración de materia extraña a través de las fugas y rupturas de las tuberías.

3.2.8 Determinación de Nitritos en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Tabla 3.2.8-1
Determinación de Nitritos en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	NITRITOS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
12 de Octubre y Lavalle	A1	0,02	0,01	0
Chile y Uruguay	A2	0,02		
Autachi y la 44	A3	0,01		
Daniel L. Borja y Carlos Zambrano	A4	0,02		
Lavalle y Daniel L. Borja	A5	0,02		



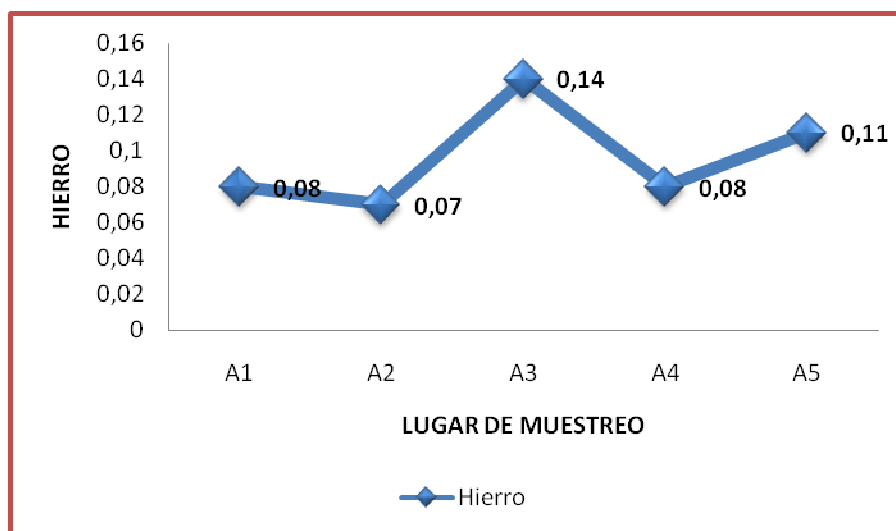
Graf 3.2.8-1 Determinación de Nitritos en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

El límite que indica la normativa para la determinación de nitritos es 0,0 mg/L, de los sectores analizados todos están fuera del límite de la norma y solo el sector A3 cumple con el límite óptimo, al igual que para los amonios este incremento en la medición de nitritos muestran que existe contaminación de tipo orgánica en el agua por la filtración de materia extraña a través de las fugas y rupturas de las tuberías.

3.2.9 Determinación de Hierro en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Tabla 3.1.9-1
Determinación de Hierro en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	HIERRO (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
12 de Octubre y Lavalle	A1	0,08	0,05	0,8
Chile y Uruguay	A2	0,07		
Autachi y la 44	A3	0,14		
Daniel L. Borja y Carlos Zambrano	A4	0,08		
Lavalle y Daniel L. Borja	A5	0,11		



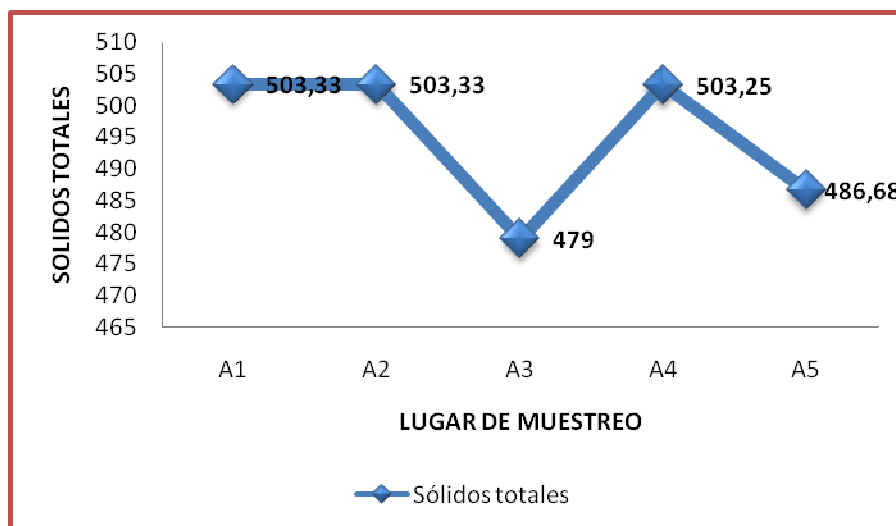
Graf 3.1.9-1. Determinación de Hierro en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

De los datos analizados solo los sectores A1, A2 y A4 están dentro de los límites permisibles por la norma y dentro de los límites óptimos, mientras que los sectores A3 y A5 están fuera de norma, la presencia de hierro en forma creciente en el agua demuestra que existe corrosión en las tuberías por causa del alto grado dureza, ya que en los lugares donde hay mayor incidencia de hierro también poseen el registro más alto de dureza.

3.2.10 Determinación de Sólidos totales en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Tabla 3.2.10-1
Determinación de Sólidos totales en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	SÓLIDOS TOTALES (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
12 de octubre y Lavalle	A1	503,33	260 – 280	1000
Chile y Uruguay	A2	503,33		
Autachi y la 44	A3	479		
Daniel L. Borja y Carlos Zambrano	A4	503,25		
Lavalle y Daniel L. Borja	A5	486,68		



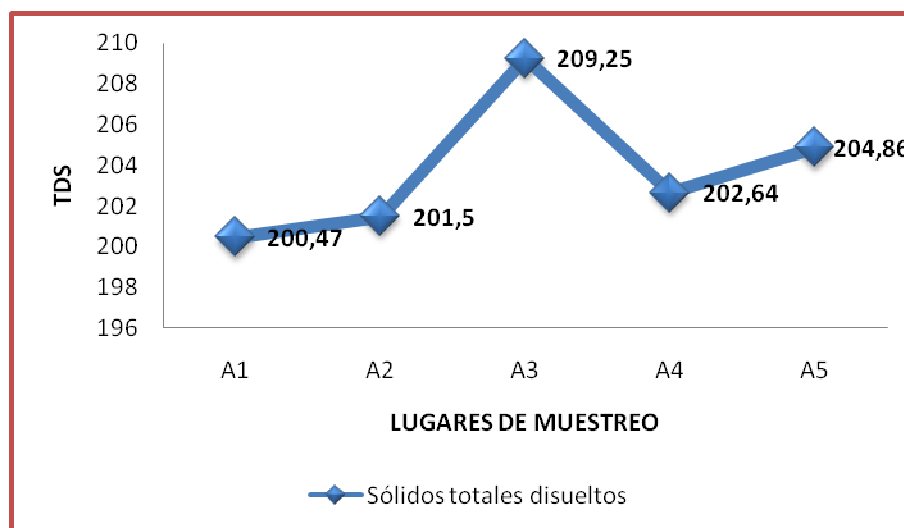
Graf 3.2.10-1 Determinación de Sólidos totales en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

La norma indica que para agua potable los sólidos totales deben estar presentes en una cantidad no superior a 1000 mg/L y aunque estos datos cumplen con la norma son datos atípicos ya que están fuera del rango óptimo. La presencia de sólidos totales en el agua es resultado de la acumulación de sedimentos en las tuberías ya que en la actualidad no existe una distribución continua del líquido vital.

3.2.11 Determinación de Sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Tabla 3.2.11-1
Determinación de Sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	TDS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
12 de octubre y Lavalle	A1	200,47	180 – 190	1000
Chile y Uruguay	A2	201,5		
Autachi y la 44	A3	209,25		
Daniel L. Borja y Carlos Zambrano	A4	202,64		
Lavalle y Daniel L. Borja	A5	204,86		



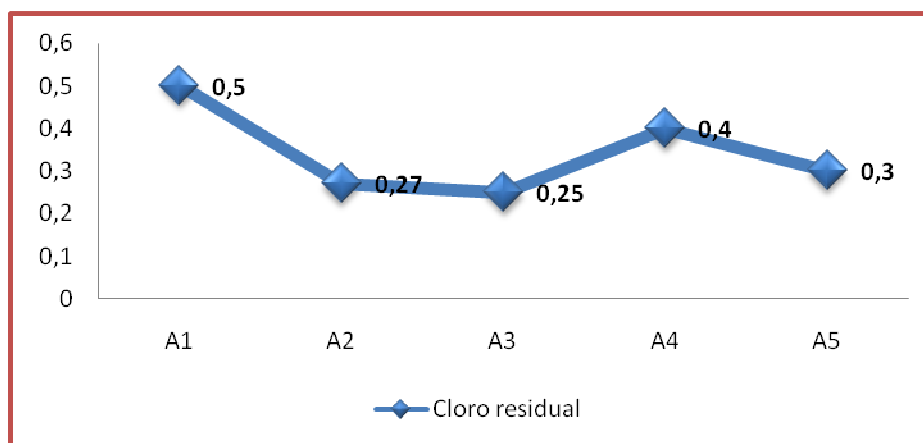
Graf 3.2.11-1 Determinación de Sólidos disueltos en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Al igual que los sólidos totales, la presencia de sólidos disueltos (TDS) está dentro de la normativa, pero fuera del límite óptimo, problema causado por el estacionamiento del agua durante ciertos periodos de tiempo, acumulando sedimentos por la falta de continuidad en el servicio, disminuyendo la calidad del agua suministrada.

3.2.12 Determinación de Cloro residual en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Tabla 3.2.12-1.
Determinación de Cloro residual en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CLORO RESIDUAL (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
12 de Octubre y Lavalle	A1	0,5	0,6	0,6 - 1
Chile y Uruguay	A2	0,27		
Autachi y la 44	A3	0,25		
Daniel L. Borja y Carlos Zambrano	A4	0,4		
Lavalle y Daniel L. Borja	A5	0,3		



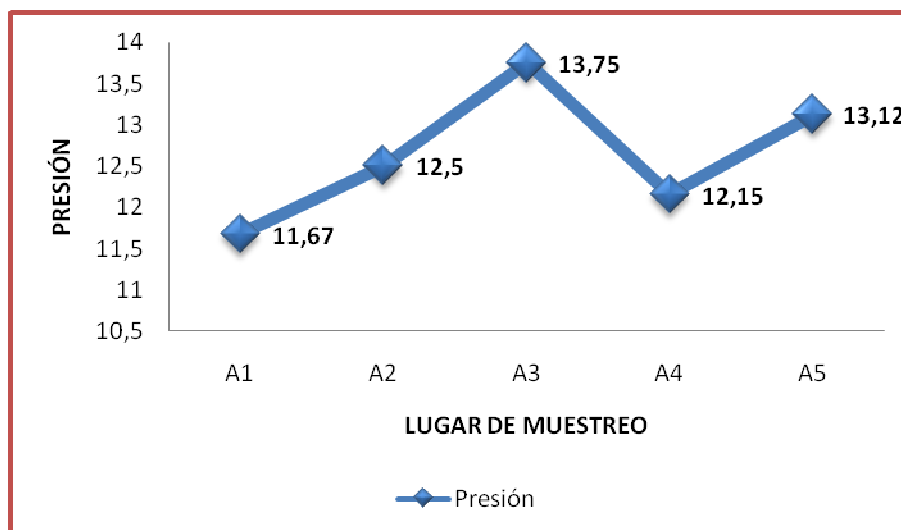
Graf 3.2.12-1. Determinación de Cloro residual en el agua potable de la zona 1 de la Red N° 2

Todos los valores están dentro de la norma pero en los sectores A2, A3 y A5 la medición es baja, estos mismos lugares registran un incremento de amonios y nitritos parámetros que ratifican que existe contaminación orgánica razón por la cual el cloro se consume en mayor cantidad en estos sectores. La presencia de cloro residual nos permite tener una idea de si se está realizando una correcta cloración en el tratamiento del agua,

3.2.13 Determinación de Presión en la zona 1 de la Red N° 2

Tabla 3.2.13-1
Determinación de Presión en la zona 1 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	PRESIÓN (PSI)	LÍMITE ÓPTIMO (PSI)	LÍMITE NORMA (PSI)
12 de octubre y Lavalle	A1	11,67	25	25-30
Chile y Uruguay	A2	12,5		
Autachi y la 44	A3	13,75		
Daniel L. Borja y Carlos Zambrano	A4	12,15		
Lavalle y Daniel L. Borja	A5	13,12		



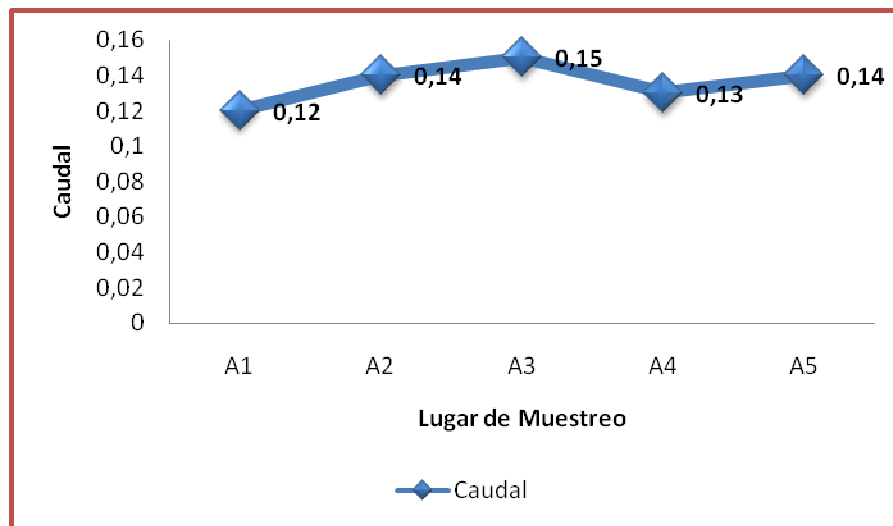
Graf 3.2.13-1 Determinación de Presión en la zona 1 de la Red N° 2

La presión es un dato importante para determinar la condición de operación de un sistema de distribución de agua potable, la teoría expresa que la presión mínima de operación para un sistema de distribución urbano es de 30 PSI, en ningún sector se cumple con este principio con lo cual podemos decir que en esta zona no cumple con el mínimo de presión, este resultado muestra que la presión se está perdiendo en el sistema ya sea por rupturas o fugas dentro de la red.

3.2.14 Determinación del Caudal en la zona 1 de la Red N° 2

Tabla 3.2.14-1
Determinación del Caudal en la zona 1 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CAUDAL (L/s)	LÍMITE ÓPTIMO (L/s)	LÍMITE NORMA (L/s)
12 de octubre y Lavalle	A1	0,12	0,20	0,25
Chile y Uruguay	A2	0,14		
Autachi y la 44	A3	0,15		
Daniel L. Borja y Carlos Zambrano	A4	0,13		
Lavalle y Daniel L. Borja	A5	0,14		



Graf 3.2.14-1 Determinación del Caudal en la zona 1 de la Red N° 2

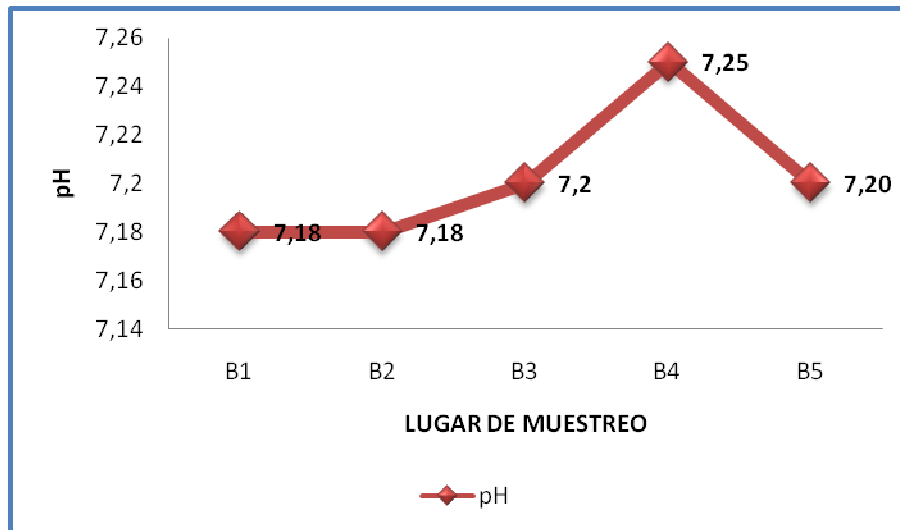
El caudal al igual que la presión es un dato muy importante para saber si la red está funcionando de manera adecuada, estos datos están por debajo de la norma y del límite óptimo, con los datos analizados podemos decir que existe un caudal adecuado que puede satisfacer las necesidades del consumidor, el problema actual es que no existe una distribución continua.

3.3 Determinación de las Propiedades Físico - Químicas del agua de la zona 2 en la Red N° 2.

3.3.1 Determinación de pH del agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Tabla 3.3.1-1
Determinación de pH del agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	pH	LÍMITE ÓPTIMO	LÍMITE NORMA
Veloz y la 44	B1	7,18	7 - 7,5	6,5 - 8,5
Junín y Arrayanes	B2	7,18		
Argentinos y Francia	B3	7,2		
Junín y Carabobo	B4	7,25		
Uruguay y New York	B5	7,20		



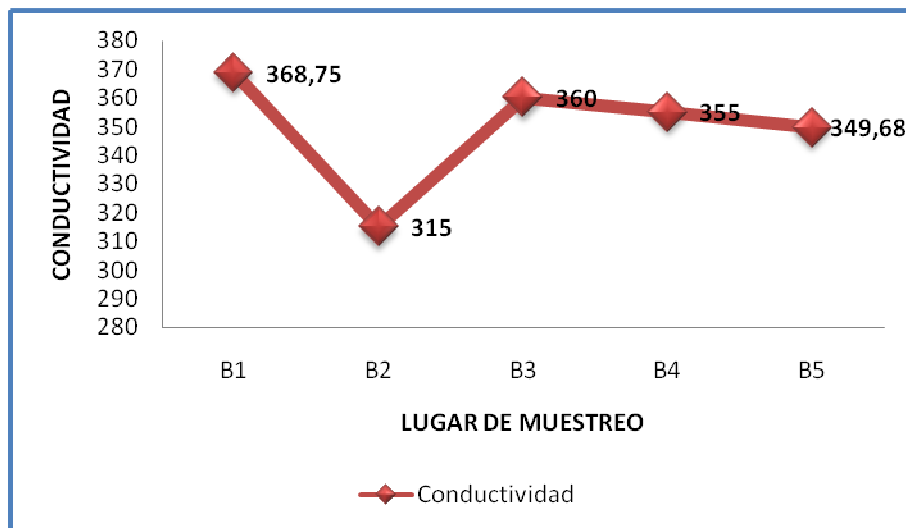
Graf 3.3.1-1 Determinación de pH del agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

El valor de pH en el sector B4 es el más alto dentro esta zona, pero esto no quiere decir que se encuentren fuera de la norma, además todos los datos están dentro del límite óptimo, por lo cual podemos decir que el agua es apta para el consumo humano por poseer una condición de neutralidad.

3.3.2 Determinación de la conductividad del agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Tabla 3.3.2-1
Determinación de la conductividad del agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CONDUCTIVIDAD (mS)	LÍMITE ÓPTIMO (m/S)	LÍMITE NORMA (m/S)
Veloz y la 44	B1	368,75	300	< 1250
Junín y Arrayanes	B2	315		
Argentinos y Francia	B3	360		
Junín y Carabobo	B4	355		
Uruguay y New York	B5	349,68		



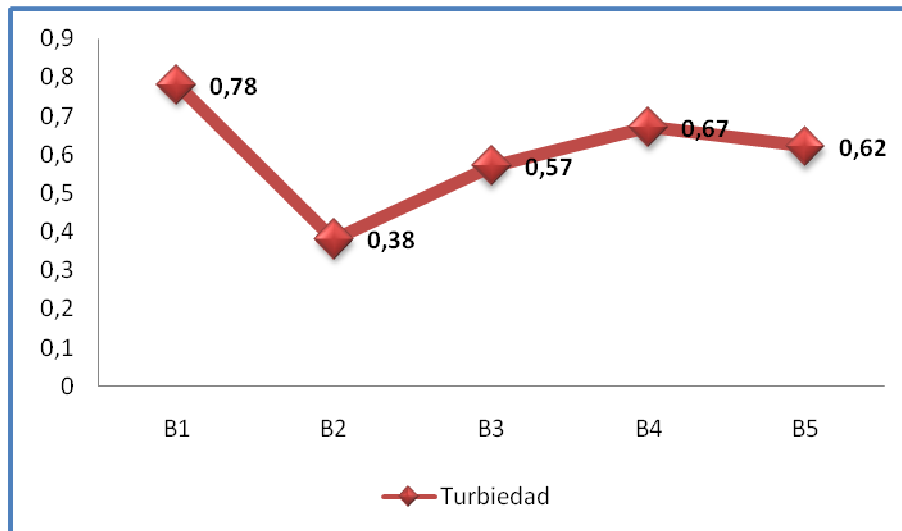
Graf 3.3.2-1 Determinación de la conductividad del agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Todos los datos se encuentran dentro de la norma, los límites de conductividad que el agua potable debe ser menor a los 1250 mS para que sea apta para el consumo humano, considerando que el límite de la norma es muy alto y al realizar el análisis los datos obtenidos en la caracterización físico – química pese a estar de la normativa no se encuentra dentro de los límites óptimos. El incremento en la conductividad se produce por la acumulación de minerales y al no existir una distribución continua estos son arrastrados por hasta el consumidor final.

3.3.3 Determinación de la turbiedad del agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Tabla 3.3.3-1
Determinación de la Turbiedad del agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	TURBIEDAD (NTU)	LÍMITE ÓPTIMO (NTU)	LÍMITE NORMA (NTU)
Veloz y la 44	B1	0,78	0,7 – 0,8	1
Junín y Arrayanes	B2	0,38		
Argentinos y Francia	B3	0,57		
Junín y Carabobo	B4	0,67		
Uruguay y New York	B5	0,62		



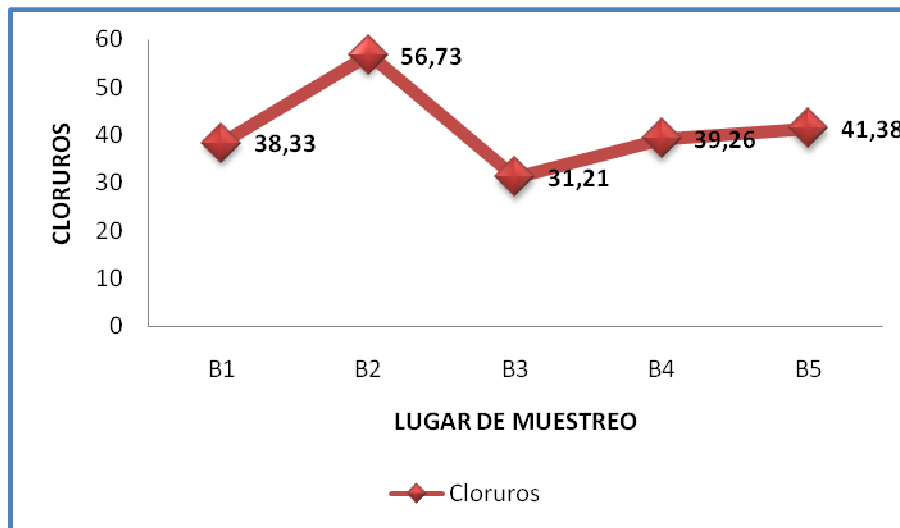
Graf 3.3.3-1 Determinación de la turbiedad del agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Todos los datos están dentro del límite permisible de acuerdo a la norma INEN 1108, este límite es 1 NTU, el incremento de la turbiedad se debe a una mayor presencia de sólidos en suspensión y la acumulación de sedimentos por la falta de continuidad en el servicio lo cual nos indica una disminución en la calidad del agua distribuida.

3.3.4 Determinación de Cloruros en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Tabla 3.3.4-1
Determinación de Cloruros en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CLORUROS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Veloz y la 44	B1	38,33	20 - 25	250
Junín y Arrayanes	B2	56,73		
Argentinos y Francia	B3	31,21		
Junín y Carabobo	B4	39,26		
Uruguay y New York	B5	41,38		



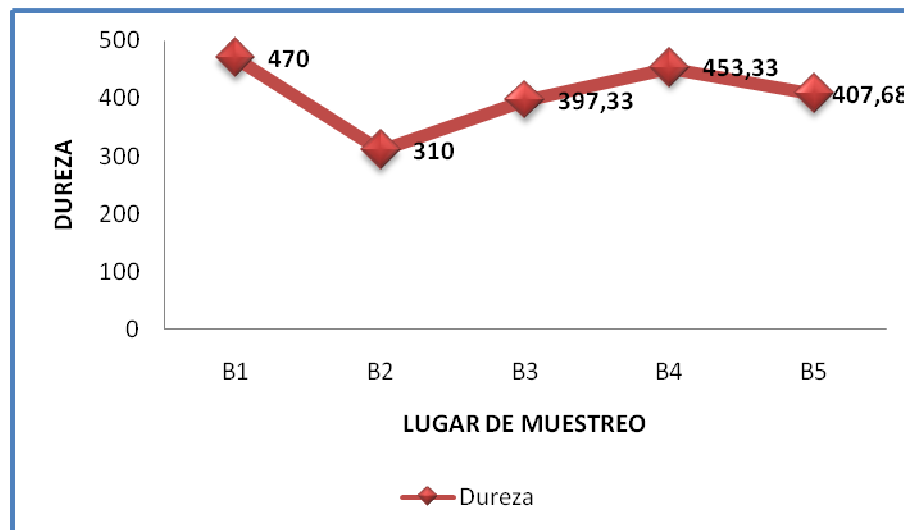
Graf 3.3.4-1 Determinación de Cloruros en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Todos los datos de cloruros en este lugar se encuentran dentro del límite de la norma, pero fuera del límite óptimo, su presencia indica que existe una gran concentración de sales producida por la discontinua distribución que tiene la red. Una vez más es necesario decir que los límites de la norma son muy altos y no se ajustan a las características del agua de la ciudad.

3.3.5 Determinación de Dureza en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Tabla 3.3.5-1
Determinación de Dureza del agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	DUREZA (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Veloz y la 44	B1	470	250 - 270	300
Junín y Arrayanes	B2	310		
Argentinos y Francia	B3	397,33		
Junín y Carabobo	B4	453,33		
Uruguay y New York	B5	407,68		



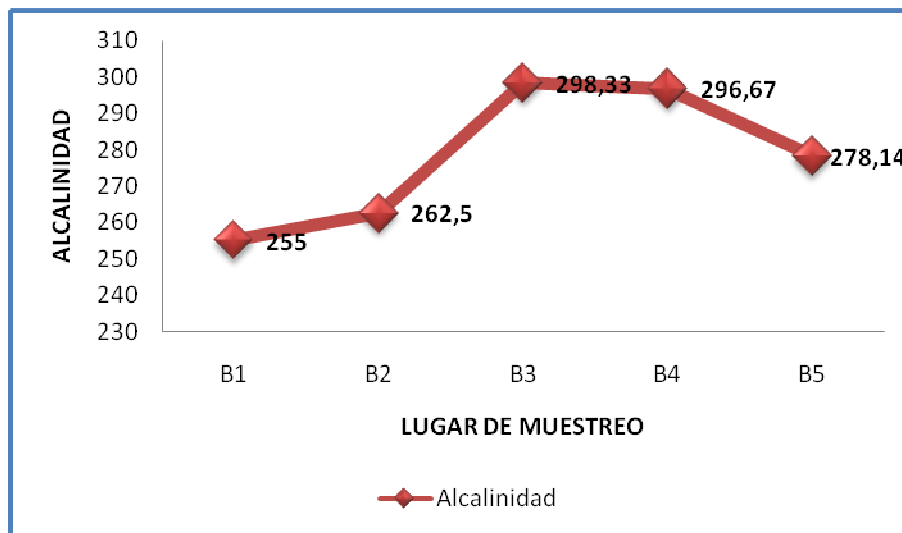
Graf 3.3.5-1 Determinación de Dureza del agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

En esta zona todos los datos están fuera de norma y fuera del límite óptimo, la norma INEN 1108 determina un límite para dureza de 300 mg/L. Su alta dureza se debe a que el agua que se distribuye en la ciudad de Riobamba es de naturaleza subterránea, razón por la cual ocasiona problemas de incrustaciones, corrosión derivando en rupturas y fugas en la tubería.

3.3.6 Determinación de Alcalinidad en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Tabla 3.3.6-1
Determinación de Alcalinidad del agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	ALCALINIDAD (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Veloz y la 44	B1	255	250	300
Junín y Arrayanes	B2	262,5		
Argentinos y Francia	B3	298,33		
Junín y Carabobo	B4	296,67		
Uruguay y New York	B5	278,14		



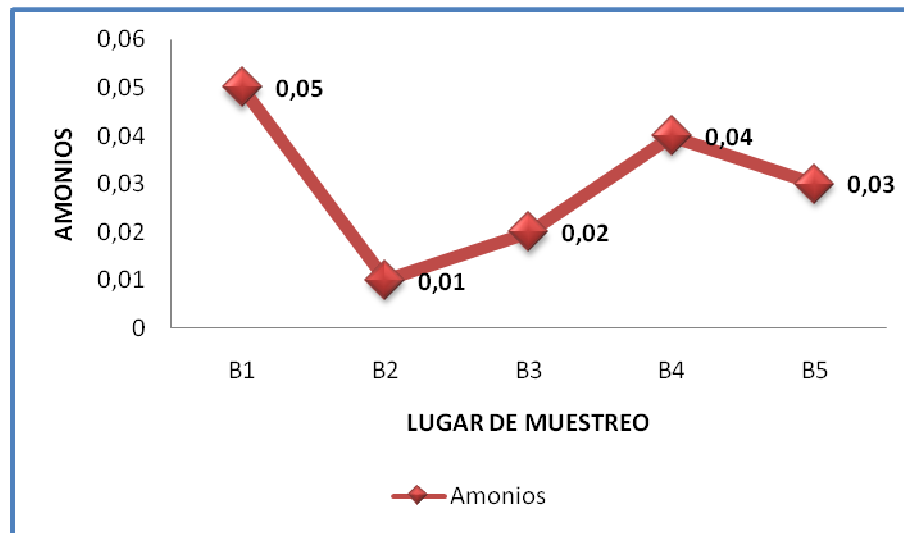
Graf 3.3.6-1 Determinación de Alcalinidad del agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

En esta zona todos los sectores analizados se encuentra dentro de la norma, la misma que expresa un límite de 300 mg/L, pero en relación del límite óptimo los datos no cumplen con el mismo, el incremento de la alcalinidad se da por la acumulación de sales minerales por falta de continuidad de la distribución, ya que al no tener un flujo continuo estas sales se depositan en las tuberías degradando la calidad del agua distribuida.

3.3.7 Determinación de Amonios en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Tabla 3.3.7-1
Determinación de Amonios en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	AMONIOS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Veloz y la 44	B1	0,05	0,01	1
Junín y Arrayanes	B2	0,01		
Argentinos y Francia	B3	0,02		
Junín y Carabobo	B4	0,04		
Uruguay y New York	B5	0,03		



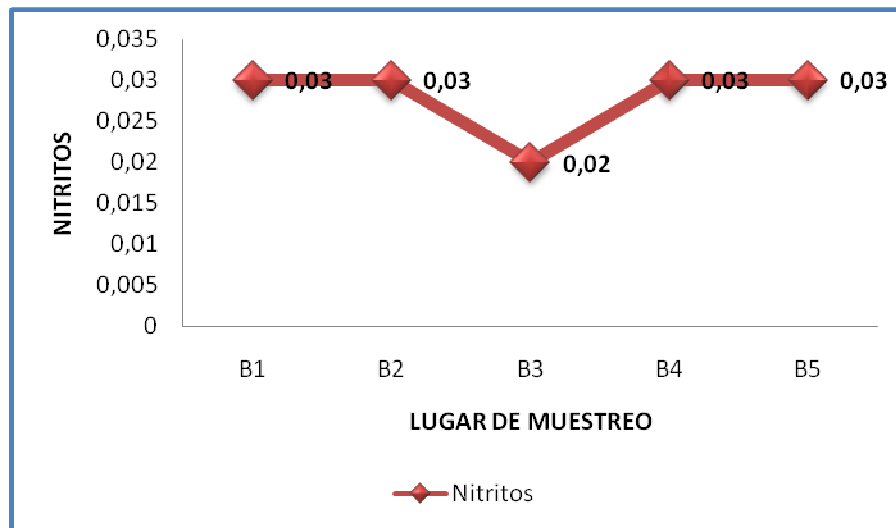
Graf 3.3.7-1 Determinación de Amonios en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Todos los sectores están dentro de los límites que exige la norma, pero no son valores óptimos de amonios, de estos datos el valor de B1 es el más alto mientras que el B2 es el más bajo en relación a las demás mediciones, es decir que existe dispersión en los datos, sin embargo su presencia indica que existe una fuente de contaminación orgánica por filtración en las tuberías y acumulación de residuos.

3.3.8 Determinación de Nitritos en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2

Tabla 3.3.8-1
Determinación de Nitritos en el agua potable de la zona 2 de la Red n° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	NITRITOS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Veloz y la 44	B1	0,03	0,01	0
Junín y Arrayanes	B2	0,03		
Argentinos y Francia	B3	0,02		
Junín y Carabobo	B4	0,03		
Uruguay y New York	B5	0,03		



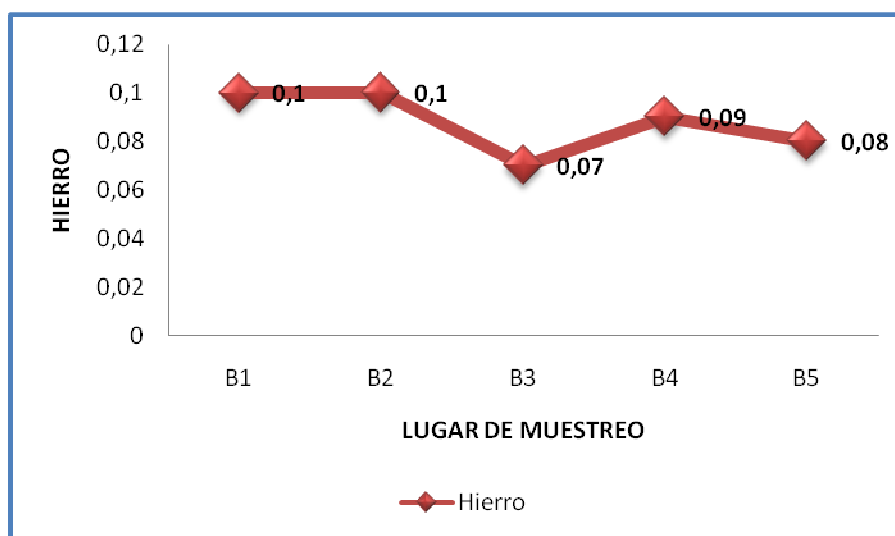
Graf 3.3.8-1 Determinación de Nitritos en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Los datos analizados para la determinación de nitritos indican que todos los valores están fuera del límite provisto por la norma, esta variación en los datos indica que existe contaminación de tipo orgánica en el agua por la acumulación de residuos, lo que incide en la disminución en la calidad de líquido distribuido.

3.3.9 Determinación de Hierro en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Tabla 3.3.9-1
Determinación de Hierro en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	HIERRO (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Veloz y la 44	B1	0,1	0,05	0,8
Junín y Arrayanes	B2	0,1		
Argentinos y Francia	B3	0,07		
Junín y Carabobo	B4	0,09		
Uruguay y New York	B5	0,08		



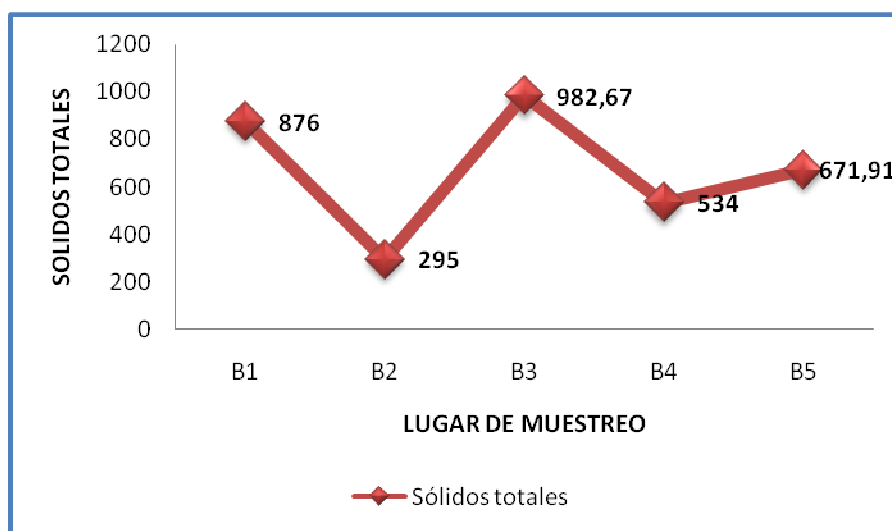
Graf 3.3.9-1 Determinación de Hierro en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Todos los valores están dentro de la norma, sin embargo en los lugares donde se registra mayor presencia de hierro están fuera del límite óptimo, la presencia de hierro en forma creciente de un sector a otro indica que existe corrosión en las tuberías por causa de la dureza del agua ya que estos mismos sectores poseen también una dureza muy alta que se encuentra fuera de la normativa.

3.3.10 Determinación de Sólidos totales en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Tabla 3.3.10-1
Determinación de Sólidos totales en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	SÓLIDOS TOTALES (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Veloz y la 44	B1	876	260 - 280	1000
Junín y Arrayanes	B2	295		
Argentinos y Francia	B3	982,67		
Junín y Carabobo	B4	534		
Uruguay y New York	B5	671,91		



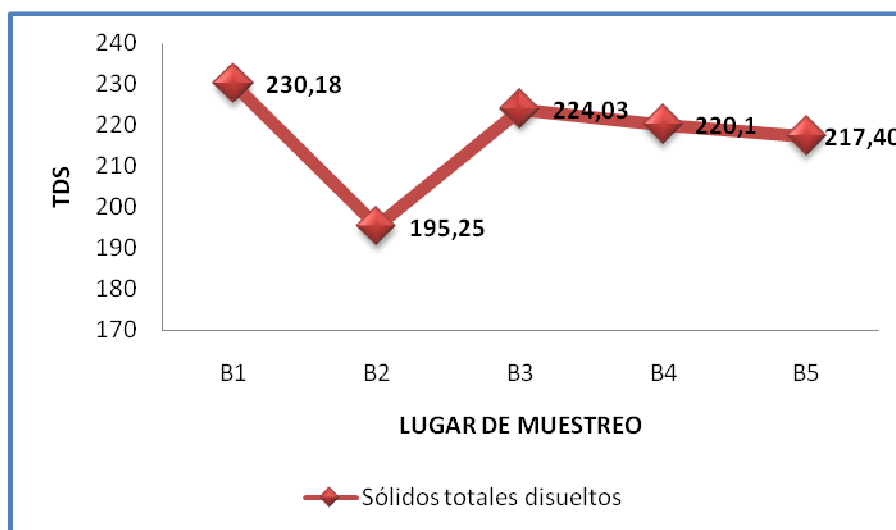
Graf 3.3.10-1 Determinación de Sólidos totales en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Todos los datos están dentro de los límites de la normativa, observando una marcada diferencia en con la anterior zona ya que existe una gran dispersión en los datos, todos los sectores están sobrepasan los límites óptimos este sobren todo en el sector B1 y B3 donde existe una mayor acumulación de sólidos totales, lo cual indica que existe un estacionamiento del agua en las tuberías por la falta de una distribución continua.

3.3.11 Determinación de Sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Tabla 3.3.11-1
Determinación de Sólidos disueltos (TDS) del agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	TDS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Veloz y la 44	B1	230,18	180 - 190	1000
Junín y Arrayanes	B2	195,25		
Argentinos y Francia	B3	224,03		
Junín y Carabobo	B4	220,1		
Uruguay y New York	B5	217,40		



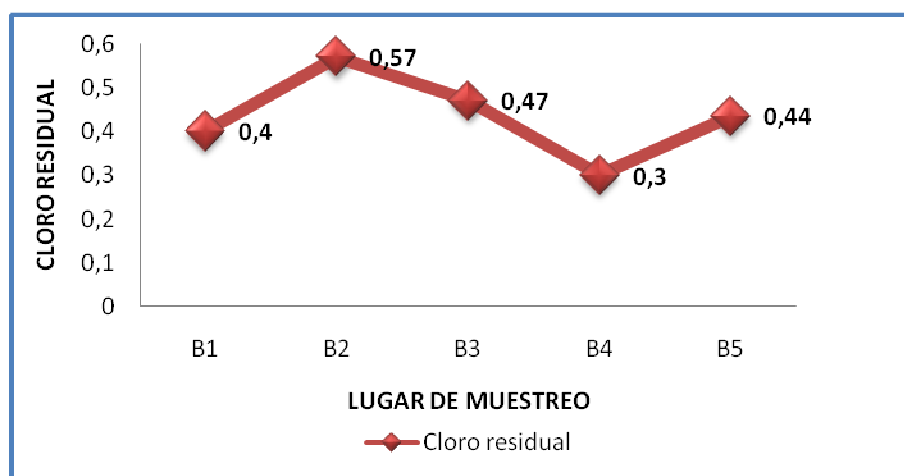
Graf 3.3.11-1 Determinación de Sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

La presencia de sólidos disueltos (TDS) al igual que los sólidos totales, está dentro de los límites establecidos por la normativa, pero fuera del rango óptimo, problema ocasionado por el aparcamiento del agua durante ciertos periodos de tiempo, acumulando sedimentos a no tener una continuidad en el servicio, reduciendo la calidad del agua distribuida.

3.3.12 Determinación de Cloro residual en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Tabla 3.3.12-1
Determinación de Cloro Residual en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	COLORO RESIDUAL (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Veloz y la 44	B1	0,4	0,6	0,6 - 1
Junín y Arrayanes	B2	0,57		
Argentinos y Francia	B3	0,47		
Junín y Carabobo	B4	0,3		
Uruguay y New York	B5	0,44		



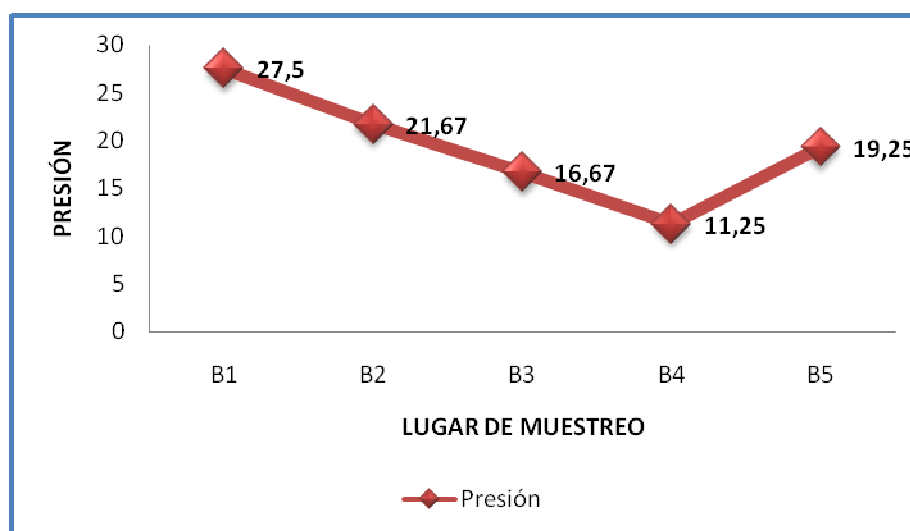
Graf 3.3.12-1 Determinación de Cloro residual en el agua potable de la zona 2 de la Red N° 2

Todos los valores analizados indican que si existe cloro residual en el agua de esta zona pero no cumplen con los límites óptimos ni con los límites de la norma, incluso existen sectores como el B4 que registra el valor más bajo, la disminución del cloro residual se debe a que existe una fuente de contaminación, la misma que está consumiendo en mayor cantidad el cloro residual, indicando que la calidad del agua se va deteriorando.

3.3.13 Determinación de Presión en la zona 2 de la Red N° 2

Tabla 3.3.13-1
Determinación de Presión en la zona 2 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	PRESIÓN (PSI)	LÍMITE ÓPTIMO (PSI)	LÍMITE NORMA (PSI)
Veloz y la 44	B1	27,5	25	25 - 30
Junín y Arrayanes	B2	21,67		
Argentinos y Francia	B3	16,67		
Junín y Carabobo	B4	11,25		
Uruguay y New York	B5	19,25		



Graf 3.3.13-1 Determinación de la Presión en la zona 2 de la Red N° 2

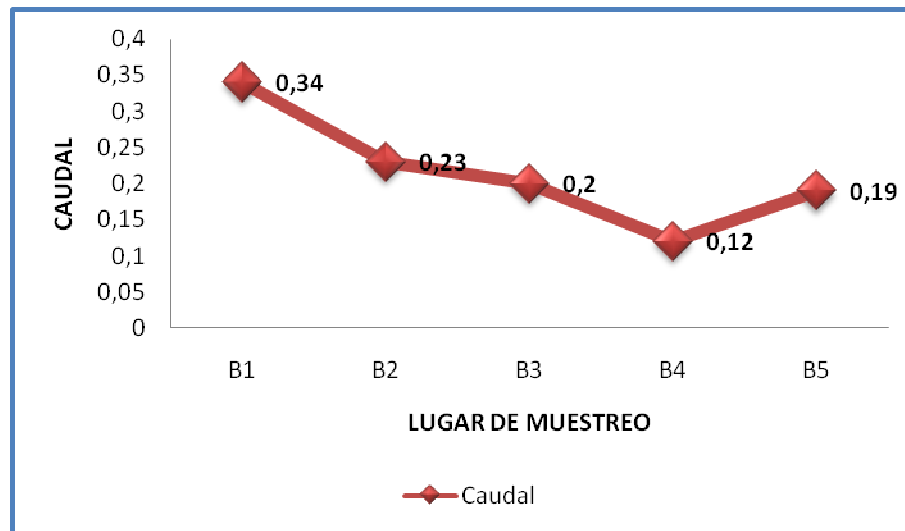
De los datos analizados ningún sector cumple con la presión mínima de operación, el valor del sector B1 es aquel que está por sobre el límite óptimo, mientras que en el sector B4 se registra una caída importante de presión. Es decir que al igual que la zona

anterior en ningún sector hay la presión adecuada que satisfaga las necesidades del consumidor, esta caída de presión se debe a la presencia de fugas en la tubería.

3.3.14 Determinación de Caudal en la zona 2 de la Red N° 2

Tabla 3.3.14-1
Determinación de Caudal en la zona 2 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CAUDAL (L/s)	LÍMITE ÓPTIMO (L/s)	LÍMITE NORMA (L/s)
Veloz y la 44	B1	0,34	0,20	0,25
Junín y Arrayanes	B2	0,23		
Argentinos y Francia	B3	0,2		
Junín y Carabobo	B4	0,12		
Uruguay y New York	B5	0,19		



Graf 3.3.14-1 Determinación de Caudal en la zona 2 de la Red N° 2

El caudal es un dato muy importante para conocer si la red está funcionando de manera adecuada, el sector B1 cumple con el límite y los sectores B2 –B5 están dentro del

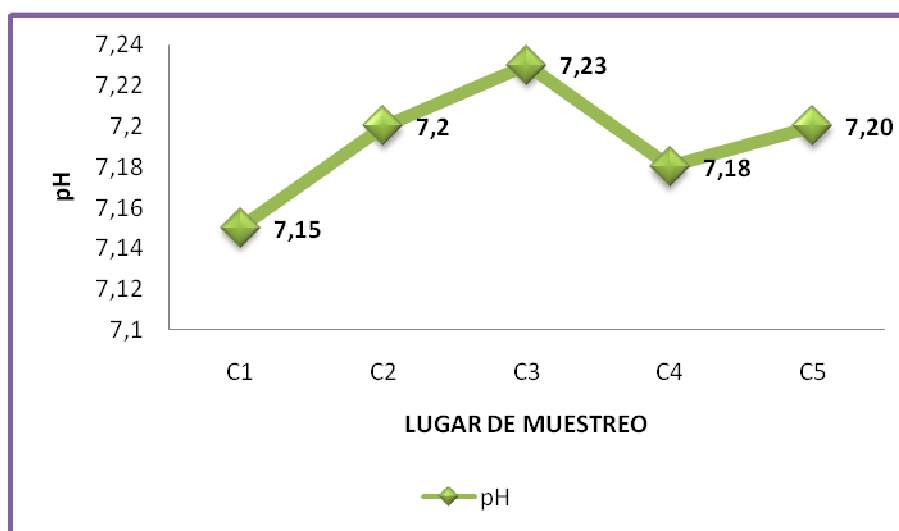
límite óptimo sin embargo analizando estos resultados se puede decir que la zona posee un caudal adecuado que puede satisfacer las necesidades del consumidor, el problema actual es que no existe una distribución continua

3.4 Determinación de las Propiedades Físico - Químicas del agua potable de la zona 3 en la Red N° 2.

3.4.1 Determinación de pH del agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

Tabla 3.4.1-1
Determinación de pH del agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	pH	LÍMITE ÓPTIMO	LÍMITE NORMA
Chile y España	C1	7,15	7 – 7,5	6,5 – 8,5
Colon y Boyacá	C2	7,2		
Villarroel y Benalcázar	C3	7,23		
Primera constituyente y Morona	C4	7,18		
Guayaquil y Espejo	C5	7,20		



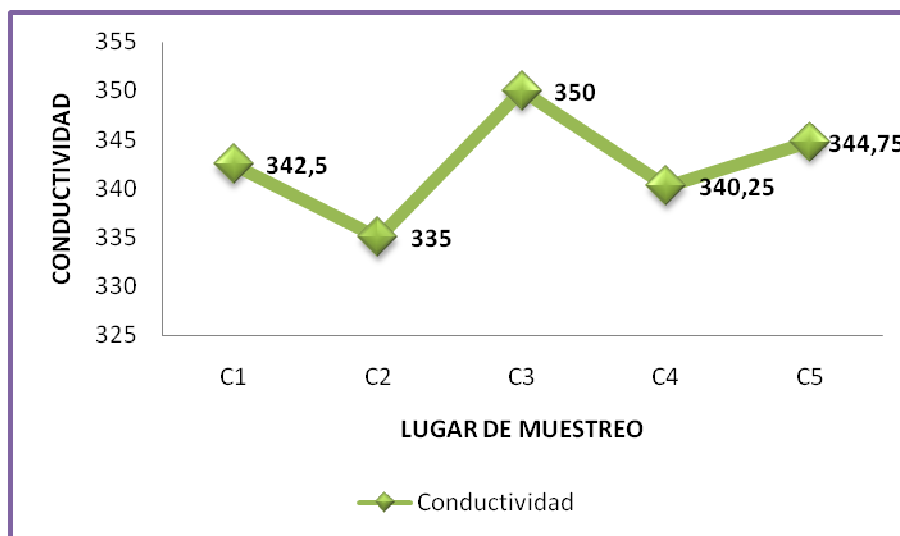
Graf 3.4.1-1 Determinación de de pH del agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

El valor de pH dentro esta zona, cumple con los límites de la norma, y con o los datos están dentro del límite óptimo, por lo cual podemos decir que el agua es apta para el consumo humano por poseer una condición de neutralidad.

3.4.2 Determinación de Conductividad del agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

Tabla 3.4.2-1
Determinación de la Conductividad del agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CONDUCTIVIDAD (mS)	LÍMITE ÓPTIMO (mS)	LÍMITE NORMA (mS)
Chile y España	C1	342,5	300	<1250
Colon y Boyacá	C2	335		
Villarroel y Benalcázar	C3	350		
10 Agosto y Morona	C4	340,25		
Guayaquil y Espejo	C5	344,75		



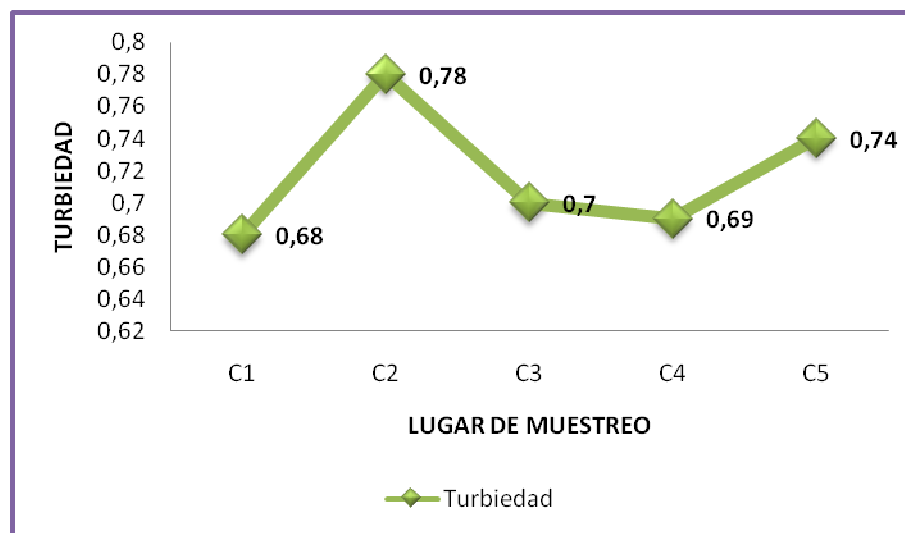
Graf 3.4.2-1 Determinación de la Conductividad del agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

Los datos se encuentran dentro de la normativa, presentando un incremento en la conductividad en el sector C3 durante el análisis. Al ser el límite de la norma muy alto no muestra las condiciones optimas en las que debería estar el agua de la red, pero al comparar estos datos con los límites óptimos podemos darnos cuenta que son atípicos, demostrando que existe alta concentración de minerales en el agua.

3.4.3 Determinación de la Turbiedad del agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

Tabla 3.4.3-1
Determinación de la Turbiedad del agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	TURBIEDAD (NTU)	LÍMITE ÓPTIMO (NTU)	LÍMITE NORMA (NTU)
Chile y España	C1	0,68	0,7 – 0,8	1
Colon y Boyacá	C2	0,78		
Villarroel y Benalcázar	C3	0,7		
10 Agosto y Morona	C4	0,69		
Guayaquil y Espejo	C5	0,74		



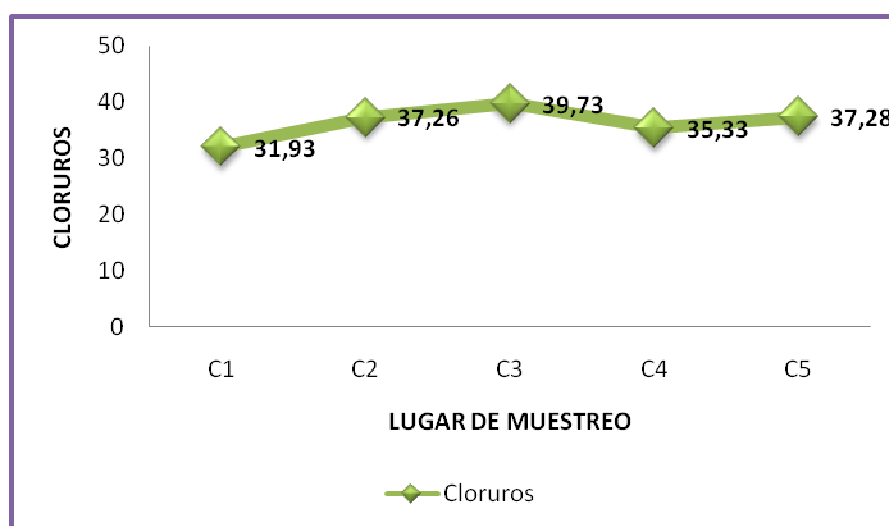
Graf 3.4.3-1 Determinación de la Turbiedad del agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

Todos los datos están dentro del límite permisible de acuerdo a la norma INEN 1108, este límite es 1 NTU, el incremento de la turbiedad se debe a una mayor presencia de sólidos en suspensión y a la acumulación de sedimentos ya que la red no posee continuidad en el servicio lo cual nos indica una reducción en la calidad del agua distribuida.

3.4.4 Determinación de Cloruros en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

Tabla 3.4.4-1
Determinación de la Cloruros en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CLORUROS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Chile y España	C1	31,93	20 - 25	250
Colon y Boyacá	C2	37,26		
Villarroel y Benalcázar	C3	39,73		
10 Agosto y Morona	C4	35,33		
Guayaquil y Espejo	C5	37,28		



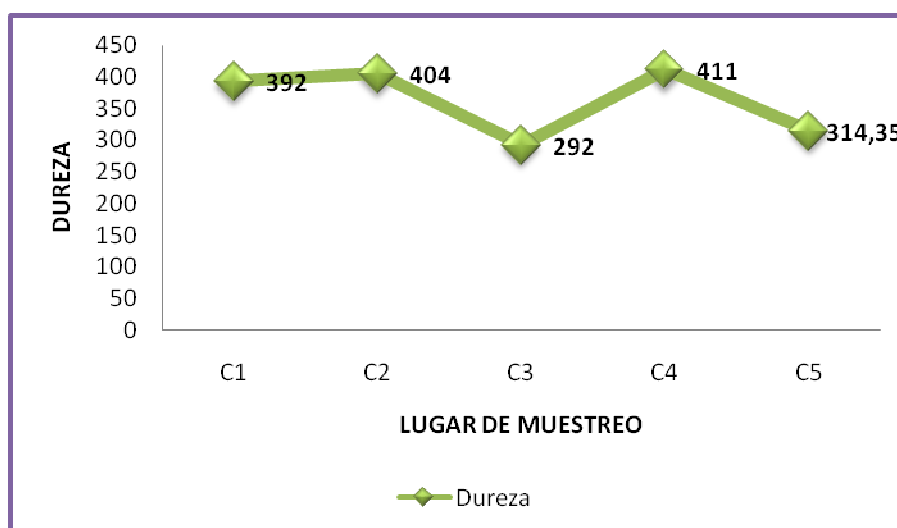
Graf 3.4.4-1 Determinación de Cloruros en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

Los datos de recopilados en el análisis de cloruros para esta zona muestra que la zona se encuentran dentro del límite de la norma, pero fuera del límite óptimo, su presencia indica que existe una gran concentración de sales producida por la discontinua distribución que tiene la red. Además es necesario explicar que los límites de la norma son muy altos y no se ajustan a las características del agua de la ciudad

3.4.5 Determinación de Dureza en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

Tabla 3.4.5-1
Determinación de Dureza en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	DUREZA (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Chile y España	C1	392	250	300
Colon y Boyacá	C2	404		
Villarroel y Benalcázar	C3	292		
10 Agosto y Morona	C4	411		
Guayaquil y Espejo	C5	314,35		



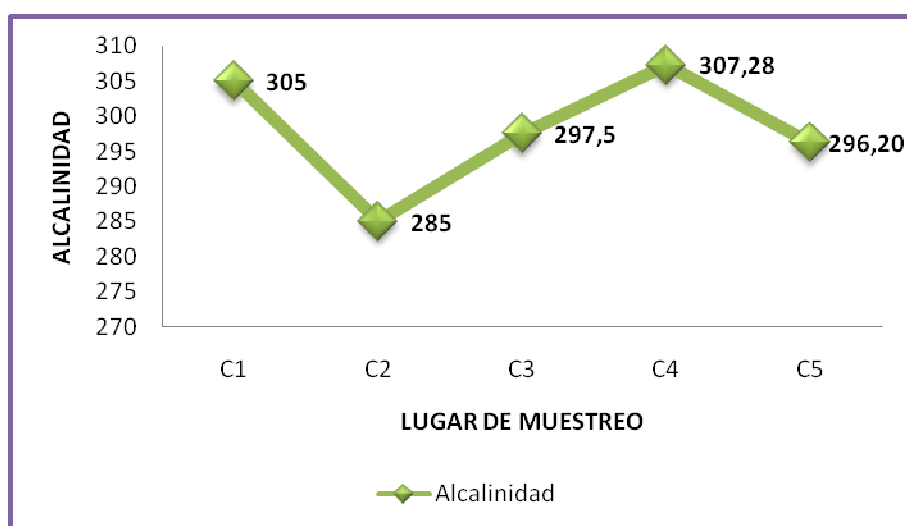
Graf 3.4.5-1 Determinación de Dureza en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

Todos los sectores de esta zona están fuera de norma y fuera del límite óptimo, la norma INEN 1108 determina un límite para dureza de 300 mg/L. Su alta dureza se debe a que el agua que se distribuye en la ciudad de Riobamba es de naturaleza subterránea, razón por la cual ocasiona problemas de incrustaciones, corrosión derivando en rupturas y fugas en la tubería.

3.4.6 Determinación de Alcalinidad en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2.

Tabla 3.4.6-1
Determinación de Alcalinidad en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2.

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	ALCALINIDAD (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Chile y España	C1	305	250	300
Colon y Boyacá	C2	285		
Villarroel y Benalcázar	C3	297,5		
10 Agosto y Morona	C4	307,28		
Guayaquil y Espejo	C5	296,20		



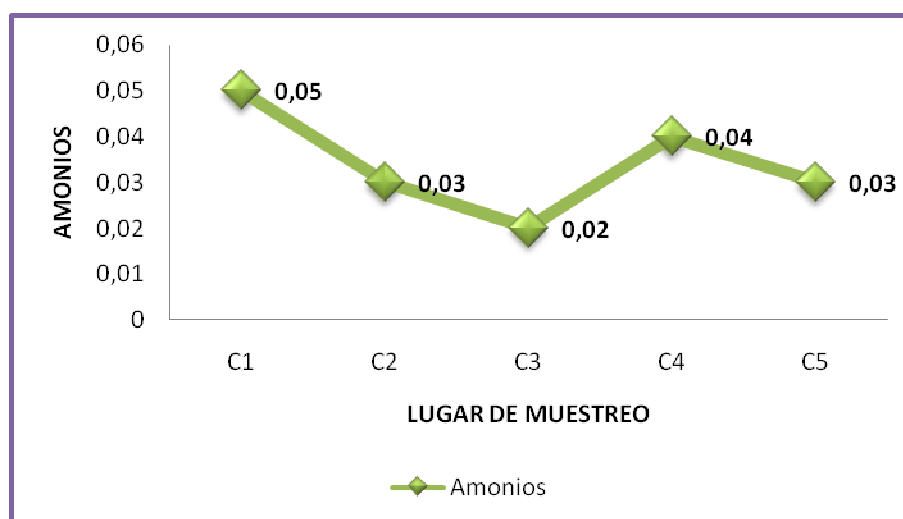
Graf 3.4.6-1 Determinación de Alcalinidad en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2.

Todos los datos recolectados en esta zona se encuentra dentro de la norma, la misma que expresa un límite de 300 mg/L, pero en relación del límite óptimo los datos no cumplen con el mismo, el incremento de la alcalinidad se produce por la acumulación de sales minerales y por la falta de continuidad de la distribución, ya que al no tener un flujo continuo estas sales se depositan en las tuberías degradando la calidad del agua distribuida.

3.4.7 Determinación de Amonios en el agua potable de la zona 3 en la Red N° 2.

Tabla 3.4.7-1
Determinación de Amonios en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2.

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	AMONIOS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)
Chile y España	C1	0,05	0,01	1
Colon y Boyacá	C2	0,03		
Villarroel y Benalcázar	C3	0,02		
10 Agosto y Morona	C4	0,04		
Guayaquil y Espejo	C5	0,03		



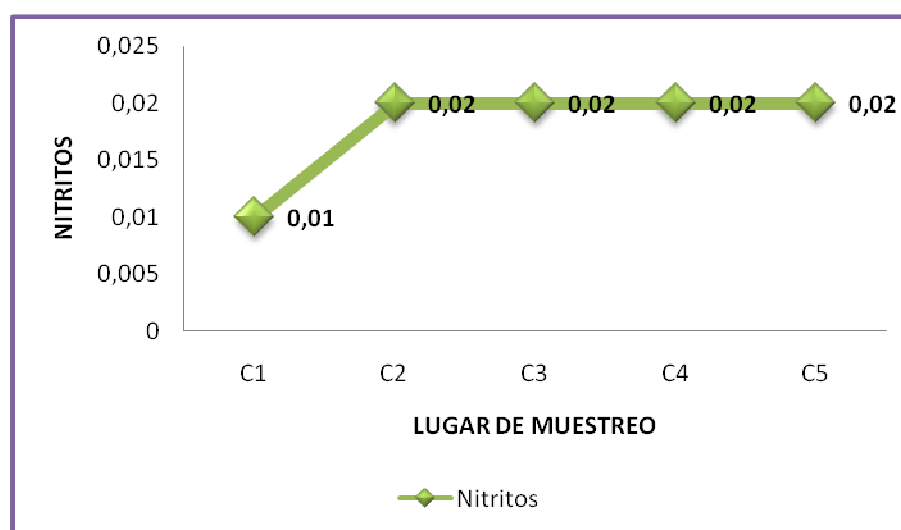
Graf 3.4.7-1 Determinación de Amonios en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2.

Todos los sectores están dentro de los límites que exige la norma, pero no son valores usuales de amonios ya que están fuera del límite óptimo, además de que existe dispersión en los datos, la presencia de amonios indica que existe una fuente de contaminación orgánica por filtración en las tuberías y acumulación de residuos.

3.4.8 Determinación de Nitritos en el agua potable de la zona 3 en la Red N° 2

Tabla 3.4.8-1
Determinación de Nitritos en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2.

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	NITRITOS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Chile y España	C1	0,01	0,01	0
Colon y Boyacá	C2	0,02		
Villarroel y Benalcázar	C3	0,02		
10 Agosto y Morona	C4	0,02		
Guayaquil y Espejo	C5	0,02		



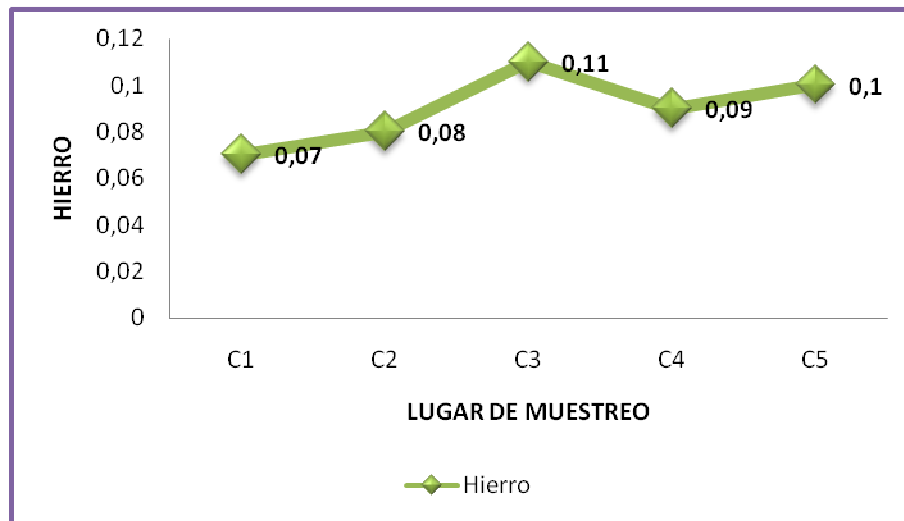
Graf 3.4.8-1 Determinación de Nitritos en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2.

La presencia de nitritos al igual que de amonios en el agua indica que existe contaminación de tipo orgánica, de los datos analizados solo en el sector C1 se observa que se encuentra el límite óptimo y al mismo tiempo todos están fuera de la norma, ratificando la contaminación por nitritos ocasionada por la filtración y acumulación de residuos en las tuberías.

3.4.9 Determinación de Hierro en el agua potable en la zona 3 en la Red N° 2.

Tabla 3.4.9-1
Determinación de Hierro en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	HIERRO (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Chile y España	C1	0,07	0,05	0,8
Colon y Boyacá	C2	0,08		
Villarroel y Benalcázar	C3	0,11		
10 Agosto y Morona	C4	0,09		
Guayaquil y Espejo	C5	0,1		



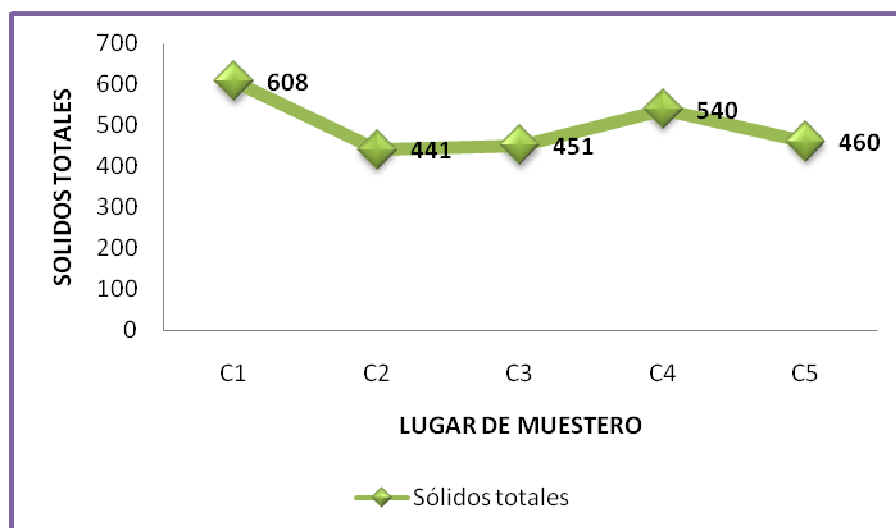
Graf 3.4.9-1 Determinación de Hierro en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2.

De los sectores analizados C1, C2 y C4 están dentro de la norma y los restantes están incumpliendo estos límites siendo los mismos donde se registra mayor presencia de hierro, sin embargo toda la red está fuera del límite óptimo, la presencia de hierro en forma creciente de un sector a otro indica que existe corrosión en las tuberías por causa de la dureza del agua ya que estos mismos sectores poseen también una dureza muy alta que se encuentra fuera de la normativa.

3.4.10 Determinación de Sólidos totales en el agua potable en la zona 3 de la Red N° 2.

**Tabla 3.4.10-1
Determinación de Sólidos totales en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2.**

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	SÓLIDOS TOTALES (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Chile y España	C1	608	260 - 280	1000
Colon y Boyacá	C2	441		
Villarroel y Benalcázar	C3	451		
10 Agosto y Morona	C4	540		
Guayaquil y Espejo	C5	460		



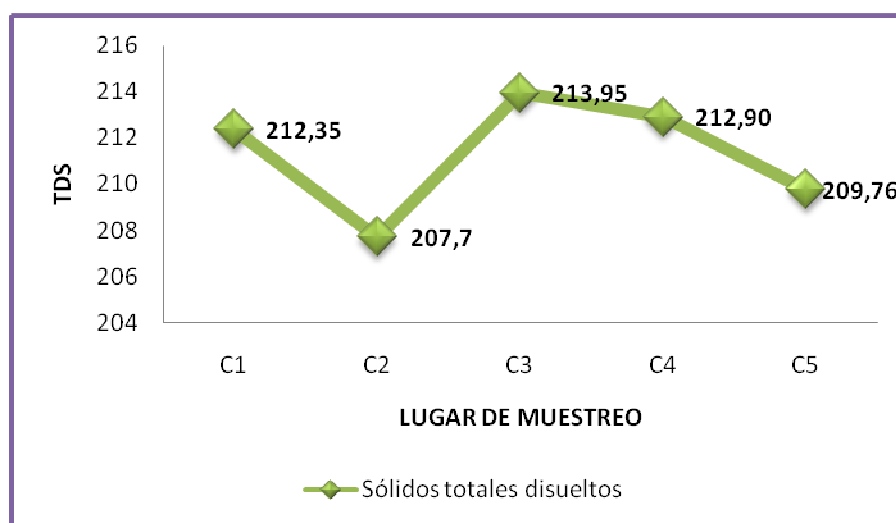
Graf 3.4.10-1 Determinación de Sólidos totales en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2.

Al analizar los resultados podemos ver que existe una gran concentración de sólidos totales, pero a pesar de esto se encuentran dentro de la norma ya que el límite es muy alto por lo tanto muy permisible, al mismo tiempo estos valores están fuera de del rango del límite óptimo, la elevada concentración de sólidos presentes indican acumulación de residuos en la tuberías por el estacionamiento del agua en las mismas.

3.4.11 Determinación de Sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

Tabla 3.4.11-1 Determinación de Sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2.

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	TDS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Chile y España	C1	212,35	180 - 190	1000
Colon y Boyacá	C2	207,7		
Villarroel y Benalcázar	C3	213,95		
10 Agosto y Morona	C4	212,90		
Guayaquil y Espejo	C5	209,76		



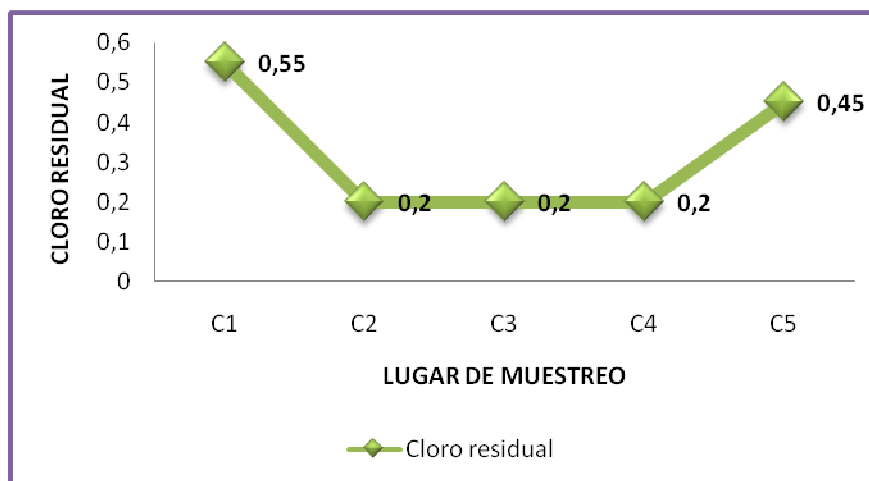
Graf 3.4.11-1 Determinación de sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2.

La presencia de sólidos disueltos (TDS) al igual que los sólidos totales, está dentro de los límites establecidos por la INEN 1108, pero fuera del límite óptimo, problema ocasionado por el estacionamiento del agua durante periodos de tiempo, acumulando sedimentos al no tener una continuidad en el servicio, reduciendo la calidad del agua distribuida.

3.4.12 Determinación de Cloro residual en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2.

Tabla 3.4.12-1 Determinación de Cloro residual en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2.

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	COLOR RESIDUAL (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Chile y España	C1	0,55	0,6	0,6 - 1
Colon y Boyacá	C2	0,2		
Villaruel y Benalcázar	C3	0,2		
10 Agosto y Morona	C4	0,2		
Guayaquil y Espejo	C5	0,45		



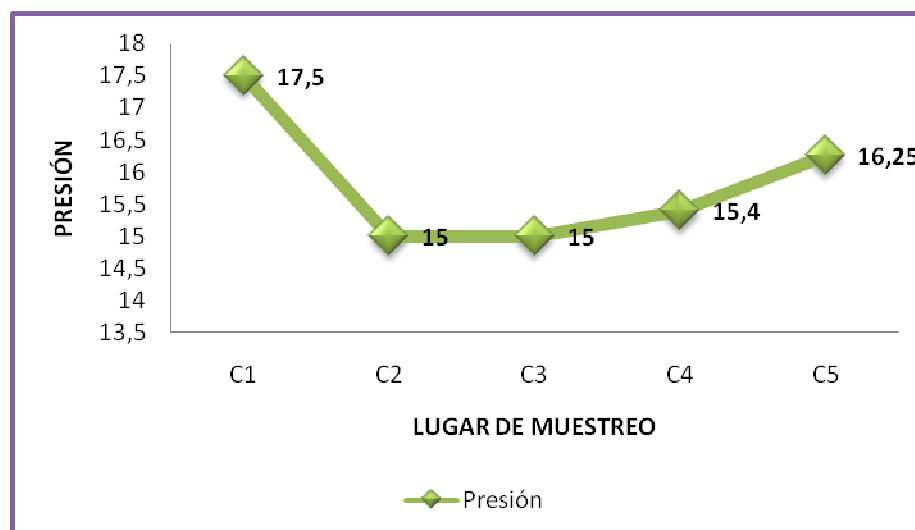
Graf 3.4.12-1 Determinación de Cloro residual en el agua potable de la zona 3 de la Red N° 2

Todos los valores analizados indican que si existe cloro residual en el agua analizada en esta zona, estos datos obtenidos no cumplen con los límites óptimos ni con los límites de la norma, incluso existen sectores donde se registra el valores bajos de cloro, la disminución del cloro residual se debe a que existe una fuente de contaminación, la misma que está consumiendo en mayor cantidad el cloro residual, indicando que la calidad del agua se va deteriorando.

3.4.13 Determinación de Presión en la zona 3 de la Red N° 2

**Tabla 3.4.13-1
Determinación de Presión en la zona 3 de la Red N° 2.**

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	PRESIÓN (PSI)	LÍMITE ÓPTIMO (PSI)	LÍMITE NORMA (PSI)
Chile y España	C1	17,5	25	25 - 30
Colon y Boyacá	C2	15		
Villarroel y Benalcázar	C3	15		
10 Agosto y Morona	C4	15,4		
Guayaquil y Espejo	C5	16,25		



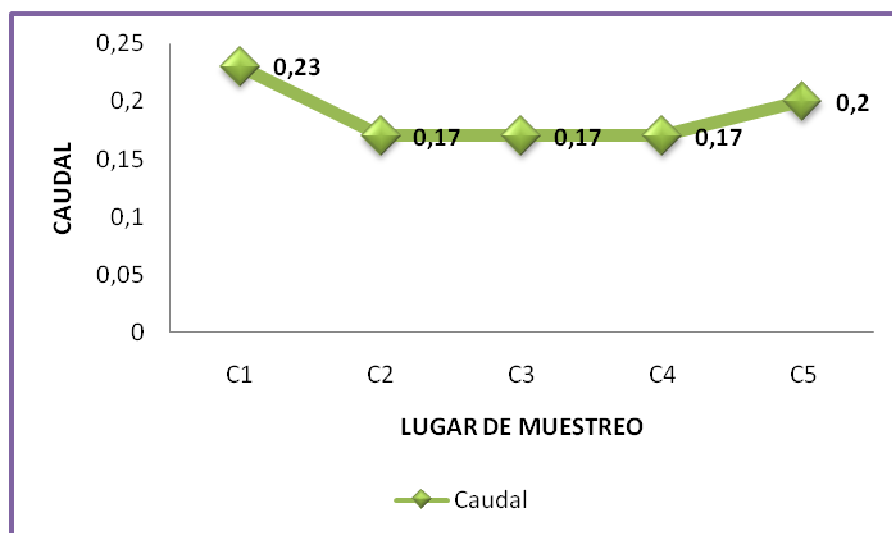
Graf 3.4.13-1 Determinación de Presión en la zona 3 de la Red N° 2.

Luego de analizar esta zona se determino que sectores como C2, C3 y C4 la medición de presión apenas llego a la mitad de la presión requerida, mientras que el sector C1 tiene la presión más alta registrada en la zona, sin embargo en ningún lugar se cumple con el límite requerido incluso son menores al límite óptimo mostrando así que existe pérdida de presión en las tuberías, por fuga o ruptura de la misma.

3.4.14 Determinación de el Caudal en la zona 3 de la Red N° 2.

**Tabla 3.4.14-1
Determinación de Caudal en la zona 3 de la Red N° 2.**

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CAUDAL (L/s)	LÍMITE ÓPTIMO (L/s)	LÍMITE NORMA (L/s)
Chile y España	C1	0,23	0,20	0,25
Colon y Boyacá	C2	0,17		
Villarroel y Benalcázar	C3	0,17		
10 Agosto y Morona	C4	0,17		
Guayaquil y Espejo	C5	0,2		



Graf 3.4.14-1 Determinación de Caudal en la zona 3 de la Red N° 2.

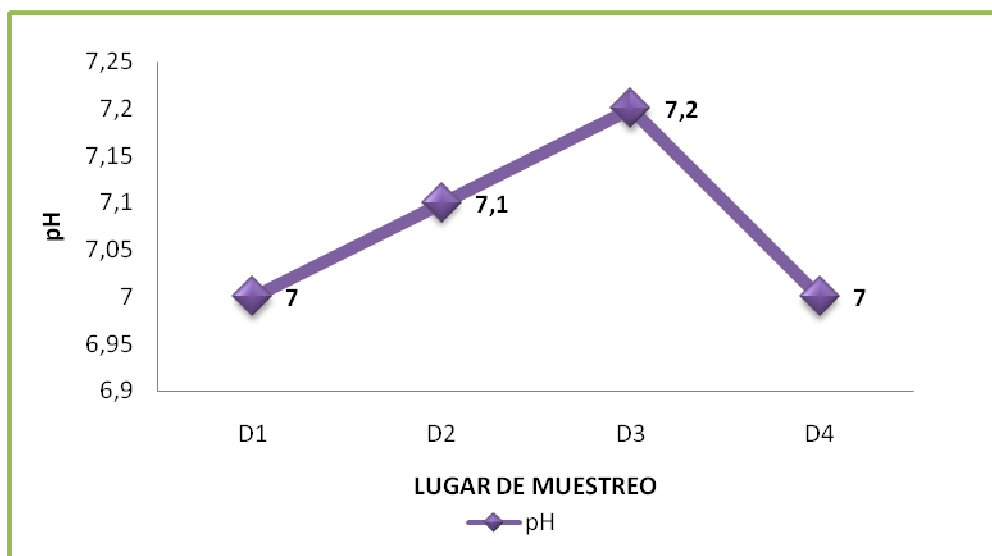
Al analizar los resultados obtenidos podemos ver que respecto al límite óptimo los sectores C1 y C5 están dentro de este límite mientras que los demás sectores presentan un caudal moderado, sin embargo analizando estos resultados se puede decir que la zona posee un caudal adecuado que puede satisfacer las necesidades del consumidor, el problema actual es que no existe una distribución continua

3.5 Determinación de las Propiedades Físico - Químicas del agua potable de la zona 4 en la Red N° 2.

3.5.1 Determinación de pH del agua potable de la zona 4 de la Red N° 2

**Tabla 3.5.1-1
Determinación de pH del agua potable de la zona 4 de la Red N° 2.**

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	pH	LÍMITE ÓPTIMO	LÍMITE NORMA
Coop. 21 de abril	D1	7	7 – 7,5	6,5 – 8,5
Unach	D2	7,1		
Coop. 21 de abril	D3	7,2		
Unach	D4	7		



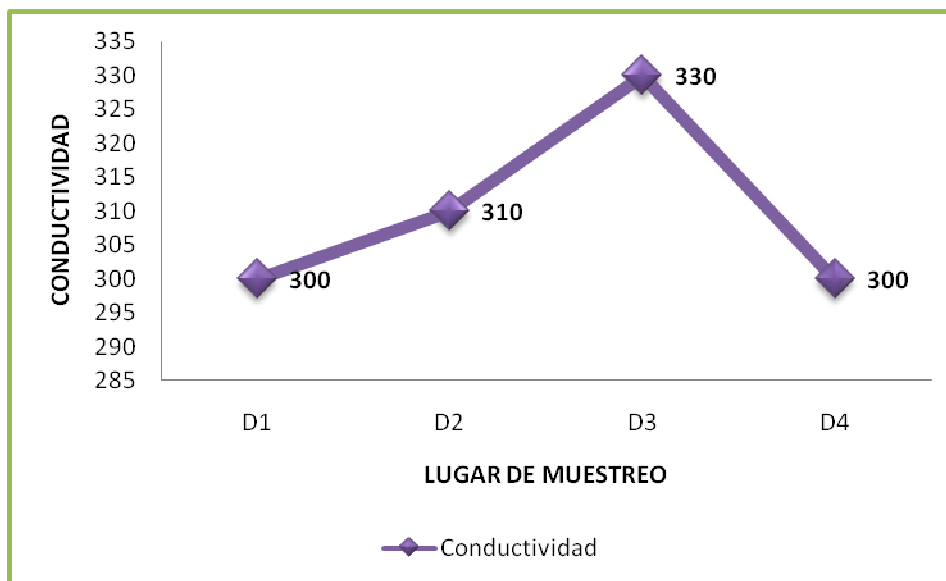
Graf 3.5.1-1 Determinación de pH del agua potable de la zona 4 de la Red N° 2.

De entre los resultados analizados el valor de pH en el sector D3 es el más alto dentro de la zona 4, a pesar de esto, todos los datos están cumpliendo con los límites de la norma y dentro del límite óptimo, en consecuencia podemos decir que el agua de esta zona es neutra, por lo tanto apta para el consumo humano.

3.5.2 Determinación de la Conductividad del agua potable de la zona 4 de la Red N° 2

**Tabla 3.5.2-1
Determinación de la Conductividad del agua potable de la zona 4 de la Red N° 2.**

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CONDUCTIVIDAD (mS)	LÍMITE ÓPTIMO (mS)	LÍMITE NORMA (mS)
Coop. 21 de abril	D1	300	300	<1250
Unach	D2	310		
Coop. 21 de abril	D3	330		
Unach	D4	300		



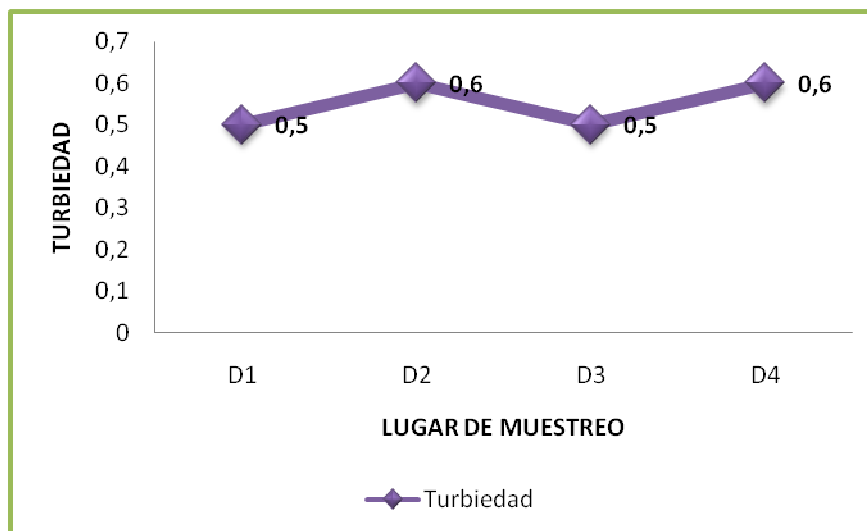
Graf 3.5.2-1 Determinación de la Conductividad del agua potable de la zona 4 de la Red N° 2.

Todos los datos se encuentran dentro de los límites explicados en la normativa, sin embargo los valores de los sectores D2 y D3 están fuera del límite óptimo, este aumento de la conductividad indica que una mayor concentración de minerales disueltos en el agua. Esta concentración se da por falta de una continua distribución ocasionando la acumulación de sedimentos.

3.5.3 Determinación de la Turbiedad del agua potable de la zona 4 de la Red N° 2

**Tabla 3.5.3-1
Determinación de la Turbiedad del agua potable de la zona 4 de la Red N° 2.**

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	TURBIEDAD (NTU)	LÍMITE ÓPTIMO (NTU)	LÍMITE NORMA (NTU)
Coop. 21 de abril	D1	0,5	0,7 – 0,8	1
Unach	D2	0,6		
Coop. 21 de abril	D3	0,5		
Unach	D4	0,6		



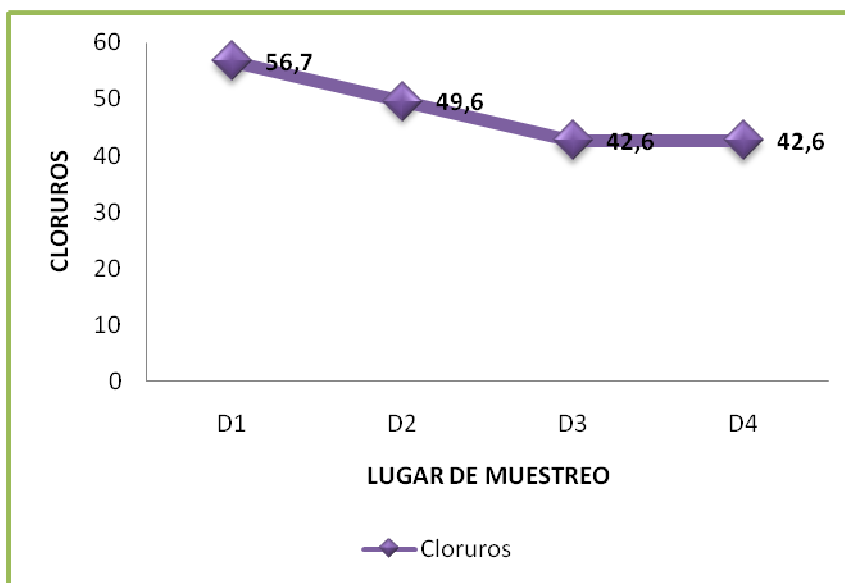
Graf 3.5.3-1 Determinación de la Turbiedad del agua potable de la zona 4 de la Red N° 2.

Todos los datos están dentro del límite permisible de acuerdo a la norma INEN 1108, este límite es 1 NTU, el incremento de la turbiedad se debe a una mayor presencia de sólidos en suspensión y a la acumulación de sedimentos ya que la red no posee continuidad en el servicio lo cual nos indica una reducción en la calidad del agua distribuida.

3.5.4 Determinación de Cloruros en el agua potable de la zona 4 de la Red N° 2

**Tabla 3.5.4-1
Determinación de Cloruros en el agua potable de la zona 4 de la Red N° 2.**

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CLORUROS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Coop. 21 de abril	D1	56,7	20 - 25	250
Unach	D2	49,6		
Coop. 21 de abril	D3	42,6		
Unach	D4	42,6		



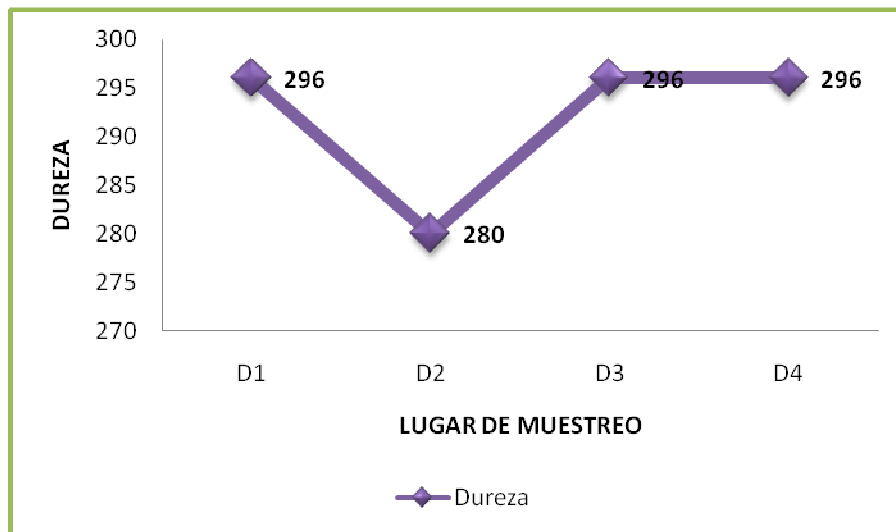
Graf 3.5.4-1 Determinación de Cloruros en el agua potable de la zona 4 de la Red N° 2

Los datos de cloruros para esta zona se encuentran dentro de los límites expresados en la norma INEN 1108, pero todos están fuera del límite óptimo, hay que recalcar que D1 es valor más alto mientras que D3 y D4 poseen cierta estabilidad. Pero estos datos son atípicos dentro del análisis de agua ya que están fuera del rango del límite óptimo. Este análisis indica que existe una gran concentración de sales producida por la discontinua distribución que tiene la red. Además es necesario explicar que los límites de la norma son muy altos y no se ajustan a las características del agua de la ciudad

3.5.5 Determinación de Dureza en el agua potable de la zona 4 de la Red N° 2

**Tabla 3.5.5-1
Determinación de Dureza en el agua potable de la zona 4 de la Red N° 2.**

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	DUREZA (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Coop. 21 de abril	D1	296	250 - 270	300
Unach	D2	280		
Coop. 21 de abril	D3	296		
Unach	D4	296		



Graf 3.5.5-1 Determinación de Dureza en el agua potable de la zona 4 de la Red N°2.

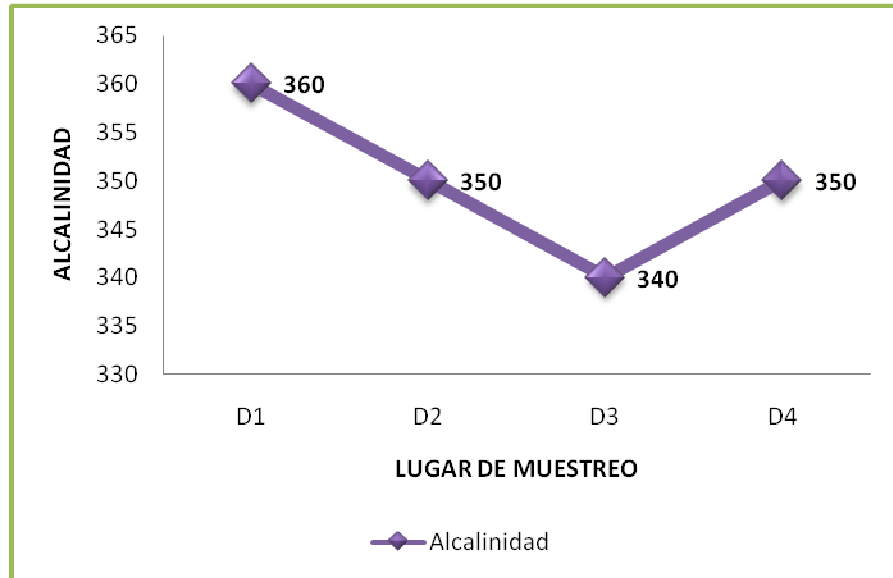
Todos los sectores de esta zona están dentro de norma y fuera del límite óptimo, la norma INEN 1108 determina un límite para dureza de 300 mg/L. Su alta dureza se debe a que el agua que se distribuye en la ciudad de Riobamba es de naturaleza subterránea, razón por la cual ocasiona problemas de incrustaciones, corrosión derivando en rupturas y fugas en la tubería.

3.5.6 Determinación de Alcalinidad en el agua potable de la zona 4 de la Red N° 2

Tabla 3.5.6-1 Determinación de Alcalinidad en el agua potable de la zona 4 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	ALCALINIDAD (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Coop. 21 de abril	D1	360	250	300
Unach	D2	350		
Coop. 21 de abril	D3	340		

Unach	D4	350		
-------	----	-----	--	--



Graf 3.5.6-1 Determinación de Alcalinidad en el agua potable de la zona 4 de la Red N° 2

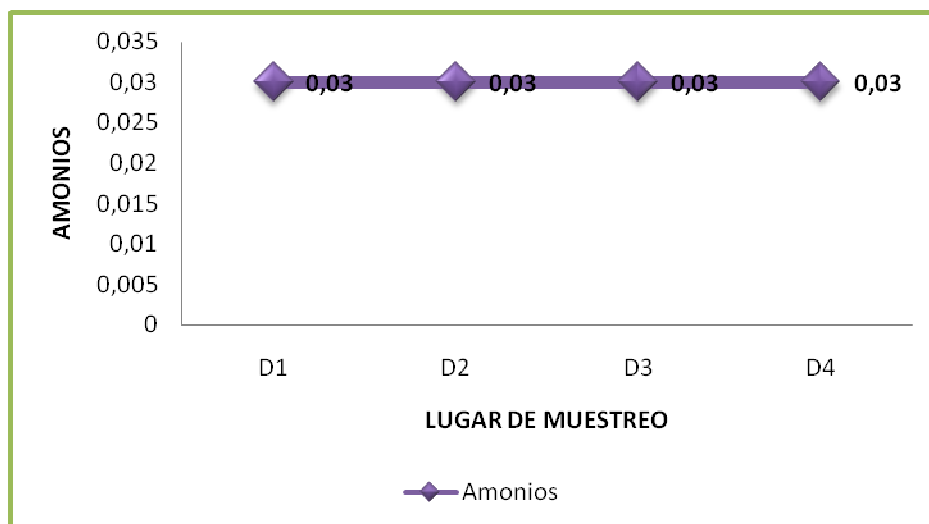
Todos los datos recolectados en esta zona se encuentra fuera de los límites de la norma INEN 1108, la misma que expresa un límite de 300 mg/L, pero en relación del límite óptimo los datos no cumplen con el mismo, el incremento de la alcalinidad se produce por la acumulación de sales minerales y por la falta de continuidad de la distribución, ya que al no tener un flujo continuo estas sales se depositan en las tuberías disminuyendo la calidad del agua.

3.5.7 Determinación de Amonios en el agua potable de la zona 4 en la Red N° 2

**Tabla 3.5.7-1
Determinación de Amonios en el agua potable de la zona 4 en la Red N° 2**

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	AMONIOS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Coop. 21 de abril	D1	0,03	0,01	1

Unach	D2	0,03		
Coop. 21 de abril	D3	0,03		
Unach	D4	0,03		



Graf 3.5.7-1 Determinación de Amonios en el agua potable de la zona 4 en la Red N° 2

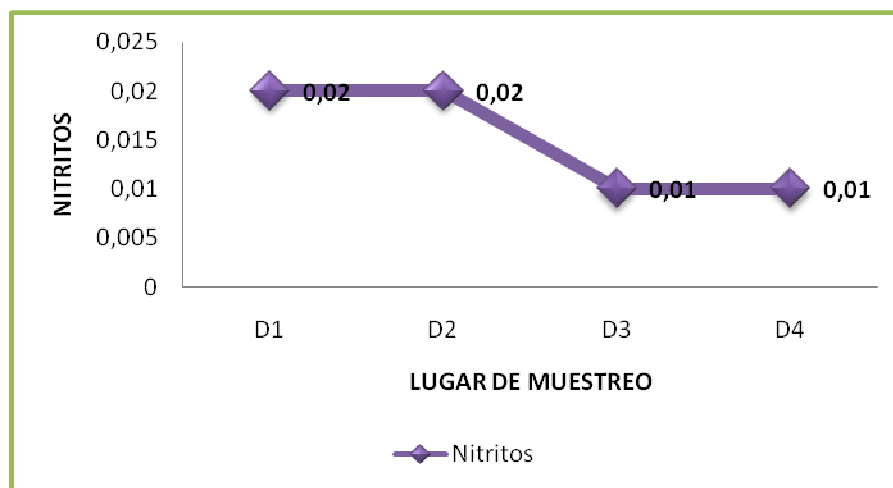
Todos los sectores ubicados dentro de la zona 4 están dentro de los límites que exige la normativa, pero no son valores usuales de amonios ya que están fuera del límite óptimo, además de que existe dispersión en los datos, la presencia de amonios indica que existe una fuente de contaminación orgánica por filtración en las tuberías y acumulación de residuos.

3.5.8 Determinación de Nitritos en el agua potable de la zona 4 en la Red N° 2.

**Tabla 3.5.8-1
Determinación de Nitritos en el agua potable de la zona 4 en la red n° 2.**

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	NITRITOS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
-------------------	--------	-----------------	----------------------	---------------------

Coop. 21 de abril	D1	0,02	0,01	0
Unach	D2	0,02		
Coop. 21 de abril	D3	0,01		
Unach	D4	0,01		



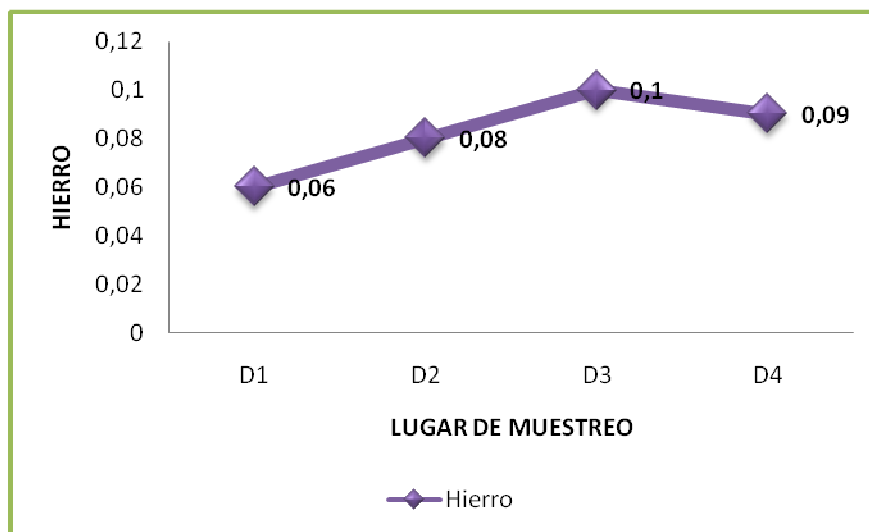
Graf 3.5.8-1 Determinación de Nitritos en el agua potable de la zona 4 en la Red N° 2.

La presencia de nitritos al igual que de amonios en el agua, indica que existe contaminación de tipo orgánica, de los datos analizados los sectores D3 y D4 se encuentran dentro del límite óptimo y al mismo tiempo todos están fuera de la norma, ratificando la contaminación por nitritos ocasionada por la filtración y acumulación de residuos en las tuberías.

3.5.9 Determinación de Hierro en el agua potable en la zona 4 en la Red N° 2.

**Tabla 3.5.9-1
Determinación de Hierro en el agua potable en la zona 4 en la Red N° 2.**

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	HIERRO (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Coop. 21 de abril	D1	0,06	0,05	0,8
Unach	D2	0,08		
Coop. 21 de abril	D3	0,1		
Unach	D4	0,09		



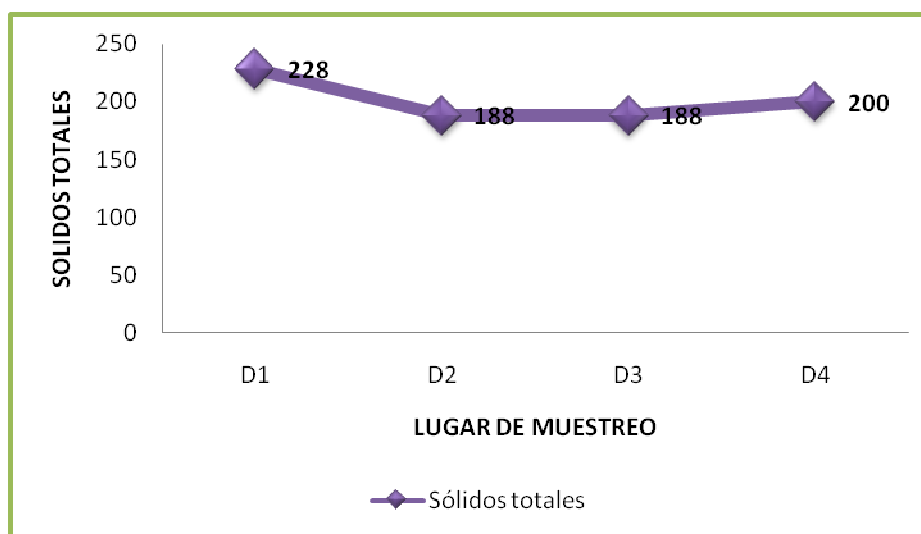
Graf 3.5.9-1 Determinación de Hierro en el agua potable en la zona 4 en la Red N°2

De los sectores analizados todos están fuera de la norma y fuera del límite óptimo los de manera que en los lugares donde se registra mayor presencia de hierro también se presenta mayor incidencia de dureza, la presencia de hierro en forma creciente de un sector a otro indica que existe corrosión en las tuberías por causa de la dureza

3.5.10 Determinación de Sólidos totales en el agua potable en la zona 4 de la Red N° 2.

Tabla 3.5.10-1
Determinación de Sólidos totales en el agua potable en la zona 4 de la Red N° 2.

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	SÓLIDOS TOTALES (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Coop. 21 de abril	D1	228	260 - 280	1000
Unach	D2	188		
Coop. 21 de abril	D3	188		
Unach	D4	200		



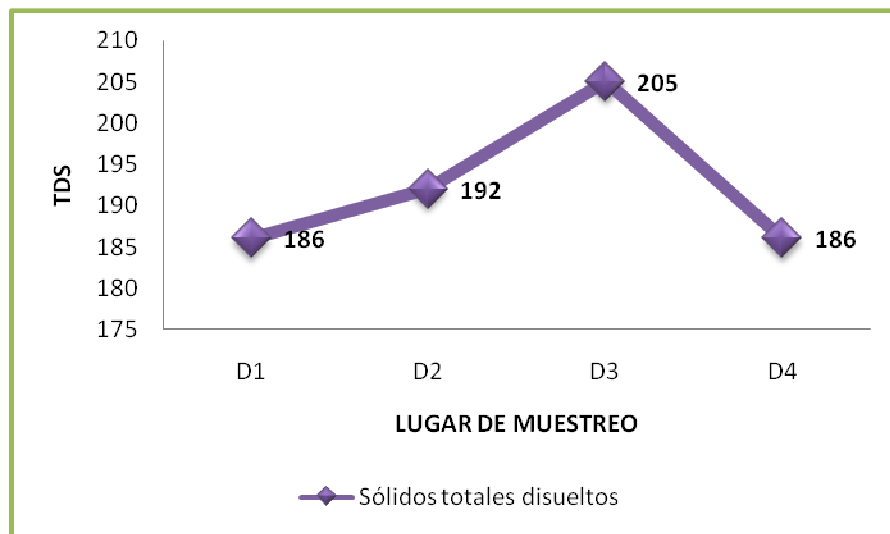
Graf 3.5.10-1 Determinación de Sólidos totales en el agua potable en la zona 4 de la Red N° 2.

Los sólidos totales se encuentran dentro de la norma, pero su presencia indica estacionamiento del agua por la falta de continuidad en el servicio, sin embargo es la única zona que está por debajo del límite óptimo este resultado se ve influenciado ya que en relación a los demás sectores este posee tuberías de menor edad.

3.5.11 Determinación de Sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 4 de la Red N° 2

Tabla 3.5.11-1
Determinación de Sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 4 de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	TDS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Coop. 21 de abril	D1	186	180 - 190	1000
Unach	D2	192		
Coop. 21 de abril	D3	205		
Unach	D4	186		



Graf 3.5.11-1 Determinación de Sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la zona 4 de la Red N° 2.

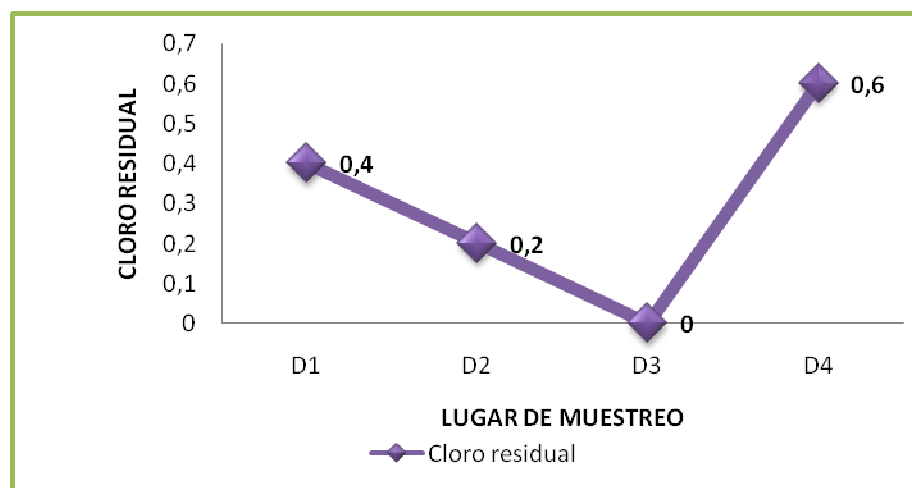
El análisis de este parámetro indica que todos los sectores se encuentran bajo la normativa, sin embargo al igual que las demás zonas su presencia indica estacionamiento del agua por la falta de continuidad en el servicio y al igual que el parámetro anterior también se ve influenciado ya que es un sistema relativamente nuevo en comparación a los demás sectores.

3.5.12 Determinación de Cloro residual en el agua potable de la zona 4 de la Red N° 2.

Tabla 3.5.12-1

Determinación de Cloro residual en el agua potable de la zona 4 de la Red N° 2.

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	COLOR RESIDUAL (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Coop. 21 de abril	D1	0,4	0,6	0,6 - 1
Unach	D2	0,2		
Coop. 21 de abril	D3	0		
Unach	D4	0,6		



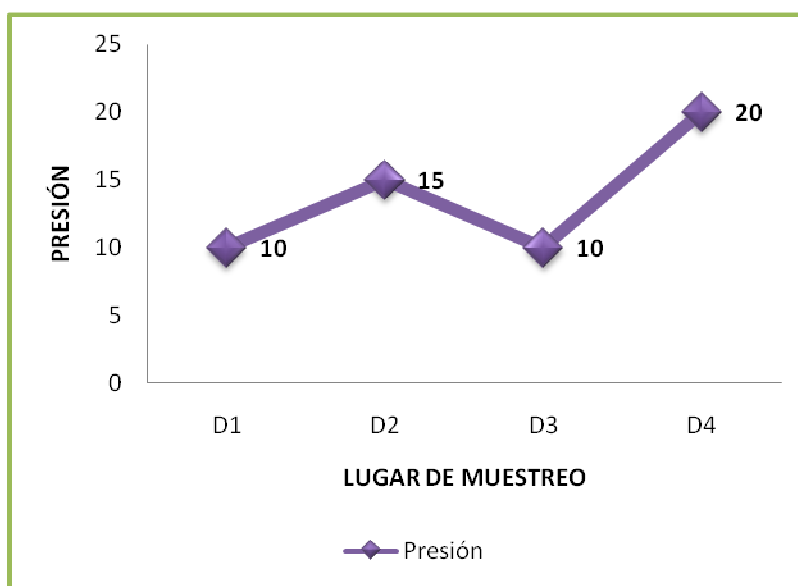
Graf 3.5.12-1 Determinación de Cloro residual en el agua potable de la zona 4 de la Red N° 2

Los valores analizados indican que si existe cloro residual en el agua analizada en cada sector, estos datos obtenidos no cumplen con los límites óptimos ni con los límites de la norma 1108, incluso existen sectores donde se registra valores de cero como se aprecia en la grafica, la disminución del cloro residual se debe a que existe una fuente de contaminación, la misma que está consumiendo en mayor cantidad el cloro residual o que la cloración no es eficiente, produciendo un deterioro en la calidad del agua.

3.5.13 Determinación de Presión en la zona 4 de la Red N° 2

Tabla 3.5.13-1
Determinación de Presión en la zona 4 de la Red N° 2.

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	PRESIÓN (PSI)	LÍMITE ÓPTIMO (PSI)	LÍMITE NORMA (PSI)
Coop. 21 de abril	D1	10	25	25 - 30
Unach	D2	15		
Coop. 21 de abril	D3	10		
Unach	D4	20		



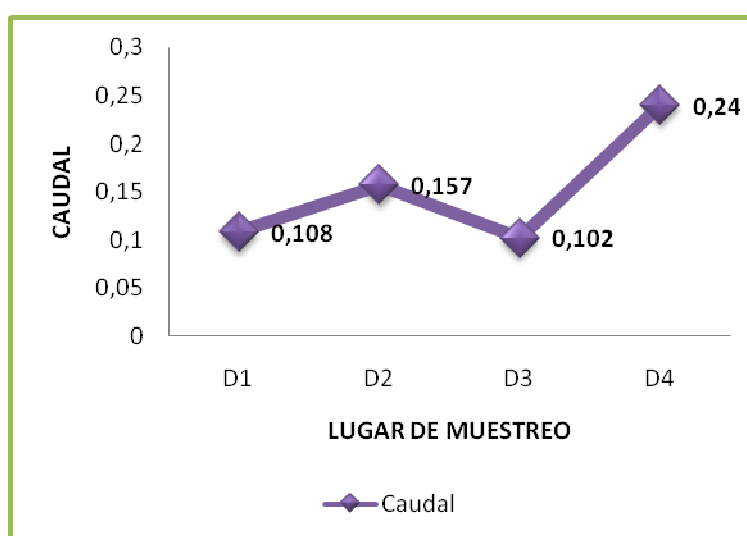
Graf 3.5.13-1 Determinación de Presión en la zona 4 de la Red N° 2.

Al igual que las zonas anteriores ningún sector cumple los límites de la norma en cuanto a la presión, la presión mínima de operación es de 30 PSI. El valor más alto que se registra en esta zona es en el sector D4, sin embargo sigue siendo bajo el nivel de presión incluso no está dentro del límite óptimo, es decir que al igual que la zona anterior en ningún sector hay la presión adecuada que satisfaga las necesidades del consumidor, esta caída de presión se debe a la presencia de fugas en la tubería.

3.5.14 Determinación del Caudal en la zona 4 de la Red N° 2

Tabla 3.5.14-1
Determinación del Caudal en la zona 4 de la Red N° 2.

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CAUDAL (L/s)	LÍMITE ÓPTIMO (L/s)	LÍMITE NORMA (L/s)
Coop. 21 de abril	D1	0,108	0,20	0,25
Unach	D2	0,157		
Coop. 21 de abril	D3	0,102		
Unach	D4	0,24		



Graf 3.5.14-1 Determinación del Caudal en la zona 4 de la Red N° 2

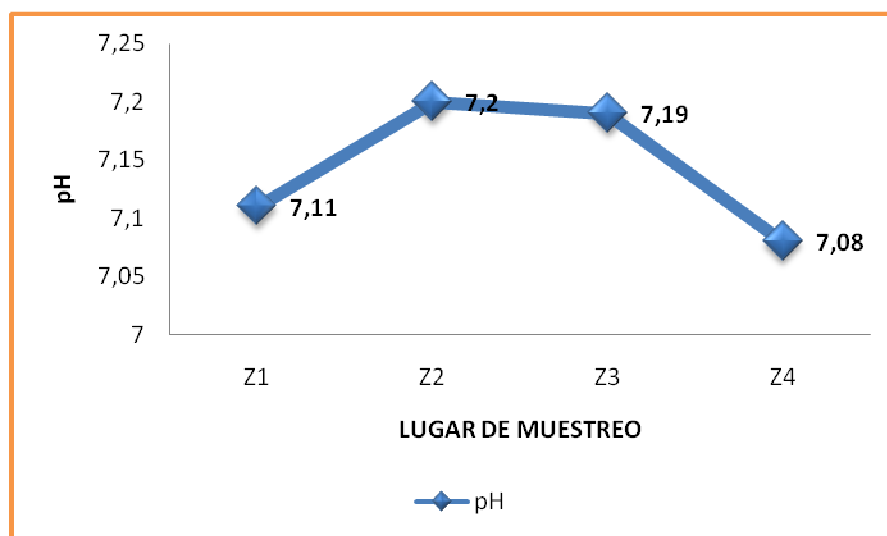
El caudal es un dato muy importante para conocer si la red está operando de manera adecuada, el sector D4 se acerca al límite de la norma pero cumple con el límite óptimo mientras que los demás sectores no están dentro de los límites comparado, sin embargo analizando estos resultados se puede decir que la zona posee un caudal adecuado que puede satisfacer las necesidades del consumidor, el problema actual es que no existe una distribución continua.

3.6 Determinación de las Propiedades Físico - Químicas de la Red N° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba.

3.6.1 Determinación de pH del agua potable de la Red N° 2

Tabla 3.6.1-1.
Determinación de pH del agua potable de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	pH	LÍMITE ÓPTIMO	LÍMITE NORMA
Zona 1	Z1	7,11	7 – 7,5	6,5 – 8,5
Zona 2	Z2	7,2		
Zona 3	Z3	7,19		
Zona 4	Z4	7,08		



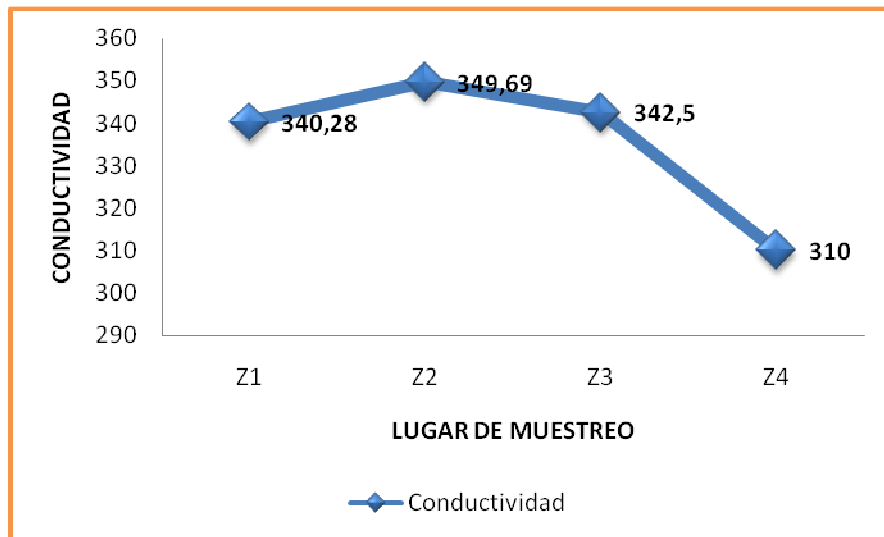
Graf 3.6.1-1. Determinación de pH del agua potable de la Red N° 2

La norma INEN 1108 indica que el agua potable debe poseer un pH entre 6,5 y 8,5; luego de analizar todas las zonas podemos ver que los valores obtenidos se encuentran dentro de la normativa y dentro del límite óptimo por lo que podemos decir que el agua de toda la red N° 2 de la ciudad de Riobamba es neutra y por tanto apta para el consumo humano.

3.6.2 Determinación de la Conductividad del agua potable de la Red N° 2.

Tabla 3.6.2-1.
Determinación de la Conductividad del agua potable de la Red N° 2.

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CONDUCTIVIDAD (mS)	LÍMITE ÓPTIMO (mS)	LÍMITE NORMA (mS)
Zona 1	Z1	340,28	300	<1250
Zona 2	Z2	349,69		
Zona 3	Z3	342,5		
Zona 4	Z4	310		



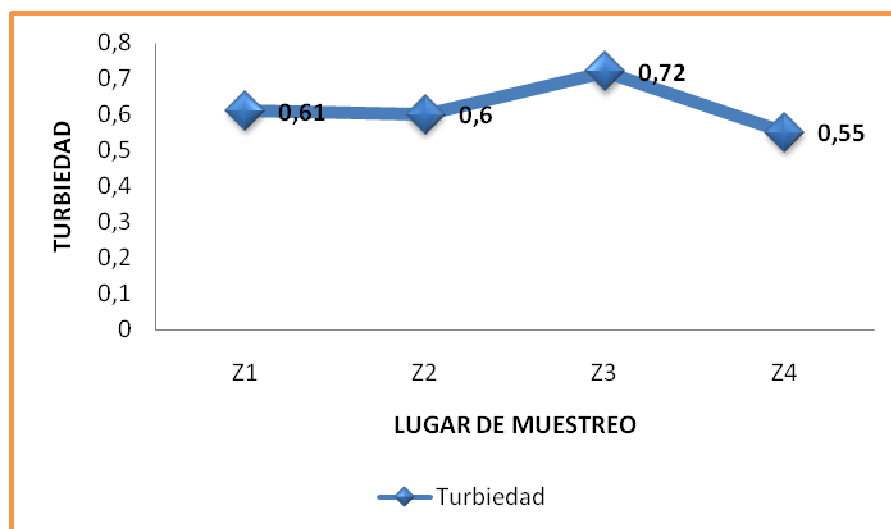
Graf 3.6.2-1. Determinación de la Conductividad del agua potable de la Red N° 2.

Todas las zonas se encuentran dentro de la norma, los límites de conductividad que el agua potable debe ser menor a los 1250 mS para que sea apta para el consumo humano, al realizar el análisis los datos obtenidos en la caracterización físico – química pese a estar dentro de la normativa no se encuentran dentro de los límites óptimos. El incremento en la conductividad se produce por la acumulación de minerales y al no existir una distribución continua estos son arrastrados por hasta el consumidor final.

3.6.3 Determinación de la Turbiedad del agua potable de la Red N° 2

Tabla 3.6.3-1. Determinación de la Turbiedad del agua potable de la Red N° 2.

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	TURBIEDAD (NTU)	LÍMITE ÓPTIMO (NTU)	LÍMITE NORMA (NTU)
Zona 1	Z1	0,61	0,7 – 0,8	1
Zona 2	Z2	0,6		
Zona 3	Z3	0,72		
Zona 4	Z4	0,55		



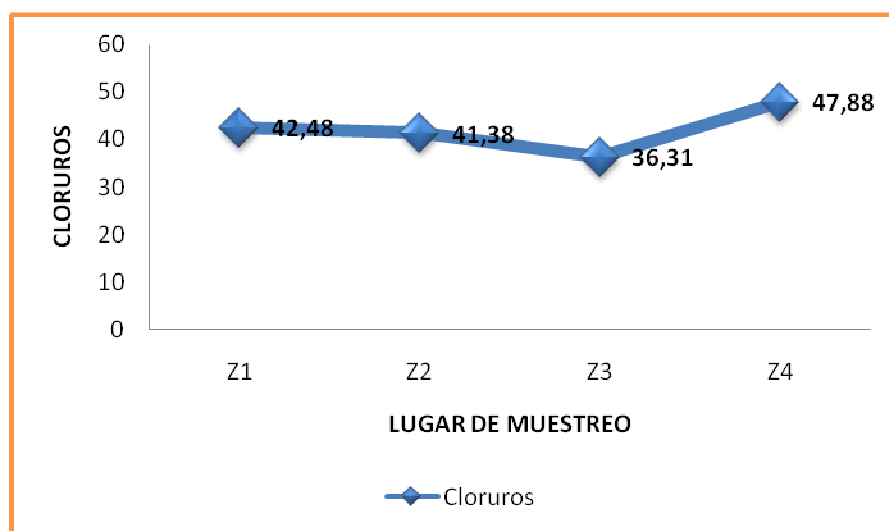
Graf 3.6.3-1. Determinación de la Turbiedad del agua potable de la Red N° 2.

Al analizar toda la red podemos ver que los resultados obtenidos de cada zona están dentro del límite permitido por la norma INEN 1108 y al mismo tiempo dentro del límite óptimo sin embargo el incremento registrado en la zona Z3 indica que existe una cantidad considerable de sólidos en suspensión y sedimentos presentes en la tubería por falta de continuidad de distribución en la red.

3.6.4 Determinación de Cloruros en el agua potable de la Red N° 2

Tabla 3.5.4-1
Determinación de Cloruros en el agua potable de la Red N° 2.

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CLORUROS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Zona 1	Z1	42,48	20 - 25	250
Zona 2	Z2	41,38		
Zona 3	Z3	36,31		
Zona 4	Z4	47,88		



Graf 3.6.4-1 Determinación de Cloruros en el agua potable de la Red N° 2

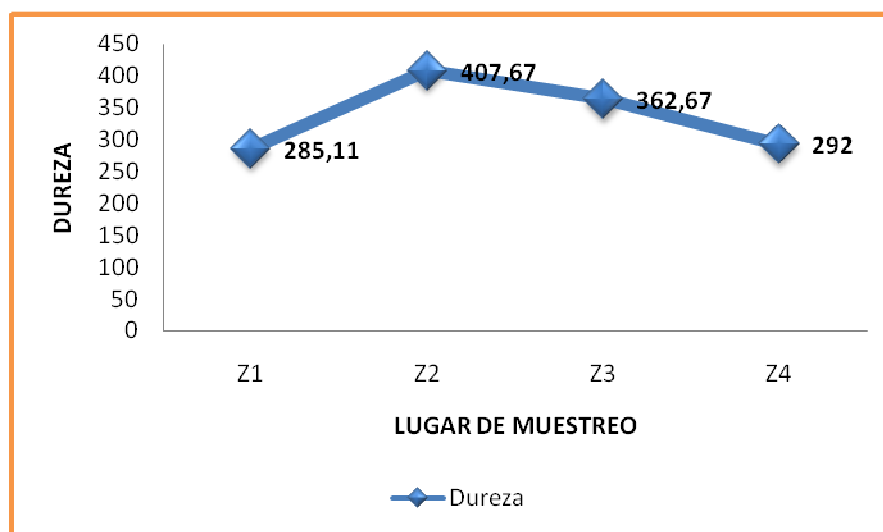
Los datos de cloruros en la red N° 2 se encuentran dentro de la normativa, la norma INEN 1108 señala que el límite para cloruros en la caracterización del agua potable es de 250 mg/L, en la zona Z4 se registra el valor más alto de la red, todos los valores son poco usuales por estar fuera del rango del límite óptimo. La presencia de cloruros

indica que existe una gran concentración de sales producida por la discontinua distribución que tiene la red

3.6.5 Determinación de Dureza en el agua potable de la Red N° 2

Tabla 3.6.5-1
Determinación de Dureza en el agua potable de la Red N° 2.

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	DUREZA (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Zona 1	Z1	285,11	250 - 270	300
Zona 2	Z2	407,67		
Zona 3	Z3	362,67		
Zona 4	Z4	292		



Graf 3.6.5-1 Determinación de Dureza en el agua potable de la Red N° 2.

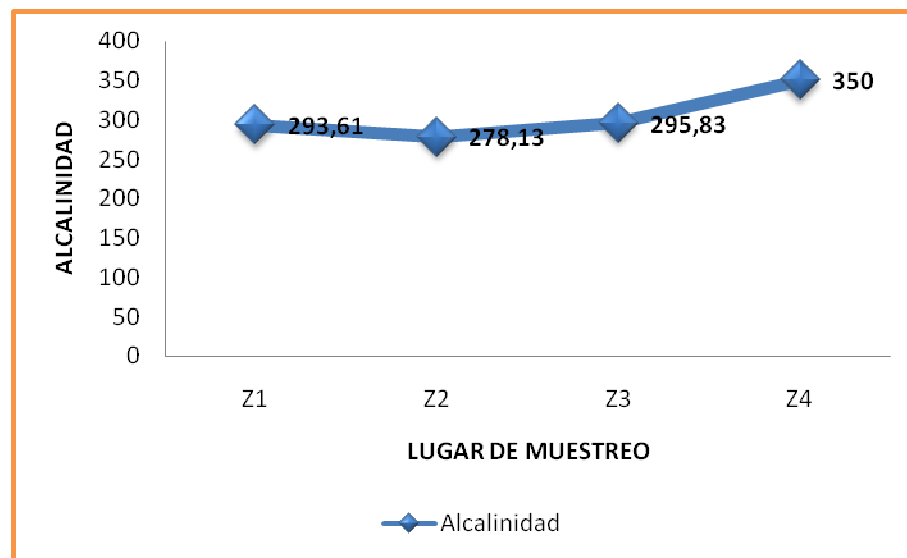
La norma INEN 1108 determina un límite para dureza de 300 mg/L, en la red N° 2 se puede ver que las zonas Z2 y Z3 están fuera del límite de la norma y al mismo tiempo todos las zonas están fuera del límite óptimo, la alta dureza presente en el agua que se

distribuye en la ciudad de Riobamba se debe a su naturaleza subterránea. El incremento de la dureza en la red hace que el agua se vuelva incrustante ocasionando problemas de incrustaciones y corrosión derivando así en rupturas y fugas en la tubería.

3.6.6 Determinación de Alcalinidad en el agua potable de la Red N° 2

Tabla 3.6.6-1 Determinación de Alcalinidad en el agua potable de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	ALCALINIDAD (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Zona 1	Z1	293,61	250	300
Zona 2	Z2	278,13		
Zona 3	Z3	295,83		
Zona 4	Z4	350		



Graf 3.6.6-1 Determinación de Alcalinidad en el agua potable de la Red N° 2

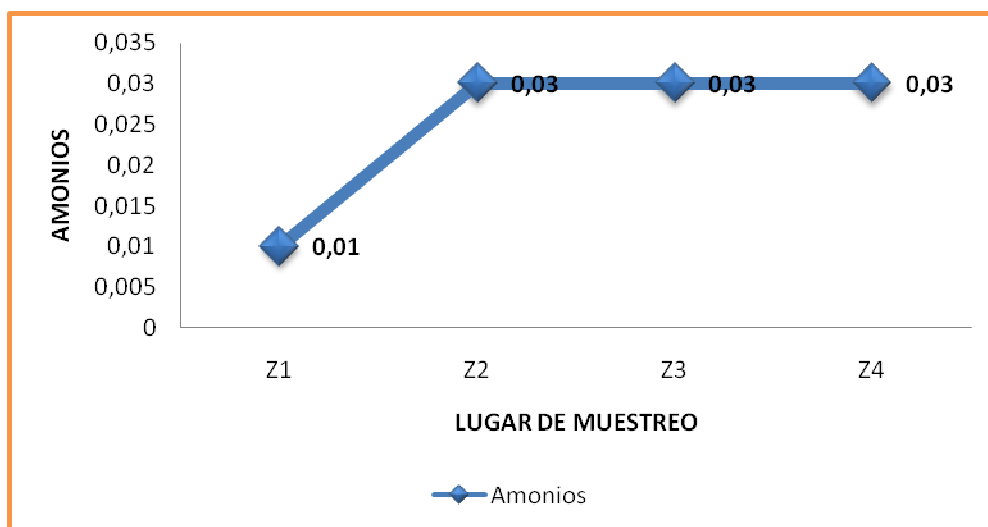
Para la determinación de alcalinidad en el agua potable la norma provee de un límite de 300 mg/L, de los datos analizados de toda la red muestra que la zona Z4 se encuentra fuera del límite es decir que el agua en este sector tiene mayor concentración de

minerales, mientras que los demás datos a pesar de cumplir con la norma están fuera del límite óptimo. El parámetro de alcalinidad nos indica si el agua es mineralizada.

3.6.7 Determinación de Amonios en el agua potable de la Red N° 2

Tabla 3.6.7-1
Determinación de Amonios en el agua potable de la Red N° 2.

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	AMONIOS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Zona 1	Z1	0,01	0,01	1
Zona 2	Z2	0,03		
Zona 3	Z3	0,03		
Zona 4	Z4	0,03		



Graf 3.6.7-1 Determinación de Amonios en el agua potable de la Red N° 2.

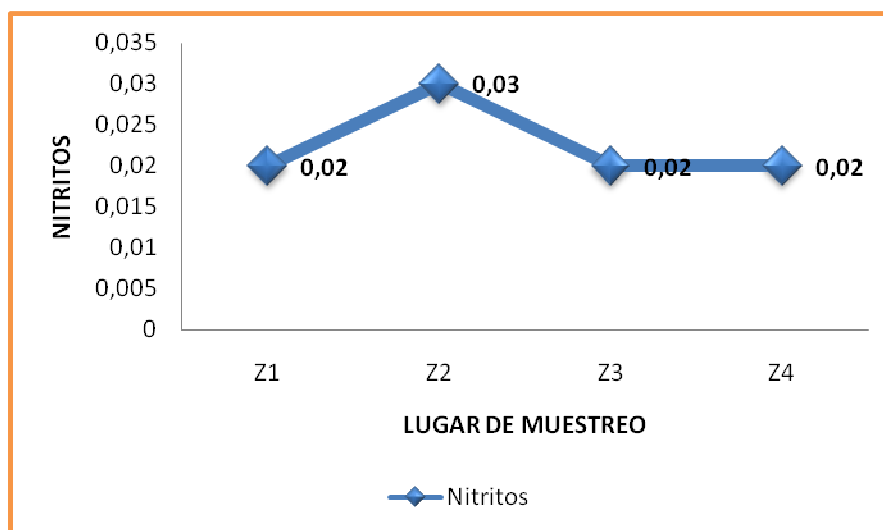
La normativa indica que deben existir amonios en un límite menor a 1 mg/L, de las zonas analizadas ninguna se encuentra fuera del rango permitido, pero al comparar los datos con el límite óptimo podemos ver que en las zonas Z2, Z3, Z4, existe un

incremento lo que indica que en gran parte de la red existe una fuente de contaminación orgánica ocasionada por filtraciones y acumulación de residuos.

3.6.8 Determinación de Nitritos en el agua potable de la Red N° 2

Tabla 3.6.8-1
Determinación de Nitritos en el agua potable de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	NITRITOS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Zona 1	Z1	0,02	0,01	0
Zona 2	Z2	0,03		
Zona 3	Z3	0,02		
Zona 4	Z4	0,02		



Graf 3.6.8-1 Determinación de Nitritos en el agua potable de la Red N° 2

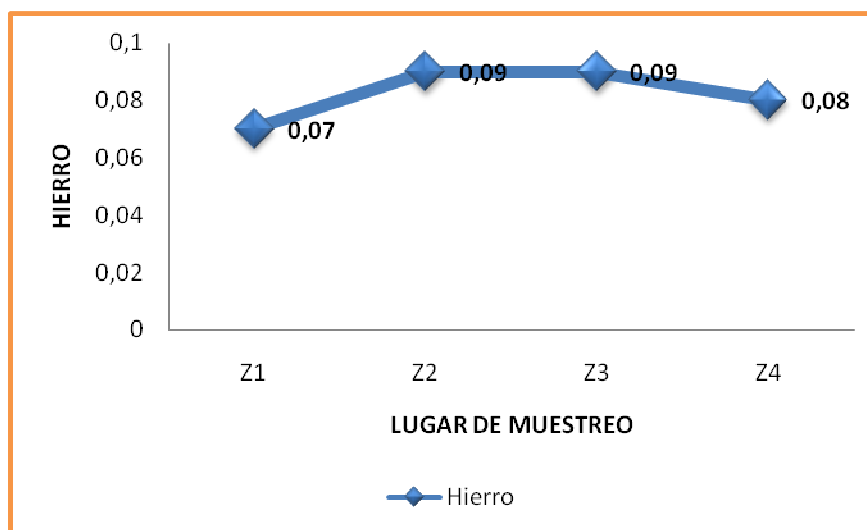
El límite que indica la normativa para la determinación de nitritos es 0,0 mg/L, de las zonas analizadas todas están fuera del límite de la norma y fuera del límite óptimo, al

igual que para los amonios, el incremento en la medición de nitritos muestran que existe contaminación de tipo orgánica, ocasionada por la filtración de materia extraña a través de las fugas y rupturas de las tuberías.

3.6.9 Determinación de Hierro en el agua potable de la Red N° 2.

Tabla 3.6.9-1
Determinación de Hierro en el agua potable de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	HIERRO (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Zona 1	Z1	0,07	0,05	0,8
Zona 2	Z2	0,09		
Zona 3	Z3	0,09		
Zona 4	Z4	0,08		



Graf 3.6.9-1 Determinación de Hierro en el agua potable de la Red N° 2

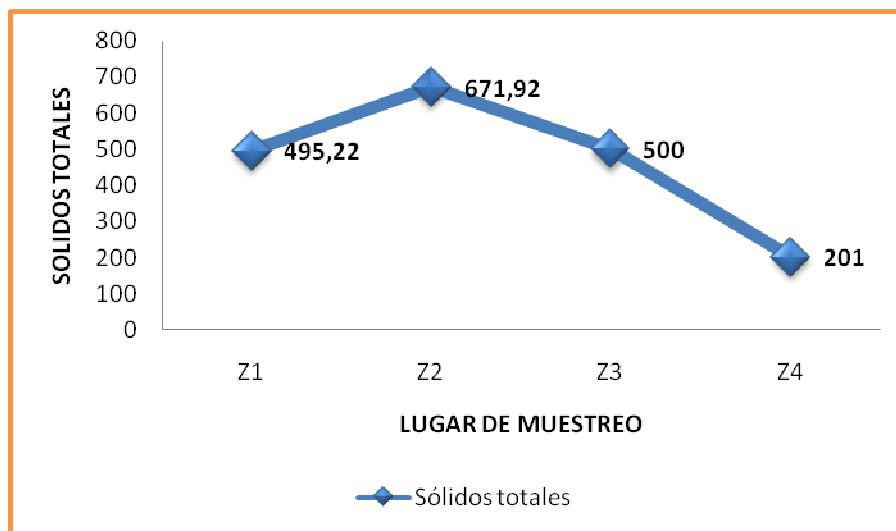
Todos los datos de la red están dentro de los límites permisibles explicados en la norma INEN 1108, pero al mismo tiempo están fuera del límite óptimo, la presencia de hierro en las diferentes zonas nos indica que existe corrosión creciente en las tuberías, ya que

este parámetro y la dureza son parámetros directamente proporcionales motivo por el cual la red N° 2 tiene problemas de incrustaciones y corrosión en las tuberías

3.6.10 Determinación de Sólidos totales en el agua potable de la Red N° 2.

Tabla 3.6.10-1
Determinación de Sólidos totales en el agua potable de la Red N° 2.

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	SÓLIDOS TOTALES (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Zona 1	Z1	495,22	260 - 280	1000
Zona 2	Z2	671,92		
Zona 3	Z3	500		
Zona 4	Z4	201		



Graf 3.6.10-1 Determinación de Sólidos totales en el agua potable de la Red N° 2.

Los sólidos totales se encuentran dentro de la norma, sin embargo los rangos altos reflejan que existe un estancamiento del agua en las tuberías ocasionando la

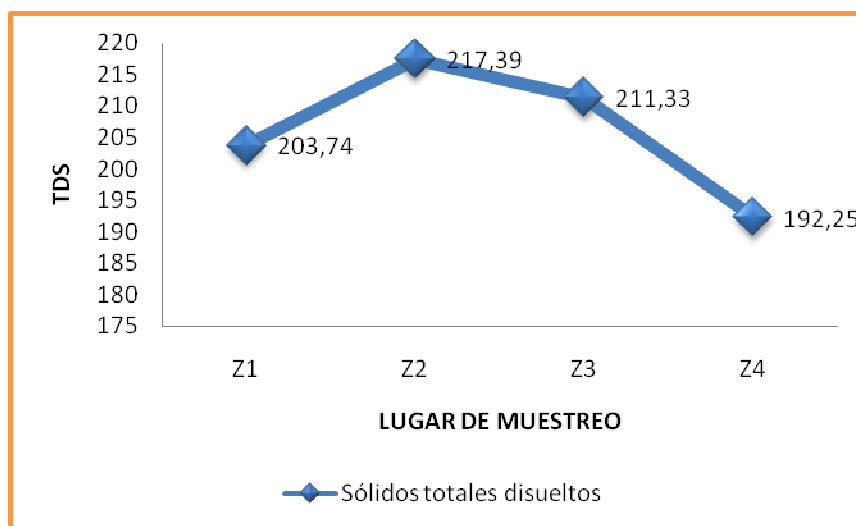
acumulación de sólidos por lo tanto la disminución de la calidad del agua, este estacionamiento es causado porque no existe una distribución constante del líquido.

Hay que insistir que el límite es demasiado permisible, ya que si lo comparamos con el límite óptimo podemos ver que el resultado sobrepasa al límite en 2 y 3 veces su valor.

3.6.11 Determinación de Sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la Red N° 2.

Tabla 3.6.11-1
Determinación de Sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la Red N° 2.

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	TDS (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Zona 1	Z1	203,74	180 - 190	1000
Zona 2	Z2	217,39		
Zona 3	Z3	211,33		
Zona 4	Z4	192,25		



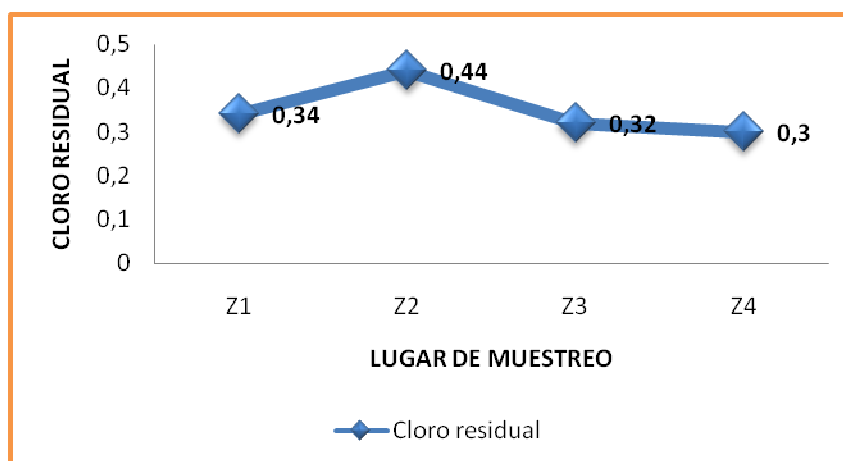
Graf 3.6.11-1 Determinación de Sólidos disueltos (TDS) en el agua potable de la Red N° 2.

La presencia de sólidos disueltos (TDS) al igual que los sólidos totales, está dentro de los límites establecidos por la normativa, pero fuera del rango óptimo, este problema es provocado por el estacionamiento del agua durante ciertos periodos de tiempo, acumulando sedimentos por no tener una continuidad en el servicio, reduciendo la calidad del agua distribuida.

3.6.12 Determinación de Cloro residual en el agua potable de la Red N° 2

Tabla 3.6.12-1
Determinación de Cloro residual en el agua potable de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CLORO RESIDUAL (mg/L)	LÍMITE ÓPTIMO (mg/L)	LÍMITE NORMA (mg/L)
Zona 1	Z1	0,34	0,6	0,6 - 1
Zona 2	Z2	0,44		
Zona 3	Z3	0,32		
Zona 4	Z4	0,3		



Graf 3.6.12-1 Determinación de Cloro residual en el agua potable de la Red N° 2

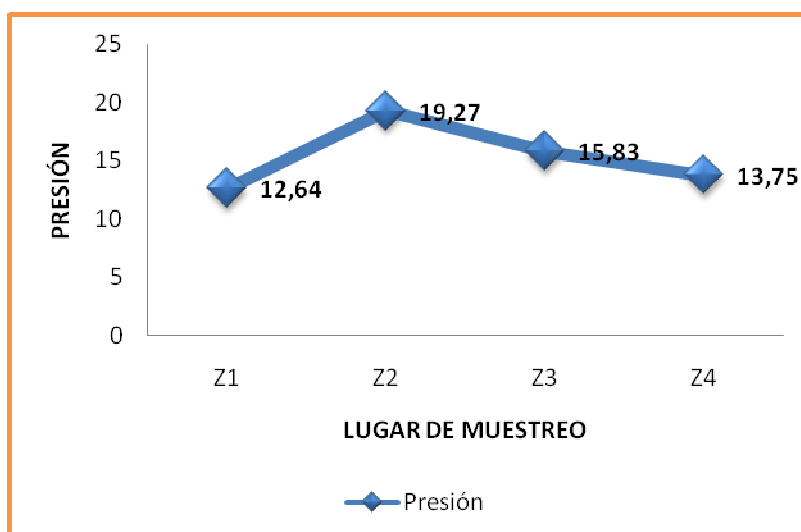
Los datos analizados de toda la red demuestran que están por debajo de los límites dados por la normativa, y al mismo tiempo está por debajo de los valores óptimos, esta

deficiencia en la presencia de cloro residual se presenta por dos razones: por una fuente de contaminación que está consumiendo el cloro o por una deficiente cloración en toda la red.

3.6.13 Determinación de Presión de la Red N° 2

Tabla 3.6.13-1
Determinación de Presión de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	PRESIÓN (PSI)	LÍMITE ÓPTIMO (PSI)	LÍMITE NORMA (PSI)
Zona 1	Z1	12,64	25	25 - 30
Zona 2	Z2	19,27		
Zona 3	Z3	15,83		
Zona 4	Z4	13,75		



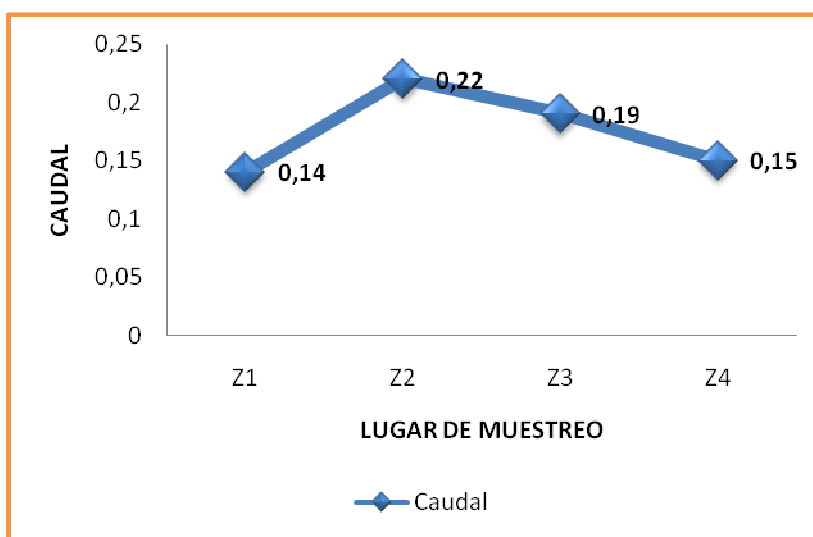
Graf 3.6.13-1 Determinación de Presión de la Red N° 2

Una vez que se analiza toda la red podemos decir que la presión no cumple con el límite óptimo en ninguna zona de la red, además que no cumple con el límite de la norma. la pérdida de presión se da por fugas en la red o por rupturas de la tubería. Es decir que la red no está operando en condiciones correctas.

3.6.14 Determinación de el Caudal de la Red N° 2

Tabla 3.6.14-1
Determinación de el Caudal de la Red N° 2

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CAUDAL (L/s)	LÍMITE ÓPTIMO (L/s)	LÍMITE NORMA (L/s)
Zona 1	Z1	0,14	0,20	0,25
Zona 2	Z2	0,22		
Zona 3	Z3	0,19		
Zona 4	Z4	0,15		



Graf 3.6.14-1 Determinación de el Caudal de la Red N° 2

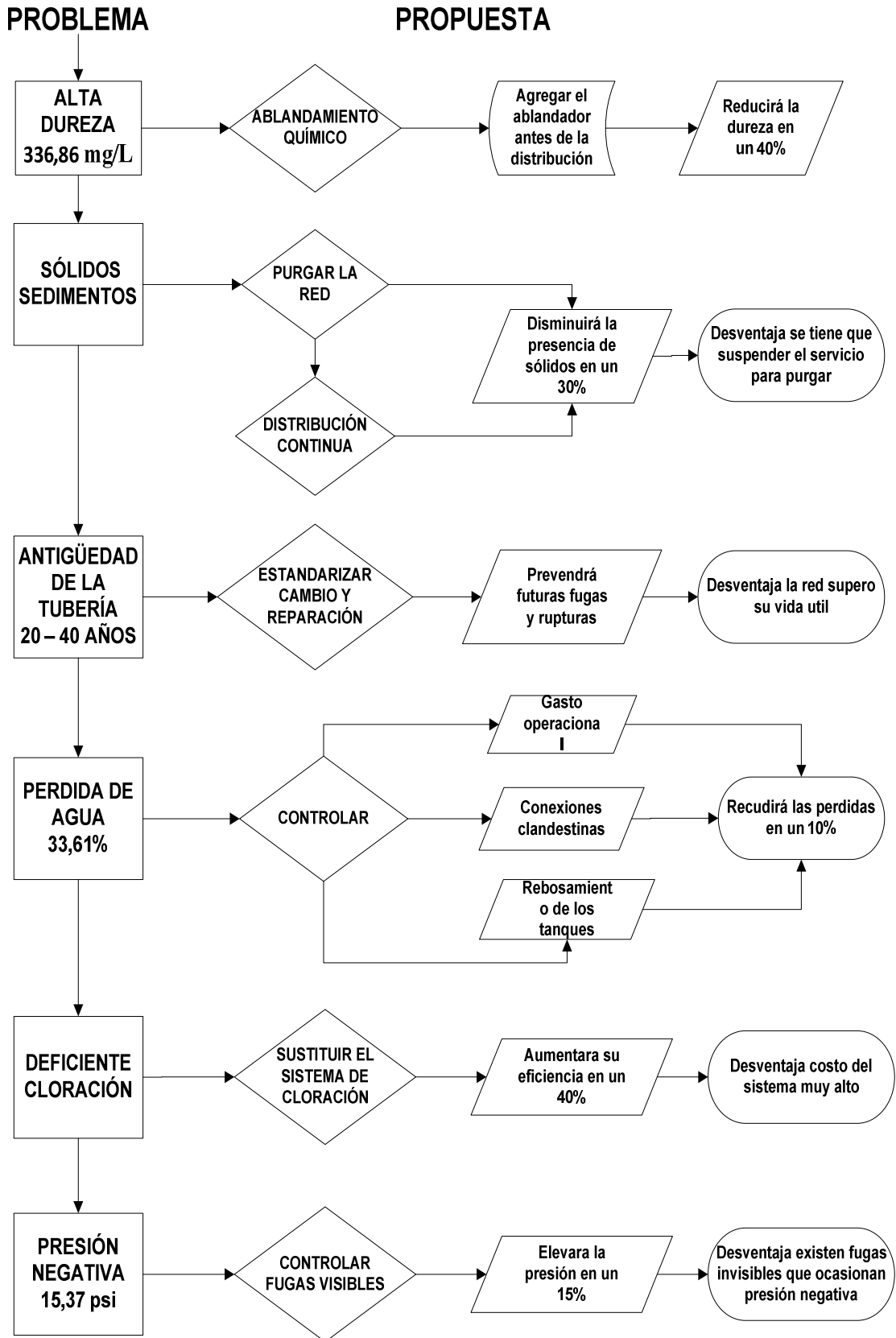
Al analizar los datos podemos ver que el caudal de red en algunos sectores de la red no cumple con los límites establecidos pero es adecuado para satisfacer las necesidades de los usuarios, el problema de caudal radica en que no existe una distribución continua de agua, razón por la cual la ciudadanía se ha visto en la necesidad de proveerse de agua utilizando tanques cisterna y así satisfacer sus necesidades.

3.7 Propuesta

Los datos obtenidos en este estudio permitieron establecer que los procesos más adecuados para optimizar la red N ° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba serían: implementar un proceso de ablandamiento químico del agua antes del almacenamiento, añadiendo polícloruro de aluminio el mismo que reducirá la dureza del agua hasta en un 40% además que disminuirá la presencia de hierro en el mismo porcentaje.

Con el fin de eliminar los sólidos y sedimentos acumulados en las tuberías y reducir su presencia en el agua distribuida se simuló un el aumentar una hora más de distribución al actual horario teniendo como resultado la reducción de estos elementos hasta en un hasta en un 30%, ya que al aumentar el tiempo de distribución se reducirá el tiempo de estacionamiento y a la vez el tiempo de acumulación de sedimentos será menor ya que el flujo del agua arrastrará mayor cantidad de sólidos, para complementar este procedimiento es necesario purgar las tuberías, la desventajas de aplicar este proceso es que para purgar las tuberías se debe suspender el servicio, además que por la edad de la tubería y las fugas que contienen las mismas no soportará el incremento del horario de distribución.

Para complementar la optimización se recomienda estandarizar el procedimiento de cambio y reparación de las tuberías ya que esto prevendrá futuras rupturas y contaminación en el sistema. Además es necesario controlar las pérdidas de agua ocasionadas por fugas y rupturas de las tuberías, conexiones clandestinas, pérdidas por rebosamiento y por consumos especiales, las mismas que representan el 33.61 % del volumen distribuido. Y por último se recomienda Dotar de un nuevo sistema de cloración por gas ya que el actual supero su vida útil.



CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

4 Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones.

- Una vez hechas las mediciones de presión se obtuvo un valor de 15,37 PSI como valor promedio, por lo tanto se concluye que la Red N°2 del Sistema de Agua Potable de la ciudad de Riobamba no cumple con la presión mínima requerida la misma que tiene un límite óptimo entre 25 - 30 PSI de acuerdo con la teoría consultada, esto nos indica que la red tiene una presión negativa. Es decir que la presión de distribución no es la adecuada para satisfacer las necesidades de los usuarios.
- Se realizó la caracterización físico – química y microbiológica del agua proveniente de la Red N° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba, mediante la determinación de 17 parámetros los mismos que nos permitieron obtener un diagnóstico de cuál era la situación en cuanto a calidad y cantidad del agua distribuida por la Red N°2 y cuáles eran las condiciones en las que operaba dicha Red.
- Con los datos obtenidos en la caracterización físico – química del agua proveniente de la Red N° 2 se concluye que no cumple con todos los requisitos expresados dentro de la norma INEN 1108, existen parámetros como la DUREZA que tiene un valor promedio de 336,86 mg/L en toda la red, valor que supera el límite óptimo que es de 250 mg/L, la alta dureza hace que el agua sea incrustante y por lo tanto corrosiva produciéndose daño en las tuberías y incidiendo directamente en el incremento del hierro en el agua.
- Luego de realizar el balance de masa de la red N° 2 del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba se determinó que del 100% de volumen almacenado para la distribución solo el 56,6 % es el volumen facturado, el 33,61% representa las pérdidas en la red y el 9,74% es la acumulación en la red. De las pérdidas calculadas el 53,56% es decir constituyen el porcentaje de las fugas visibles.

Por lo cual se concluye que la red N° 2 no está operando de manera eficiente ya que del 100% de agua distribuida solo el 56,6% es facturada

mientras que el 43,4 % representan pérdidas en el sistema ocasionando perjuicio a la empresa municipal de agua potable y a los usuarios.

4.2 Recomendaciones.

El lograr agua segura depende mayormente de las acciones preventivas, por lo que es importante tomar las siguientes acciones en la operación de la red de distribución:

- Tener continuidad y presión adecuada a lo largo de toda la red.
- Efectuar el ablandamiento químico del agua antes de la distribución a fin de disminuir la dureza y por ende disminuir la corrosión en las tuberías.
- Estandarizar los procedimientos para instalación de tuberías nuevas y para cambio de las válvulas que son frecuentemente manipuladas.
- Estandarizar los procedimientos de reparación de las tuberías para que reducir el ingreso de contaminantes. Cuando se reparan tuberías, se debe minimizar el riesgo de contaminación, purgando y desinfectando las tuberías.
- Realizar purgas en las redes de agua que estadísticamente se conoce que presenta alta turbiedad, arena, organismos libres y otros elementos que se pueden retirar con las purgas.
- Ejecutar limpieza de las redes de agua, desagüe y conexiones domiciliarias en zonas donde no hay servicio continuo o presión negativa.
- Realizar un programa de revisión de conexiones domiciliarias de desagüe para detectar y eliminar algún cruce con las conexiones de agua.

Bibliografía

LIBROS

- BRITO MOINA, H. Fenómenos de Transporte I: texto básico. Riobamba. s. edit, 2001.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Quito. Técnicas para el Análisis del Agua: Agua Potable, Requisitos. INEN, 1982. NTE INEN 1108, 2ª. Revisión.
- KEMMER, F. Manual del Agua. México: MacGraw-Hill, 1990. V. 3.
- PERRY, J. Manual del Ingeniero Químico. 2da. ed. México: McGraw Hill, 1985.

ESPECIFICA

- APHA y otros. Métodos Estándar para el Examen de Aguas y Aguas de Desecho. España, 1990
- ARBOLEDA, J. Purificación del Agua: Teoría y Práctica, 3a.ed. Bogotá: Norma, 2000. V.1.
- BABBIT and DOLAN. Water Supply Engineering. Mexico: McGraw- Hill, 1962.
- EMAPAR. Resumen Informativo para Conocimiento de la Ciudadanía: fragmentos. Riobamba, 1990
- FARRER, H. Optimización de Sistemas: redes de distribución. Costa Rica, 1979, (fotocopia).
- FARRER, H. Optimización de Redes y Balance de Agua. Costa Rica, 1979, (fotocopia)
- HERNÁNDEZ, A. Calidad y Tratamiento del Agua. 5ta. ed. México: MacGraw-Hill, 2002.

- RAGO, R.J. Distribution System Design Criteria and Leak Detection at East Bay Municipal Utility District. Oakland, California: MacGraw-Hill 1980.
- YÉPEZ, O. ESCANDÓN, S. Problemática de la Gestión del Agua en el Cantón Riobamba, 2006. (Informativo)

BIBLIOGRAFÍA INTERNET

➤ AGUA POTABLE

[http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_potable.](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_potable)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Abastecimiento_de_agua_potable.](http://es.wikipedia.org/wiki/Abastecimiento_de_agua_potable)

[http://www.aqua_purificacion.com/.](http://www.aqua_purificacion.com/)

<http://water.usgs.gov/gotita/qausgs.html>

2008 - 05 - 05

➤ RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

[http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_abastecimiento_de_agua_potable#Componentes_del_sistema_de_abastecimiento.](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_abastecimiento_de_agua_potable#Componentes_del_sistema_de_abastecimiento)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_abastecimiento_de_agua_potable#Origen del agua](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_abastecimiento_de_agua_potable#Origen_del_agua)

2008 - 05- 07

➤ SISTEMA DE TUBERÍAS

[http://es.wikipedia.org/wiki/Tubería.](http://es.wikipedia.org/wiki/Tubería)

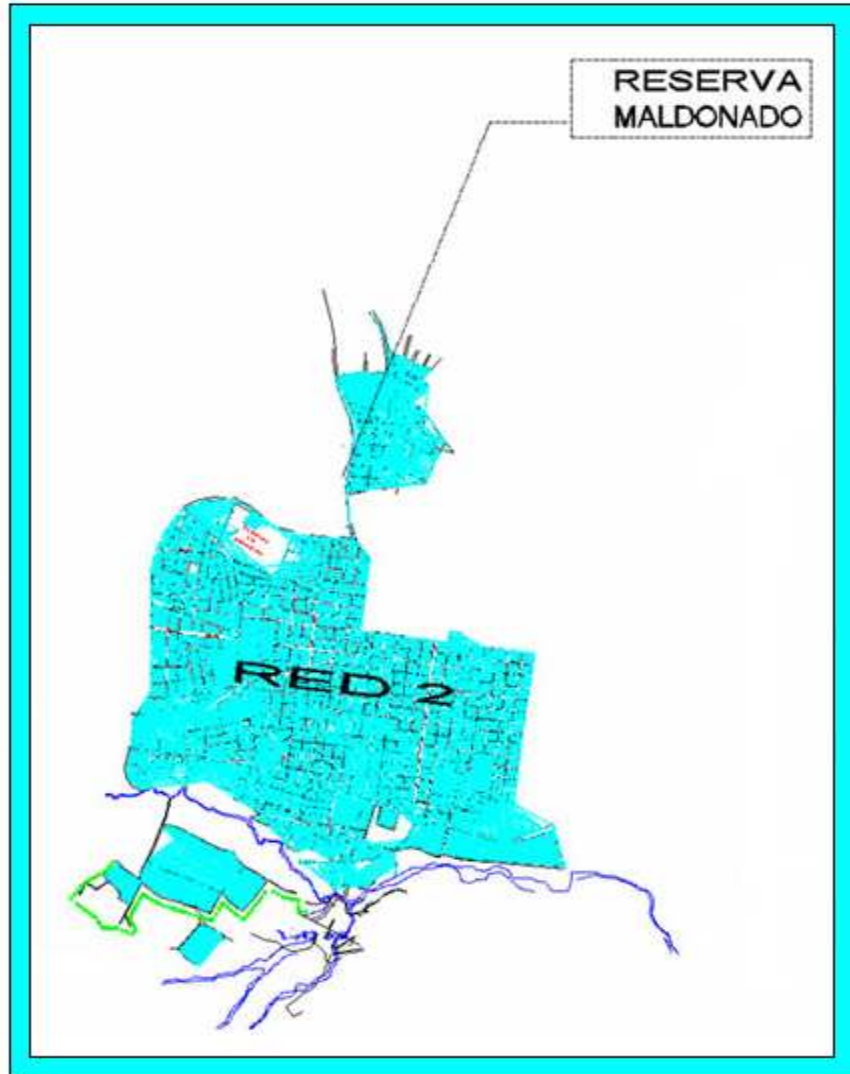
[http://es.wikipedia.org/wiki/Flujo_de_agua_en_tuber%C3%ADa.](http://es.wikipedia.org/wiki/Flujo_de_agua_en_tuber%C3%ADa)

2008 - 05 – 08

ANEXOS

Anexo A

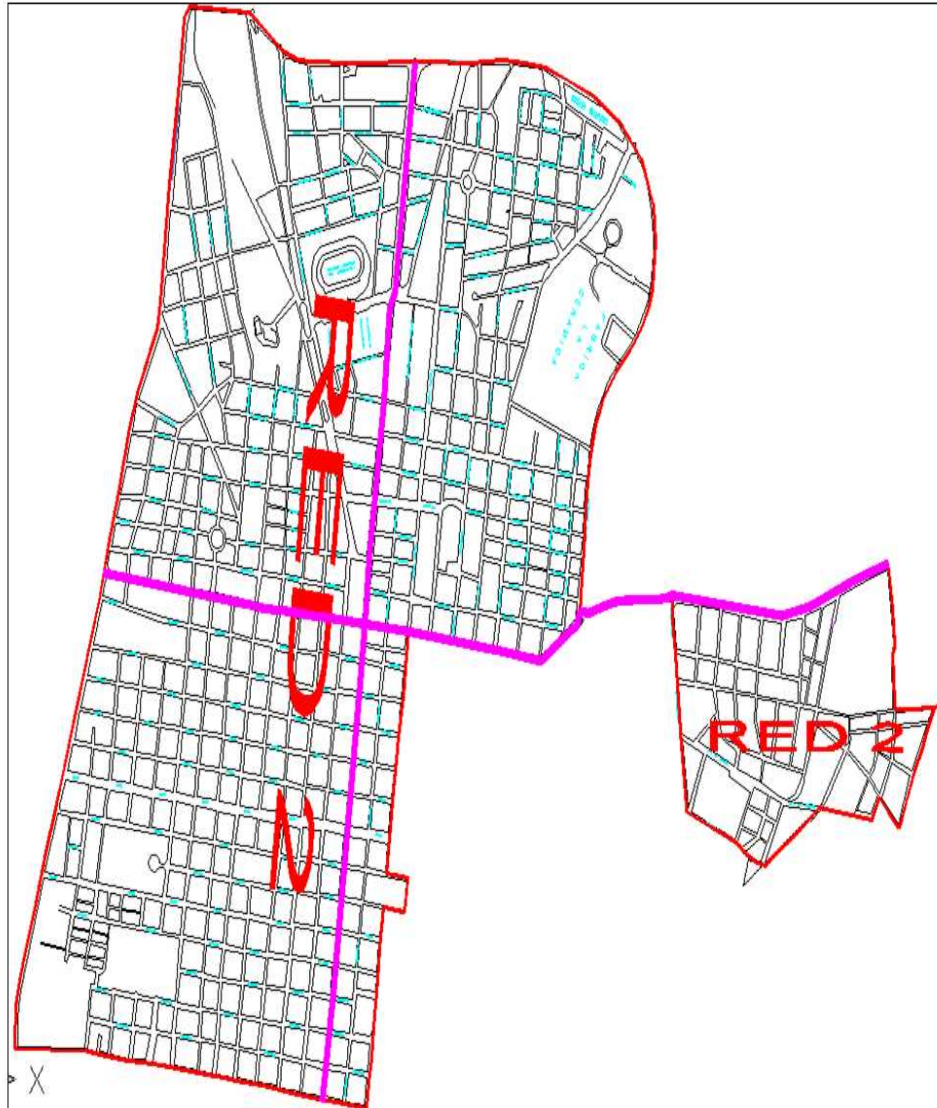
Mapa Red N° 2 de abastecimiento



Fuente: <http://www.emapar.com.ec/redes/>

Anexo B

Zonificación de la Red N° 2 para realizar el muestreo



Fuente: Carlos J. Romero

Anexo C
Límites máximos y mínimos para agua potable

Requisitos	Unidad	Límite deseable	Límite Max. Permisible	Método
Color	Und PT- Co	5	30	Espectrofotométrico 2120-C **
Turbiedad	NTU	5	20	Nefelométrico 2130-B**
Olor	-	Ausencia	Ausencia	-
Sabor	-	Inobjetable	Inobjetable	-
pH	Und	7 – 8.5	6.5 – 9.5	Electrométrico 4500-H ⁻ -B**
Sólidos totales dis.	(mg/L)	500	1000	
Hierro (Fe)	(mg/L)	0.2	0.8	Fenantrolina 3500-Fe -D**
Calcio (Ca)	(mg/L)	30	70	titulométrico de EDTA 3500-Ca -D**
Magnesio (mg)	(mg/L)	12	30	Calculo 3500-Mg -E**
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	(mg/L)	50	200	Turbidimétrico 4500-SO ₄ ²⁻ -E**
Cloruros (Cl ⁻)	(mg/L)	50	250	nitrate de mercurio 4500-Cl ⁻ -C**
Nitratos (NO ₃ ⁻)	(mg/L)	10	40	Reducción de hidracina 4500-NO ₃ ⁻ -H **
Nitritos (NO ₂ ⁻)	(mg/L)	0	0	Colorimétrico 4500-NO ₂ ⁻ -C**
Dureza (CaCO ₃)	(mg/L)	120	300	Titulométrico de EDTA 2340-C**
*Cloro libre res.	(mg/L)	0.05	0.3 – 1	
Coliformes	Colonias/	Ausencia	< 2*	

totales	cm ³			
Coliformes fecales	Colonias/ cm ³	Ausencia	< 2*	
Medición de caudal	L/s	--	--	Calculo, prueba de campo
Medición de presión.				Calculo, prueba de campo

Fuente: Autor

* < 2 significa que en una serie de tubos ninguno es positivo

** Parámetro determinado de acuerdo al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Vigésima Edición.

La recompensa del trabajo bien hecho es la oportunidad de hacer más trabajo bien hecho

Jonas Edward Salk