

**VALIDACIÓN DE LOS MÉTODOS VOLUMÉTRICOS PARA ACIDEZ  
ALCALINIDAD, DUREZA TOTAL, CALCIO Y CLORUROS, REALIZADOS EN  
EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUA POTABLE,  
EMPRESAS PÚBLICAS DE ARMENIA**

**CAROLINA PENAGOS QUIGUANÁS**

**UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS Y TECNOLOGÍAS  
PROGRAMA DE QUÍMICA  
ARMENIA QUINDÍO  
2007**

**VALIDACIÓN DE LOS MÉTODOS VOLUMÉTRICOS PARA ACIDEZ  
ALCALINIDAD, DUREZA TOTAL, CALCIO Y CLORUROS, REALIZADOS EN  
EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUA POTABLE,  
EMPRESAS PÚBLICAS DE ARMENIA**

**CAROLINA PENAGOS QUIGUANÁS**

**Informe de práctica empresarial para optar al título de Químico**

**UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS Y TECNOLOGÍAS  
PROGRAMA DE QUÍMICA  
ARMENIA QUINDÍO  
2007**

Mis padres, hermana y familia por su colaboración  
brindada durante el transcurso de la culminación de  
mis estudios.

## **AGRADECIMIENTOS**

A EMPRESAS PÚBLICAS DE ARMENIA y funcionarios que aceptaron y colaboraron en el desarrollo de la pasantía.

Al profesor Oscar Otalvaro Mc. Estadística por sus valiosas orientaciones dadas para la realización del presente trabajo.

A todos aquellos que participaron en el proceso del trabajo e hicieron posible la terminación de éste.

## CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. OBJETIVOS	4
3.1 GENERAL	4
3.2 ESPECÍFICOS	4
4. MARCO TEÓRICO	5
4.1 ANTECEDENTES	5
4.2 DESCRIPCION DEL LABORATORIO	6
4.3 CALIBRACIÓN	7
4.4 MATERIAL VOLUMÉTRICO	7
4.5 DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL VOLUMÉTRICO	9
4.5.1 Pipetas aforadas (de un solo trazo)	9
4.5.1.1 Clasificación	10
4.5.1.2 Condiciones Generales.	10
4.5.1.3 Rotulado	10
4.5.2 PIPETAS GRADUADAS	11
4.5.2.1 Clasificación.	11
4.5.2.2 Tipos de pipetas	11
4.5.2.3 Construcción	12
4.5.3 BURETA DIGITAL	13
4.5.4 VALIDACIÓN DE MÉTODOS QUÍMICOS	14
4.5.4.1 Validación del método	15
4.5.4.2 Precisión	15
4.5.4.3 Exactitud	16

4.5.4.4 Reactivos	16
4.5.4.5 Tipos usuales de agua para reactivos.	17
4.6 PARAMETROS FISIQUIMICOS	19
4.6.1 ALCALINIDAD	19
4.6.2 ACIDEZ	20
4.6.3 DUREZA	22
4.6.4 CALCIO	25
4.6.5 CLORUROS	27
5. METODOLOGÍA	29
5.1 Montaje de la metodología	29
5.2 EQUIPOS	29
5.2.1 Material Calibrado	30
5.3 Condiciones Generales	30
5.4 PROCEDIMIENTO	31
5.4.1 Balanzas	31
5.4.2 Pipetas aforadas.	31
5.4.3 Pipetas graduadas.	33
5.4.4 Buretas digitales.	34
5.5 MANEJO DE DATOS	35
5.6 ALCALINIDAD	38
5.6.1 Reactivos	38
5.6.2 Equipos y Materiales	39
5.6.3 Procedimiento	39
5.7 ACIDEZ	41
5.7.1 Reactivos	41
5.7.2 Equipos y Materiales	42
5.7.3 Procedimiento	42
5.8 DUREZA TOTAL	44
5.8.1 Reactivos	44

5.8.2 Equipos y Materiales	45
5.8.3 Procedimiento	45
5.9 CALCIO	47
5.9.1 Reactivos	47
5.9.2 Equipos y Materiales	48
5.9.3 Procedimiento	48
5.10 CLORUROS	50
5.10.1 Reactivos	50
5.10.2 Equipos y Materiales	51
5.10.3 Procedimiento	51
6. RESULTADOS Y ANALISIS	53
6.1 PIPETAS AFORADAS	53
6.2 PIPETA GRADUADA	56
6.3 BURETA DIGITAL 25 mL	57
6.4 VALIDACIÓN METODOS VOLUMÉTRICO ALCALINIDAD	58
6.5 VALIDACIÓN METODOS VOLUMÉTRICO DUREZA TOTAL	60
6.6 VALIDACIÓN METODOS VOLUMÉTRICO CALCIO	63
6.7 VALIDACIÓN METODOS VOLUMÉTRICO CLORUROS	65
6.8 VALIDACIÓN METODOS VOLUMÉTRICO ACIDEZ	68
7. CONCLUSIONES	71
8. BIBLIOGRAFIA	73
ANEXOS	

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla # 1 Datos técnicos de las buretas digitales	14
Tabla # 2 Análisis de regresión lineal para alcalinidad	60
Tabla # 3 Predicciones y límites del método de alcalinidad	60
Tabla # 4 Análisis de regresión lineal para Dureza Total	62
Tabla # 5 Predicciones y límites del método de Dureza Total	62
Tabla # 6 Análisis de regresión lineal para Calcio	64
Tabla # 7 Predicciones y límites del método de Calcio	65
Tabla # 8 Análisis de regresión lineal para Cloruros	67
Tabla # 9 Predicciones y límites del método de Cloruros	67
Tabla # 10 Análisis de regresión lineal para acidez	69
Tabla # 11 Predicciones y límites del método de acidez	70

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Pipeta Aforada	9
Figura 2. Pipeta Graduada	11
Figura 3. Bureta Digital	13
Figura 4. Ajuste de la bureta digital	35

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
Gráfica # 1 Concentración Vs Alcalinidad	58
Gráfica # 2 Concentración Vs Dureza Total	61
Gráfica # 3 Concentración Vs Calcio	63
Gráfica # 4 Concentración Vs Cloruros	66
Gráfica # 5 Concentración Vs Acidez	68

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A Coeficiente de expansión térmica del vidrio (soda - cal)	75
Anexo B Densidad del agua libre de aire, 5° A 35° C	76
Anexo # 1 Calibración del Material Volumétrico	77
Anexo # 2 Estadística descriptiva de Alcalinidad	93
Anexo # 3 Estadística descriptiva de Dureza Total	94
Anexo # 4 Estadística descriptiva de Calcio	95
Anexo # 5 Estadística descriptiva de Cloruros	96
Anexo # 6 Estadística descriptiva de acidez	97
Anexo # 7 Instrumentos de laboratorio (Fotos)	98