

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO "

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE
CAUDAL MÁXIMO DIARIO K1 Y HORARIO K2, DOTACIÓN
MEDIA DIARIA Y EL COEFICIENTE DE VARIACIÓN ANUAL DE LA
DOTACIÓN EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE DEL BARRIO LUIS ESPINAL DE LA CIUDAD DE TARIJA**

VAQUILA TARIFA JOEL BRIAN

Proyecto de grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO" como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE I - 2026

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO "

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE
CAUDAL MÁXIMO DIARIO K1 Y HORARIO K2, DOTACIÓN
MEDIA DIARIA Y EL COEFICIENTE DE VARIACIÓN ANUAL DE LA
DOTACIÓN EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE DEL BARRIO LUIS ESPINAL DE LA CIUDAD DE TARIJA**

VAQUILA TARIFA JOEL BRIAN

Proyecto de grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE I - 2026

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

Este trabajo está dedicado a mis padres Mirtha Tarifa C. y Waldo Vaquila M. por darme todo el apoyo incondicional que a pesar de los malos momentos en la vida. Y por enseñarme a no rendirme a pesar de los difícil que se puede poner las cosas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Problema.....	4
1.2.1. Planteamiento del problema.	4
1.2.2. Formulación del problema.	5
1.2.3. Sistematización del problema.....	5
1.3 Objetivos.	6
1.3.1. Objetivo General.	6
1.3.2. Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación.....	6
1.4.1. Justificación teórica.....	7
1.4.2. Justificación metodológica.....	7
1.4.3. Justificación práctica.	8
1.5 Hipótesis.....	8
1.6 Alcance y limitaciones de la investigación.	8
1.6.1. Alcance.....	8
1.6.2. Limitaciones.....	10
1.7 Variables.....	10
1.7.1. Variables Independientes.....	10
1.7.2. Variables Dependientes.....	10
II. MARCO REFERENCIAL.....	11
2.1 Marco teórico.....	11
2.1.1. Consumo de agua potable.....	11
2.1.1.1 Consumo.....	11
2.1.1.2 Factores que afectan la dotación.....	12
2.1.1.3 Dotación o consumo per cápita.....	12
2.1.1.4 Variaciones de consumo.....	14
2.1.2. Dotación futura.....	16
2.1.3. Caudales de diseño.....	16
2.1.3.1 Coeficientes de consumo máximo diario.....	17
2.1.3.2 Coeficientes de consumo máximo horario.....	17

2.1.4. Patrones de consumo en sistemas de distribución.....	18
2.1.4.1 Curva de variación diario.	18
2.1.4.2 Curva de variación horario.	19
2.1.5. Medidores de caudal.....	19
2.1.5.1 Tipo de medidores de caudal.....	19
2.1.5.1.1 Micro medición.	19
2.1.5.1.2 Macro medición.	20
2.2 Marco conceptual.	24
2.3 Marco espacial.....	25
2.4 Marco temporal.	26
III. METODOLOGÍA.	27
3.1 Las actividades realizadas para lograr el objetivo planteado.	27
IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	31
4.1 Delimitación zona de estudio.	31
4.2 Visita técnica estación de bombeo.....	32
4.2.1. Componentes del Sistema de abastecimiento.....	33
4.2.1.1 Tanque de Almacenamiento.	33
4.2.1.2 Fuentes de Abastecimiento.....	34
4.2.1.3 Sistema de Desinfección.	35
4.2.1.4 Sistema de Macro medición.	36
4.2.1.5 Red de distribución	37
4.3 Sistematización de datos.	39
4.3.1. Volúmenes horarios de consumo (Macromedidor).	39
4.3.2. Volúmenes diarios de consumo (Macro medidor).....	42
4.3.3. Volúmenes mensuales de consumo (Micro medidor).....	42
4.4 Poblacional.	44
4.4.1. Censo.	44
4.5 Cálculo de la dotación media diaria.	45
4.6 Cálculo del coeficiente de variación anual de la dotación (d).....	46
4.7 Cálculo del coeficiente de variación de caudal máximo diario (k_1).....	48
4.8 Cálculo del coeficiente de variación de caudal máximo horario (k_2).....	49
4.9 Graficas de Variación de caudales en el sistema.	51

4.9.1. Variación horaria en el sistema.....	51
4.9.2. Variación diaria en el sistema.....	57
4.10 Volúmenes mensuales.	59
4.11 Análisis de resultados.....	59
4.11.1. Consumo mínimo nocturno (CMN).....	59
4.11.2. Coeficientes de variación de caudal máximo diario (k_1) y horario (k_2).....	60
4.11.3. Dotación media diaria.	63
4.11.4. Coeficiente de variación anual de la dotación (d).....	66
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
5.1 Conclusiones.	68
5.2 Recomendaciones.....	70
BIBLIOGRAFÍA	71
WEBGRAFÍA	72
• ANEXOS	
- Anexo 1: Tablas de datos de micro medición.	
- Anexo 2: Planillas censales.	
- Anexo 3: Tablas de datos de macro medición.	
- Anexo 4: Tablas de cálculo del coeficiente de variación anual de la dotación (d).	
- Anexo 5: Tablas de cálculo de la dotación media diaria.	
- Anexo 6: Plano del sistema de agua potable.	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Área de medición de macro medición	9
Figura 2 : Variación de Caudal máximo Diario.....	15
Figura 3 : Variación de Caudal máximo Horario.....	16
Figura 4 : Curva de variación diaria de la demanda de agua potable, sector Carruaje y sector Monte Verde.	18
Figura 5 : Caudales horarios, sector Monte Verde.	19
Figura 6 : Vista interior del micromedidor.	20
Figura 7 : Ejemplo de campo magnético para sensar el flujo.....	21
Figura 8 : Partes Caudalímetro Electromagnético.....	23
Figura 9 : Caudalímetro Electromagnético.....	23
Figura 10 : Imagen satelital del barrio Luis Espinal.....	26
Figura 11 : Ubicación de la zona de estudio en la ciudad de Tarija	32
Figura 12 : Visita técnica (COSAALT R.L.).	33
Figura 13 : Tanque elevado Luis Espinal.	34
Figura 14 : Pozo Luis Espinal A y tubería de aducción.....	34
Figura 15 : Caudal de bombeo.....	35
Figura 16 : Caudal de bombeo.....	35
Figura 17 : Sistema de Desinfección por cloración.....	36
Figura 18 : Sistema de Macro medición (Promag W 800).	36
Figura 19 : Tubería de distribución a la red.....	37
Figura 20 : Red de distribución Luis Espinal	38
Figura 21 : Producción de agua de pozos Luis Espinal A y B.....	47
Figura 22 : Variación mes octubre.....	49
Figura 23 : Variación horaria del día más solicitado	50
Figura 24 : Consumo horario del mes de abril	51
Figura 25 : Consumo horario del mes de mayo.....	52
Figura 26 : Consumo horario del mes de junio	52
Figura 27 : Consumo horario del mes de julio	53
Figura 28 : Consumo horario del mes de agosto	53
Figura 29 : Consumo horario del mes de septiembre	54
Figura 30 : Consumo horario del mes de abril	54

Figura 31 : Consumo horario del mes de noviembre	55
Figura 32 : Consumo horario del mes de diciembre.....	55
Figura 33 : Consumo horario del mes de enero.....	56
Figura 34 : Consumo horario del mes de febrero	56
Figura 35 : Consumo horario del mes de marzo.....	57
Figura 36 : Consumo diario anual.	58
Figura 37 : Grafica de volúmenes medios mensuales de consumo.	59
Figura 38 : Patron de consumo.	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	: Países que más consumen agua en el mundo.....	1
Tabla 2	: Dotación media diaria (l/hab/d).	12
Tabla 3	: Valores del Coeficiente (k_2).....	15
Tabla 4	: Resumen de consumos horarios del sistema.....	39
Tabla 5	: Resumen de consumo horario del sistema.....	40
Tabla 6	: Resumen de consumos horarios del sistema.....	41
Tabla 7	: Resumen de consumo diario del sistema.....	42
Tabla 8	: Resumen de consumo diario del sistema.....	42
Tabla 9	: Resumen de consumo diario del sistema.....	42
Tabla 10	: Resumen de consumos mensuales de micro medición.....	43
Tabla 11	: Resumen de consumos mensuales de micro medición.....	43
Tabla 12	: Planilla Censal.....	44
Tabla 13	: Dotación media diaria (l/hab/d).	63
Tabla 14	: Valores referenciales de consumo medio diario (l/hab/d).....	63
Tabla 15	: Indicadores de desempeño Técnico, Económico, Financiero y Comercial.	64
Tabla 16	: Consumos mensuales de distintos usuarios de la ciudad de Tarija.	65