

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS



EVALUACIÓN DEL AGUA FACTURADA EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE
DE LA ZONA DEL BARRIO CATEDRAL

Por:

BEIMAR ESTRADA MANRIQUE

Semestre I/2020
TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS

**EVALUACIÓN DEL AGUA FACTURADA EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE
DE LA ZONA DEL BARRIO CATEDRAL**

Por:

BEIMAR ESTRADA MANRIQUE

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

Semestre I/2020
TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

La presente tesis es dedicada a DIOS, en el he encontrado fortaleza y sabiduría para continuar cuando las fuerzas han fallado.

A mis padres Alejandro Estrada y Claudia Manrique, quienes me brindaron la vida, por su apoyo incondicional y sacrificio para lograr esta meta, y me han enseñado a vivir con valores, principios enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad.

A mis hermanos Raúl, Rosmery, Daniela y Miguel por estar siempre a mi lado apoyándome y dándome sus consejos y siempre estar ahí cuando más lo necesitaba y a mis amistades en general por el apoyo de siempre.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por acompañarme a lo largo de mi vida, dándome lecciones a diario e impulsándome a superarlo todo.

A mis padres por sus sabios consejos, por el inmenso sacrificio que hicieron y el apoyo incondicional que me dieron durante todo el proceso de mi formación profesional.

A mis hermanos por su colaboración desinteresada que me compartieron.

A los docentes por su esfuerzo y dedicación, sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación profesional.

A la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, por abrirme las puertas y cobijarme hasta la culminación de mis estudios.

A todos mis amigos en general por su apoyo moral, motivación y optimismo que me han ayudado en momentos muy críticos.

Muchas gracias por todo.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Ubicación geográfica del proyecto.....	2
1.3. Problema de la investigación.....	3
1.3.1. Planteamiento del problema.....	3
1.3.2. Sistematización del problema.....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Justificación.....	5
1.5.1. Justificación teórica.....	5
1.5.2. Justificación metodológica.....	5
1.5.3. Justificación práctica.....	6
1.6. Alcance del proyecto.....	6
CAPÍTULO 2: MARCO REFERENCIAL.....	7
2.1. Marco teórico.....	7
2.2. Marco conceptual.....	9
2.2.1. Importancia de la medición.....	9
2.2.2. Balance de aguas.....	9
2.2.3. Disgregación del balance de agua.....	10
2.2.4. Sistema comercial.....	12
2.2.5. Sectorización.....	17
2.2.6. Macromedición en un sistema de agua potable.....	18
2.2.7. Uso racional del agua potable.....	19

2.3. Marco espacial.....	22
2.4. Marco temporal.....	22
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO.	23
3.1. Tipo de investigación.....	23
3.2. Diseño de investigación.....	23
3.3. Nivel de investigación.	23
3.4. Población y muestra.....	24
3.4.1. Población.	24
3.4.2. Muestra.	24
3.5. Definición de variables.....	24
3.5.1. Variables independientes.....	24
3.5.2. Variables dependientes.	24
3.6. Instrumentos de investigación.	25
3.6.1. Instrumentos de gabinete.....	25
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos.....	26
3.7. Instrumentos de ingeniería.....	29
3.8. Descripción del desarrollo del proyecto.	30
3.8.1. Etapa 1.....	30
3.8.2. Etapa 2.....	30
3.8.3. Etapa 3.....	30
CAPÍTULO 4: OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN.	32
4.1. Información referencial.	32
4.2. Validación de la información.	37
CAPÍTULO 5: INGENIERÍA DEL PROYECTO	39
5.1. Verificación de la sectorización.	39

5.2. Verificación del catastro.....	40
5.3. Detallamiento de la información de los usuarios.....	41
5.3.1. Situación de la conexión.....	41
5.3.2. Estado del predio.	43
5.3.3. Usuario con medidor, adaptador o conexión directa.	44
5.3.4. Marca de medidor.....	46
5.3.5. Uso del servicio.	47
5.3.6. Estado de la conexión.....	49
5.3.7. Fugas.....	50
5.3.8. Código del medidor.	52
5.3.9. Tipo de facturación.....	53
5.3.10. Caja del medidor.....	55
5.3.11. Fugas en la caja.....	56
5.4. Presiones y continuidad del servicio.	57
5.5. Caudal de ingreso	59
5.6. Volumen suministrado.....	61
5.7. Volumen de micromedición.	63
5.8. Volumen facturado no medido.	65
5.8.1. Consumo promedio (CP).....	65
5.8.2. Factores de consumo.	66
5.8.3. Estimación de agua no medida facturada.	66
5.9. Volumen de agua facturado.....	69
5.10. Índice de agua no contabilizada en la red (ANC).....	72
5.11. Indicadores de desempeño.....	76
5.11.1. Disponibilidad del recurso hídrico.	76

5.11.2. Abastecimiento continuo.....	77
5.11.3. Alcance de los servicios.	79
5.11.4. Operación.....	80
5.11.5. Mantenimiento.....	81
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES.	87
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Terminología estándar para el balance de aguas de acuerdo con la IWA.	10
Tabla N° 2.2: Disgregación del balance de agua (area comercial y area operativo)	11
Tabla N° 3.1: Cuadro de operacionalización de variables.....	25
Tabla N° 3.2: Registro para caudales	26
Tabla N° 3.3: Registro de usuarios y sus consumos de agua en m ³	28
Tabla N° 4.1: Caudales y presiones de entrada	34
Tabla N° 4.2: Datos del usuario y volúmenes de consumo de agua potable en m ³	35
Tabla N° 4.3: Detallamiento de la información de los usuarios	38
Tabla N° 5.1: Total conexiones de agua potable	40
Tabla N° 5.2: Situación de la conexión	41
Tabla N° 5.3: Estado del predio.....	43
Tabla N° 5.4: Tipo de conexión.....	44
Tabla N° 5.5: Marca del medidor	46
Tabla N° 5.6: Categoría del servicio	48
Tabla N° 5.7: Estado de la conexión	49
Tabla N° 5.8: Fugas en la red	50
Tabla N° 5.9: Serie del medidor	52
Tabla N° 5.10: Tipo de facturación	53
Tabla N° 5.11: Caja del medidor	55
Tabla N° 5.12: Fugas en la caja del medidor.....	56
Tabla N° 5.13: Presión de servicio a la entrada de la red.....	58
Tabla N° 5.14: Caudal de entrada.....	60
Tabla N° 5.15: Macromediciones a la entrada del sistema de agua potable	61
Tabla N° 5.16: Volumen de micromedición.....	63
Tabla N° 5.17: Volúmenes totales mensuales por categoría (m ³).....	65
Tabla N° 5.18: Volúmenes promedios mensuales por categoría (m ³).....	65
Tabla N° 5.19: Factores de consumo.....	66
Tabla N° 5.20: Volúmenes estimados de agua no medida	67
Tabla N° 5.21: Volumen de agua no medida	67
Tabla N° 5.22: Volumen de agua facturada	69

Tabla N° 5.23: Volumen de agua no contabilizada.....	72
Tabla N° 5.24: Uso eficiente del recurso.....	76
Tabla N° 5.25: Dotación respecto al volumen producido	77
Tabla N° 5.26: Dotación respecto al volumen facturado.....	78
Tabla N° 5.27: Cobertura de micromedición.....	79
Tabla N° 5.28: Presión de servicio en la red	80
Tabla N° 5.29: Índice de agua no contabilizada.....	81
Tabla N° 5.30: Densidad de fallas en tubería	82
Tabla N° 5.31: Densidad de fallas en conexiones	82
Tabla N° 5.32: Indicadores de desempeño	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1: Ubicación geográfica de la zona del proyecto.	2
Figura N° 1.2: Zona del proyecto.	3
Figura N° 2.1: Estructura sistema comercial.	13
Figura N° 3.1: Encuesta de recolección de datos de usuarios.....	27
Figura N° 3.2: Descripción del desarrollo del proyecto	31
Figura N° 4.1: Plano de la zona de estudio.....	36
Figura N° 5.1: Plano sectorizado de la zona	39
Figura N° 5.2: Situación de la conexión	42
Figura N° 5.3: Porcentaje de la situación de la conexión	42
Figura N° 5.4: Estado del predio.....	43
Figura N° 5.5: Porcentaje por estado del predio	44
Figura N° 5.6: Tipo de conexión.....	45
Figura N° 5.7: Porcentaje de tipo de conexión	45
Figura N° 5.8: Marca del medidor	47
Figura N° 5.9: Porcentaje de marca de medidor	47
Figura N° 5.10: Uso del servicio por tipo de categoría.....	48
Figura N° 5.11: Porcentaje del tipo de categoría	48
Figura N° 5.12: Estado de la conexión	49
Figura N° 5.13: Porcentaje del estado de la conexión	50
Figura N° 5.14: Número de fugas en la red	51
Figura N° 5.15: Porcentaje de las fugas en la red	51
Figura N° 5.16: Serie del medidor	52
Figura N° 5.17: Porcentaje serie del medidor	53
Figura N° 5.18: Tipo de facturación	54
Figura N° 5.19: Porcentaje del tipo de facturación.....	54
Figura N° 5.20: Caja del medidor	55
Figura N° 5.21: Porcentaje de las cajas de medidor	56
Figura N° 5.22: Fugas en la caja del medidor.....	57
Figura N° 5.23: Porcentaje de fugas dentro de la caja del medidor.....	57
Figura N° 5.24: Presión máxima y mínima a la entrada de la red	58

Figura N° 5.25: Continuidad del servicio	59
Figura N° 5.26: Caudal de entrada.....	60
Figura N° 5.27: Volumen suministrado	62
Figura N° 5.28: Volumen de micromedición.....	64
Figura N° 5.29: Porcentaje del volumen de micromedición.....	64
Figura N° 5.30: Volumen mensual de agua no medida	68
Figura N° 5.31: Porcentaje del volumen de agua no medida.....	68
Figura N° 5.32: Volumen de agua facturada	70
Figura N° 5.33: Porcentaje de agua facturada	70
Figura N° 5.34: Volumen total de agua facturada	71
Figura N° 5.35: Porcentaje total de agua facturada	71
Figura N° 5.36: Volumen de agua distribuido - facturado - perdido	73
Figura N° 5.37: Volumen de agua distribuido - facturado - perdido - % perdido	75
Figura N° 5.38: Volumen facturado - perdido	75
Figura N° 5.39: Uso eficiente del recurso.....	77
Figura N° 5.40: Dotación de agua.....	78
Figura N° 5.41: Cobertura de micromedición.....	79
Figura N° 5.42: Índice de agua no contabilizada	81

ANEXOS

- Anexo 1: Plano de la zona de estudio zona barrio Catedral
- Anexo 2: Indicadores de desempeño de las EPSA reguladas en Bolivia
 - Anexo 2.1: Formulas y variables de los indicadores
 - Anexo 2.2: Parámetros y rangos óptimos de los indicadores
 - Anexo 2.3: Categorización de las Entidades Prestadoras de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSA)
- Anexo 3: Macromedición de los días con menor presión de cada mes
- Anexo 4: Base de datos zona barrio Catedral
- Anexo 5: Recolección de datos zona barrio catedral
 - Anexo 5.1: Hoja de encuesta
 - Anexo 5.2: Datos ordenados de encuesta
- Anexo 6: Longitud de la red de distribución
- Anexo 7: Características técnicas de los medidores, macromedidor y data loggers
 - Anexo 7.1: Micromedidor
 - Anexo 7.2: Macromedidor
 - Anexo 7.3: Data loggers
- Anexo 8: Estructura tarifaria de agua potable