



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO CIVIL

**“Proyección de impactos generados por los racionamientos o cortes
del suministro (SS. EE. AA)”**

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

AUTOR: Patiño Solano, Marlon René

DIRECTOR: Benavides Muñoz, Holger Manuel, Ph. D

LOJA – ECUADOR

2014

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

PhD.

Holger Manuel Benavides Muñoz

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: **“Proyección de impactos generados por los racionamientos o cortes del suministro (SS.EE.AA)”** realizado por Patiño Solano Marlon René, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, marzo de 2014

f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo **Patiño Solano Marlon René** declaro ser autor (a) del presente trabajo de fin de titulación: **“Proyección de impactos generados por los racionamientos o cortes del suministro (SS.EE.AA)”**, de la Titulación de Ingeniero Civil, siendo Benavides Muñoz Holger Manuel Ph.D director (a) del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.

Patiño Solano Marlon René

1104078694

DEDICATORIA

Al culminar este trabajo y con él una etapa de mi vida, quiero dedicar todo el esfuerzo y sacrificio en él plasmado a:

Dios, dueño de mi vida.

Mis padres: Manuel y María, por su inquebrantable sacrificio, apoyo, paciencia, comprensión, confianza y amor.

Mis hermanos: Tania, Edison, Jorge, por los consejos, enseñanzas y confianza en mí depositados y el apoyo brindado.

Mi novia: Andrea Priscila, por su comprensión, apoyo, confianza, compañía, y amor incondicional brindado.

Mis hermanos políticos: Verónica, Paul, Guisella, por su cariño, apoyo y confianza.

Mis sobrinos: Martina, Paula, Jeshúa y David, que son la alegría, esperanza del hogar y el motivo para seguir superándome.

Mi querido amigo Luis Fernando quien en una etapa importante de mi vida, se convirtió en mi apoyo, guía, hermano y maestro.

Todos contribuyeron con su granito de arena para que pueda culminar satisfactoriamente con este proyecto y con esta meta, para todos ustedes mis seres amados.

Con mucho amor y cariño Marlon René.

AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi eterno agradecimiento.

Al Dr. Holger Benavides Muñoz director del trabajo de fin de carrera, por su paciencia, comprensión, ayuda y guía durante todo el proceso de desarrollo y elaboración del presente trabajo.

A todos los docentes de la escuela de Ingeniería Civil, que a su tiempo supieron con paciencia y mística, transmitirme sus conocimientos y experiencias.

Al Ing. George Suele responsable del Departamento de Mantenimiento y al Ing. Jimmy Hidalgo responsable del Departamento de Comercialización de la E.M.A.A.L.E.D, por el tiempo y la información brindados.

A mis compañeros de aula, que caminaron junto a mí durante el proceso de formación universitaria, y en ese caminar supieron compartir conocimientos y experiencias.

A todos los familiares y amigos, que estuvieron pendientes brindándome su apoyo durante el proceso que hoy culmina,

De todo corazón muchas gracias, Dios les pague.

Con estima, Marlon René

VARIABLES Y TERMINOLOGÍA

PA	Periodo de análisis
1G	Tipo de sistema por servicios prestados: a) agua, b) alcantarillado, c) recolección basura d) teléfono, e) otros
2G	Tipo de suministro, en el tiempo: a) continuo, b) intermitente
3G	Tipo de suministro, por la forma de presurización del sistema: a) por gravedad, b) por bombeo
4G	Población total servida
5G	Área abastecida
6G	Longitud total de la red
7G	Número de conexiones de servicio
8G	Longitud promedio de las conexiones de servicio
9G	Número de clientes registrados
10G	Volumen de pérdidas anuales
1SC	Volumen total anual de agua provisto al sistema de distribución
2SC	Volumen total de agua entregada por el sistema por mes
3SC	Número de interrupciones del servicio debido a mantenimiento no planificado
4SC	Número de interrupciones del servicio debido a daños en la red
5SC	Número de interrupciones del servicio debido a estiaje
6SC	Número de interrupciones del servicio debido a demanda excedente
7SC	Número de interrupciones del servicio debido a contaminación en el almacenamiento
8SC	Tiempo total acumulado de duración de las interrupciones por año debido a mantenimiento no planificado
9SC	Tiempo total acumulado de duración de las interrupciones por año debido a daños en la red
10SC	Tiempo total acumulado de duración de las interrupciones por año debido a estiaje
11SC	Tiempo total acumulado de duración de las interrupciones por año debido a demanda excedente
12SC	Tiempo total acumulado de duración de las interrupciones por año debido a contaminación en el almacenamiento
*13SC	Volumen total de agua vendida por mes
*14SC	Volumen de agua vendida que es medida
*15SC	Caudal medio producido en planta

* No se utiliza en este estudio

*1SCL	Población abastecida de agua potable
2SCL	Población dentro del área de cobertura
*3SCL	Población máxima servida en horas pico
*4SCL	Población máxima servida en días pico
*5SCL	Número de análisis de cloro residual, % del total requerido
*6SCL	Número de análisis de calidad de agua por año
*7SCL	Horas promedio por día de suministro de agua
8SCL	Número de clientes con un suministro de agua que es discontinuo durante la operación normal
9SCL	Tiempo en horas en el que el sistema se mantiene presurizado
10SCL	Número muy probable de conexiones abastecidas con presión adecuada
11SCL	Número de días con restricción del servicio
*12SCL	Número de acometidas servidas en horas pico
*13SCL	Presión mínima de servicio
*14SCL	Presión media de servicio
*15SCL	Presión máxima de servicio
*16SCL	Número de conexiones de servicio incrementadas por año
*17SCL	Número de habitantes por conexión de agua
18SCL	Número total de personal en agua potable
*19SCL	Número de personal de atención al cliente
*20SCL	Número de personal de servicio técnico
*21SCL	Número de personal en transmisión, almacenamiento, distribución
*22SCL	Número de personal de laboratorio
*23SCL	Número de personal para operación y mantenimiento
*24SCL	Número de personal de mantenimiento de contadores
25SCL	Número de personal que monitorea la calidad del agua
26SCL	¿La empresa abastece de agua al sector cuando se produce un corte del suministro? SI, NO por medio de:
27SCL	¿Desinfecta la red antes de reanudar el servicio de agua potable? SI, NO ¿por qué?
28SCL	Número de horas de espera para reanudar el servicio, luego de desinfectada la red
29SCL	Número de horas de capacitación invertidas por año para técnicos de campo y miembros de planificación
30SCL	Número de horas invertidas al año para educar a los clientes

* No se utiliza en este estudio

31SCL	¿Cuántos minutos al mes invierte en campañas de televisión para educar a los clientes?
32SCL	¿Cuántos minutos al mes invierte en campañas de radio para educar a los clientes?
*33SCL	Otros medios que utiliza para educar a los clientes: a) prensa escrita, b) boletines, c) visitas a los barrios, d) visitas puerta a puerta, e) internet, f) otros
*34SCL	¿Se ejecuta un plan de marketing publicitario para promoción al ahorro ? SI, NO ¿por qué?
35SCL	Número de conexiones con un rango de cloro residual diferente al de la norma (0.3mg/l - 1.5mg/l)
1SR	Número de reclamos por el servicio por año
2SR	Número de reclamos acerca de la presión por año
3SR	Número de reclamos por continuidad del suministro por año
4SR	Número de reclamos por la calidad del agua por año
5SR	Número de reclamos por interrupciones del suministro por año
6SR	¿Cómo se receptan los reclamos de los usuarios? mediante: a) cartas, b) llamada telefónica, c) otros
1SH	Número de clientes que hierven el agua potable antes de consumirla
2SH	Número de clientes que se abastecen de agua, mediante la compra de agua embotellada
3SH	Número de usuarios que almacenan agua, para proveerse en los días de interrupción del suministro
4SH	¿Posee cisterna en su domicilio?, ¿cuál es la capacidad de almacenamiento?
5SH	El uso que le da al agua potable es: a) doméstico, b) agrícola, c) ganadero, d) industrial
6SH	¿Qué actividad comercial o industrial realiza en su vivienda?
7SH	¿Realiza algún tipo de inspección para el control de fugas de agua en su domicilio?
1SS	Número de usuarios con afectaciones a la salud por enfermedades de origen hídrico
2SS	Número de usuarios con afectaciones a la piel debido a la calidad del agua
3SS	Número de usuarios con otro tipo de afectación debido a la calidad del agua
*1EOM	Frecuencia de limpieza del tanque de almacenamiento

* No se utiliza en este estudio

2EOM	Inspección de la red para control de fugas (longitud): a) acústica, b) visual, c) otros
3EOM	Número de fugas reparadas mediante el control activo de fugas
4EOM	Número de hidrantes inspeccionados al año
5EOM	Longitud de tuberías de distribución rehabilitadas por año
6EOM	Longitud de tuberías renovadas por año
7EOM	Longitud de tuberías reemplazadas por año
8EOM	Número de válvulas reemplazadas por año
9EOM	Número de fallas en las tuberías por año
10EOM	Número de fallas en las conexiones de servicio por año
*11EOM	Volumen de pérdidas reales
*12EOM	Frecuencia de lectura de contadores domiciliarios
*13EOM	Edad promedio de los contadores domiciliarios
*1EIN	Número de tanques de almacenamiento
*2EIN	Capacidad total de los tanques de almacenamiento
*3EIN	Número de distritos hidrométricos
4EIN	Longitud de tubería de fundición dúctil
5EIN	Longitud de tubería de acero
6EIN	Longitud de tubería de PVC
*7EIN	Longitud de tubería de cemento
*8EIN	Longitud de tubería de asbesto-cemento
*9EIN	Longitud de tubería de polietileno
*10EIN	Longitud de tubería de PVC C (Clorado)
*11EIN	Longitud de tubería de fibrocemento
*12EIN	Longitud de tubería con diámetro $\leq 100\text{mm}/110\text{mm}$
*13EIN	Longitud de tubería con $100\text{mm}/110\text{mm} < \text{diámetro} < 300\text{mm}/315\text{mm}$
*14EIN	Longitud de tubería con diámetro $\geq 300\text{mm}/315\text{mm}$
*15EIN	Longitud tuberías instaladas menores que 10 años
*16EIN	Longitud tuberías instaladas hace 10 años-25 años
*17EIN	Longitud tuberías instaladas mayores que 25 años
*18EIN	Edad media de las tuberías
19EIN	Número de válvulas de cierre operativas
20EIN	Número de válvulas reductoras de presión (VRP) operativas
21EIN	Número de válvulas de regulación operativas
*22EIN	Número de válvulas de cierre operativas instaladas, menores que 10 años

* No se utiliza en este estudio

*23EIN	Número de válvulas de cierre operativas, instaladas hace 10 años-25 años
*24EIN	Número de válvulas de cierre operativas, instaladas mayores que 25 años
*25EIN	Número de válvulas reductoras de presión operativas, instaladas menores que 10 años
*26EIN	Número de válvulas reductoras de presión operativas, instaladas hace 10 años -25 años
*27EIN	Número de válvulas reductoras de presión operativas, instaladas mayores que 25 años
*28EIN	Número de válvulas reguladoras de caudal operativas, instaladas menores que 10 años
*29EIN	Número de válvulas reguladoras de caudal operativas, instaladas 10 años -25 años
*30EIN	Número de válvulas reguladoras de caudal operativas, instaladas mayores que 25 años
*31EIN	Número de válvulas de cierre con diámetro $\leq 100\text{mm}/110\text{mm}$
*32EIN	Número de válvulas de cierre con $100\text{mm}/110\text{mm} < \text{diámetro} < 300\text{mm}/315\text{mm}$
*33EIN	Número de válvulas de cierre con diámetro $\geq 300\text{mm}/315\text{mm}$
*34EIN	Número de válvulas reductoras de presión con diámetro $\leq 100\text{mm}/110\text{mm}$
*35EIN	Número de válvulas reductoras de presión con $100\text{mm}/110\text{mm} < \text{diámetro} < 300\text{mm}/315\text{mm}$
*36EIN	Número de válvulas reductoras de presión con diámetro $\geq 300\text{mm}/315\text{mm}$
*37EIN	Número de válvulas reguladoras con diámetro $\leq 100\text{mm}/110\text{mm}$
*38EIN	Número de válvulas reguladoras con $100\text{mm}/110\text{mm} < \text{diámetro} < 300\text{mm}/315\text{mm}$
*39EIN	Número de válvulas reguladoras con diámetro $\geq 300\text{mm}/315\text{mm}$
40EIN	Número de hidrantes instalados y funcionando en la red
41EIN	Número total de contadores domiciliarios (medidores) instalados
42EIN	Número total de contadores instalados y funcionando correctamente
43EIN	Edad promedio de los contadores domiciliarios instalados y funcionando correctamente
1EFR	Valor promedio de recaudación de facturas por m^3 de agua vendida al mes
2EFR	Valor promedio de facturación por m^3 de agua vendida al mes
*3EFR	Total anual de facturación de agua tipo residencial
*4EFR	Total anual de facturación de agua tipo industrial-comercial

* No se utiliza en este estudio

*5EFR	Total anual de facturación de agua para instituciones y otros
6EFR	Valor total de egresos por OO&MM por mes de servicio
7EFR	Valor de recuperación por OO&MM mediante cobro de facturas por mes
8EFR	Tiempo en días para la recaudación de planillas de consumo
*9EFR	Volumen total de agua no pagada por mora luego del segundo mes de facturación
*10EFR	Costos anuales de energía eléctrica por OO&MM
1AAR	Emisión de material particulado y polvo
2AAR	Incremento de los niveles de ruido
3AAR	Emisión de gases y organoclorados
4AAR	Emisión de olores
1AAG	Caudal de agua total disponible en época de estiaje
2AAG	Caudal de agua de flujo superficial captada en época de estiaje
3AAG	Caudal de agua subterránea captada en época de estiaje
4AAG	Cantidad de lodos y desechos generados por el sistema de potabilización
*5AAG	Volumen de agua residual generada por el abastecimiento
6AAG	Cantidad de lodos que se depuran y depositan correctamente
7AAG	Número de sistemas de depuración de aguas residuales
8AAG	Volumen de agua residual tratada que es reutilizada
1AS	Remoción y afectación de la cobertura vegetal sin reposición
2AS	Número de industrias y fábricas instaladas dentro de la superficie de la cuenca fuente
3AS	Número de industrias y fábricas que controlan sus vertidos correctamente
4AS	Área total de la cuenca fuente o tributaria (Ha)
5AS	Superficie de la cuenca fuente o tributaria que es propiedad del abastecimiento
6AS	Superficie de la cuenca fuente o tributaria que es reforestada anualmente
*7AS	Número de zonas de protección sanitaria
*8AS	Existe un plan de manejo ambiental

* No se utiliza en este estudio

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
TERMINOLOGÍA	vi
INDICE DE CONTENIDOS	xii
RESÚMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
1. GENERALIDADES	5
1.1. Antecedentes	6
1.2. Objetivos	7
1.2.1. General	7
1.2.2. Específicos	7
1.3. Alcance	7
1.4. Metodología	8
1.4.1. Sistemática	8
1.4.2. Actividades	8
1.4.3. Instrumentación y herramientas	9
2. ESTADO DEL ARTE	10
2.1. Sostenibilidad	11
2.1.1. Origen	11
2.1.2. Concepto de desarrollo sostenible	13
2.1.3. Concepto de desarrollo sustentable	13
2.1.4. Concepto de desarrollo humano	13
2.1.5. Necesidad y beneficios de la sostenibilidad	13
2.1.6. Ejes de la sostenibilidad	15
2.1.6.1. Social	15
2.1.6.2. Económico	15
2.1.6.3. Ambiental	15
2.1.7. Sostenibilidad en un sistema de abastecimientos de agua	16
2.1.7.1. Social	16
2.1.7.2. Económico	16

2.1.7.3.	Ambiental	17
2.2.	Indicadores	17
2.2.1.	Concepto	17
2.2.2.	Estructura	17
2.2.3.	Indicadores disponibles	18
2.2.4.	Criterios de selección de indicadores	21
2.3.	Hidráulica de los racionamientos	23
2.3.1.	Topología y sectorización de la red	23
2.3.1.1.	Topología	23
2.3.1.2.	Sectorización	24
2.3.2.	Metrología y sensometría hidráulica	25
2.3.2.1.	Nudo de control	25
2.3.2.2.	Logger de presión	25
2.3.2.3.	Caudalímetros electromagnéticos y ultrasónicos.	26
2.3.3.	Detección matemática (IFE) (AFMN), localización y rehabilitar o reparar	28
2.3.3.1.	Detección matemática de fugas	28
2.3.3.2.	Localización	33
2.3.3.3.	Rehabilitar o renovar	34
2.3.4.	Cortes o racionamientos del suministro	35
2.3.4.1.	Llenado y vaciado de redes	35
2.3.4.2.	Intrusión patógena	38
2.3.4.3.	Fenómenos hidráulicos	44
2.3.4.3.1.	Golpe de ariete	45
2.3.4.3.2.	Cavitación	49
3.	IMPACTOS GENERADOS POR RACIONAMIENTOS O CORTES	54
3.1.	Estudio de mercado	55
3.1.1.	La encuesta	55
3.1.2.	La entrevista Delphi	56
3.2.	Metodología de valoración	57
3.2.1.	Screening, scoping	57
3.2.2.	Diagrama de redes	59
3.2.3.	Adaptación del método de Batelle – Columbus, Delphi (combinación)	62
3.2.3.1.	Método de Batelle – Columbus en EIA	62

3.2.3.2.	Adaptación del Método Batelle – Columbus a EICRA	63
3.2.3.2.1.	Establecimiento de parámetros	64
3.2.3.2.2.	Importancias ponderadas	80
3.2.3.2.3.	Conversión de indicadores a factores de calidad (FC)	84
3.2.3.2.4.	Determinación del peso relativo (PR)	152
3.3.	Medidas correctoras	153
3.3.1.	Medidas de nulificación	154
3.3.2.	Medidas de mitigación	154
3.3.3.	Medidas de prevención	154
3.3.4.	Medidas de compensación	154
3.3.5.	Medidas de contingencia	155
3.3.6.	Medidas de estimulación	155
4.	CASO DE ESTUDIO: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA AL DISTRITO HIDROMÉTRICO “ZAMORA HUAYCO”	156
4.1.	Contexto. (Descripción, detalle del distrito)	157
4.2.	Cálculo de indicadores	190
4.3.	Proyección del impacto	197
4.4.	Medidas correctoras	203
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	213
5.1.	De la metodología	214
5.2.	De la aplicación al caso de estudio: D.H. “Zamora Huayco”	215
5.2.1.	Componente social	217
5.2.2.	Componente económico	218
5.2.3.	Componente ambiental	218
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	219
	CONCLUSIONES	220
	RECOMENDACIONES	221
	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	222
	LINKOGRAFÍA	225
	ANEXOS	227
	Anexo 1	228
	Anexo 2	231

Anexo 3	238
Anexo 4	242
Anexo 5	248
Anexo 6	251
Anexo 7	252
Anexo 8	270
Anexo 9	271
Anexo 10	274

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Hitos en la historia global del agua	12
Tabla 2.2. Comparativos de sistemas e instituciones que manejan indicadores de gestión	19
Tabla 2.3. Datos necesarios para el cálculo del IFE	29
Tabla 2.4. Matriz de evaluación de pérdidas físicas (Liemberger, 2005)	30
Tabla 2.5. Componentes del caudal mínimo nocturno (QMN)	31
Tabla 2.6. Valores de K para calcular la celeridad	48
Tabla 3.1. Sistema de evaluación, metodología Batelle	62
Tabla 4.1. Información de contexto del sector (caso de estudio)	157
Tabla 4.2. Composición de la red de distribución	159
Tabla 4.3. Valores en dólares invertidos en compra de agua embotellada	181
Tabla 4.4. Matriz para el cálculo de indicadores	192
Tabla 4.5. Cálculo del peso relativo (PR), para el componente social	199
Tabla 4.6. Cálculo del peso relativo (PR), para el componente económico	201
Tabla 4.7. Cálculo del peso relativo (PR), para el componente ambiental	202

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Esquema de la interdependencia de los ejes del desarrollo sostenible	16
Figura 2.2. Tipos de redes según la topología	23
Figura 2.3. Diagrama de Sectorización	24
Figura 2.4. Data Logger de presión	26
Figura 2.5. Caudalímetros electromagnéticos	27
Figura 2.6. Caudalímetros ultrasónicos	28
Figura 2.7. Áreas a emplear para calcular el $Q_{\text{máximo}}$ admisible	36
Figura 2.8. Adversidades de la calidad del agua en la distribución	39
Figura 2.9. Proceso de intrusión patógena (a través de un fallo en la tubería)	40
Figura 2.10. Ilustración del fenómeno golpe de ariete	45
Figura 2.11. Fases de la cavitación	50
Figura 2.12. Erosión por cavitación en una válvula de mariposa	51
Figura 2.13. Implosión de las burbujas	52
Figura 3.1. Diagrama causa – efecto para proyección de los impactos generados por los racionamientos o cortes del suministro	61
Figura 3.2. Importancias ponderadas	82

Figura 3.3. Esquema de la distribución de valoraciones	85
Figura 3.4. Curva de conversión para: interrupciones por acometida	86
Figura 3.5. Curva de conversión para: interrupción del servicio por mantenimiento no planificado	87
Figura 3.6. Curva de conversión para: interrupción del servicio por daños en la red	88
Figura 3.7. Curva de conversión para: interrupción del servicio por estiaje	89
Figura 3.8. Curva de conversión para: interrupción del servicio por demanda excedente	90
Figura 3.9. Curva de conversión para: interrupción del servicio por contaminación en el almacenamiento	91
Figura 3.10. Curva de conversión para: duración de las interrupciones por mantenimiento no planificado	92
Figura 3.11. Curva de conversión para: duración de las interrupciones por daños en la red	93
Figura 3.12. Curva de conversión para: duración de las interrupciones por estiaje	94
Figura 3.13. Curva de conversión para: duración de las interrupciones por demanda excedente	95
Figura 3.14. Curva de conversión para: duración de las interrupciones por contaminación en el almacenamiento	96
Figura 3.15. Curva de conversión para: población abastecida	97
Figura 3.16. Curva de conversión para: continuidad del suministro	98
Figura 3.17. Curva de conversión para: presión adecuada del suministro	99
Figura 3.18. Curva de conversión para: días con restricción del servicio	100
Figura 3.19. Curva de conversión para: empleados por cada 1000 conexiones	101
Figura 3.20. Curva de conversión para: conexiones con cloro residual diferente al de la norma (0.30 mg/l – 1.50 mg/l)	102
Figura 3.21. Curva de conversión para: usuarios con servicio discontinuo	103
Figura 3.22. Curva de conversión para: capacitación de técnicos de campo y miembros de planificación	104
Figura 3.23. Curva de conversión para: educación de clientes	105
Figura 3.24. Curva de conversión para: campañas de televisión para educar a clientes	106

Figura 3.25. Curva de conversión para: campañas de radio para educar a clientes	107
Figura 3.26. Curva de conversión para reclamos por presión del suministro	108
Figura 3.27. Curva de conversión para reclamos por continuidad del suministro	109
Figura 3.28. Curva de conversión para reclamos por calidad del suministro	110
Figura 3.29. Curva de conversión para reclamos por interrupciones del suministro	111
Figura 3.30. Curva de conversión para: usuarios que hierven el agua potable	112
Figura 3.31. Curva de conversión para: usuarios que compran agua embotellada	113
Figura 3.32. Curva de conversión para: usuarios que almacenan agua	114
Figura 3.33. Curva de conversión para: usuarios que poseen cisterna	115
Figura 3.34. Curva de conversión para: usuarios que realizan inspecciones de fugas	116
Figura 3.35. Curva de conversión para: usuarios con afecciones por enfermedades de origen hídrico	117
Figura 3.36. Curva de conversión para: usuarios con afecciones a la piel	118
Figura 3.37. Curva de conversión para: usuarios con otro tipo de afecciones debido a la calidad del agua	119
Figura 3.38. Curva de conversión para: control de fugas	120
Figura 3.39. Curva de conversión para: reparaciones por control activo de fugas	121
Figura 3.40. Curva de conversión para: rehabilitación de tuberías	122
Figura 3.41. Curva de conversión para: renovación de tuberías	123
Figura 3.42. Curva de conversión para: tuberías reemplazadas	124
Figura 3.43. Curva de conversión para: válvulas reemplazadas	125
Figura 3.44. Curva de conversión para: fallas en tuberías	126
Figura 3.45. Curva de conversión para: fallas en conexiones domiciliarias (acometidas)	127
Figura 3.46. Curva de conversión para: hidrantes inspeccionados	128
Figura 3.47. Curva de conversión para: edad de contadores domiciliarios	129
Figura 3.48. Curva de conversión para: índice de fugas estructural (IFE)	130

Figura 3.49. Curva de conversión para: densidad de válvulas	131
Figura 3.50. Curva de conversión para: densidad de distritos hidrométricos	132
Figura 3.51. Curva de conversión para: densidad de hidrantes	133
Figura 3.52. Curva de conversión para: densidad de contadores domiciliares	134
Figura 3.53. Curva de conversión para: edad de tuberías	135
Figura 3.54. Curva de conversión para: edad de válvulas	136
Figura 3.55. Curva de conversión para: contadores instalados y funcionando correctamente	137
Figura 3.56. Curva de conversión para: eficiencia en el cobro	138
Figura 3.57. Curva de conversión para: relación de operación y mantenimiento	139
Figura 3.58. Curva de conversión para: emisión de material particulado y polvo (MP ₁₀)	140
Figura 3.59. Curva de conversión para: niveles de ruido	141
Figura 3.60. Curva de conversión para: emisión de gases y organoclorados	142
Figura 3.61. Curva de conversión para: emisión de olores	143
Figura 3.62. Curva de conversión para: agua superficial captada en época de estiaje	144
Figura 3.63. Curva de conversión para: agua subterránea captada en época de estiaje	145
Figura 3.64. Curva de conversión para: lodos que se depuran y depositan en sitios adecuados	146
Figura 3.65. Curva de conversión para: número de sistemas de depuración de aguas residuales por cada 1000 conexiones	147
Figura 3.66. Curva de conversión para: agua residual tratada que es reutilizada	148
Figura 3.67. Curva de conversión para: remoción y afectación de la cobertura vegetal sin reposición	149
Figura 3.68. Curva de conversión para: industrias y fábricas dentro de la cuenca fuente que controlan sus vertidos correctamente	150
Figura 3.69. Curva de conversión para: superficie de las cuencas tributarias que son propiedad del abastecimiento	151
Figura 3.70. Curva de conversión para: superficie de las cuencas	152

tributarias que son reforestadas anualmente	
Figura 4.1. Distrito Hidrométrico “Zamora Huayco”	158
Figura 4.2. Diámetros de la red de distribución	159
Figura 4.3. Material de la red de distribución	160
Figura 4.4. Género de población encuestada	161
Figura 4.5. Nivel de Instrucción usuarios encuestados	162
Figura 4.6. Ingresos económicos mensuales (dólares)	162
Figura 4.7. Usuarios que presentaron una de las últimas planillas de pago de agua	163
Figura 4.8. Planilla presentada por usuario	164
Figura 4.9. Consumo mensual de agua potable (m ³)	164
Figura 4.10. Valor mensual (dólares) que el usuario cancela por el servicio de agua potable	165
Figura 4.11. Tipo de tarifa de conexión de agua potable	166
Figura 4.12. Número de familias que habitan por domicilio	166
Figura 4.13. Número de personas que habitan por domicilio	167
Figura 4.14. Número de contadores instalados por domicilio	167
Figura 4.15. Número de contadores por domicilio	168
Figura 4.16. Edad de instalación del contador domiciliario	168
Figura 4.17. Edad de instalación de contadores domiciliarios	169
Figura 4.18. Estado operativo del contador domiciliario	170
Figura 4.19. Volumen (m ³) acumulado de los contadores	170
Figura 4.20. Diámetro de las conexiones domiciliarias	171
Figura 4.21. Medición del diámetro de la tubería conexión domiciliaria	171
Figura 4.22. Porcentajes, material de las conexiones domiciliarias	172
Figura 4.23. Material de las conexiones domiciliarias	172
Figura 4.24. Percepción de los usuarios acerca del servicio de agua potable que proporciona la empresa	173
Figura 4.25. Percepción de los usuarios acerca de la cantidad de agua potable que reciben en sus domicilios	174
Figura 4.26. Presión con la que el suministro de agua llega a los domicilios de los usuarios	174
Figura 4.27. Existen interrupciones del suministro de agua	175
Figura 4.28. Frecuencia de ocurrencia de interrupciones del servicio de agua potable (interrupciones/año)	175
Figura 4.29. Tiempo (horas) de duración de las interrupciones del servicio	176
Figura 4.30. Horas promedio al día que disponen del suministro	177

Figura 4.31. Aviso por parte de la empresa previo a interrumpir el servicio	177
Figura 4.32. Medios a través de los cuales la empresa informa	178
Figura 4.33. El gestor abastece de agua al sector durante los cortes	178
Figura 4.34. Medios por los cuales los usuarios se abastecen durante las interrupciones	179
Figura 4.35. Frecuencia (#/mes) de adquisición de agua embotellada por parte de los usuarios	180
Figura 4.36. Volumen (litros) de agua embotellada adquirida por los usuarios	180
Figura 4.37. Capacidad de almacenamiento de la cisterna	181
Figura 4.38. Porcentaje de usuarios que hierven el agua	182
Figura 4.39. Usos que los usuarios dan al agua potable	182
Figura 4.40. Porcentaje de usuarios que realizan algún tipo de actividad en su domicilio	183
Figura 4.41. Actividades (comercial-industrial) que los usuarios realizan en sus domicilios	183
Figura 4.42. Como califican los usuarios la calidad del agua que reciben	184
Figura 4.43. Usuarios con afectaciones por enfermedades de origen hídrico	185
Figura 4.44. Enfermedades padecidas que se le atribuyen al agua consumida	185
Figura 4.45. Desempeño de la empresa frente a requerimientos de servicios instalación-reparación	186
Figura 4.46. Medios a través de los cuales la empresa recepta los reclamos	186
Figura 4.47. Respuesta de los usuarios respecto a si la empresa realiza campañas para el ahorro del agua	187
Figura 4.48. Medios que utiliza la empresa para realizar campaña de ahorro del agua	187
Figura 4.49. Usuarios que están o no dispuestos a cancelar un valor en la planilla mensual de agua potable	188
Figura 4.50. Valor adicional a cancelar en la planilla mensual	189
Figura 4.51. Usuarios con problemas en su contador domiciliario	189
Figura 4.52. Usuarios que realizan control para detectar fugas	190
Figura 4.53. Curva de conversión para: interrupción del servicio por mantenimiento no planificado (ejemplo de cálculo)	198

RESUMEN

Este estudio se enmarca en la gestión urbana de abastecimientos de agua potable, línea de estudio fundamental en la actualidad, debido a la importancia de cuidar y gestionar adecuadamente el recurso agua, a la vez de optimizar el uso del mismo para brindar un servicio eficiente en: calidad, cantidad y presión adecuada. El gestionar adecuadamente un abastecimiento de agua potable significa que dicha gestión debe conducir a que el abastecimiento sea sostenible es decir que exista un equilibrio entre los ejes: social, económico y ambiental. El presente estudio contiene la propuesta de una metodología de Evaluación de Impactos Generados por los Racionamientos o Cortes del Suministro de Agua (EICRA), misma que es una adaptación de métodos conocidos en la Evaluación de Impactos Ambientales (EIA), y que utiliza variables e indicadores para proyectar dichos impactos y proponer medidas correctoras según sea el caso.

PALABRAS CLAVES: abastecimiento, interrupciones, llenado de red, vaciado de red, impactos, indicadores, medidas correctoras.

ABSTRACT

This study is part of the urban management of drinking water supplies, online fundamental study today, because of the importance of protecting and properly managing water resources, while optimizing the use of it to provide an efficient service in: quality, quantity and proper pressure. The properly manage a water supply means that such management should lead to sustainable supply there is a balance between the axes: social, economic and environmental. This study contains a proposed methodology of Evaluación de Impactos Generados por los Racionamientos o Cortes del Suministro de Agua (EICRA), which is itself an adaptation of methods known in the Environmental Impact Assessment (EIA), and use variables and indicators to project such impacts and propose corrective measures as appropriate.

KEYWORDS: supply, interruptions, filler network, network dump, impacts, indicators, corrective measures.

INTRODUCCIÓN

El agua potable es un recurso indispensable porque de su uso dependen la salud y el bienestar del ser humano, que al gozar de estas cualidades están en plenas capacidades de responder a las múltiples actividades diarias necesarias para su desarrollo.

El agua es escasa para más de 4 millones de personas en el Ecuador. La Asociación Ecuatoriana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AEISA) trabaja arduamente, buscando que, llegue el día en que exista un solo parámetro de medición: “Agua Potable que cumpla la norma INEN, suministrada por tuberías a los hogares, las 24 horas del día, los 365 días del año”. (Mórtola J. 2009).

La disponibilidad del agua es un problema actual y complejo en el que interviene una serie de factores que van más allá del incremento poblacional que demanda cada vez más este recurso, así como para llevar a cabo actividades económicas. El crecimiento urbano-industrial, la sobreexplotación y la contaminación de los recursos hídricos generan conflictos y escasez de agua. (Durán J. & Torres A. 2006).

En periodos secos la amenaza de las restricciones por los cortes de agua asociados es una actividad que a toda costa conviene evitar. Porque las más de las veces la medida hasta hora adoptada es la de cortar el servicio un número de horas al día proporcional al agua que se pretende ahorrar. Y sin embargo es este un procedimiento a todas luces insalubre e inconveniente. De otra parte, con este proceder el ahorro de agua que se alcanza no es tanto porque los ciudadanos reducen su consumo si no sobre todo porque la red deja de fugar. Y por ello tiene un claro remedio, mejorar el rendimiento de las redes de agua urbanas. (Cabrera M. E. 2006).

De la literatura consultada (Cabrera E, 2006), (Guarga R, 1995), (Mendiluche E, 1984), se concluye que cuando el servicio se raciona o interrumpe hay mayor incidencia de rupturas en tuberías como resultado de los cambios de presión que se generan al abrir y cerrar válvulas diariamente, incrementándose las pérdidas de agua y el mantenimiento.

En el presente trabajo se dan las pautas a seguir para proyectar los impactos sociales, económicos y ambientales, que se producen debido al corte o racionamiento del suministro de agua potable, mediante la aplicación de la metodología Evaluación

de Impactos por Cortes o Racionamientos de Agua (EICRA), propuesta, convirtiéndose en una herramienta que permita evaluar cualitativa y cuantitativamente referidos impactos. EICRA consiste en adaptar algunas metodologías conocidas de Evaluación de Impactos Ambientales (EIA).

Este documento se estructura en seis capítulos:

En el Capítulo uno se enmarca las generalidades del presente estudio, se realiza la introducción, se plantean los antecedentes, objetivos, el alcance y la metodología a utilizar.

El Capítulo dos lo conforma el estado del arte, toda aquella información necesaria y útil, retomada de: libros, artículos, normas técnicas, documentos, páginas web, etc., que proporcionan las bases para entender y comprender los conceptos que se aplican en el estudio realizado.

En el Capítulo tres, se detalla y explica la metodología (EICRA) propuesta, para la proyección de los impactos generados por los cortes y racionamientos del suministro de agua potable.

En el Capítulo cuatro, se realiza la aplicación de la metodología EICRA a un caso de estudio: distrito hidrométrico (D.H.) “Zamora Huayco”.

El Capítulo cinco, muestra el análisis de los resultados que se obtuvieron de la adaptación de la metodología y de la aplicación de la misma al caso de estudio.

En el Capítulo seis, se encuentran las conclusiones y recomendaciones del estudio.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

En lo referente a cortes y racionamientos del suministro de agua potable y los impactos que estos generan, no se encuentra estudios previos realizados, sin embargo, se puede encontrar información de artículos y documentos publicados con los modelos matemáticos que simulan el comportamiento hidráulico durante el llenado y vaciado de redes a presión. Se puede citar entre ellos:

Rafael Guarga (1995), en el texto **Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión**, capítulo 8: Llenado, vaciado y evolución del aire atrapado en una conducción de agua a presión, describe los fenómenos que se producen al llenar o vaciar las tuberías de una red, principalmente el aire que ingresa y sale al sucederse estas operaciones; proporciona las ecuaciones que rigen estos fenómenos, así como también información acerca de válvulas, su ubicación, la función que estas cumplen y el dimensionamiento.

Llenado de tuberías con aire atrapado, de Vicente S. Fuertes, Joaquín Izquierdo, Pedro L. Iglesias, Enrique Cabrera y Jorge García- Serra (1997), presentan en este documento el estudio y modelado del problema del llenado de tuberías con aire atrapado, con el fin de predecir el transitorio que se produce y evaluar los peligrosos picos de presión que pueden generarse. No se contempla la presencia de ventosas por cuanto supone considerar las condiciones más críticas.

Juan Ángel Serrano Rodríguez, en el documento subtítulo "URALITA SISTEMAS DE TUBERÍAS", en su artículo **Ventosas**, aborda los problemas relacionados con el aire en las conducciones, describe como se origina este fenómeno en las tuberías y detalla lo referente a ventosas (válvulas de expulsión o admisión de aire), tipos, localización, funcionamiento y dimensionado de las mismas.

Enrique Mendiluche Rosich (1984), en la publicación de su artículo denominado **"Peligrosidad del aire en el interior de las tuberías"**, en base a su experiencia y conocimientos en el área hidráulica, más en el transporte de agua por tubería, debido a su desempeño por varios años en empresas fabricantes de tubería, nos presenta la procedencia del aire, el comportamiento del aire en las tuberías, presenta una

ecuación para determinar las sobrepresiones, misma que se fundamenta en la transformación de la energía cinética del agua frenada y en la compresión del aire encerrado. Además de ejemplos de cálculos de las sobrepresiones en algunos abastecimientos, también hace recomendaciones acerca de la ubicación y elección de ventosas, para evitar que se produzcan fenómenos por las sobrepresiones. Entre otros.

Con lo expuesto, cuando existe un corte en el suministro de agua necesariamente se produce el llenado y vaciado de las redes, al no realizar dichos procedimientos de una manera correcta y técnica, dan origen a fenómenos hidráulicos, que se traducen en el deterioro de las tuberías y accesorios, y en el peor de los casos la ruptura de estos, acarreando consigo otra clases de problemas, como la intrusión de patógenos entre otros que se traducen en insalubridad y estos a la vez se convierten en problemas sociales. En este contexto y ya que en nuestra localidad hasta ahora no se cuenta con estudios realizados en lo referente a cortes y racionamientos del suministro de agua potable, más aún de los impactos que estos generan, en los tres ámbitos: social, económico y ambiental que son considerados como pilares del desarrollo, surge la iniciativa del presente estudio el cual consiste en elaborar una metodología que permita evaluar los impactos para proponer posibles mitigaciones a estos.

1.2. Objetivos

1.2.1. General.

- Proyectar los impactos sociales, económicos y ambientales generados por los cortes o racionamientos del suministro de agua potable.

1.2.2. Específicos.

- Adaptar una metodología de valoración de impactos por cortes y racionamientos (EICRA), concatenada con aquellos procedimientos conocidos en la Evaluación de impactos ambientales (EIA).
- Aplicar la metodología de evaluación de impactos por cortes y racionamientos de agua (EICRA) a un caso de estudio local, para su ajuste y calibración.

1.3. Alcance

Una vez alcanzados los objetivos aquí planteados, se contará con:

- Propuesta de variables y formulación de indicadores para medir los impactos: sociales, económicos y ambientales, por el corte o racionamiento de agua, en un distrito o subsector hidrométrico.
- Planteamiento de la metodología de evaluación (de EIA a EICRA).
- Manual técnico con la metodología EICRA y un documento publicable.

1.4. Metodología

El presente estudio se enmarca en un tipo de investigación exploratoria, debido a que el tema a abordar es poco estudiado, se aplica el método experimental (práctico – deductivo), mediante la aplicación de encuestas (investigación documentada) a la empresa gestora del servicio y a los usuarios del mismo, en los cuales se evaluará la percepción, continua con la propuesta de variables y configuración de indicadores, para dar un diagnóstico y finalmente elaborar una propuesta de mejora documentada (medidas correctoras).

1.4.1. Sistemática.

- a. Selección de variables y configuración matemática de indicadores.
- b. Método evaluativo de primer nivel
 - Listas de revisión
 - “screening” (preselección)
 - “scoping” (definición de alcances y sociabilización). Línea base del distrito hidrométrico a evaluar (estado actual).
 - Diagrama de redes (causa-efecto hasta tres relaciones de causalidad lineal según su jerarquización).
- c. Método evaluativo de alto nivel
 - De segundo grado:
 - Batelle-Columbus.
- d. Recomendación de medidas correctoras (nulificación, mitigación, prevención, compensación, contingencia y de estimulación).

1.4.2. Actividades.

- Revisión de bibliografía y referencias para redacción de estado del arte.
- Revisión de indicadores de gestión propuestos por organismos internacionales, especializados en gestión de abastecimientos de agua.

- Elección de indicadores que servirán para la proyección de los impactos generados por los cortes y racionamientos.
- Adaptación de los métodos de Evaluación de impactos ambientales (EIA), a la metodología propuesta para evaluar los impactos generados por cortes y racionamientos del agua.
- Aplicación de la metodología propuesta (EICRA) a un caso de estudio; distrito hidrométrico “Zamora Huayco”.
- Afinar la propuesta, mediante la práctica de campo y la aplicación de la metodología Delphi (entrevista a expertos).

1.4.3. Instrumentación y herramientas.

- Encuestas y entrevistas personales (socializar variables e indicadores - Consulta Delphi).
- Paquetes informáticos existentes (Sigma lite 2.0, IBNET y otros ofimáticos).
- Bibliografía, normas, documentos técnicos y científicos.
- “Manual técnico” con la metodología propuesta.
- Laboratorio virtual de fluidos, hidráulica y eficiencia energética tanto como el de balance hídrico y agua no contabilizada (BH & ANC) del Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil, para la elaboración de la línea base del distrito hidrométrico en el que se aplicará el estudio.

CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE

2 ESTADO DEL ARTE

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD 1992), define al desarrollo humano como una capacidad del hombre para progresar íntegramente, para que se suceda parte de ese desarrollo es necesario que el individuo tenga acceso al saneamiento básico, especialmente al recurso agua en cantidad, calidad y continuidad adecuada, es decir que el sistema que abastece dicho recurso tiene que ser sostenible, de ahí la importancia de abordar los conceptos de sostenibilidad, que a continuación se plantean.

2.1. Sostenibilidad

2.1.1. Origen.

Existen algunas propuestas de sostenibilidad formuladas con anterioridad al informe Brundtland que no habían conseguido prosperar, propuestas que van desde la pretensión de los economistas franceses del siglo XVIII, hoy llamados fisiócratas, de aumentar las "riquezas renacientes" sin menoscabo de los "bienes fondo", hasta las preocupaciones por la "conservación" en la pasada década de los sesenta o por el "ecodesarrollo" de principios de los setenta, (Naredo M. 1997).

El concepto de Sostenibilidad tiene su origen a partir del Informe Brundtland, mismo que es un informe socio-económico elaborado por distintas naciones para la ONU, por una comisión cuya cabeza era la doctora Gro Harlem Brundtland. Inicialmente, se llamó Nuestro Futuro Común. En este informe, se utilizó por primera vez el término desarrollo sostenible, el cual fue definido como **“aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones”**. (Informe Brundtland, 1987). Este concepto (sostenibilidad) trae consigo un cambio muy importante en cuanto a su filosofía, ya que inicialmente se lo consideraba y asociaba con el ámbito ecológico (sustentabilidad), pero ahora además da una apertura e importancia al ámbito económico y social del desarrollo.

Tabla 2.1. Hitos en la historia global del agua

HITOS RECIENTES EN LA HISTORIA GLOBAL DEL AGUA (DESDE 1965)		
Evento	Fecha	Lugar
Decenio Hidrológico Internacional	1965-1974	Mundial
Conferencia sobre Ambiente Humano de la ONU	1972	Estocolmo, Suecia
Conferencia sobre Agua de la ONU	1977	Mar del Plata, Argentina
Decenio Internacional del Agua Potable y Saneamiento	1981-1990	Mundial
Conferencia Internacional sobre Agua y Ambiente	1992	Dublín, Irlanda
Conferencia sobre Ambiente y Desarrollo de la ONU	1992	Rio de Janeiro, Brasil
Primer Foro mundial del Agua	1997	Marrakech, Marruecos
Conferencia Internacional sobre Agua y Desarrollo Sustentable	1998	Paris, Francia
Segundo Foro Mundial del Agua	2000	La Haya, Holanda
Cumbre del Milenio de la ONU	2000	Nueva York, Estados Unidos
Conferencia Internacional sobre el Agua dulce	2001	Bonn, Alemania
Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sustentable	2002	Johannesburgo, Sud África
Año Internacional del Agua Dulce	2003	Mundial
Tercer Foro mundial del Agua	2003	Kyoto, Japón
Sesión 12 y 13 de la Comisión sobre Desarrollo Sustentable	2004,2005	Nueva York, Estados Unidos
Decenio Internacional del Agua para la Vida	2005-2015	Mundial
Cuarto Foro Mundial del Agua	2006	México
Semana Mundial del Agua	2007	Estocolmo, Suecia
Quinto Foro Mundial del Agua	2009	Estambul, Turquía
I Foro Mediterráneo del Agua (parte del Foro Mundial región Mediterránea)	2011	Marrakech, Marruecos
Semana Mundial del Agua	2011	Estocolmo, Suecia
IWA Conferencia Especial: Pérdida de Agua 2012	2012	Manila, Filipinas
Sexto Foro Mundial del Agua	2012	Marsella, Francia

Fuente: Varady R. y McGovern E., Paradigmas para la gestión del agua en el siglo XXI, complementado por los autores.

En la Tabla 2.1. se observa un resumen de los acontecimientos más relevantes realizados a nivel mundial, en lo referente a la conservación del recurso agua y la lucha por promover y alcanzar el desarrollo sostenible, aquí se muestra también que dichas iniciativas no son recientes sino que se remontan a algunas décadas atrás.

2.1.2. Concepto de desarrollo sostenible.

Desarrollo sostenible se define como "un desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades". (Nuestro futuro común, Comisión mundial de medioambiente y desarrollo, 1987). ***"La idea de desarrollo sostenible es muy sencilla. Se trata de garantizar una mejor calidad de vida para todas las personas, en el presente y para las generaciones futuras"***. (Oportunidades de cambio, Departamento de Medio Ambiente, Transporte y Regiones del Reino Unido, 1998).

2.1.3. Concepto de desarrollo sustentable.

Desarrollo sustentable, también llamado sostenibilidad ambiental o desarrollo verde, tiene un enfoque referido prioritariamente al ambiente. Es el tipo de desarrollo en el que las modificaciones que actúan en el ambiente producen polución pero no contaminan. (Benavides H. 2010).

2.1.4. Concepto de desarrollo humano.

Según el PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), consiste en la libertad y la formación de las capacidades humanas, es decir, en la ampliación de la gama de cosas que las personas pueden hacer y de aquello que pueden ser.

Entonces el desarrollo humano es la adquisición de la capacidad de parte de los individuos y comunidades, para participar efectivamente en la construcción de una civilización mundial que sea próspera tanto material como espiritualmente.

2.1.5. Necesidad y beneficios de la sostenibilidad.

Necesidad

Nuestra sociedad de consumo a través de la actividad humana, es siempre causa de la generación de residuos y contaminación, origina miles de millones (millardos) de toneladas de residuos: productos industriales de desecho, objetos viejos y usados, embalajes y residuos agrarios. Estos inconvenientes surgen probablemente por un mal reparto y aprovechamiento de los recursos y riquezas naturales, en espacio y tiempo. La densa concentración de la población en áreas urbanas que dan origen a las metrópolis y grandes ciudades, la actividad industrial y la progresiva deserción del

campo nos perjudica doblemente, la calidad de vida urbana se deteriora y las áreas agrícolas cultivadas durante siglos se convierten en tierras improductivas.

El desarrollo sostenible consiste en usar (explotar) no más de lo necesario, y guardar para el futuro, contrario a lo que nos presenta la economía moderna basada en el consumismo veloz: usar, pagar y cobrar por todo, en el menor tiempo posible.

Dentro de este contexto que describe nuestra realidad, se convierte más que en una opción en una de las necesidades prioritarias que el ser humano trabaje por el desarrollo integral sostenido de la sociedad, que sea armonioso, compatible y se manifieste con la protección del medio ambiente, a lo que actualmente se denomina **Desarrollo Sostenible**.

Para una mejor comprensión de la necesidad de aplicar el concepto de sostenibilidad a todas las acciones y actividades que se realiza, a continuación se ilustra con el siguiente ejemplo: **Agua embotellada**.- La economía de hoy conduce a la extracción rápida e incontrolada del recurso agua que se encuentra en los acuíferos para satisfacer las demandas del mercado, la idea del desarrollo sostenible consiste en conocer la capacidad y velocidad de recarga de los acuíferos y no extraer más agua de la que entra, para asegurar la permanencia de la fuente.

También es importante utilizar los adelantos de la ciencia y la técnica en función del desarrollo económico - social de las comunidades y de la protección del medio ambiente. Para ello es necesario que se produzcan cambios en la mentalidad de los hombres a través de esquemas de conducta sostenibles, de manera que las personas y las sociedades tomen conciencia del efecto beneficioso del medio ambiente que sobre su bienestar general produce, y del impacto que este ejerce en sus estilos de vida.

Beneficios¹:

Los beneficios del desarrollo sostenible en sí son muchos, entre los principales anotamos:

- Nos garantiza que por lo menos tendremos un sitio estable a lo largo del tiempo en cuanto al clima, flora, fauna y al correcto ciclo de los ecosistemas.
- Asegura que no falten recursos naturales, ni ahora ni en el mañana a las generaciones futuras, se protegen los sistemas naturales y se utilizan los recursos sabiamente.

¹ Resumido: (<http://www.buenastareas.com/ensayos/Beneficios-Del-Desarrollo-Sustentable/791843.>)

- Reactivar el crecimiento.- La satisfacción de las necesidades esenciales y el desarrollo sostenible exige que haya crecimiento económico, crea una economía local vibrante que brinde oportunidades para el trabajo.
- Atender a las necesidades humanas.- Empleo, alimento, energía, saneamiento (agua y salud), son necesidades básicas cuya atención debe buscarse con prioridad.
- El conocimiento aplicado con responsabilidad, que origina a la tecnología como instrumento clave de la solución de la mayoría de los problemas expuestos, todo esto en función de las exigencias del desarrollo sostenible.
- En la sociedad participativa, la gente se preocupa por los demás y valora la justicia social y la paz, la toma de decisiones se realiza por medios justos, transparentes y democráticos. (Abreu Y. 2009).

2.1.6. Ejes de la sostenibilidad.

El ámbito del desarrollo sostenible puede dividirse conceptualmente en tres aspectos: social, económico y ambiental.

El objetivo del desarrollo sostenible es definir proyectos viables y reconciliar los aspectos: social, económico y ambiental de las actividades humanas; tres pilares que deben tenerse en cuenta por parte de las comunidades, empresas y personas.

2.1.6.1. Social.

Basada en el mantenimiento de la relación social y de su habilidad para trabajar en la persecución de objetivos comunes. Supondría, tomando el ejemplo de una empresa, tener en cuenta las consecuencias sociales de la actividad de la misma en todos los niveles: los trabajadores (condiciones de trabajo, nivel salarial, etc.), los proveedores, los clientes, las comunidades locales y la sociedad en general.

2.1.6.2. Económico.

Se da cuando la actividad que se mueve hacia la sostenibilidad ambiental y social es financieramente posible y rentable.

Orientado al establecimiento de procesos adecuados de cálculo, definición y aplicación de tarifas considerando criterios de equidad y cobros diferenciados.

2.1.6.3. Ambiental.

Compatibilidad entre la actividad considerada y la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas.

2.1.7. Sostenibilidad en un sistema de abastecimiento de agua.

Un abastecimiento de agua potable es sostenible cuando cumple con un conjunto metodológico de acciones y normas que conducen a un adecuado manejo técnico, administrativo y legal (Benavides H. 2010), y satisfagan sus tres ejes fundamentales (SS. EE.AA) en el presente y futuro.

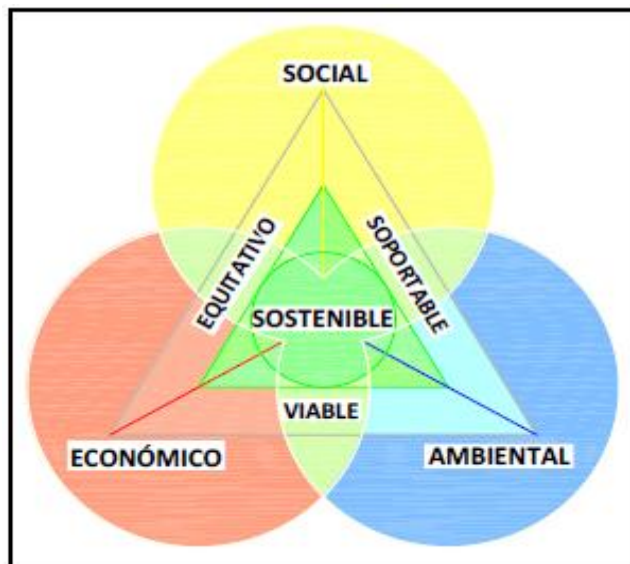


Figura 2.1. Esquema de la interdependencia de los ejes del desarrollo sostenible

Fuente: tomado de “Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren”, Benavides H. 2010, pág 102

2.1.7.1. *Social*².

Considera a la participación social como uno de sus principios fundamentales, su rol activo en todos los procesos de gestión de los servicios y de los recursos naturales, a través de actividades permanentes de promoción, educación y comunicación. La inclusión de las familias y comunidad desde el diagnóstico, planificación, ejecución, evaluación y gestión de conocimientos constituye un soporte importante para la sostenibilidad junto con las acciones en los otros ámbitos.

2.1.7.2. *Económico*.

Se espera que los sistemas de agua tengan tarifas que cubran los costos de operación, mantenimiento, reposición, capitalización, protección del agua y que sean establecidas atendiendo a la capacidad y voluntad de pago de las comunidades. Adicionalmente se incluyen los mecanismos de transparencia y control social en su gestión.

² (Informe final estudio de sostenibilidad de los sistemas de agua potable rural, 2006)

2.1.7.3. Ambiental.

Hace referencia a la situación ambiental y sanitaria de las microcuencas y fuentes de agua: a nivel de protección de las fuentes de agua, la tenencia de la tierra en la fuente y situación jurídica de la fuente, al grado de responsabilidad frente a aguas residuales y la existencia de planes de manejo y asignación de recursos financieros para el efecto.

2.2. Indicadores

El uso de indicadores en Latinoamérica y el mundo está creciendo en importancia como base para evaluar la efectividad (eficiencia – eficacia) de los abastecimientos de agua potable. La aplicación de la metodología (EICRA) propuesta en este estudio, con el fin de proyectar los impactos que generan los cortes del suministro, tiene su base en la identificación de variables y formulación de indicadores que proporcionan datos cuantitativos de lo que buscamos evaluar.

2.2.1. Concepto.

Indicador es un instrumento que sirve para mostrar o indicar algo. El término “Indicador” en el lenguaje común, se refiere a datos esencialmente cuantitativos, que nos permiten darnos cuenta de cómo se encuentran las cosas en relación con algún aspecto de la realidad que nos interesa conocer. (Fernández J. 2007).

Son herramientas (expresión numérica, matemática o estadística) de gran utilidad para evaluar dónde estamos y hacia dónde vamos respecto de los valores y objetivos de un proyecto. (Galarza, 2007).

2.2.2. Estructura.

Todo indicador necesita para su completa definición una serie de datos e información general sobre la característica que va a controlar. La información a recoger para documentar un indicador puede ser:

- Código y denominación del servicio.
- Código y denominación de proceso.
- Denominación del indicador: Nombre que identifica al indicador de forma clara y sin ambigüedades.
- Descripción del indicador: Característica, actividad o aspecto al que está asociado el indicador (lo que mide el indicador).

- Unidad de medida: Especifica la unidad de medida a utilizar. Se debe procurar utilizar unidades estándares y normalizadas que faciliten su uso.
- Forma de calcular el indicador: Especifica las operaciones matemáticas, estadísticas, lógicas, etc. para realizar el cálculo y obtener el valor asociado al indicador.
- Fuentes de los datos: Lugar y forma de recopilar los datos.
- Estándar a alcanzar: Valor numérico a alcanzar en el indicador expresado en la unidad de medida indicada. También se pueden especificar intervalos numéricos de referencia (rangos de valores aceptables) o límites numéricos (mayor que, menor que). Es el valor de referencia para medir la evolución del indicador y representa el objetivo que pretende alcanzar la Organización en un periodo de tiempo determinado. El estándar puede ser positivo o negativo
- Evolución deseada: Tendencia que debe seguir el indicador para conseguir los objetivos propuestos, expresado mediante los términos de “Disminuir”, “Aumentar” o “Mantener Estable” el valor del indicador.
- Frecuencia de medida: Periodo de tiempo en los que se obtendrá el valor asociado al indicador.³

Así por ejemplo, el IBNET utiliza modelos como los mostrados seguidamente:

$$\text{Cobertura de agua} = \frac{(40)}{(30)} \times 100$$

medido en (%) Unidad Nombre Indicador variables

Donde:

- (40) - Población abastecida de agua.
 (30) - Población total dentro del área de cobertura.

2.2.3. Indicadores disponibles.

En la literatura sobre el tema, no se reporta un consenso general sobre la mejor manera de realizar la evaluación, las distintas propuestas en diversa medida pueden ser aceptables o aplicables a la realidad de las empresas de agua de cada país, en

³ Procesos de mejora continua: DTSPM_001_01 Septiembre de 2003, Sección Técnica de Procesos de Mejora y Sistemas de Medición de la Comisión de Modernización y Calidad de la FEMP Página 106

función de los objetivos que establezca el mismo organismo o alguna entidad normativa en la materia. (Hansen P, Cortés P, Bourguett V, 2005).

Existen diversas instituciones dedicadas a integrar y divulgar datos y alentar a que las empresas operadoras compartan sus datos. Entre ellas tenemos reguladores formales como OFWAT en Reino Unido, SIASS en Chile, CRA en Colombia, SUNASS en Perú, o la Asociación de Reguladores ADERASA. También está el IBNET creado por el Banco Mundial, la IWA, la AWWA y muchas otras. En México está el Piggo de IMTA, Conagua, Aneas, y de varias comisiones estatales de agua.

La Tabla 2.2. muestra la cantidad de indicadores que consideran algunos de ellos.

Tabla 2.2. comparativos de sistemas e instituciones que manejan indicadores de gestión.

Concepto a comparar	Indicadores de IWA	IBNET	SUNASS	CEAG	SeeA 2.7	PIGOO (IMTA)	OFWAT (Inglaterra)	AWWA (USA)
Institución(es) que lo promueve o emplea	<i>International Water Association</i>	<i>Banco Mundial, y ADERASA</i>	<i>SUNASS, Perú</i>	<i>Comisión estatal agua Guanajuato, México</i>	<i>IMTA</i>	<i>IMTA Proyecto de información de Organismos Operadores</i>	<i>OFWAT</i>	<i>AWWA (American Water Works Association)</i>
Total de parámetros (variables básicas)	210 (sólo agua potable)	46 (agua y alcantarillado)	115	40 (16 generales, 6 técnicos, 6 comerciales, 10 financieros y 2 institucionales)	48	32		
Total de indicadores	128 (sólo agua potable)	27 (con similares, pero en distintas unidades de medida, totalizan aprox.=48)	28 (<u>Considerando unidades de medida equivalentes = 38</u>)	19	37	27	2	22

Fuente: adaptado de sección # 9 "Indicadores básicos para la gestión de los organismos operadores", IMTA 2007, página 25.

Se tiene algunos organismos internacionales pioneros en la gestión de empresas (en este caso empresas de agua potable y saneamiento), los mismos que cuentan con estructuras de variables e indicadores, que se convierten en herramientas muy útiles para que las empresas puedan realizar una gestión adecuada, entre los más conocidos y aceptados se destaca:

IBNET (International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities)

Red internacional de comparaciones para Empresas de Agua y Saneamiento, fue establecida en los años 90 con el apoyo del Banco Mundial, para promover mejoras en el desempeño internacional de los sectores agua y saneamiento.

La IBNET con dirección internet: <http://www.ib-net.org/>, emplea algunos indicadores organizados en las siguientes categorías:

Indicadores:

- Cobertura del servicio
- Calidad del servicio
- Consumo y producción de agua
- Facturación y recaudación
- Agua no facturada
- Desempeño financiero
- Prácticas de medición
- Activos
- Desempeño de la red de cañerías
- Accesibilidad del servicio
- Costos operativos y de personal
- Indicadores de proceso

IWA (International Water Association) e ITA (Instituto Tecnológico del Agua, Sigma Lite 2.0)

La IWA, Asociación Internacional del Agua, es una organización no gubernamental (ONG) que mantiene relaciones oficiales con la OMS (Organización Mundial de la Salud). La IWA sirve como punto de referencia mundial para los profesionales del agua, marca la continuidad entre la investigación y la práctica, cubriendo todas las facetas del ciclo del agua. (San Luis Agua, 2011).

La IWA en alianza estratégica con el ITA – UPV (Universidad Politécnica de Valencia), crearon el software denominado Sigma Lite el mismo que se encuentra disponible en la dirección: <http://www.sigmalite.com>.

SIGMA es el primer software genérico de Indicadores de Gestión para los servicios del agua. Con SIGMA, la selección, evaluación y análisis de los indicadores de gestión se puede hacer fácilmente, garantizando la consistencia de los datos y los cálculos. Los indicadores se pueden importar de propuestas bien conocidas (tales como la del banco mundial o de la IWA) o bien se pueden crear desde cero.

Si se sigue la propuesta de la IWA, la información en SIGMA se estructura alrededor de tres tipos principales de elementos: (Cabrera E, 2001)

- Variables.
- Indicadores de Gestión.
- Información de Contexto.

Variables:

- Datos de volumen de agua
- Datos de personal
- Datos de activos físicos.
- Datos operacionales
- Demografía y datos del cliente
- Datos de calidad del servicio.
- Datos financieros.

El sistema de indicadores de la IWA queda estructurado en 6 grandes grupos de indicadores:

- Recursos hídricos
- Personal
- Físicos
- Operacionales
- Calidad del servicio
- Financieros

La Información de contexto se divide en tres grupos:

- Perfil del abastecimiento
- Perfil del sistema
- Perfil de la región

2.2.4. Criterios de selección de indicadores.

Entre los múltiples criterios que nos conducen a los indicadores antes citados según Ortega J. (2007), tenemos:

Mensurabilidad, el cual nos permitirá medir lo que se quiere o pretende conocer.

Análisis, aquí trata más bien de captar los aspectos cualitativos o cuantitativos que se desea medir o sistematizar.

Relevancia, esta es la capacidad de dar a conocer los resultados de lo que se pretende medir.

Indicadores cuantitativos, Los que se refieren directamente a medidas en números o cantidades.

Indicadores cualitativos, Se trata de aspectos que no son cuantificados directamente.

Indicadores directos, Permite medir directamente el fenómeno.

Indicadores indirectos, No permite medir directamente pero recurre a indicadores sustitutivos o indicadores relativos que si permitan la medición.

Indicadores positivos, es el que nos muestra que cuando un valor se incrementa es porque nos indica un avance hacia la equidad.

Indicadores negativos, son lo contrario de lo anterior ya explicado.

Rada (2007), propone:

Disponibilidad: los datos básicos para la construcción del indicador deben ser de fácil obtención sin restricciones de ningún tipo.

Simplicidad: el indicador debe ser de fácil elaboración.

Validez: deben tener la capacidad de medir realmente el fenómeno que se quiere medir y no otros.

Especificidad: si un indicador no mide realmente lo que se desea medir, su valor es limitado, pues no permite la verdadera evaluación de la situación al reflejar características que pertenecen a otro fenómeno paralelo.

Confiabilidad: los datos utilizados para la construcción del indicador deben ser fidedignos (fuentes de información satisfactorias).

Sensibilidad: el indicador debe ser capaz de poder identificar las distintas situaciones de salud aún en áreas con distintas particularidades, independientemente de la magnitud que ellas tengan en la comunidad.

Alcance: el indicador debe sintetizar el mayor número posible de condiciones o de distintos factores que afectan la situación descrita por dicho indicador. En lo posible el indicador debe ser globalizador.

2.3. Hidráulica de los racionamientos

2.3.1. Topología y sectorización de la red.

2.3.1.1. Topología.

La topología se refiere a la distribución física de la red, la cual consta de nudos y líneas. Comprende los aspectos constitutivos de la red como su aspecto geométrico, su contexto físico y las propiedades características de conectividad, seguridad e instrumentos y accesorios, instalados para su operación y mantenimiento. (Benavides H. et al. 2010).

De acuerdo a la conexión de las tuberías entre sí se pueden distinguir los siguientes tipos de redes:

- Ramificadas
- Malladas
- Mixtas

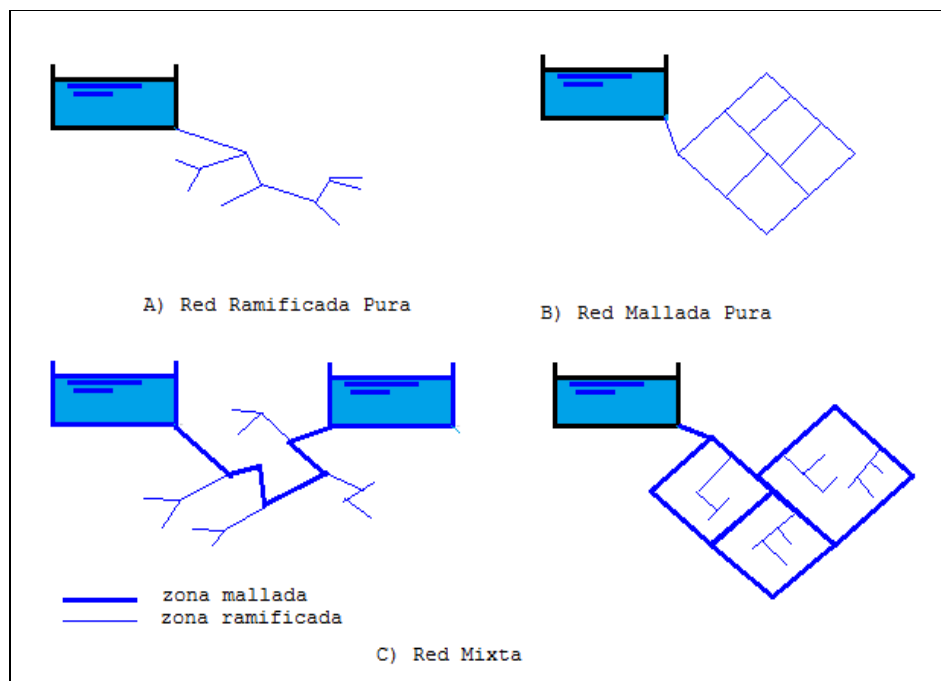


Figura 2.2 Tipos de redes según la topología

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua, Capítulo I.

2.3.1.2. Sectorización.

Consiste en la división del área total de una red de distribución, en zonas aisladas hidráulicamente entre sí (autónomas, más no independientes) para facilitar el control operativo de parámetros como la presión, la continuidad, calidad del agua distribuida, la detección de fugas, eliminación de pérdidas de agua, etc. Las presiones en cada zona o sector se controlan en las entradas con la instalación de válvulas reguladoras.

Mientras más grande sea la red, mayor es la necesidad de realizar la sectorización, (López ,2012).

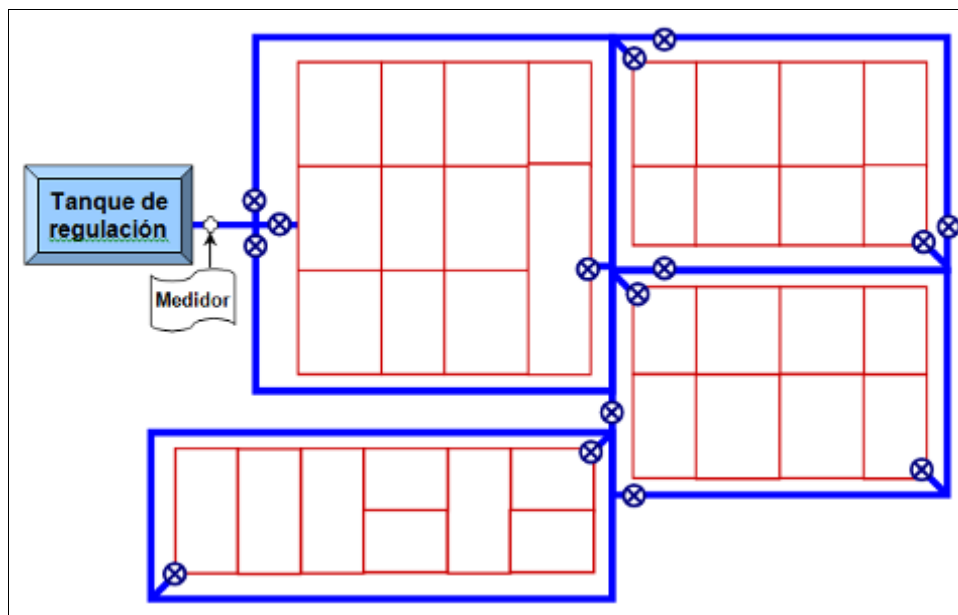


Figura 2.3 Diagrama de Sectorización

Fuente: Tomado de: "La sectorización en la optimización hidráulica de redes de distribución de agua potable". Tesina Máster. Toxky G. 2012, pág. 67

A una red de distribución se puede limitarla o subdividirla (sectorizarla) en: sectores, subsectores, o distritos hidrométricos.

Sector. Es la delimitación de la red, en el cual se incluyen distritos hidrométricos y/o subsectores (Abarca 2012), en el sector deben existir nudos de control. El sector agrupa a varios subsectores.

Distrito hidrométrico. (DH). Son componentes de la red de distribución que pueden aislarse hidráulicamente mediante válvulas (Medina 2009). Pueden utilizarse para realizar mediciones de consumo y precisar el diagnóstico, detectar fugas, optimizar el control y facilitar la eliminación de pérdidas de agua de una red.

Subsector. Red que forma parte de un abastecimiento y que tiene un solo punto de inyección, cuenta con nudos de control, y es independiente del resto de la red (Medina 2009).

Importancia

La sectorización tiene un efecto multipropósito sobre la prestación del servicio de agua potable, permite el manejo hidráulico de las redes, controlar la continuidad, la presión, la calidad del agua distribuida; estos aspectos son fácilmente percibidos por los usuarios, además la sectorización permite:

- Controlar fugas en las zonas de presión, disminuye el riesgo de rotura de las tuberías y el caudal de fuga por goteos no localizables.
- Controlar la presión en las diferentes zonas de la red de distribución.
- Facilitar las labores de mantenimiento preventivo programado en la red de distribución, facilita el aislamiento de los diferentes circuitos y subcircuitos.
- Controlar el índice de agua no contabilizada, mediante la realización de balances de agua en los diferentes DH.
- Optimizar la operación del servicio, de manera que sea uniforme la presión para todos los clientes dentro de la red de distribución.

2.3.2. Metrología y sensometría hidráulica.

2.3.2.1. Nudo de control.

Es aquel en el que se puede monitorear y medir de manera permanente los caudales y presiones, a través de la instalación de dispositivos propios y específicos para dicho fin, como caudalímetros, loggers de presión, válvulas.

2.3.2.2. Logger de presión.

Son equipos de manometría automática, que permiten medir, registrar y almacenar los datos de presión a intervalos de tiempos programados, según la necesidad de la investigación. Usualmente se configuran para que hagan un registro de presión a intervalos de 15, 30 ó 60 minutos, por un tiempo mínimo de 10 días continuos y en los dos meses más representativos del año. (Benavides H. y Sánchez J. 2010).



Figura 2.4 Data Logger de presión

Fuente. Archivo personal

2.3.2.3. *Caudalímetros electromagnéticos y ultrasónicos.*

Caudalímetro

Se presenta algunas definiciones de caudalímetro:

- El caudalímetro es un instrumento que mide el caudal transportado, se lo coloca en un conducto o corriente.
- Instrumento para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico.

Caudalímetro electromagnético⁴.

Este caudalímetro basa su funcionamiento en la ley de Faraday que enuncia que: *el voltaje inducido a través de un conductor que se desplaza transversal a un campo magnético es proporcional a la velocidad del conductor.*

Se aplica un campo magnético a una tubería y se mide su voltaje de extremo a extremo de la tubería. Este sistema sólo funciona con líquidos que tengan algo de conductividad eléctrica. Es de muy bajo mantenimiento ya que no tiene partes móviles.

⁴ <http://www.construmatica.com/construpedia/Caudalímetro>

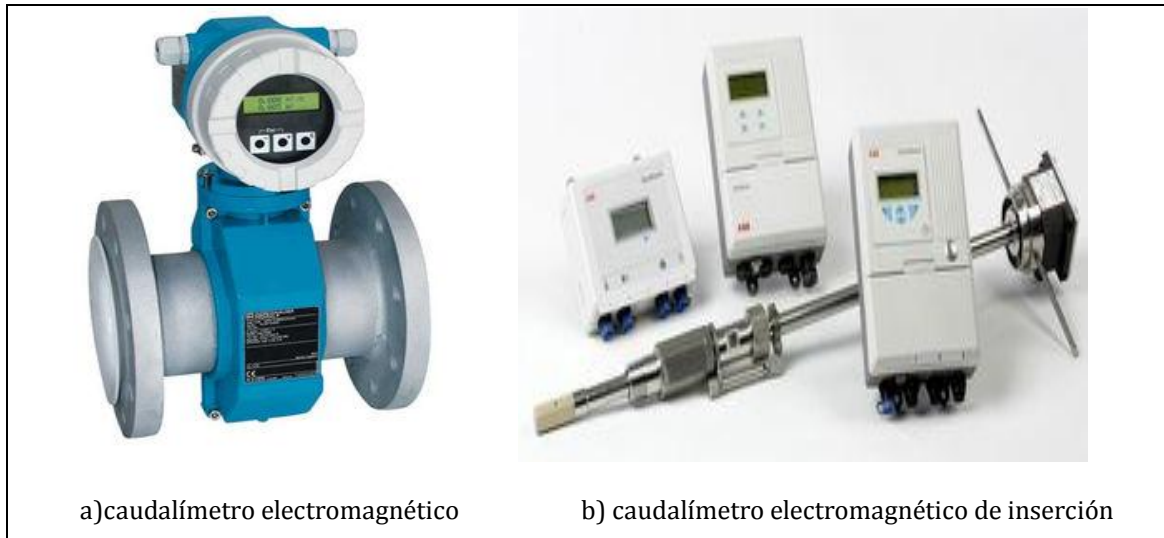


Figura 2.5 Caudalímetros electromagnéticos

Fuente: <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/caudalimetro-electromagnetico-64645.html>

Estos caudalímetros son del tipo no intrusivo, es decir, que no existe ninguna pieza, ni fija ni móvil, dentro del conducto que restrinja el paso del líquido. Esta característica presenta varias ventajas:⁵

- Menor pérdida de carga.
- No le afectan los golpes de ariete de las instalaciones.
- Menores costes de mantenimiento mecánico
- Facilidad de limpieza. Este aspecto es muy importante en la industria alimentaria.
- Posibilidad de medir líquidos con sólidos en suspensión.
- Amplio rango de medición con precisión.

Caudalímetro Ultrasónico⁶

El caudalímetro ultrasónico tiene incertidumbre minimizada, optimizada fiabilidad, su mantenimiento es mínimo, posee un concepto eficiente relubricación, fácil montaje del sensor, posee un asistente de instalación. Todo en un sistema, todo esto representa una continuidad y una fiabilidad a largo plazo. La medición de caudal se puede hacer en cualquier lugar y puesta en marcha es inmediata.

⁵ Tomado de: <http://www.g-flow.com/caudalimetros-electro-magneticos>

⁶ <http://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=17333&nombreproducto=caudalimetro+ultrasonico>



Figura 2.6 Caudalímetros ultrasónicos

Fuente: <http://www.globalw.com/products/FM500.html>;

http://img.directindustry.es/images_di/photo-m2/caudalimetros-de-ultrasonidos-portatiles-de-modulacion-de-velocidad-23500-2633753.jpg

El caudalímetro ultrasónico está diseñado para industrias de productos químicos, petroquímicos, plantas de energía, agua, oil y gas, semi-conductor, alimentos, bebidas y farmacéutica.

Aplicaciones:

1. Química.
2. Proceso general de control.
3. De agua de refrigeración / calefacción de agua.
4. Amplia gama de hidrocarburos refinados.
5. Agua potable.
6. Agua des- ionizada y desmineralizada.
7. Mediciones de la velocidad de flujo Sanitaria.
8. Agua purificada.

2.3.3. Detección matemática (IFE) (AFMN), localización y rehabilitar o reparar.

2.3.3.1. Detección matemática de fugas.

En lo que respecta a los métodos que se utiliza con mayor frecuencia para la detección de fugas, se presenta los siguientes:

IFE (Índice de fugas estructural)

El Índice de Fugas Estructural (del inglés Infrastructure Leakage Index, ILI), es el indicador relativo de fugas más utilizado. Es un importante indicador de desempeño,

se utiliza para expresar rápidamente la eficiencia de la gestión de las pérdidas anuales reales.

Cobacho (2009), plantea algunas características acerca del IFE, a continuación se detallan.

- *Claro*: Utiliza conceptos muy concretos.
- *Lógico*: Tiene en cuenta los factores principales que afectan a la situación de las fugas.
- *Sencillo*: Su cálculo representa muy poca complejidad.
- *Práctico*: Puede revisarse en distintos años o para distintos escenarios.

Pueden plantearse valores IFE como objetivo a conseguir por parte de la gestión de un sistema. (Cobacho R, 2009).

Para calcular el IFE es necesario disponer de los siguientes datos:

Tabla 2.3. Datos necesarios para el cálculo del IFE

Abreviatura	Datos	Unidad
Q _{if}	Volumen de pérdida real anual	m ³ /año
Na	Número de conexiones de servicio	No
L _t	Longitud total de la red (tuberías principales)	Km
La	Longitud total de conexiones de servicio (acometidas)	Km
P	Presión operativa promedio (cuando el sistema está presurizado)	m.c.a
d	Número de horas al día de presión de la red	días

Fuente: el autor

El Cálculo del IFE, se realiza mediante la relación entre el volumen incontrolado fugado y el umbral mínimo de fugas, dicha relación se expresa mediante la ecuación 1.

$$IFE = \frac{VIF}{UMF}$$

[Ecuación 1]

Volumen Incontrolado Fugado (VIF)

Corresponde al volumen por pérdidas reales anuales actuales.

$$VIF = \frac{Q_{if}}{d \times Na}$$

[Ecuación 2]

Donde:

Q_{if} - Caudal suministrado (Q_S) - caudal consumido autorizado (Q_{CA}) – caudal de pérdidas aparentes (Q_{PA}) (referirse a ecuación 4).

Umbral Mínimo de Fugas (UMF)

Corresponde al volumen de pérdidas reales inevitables. Y se define como el menor volumen anual técnicamente alcanzable de las pérdidas reales en los sistemas bien mantenidos y bien gestionados.

$$UMF = \frac{P(18 \times Lt + 0.8 \times Na + 25 \times La)}{Na}$$

[Ecuación 3]

Valores IFE cercanos a 1, representan sistemas con una gestión eficiente. Cuanto menor es la cantidad de fugas y pérdidas reales que existen en el sistema, menor será el IFE. En la Tabla 2.4. se presenta la clasificación de Liemberger (2005), para abastecimientos, según el valor del IFE.

Tabla 2.4. Matriz de evaluación de pérdidas físicas (Liemberger, 2005)

Categoría técnica de desempeño		IFE	l/conexión/día (cuando el sistema está presurizado) a presión promedio de:				
			10 m	20m	30m	40m	50m
Países desarrollados	A	1 – 2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2 – 4		50 – 100	75 – 150	100 – 200	125 – 250
	C	4 – 8		100 – 200	150 – 300	200 – 400	250 – 500
	D	> 8		> 200	> 300	> 400	> 500
País en vías de desarrollo	A	1 – 4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4 – 8	50 – 100	100 – 200	150 – 300	200 – 400	250 – 500
	C	8 – 16	100 – 200	200 – 400	300 – 600	400 – 800	500 – 1000
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

Fuente: Abarca D. “Técnicas de detección y localización de fugas de agua en redes de distribución”, trabajo de fin de carrera.

A su vez esta propuesta (Liemberger, 2005), clasifica los niveles de fugas en 4 categorías de acuerdo al valor del IFE:

- A- Excelente. No requiere ningún tipo de intervención.

- B- Buena. No requiere acciones urgentes, pero debe ser monitoreado cuidadosamente.
- C- Pobre. Requiere especial atención. Deficiente registro de fugas.
- D- Malo. Requiere intervenciones inmediatas para reducir el nivel de fugas. Uso ineficiente de recursos.

AFMN (Análisis de flujos mínimos nocturnos)

Es un método matemático, útil para la de detección de fugas en redes de distribución de agua potable, se aplica en redes sectorizadas debido a que en estas es posible caracterizar la curva de caudal de cada sector, y por lo tanto se logra determinar el caudal mínimo nocturno (QMN), (Abarca, 2012).

Como dato básico es necesario conocer el caudal fugado de la red en una hora «objetivo», a través de investigaciones se determinó que la hora ideal para realizar este análisis oscila entre las 02h00 y 04h00, en donde el caudal consumido es mínimo y se obtiene una mejor precisión en la medición del consumo, además al tener el mínimo consumo, la presión en la red será la máxima y por ende mayor el volumen fugado. Otro aspecto importante es que en ese momento los usuarios excepcionales (comerciales, industrias, instituciones, etc.), que funcionen serán fácilmente identificables. Sin embargo, hay que comentar que este método puede aplicarse a cualquier hora, incluidos los casos donde las demandas mínimas no correspondan con las horas nocturnas. (Escobar, 2011).

Tabla 2.5. Componentes del caudal mínimo nocturno (QMN)

Caudal mínimo nocturno (QMN)	Caudal consumido	Uso nocturno	Consumo excepcional
			Consumo residencial
			Consumo no residencial
	Pérdidas en la red de distribución	Pérdidas nocturnas interiores	Pérdidas nocturnas totales
		Pérdidas acometidas	
		Pérdidas red	
		Pérdidas depósitos	

Fuente: Adaptado de: Método de los caudales mínimos nocturnos: revisión de sus bases científicas, evaluación de errores potenciales y propuestas para su mejora, Escobar J. (2011).

El caudal mínimo nocturno se conforma por dos principales elementos, un caudal de fuga que se pierde en la red de distribución y un caudal que se entrega a los consumidores (caudal consumido), ya sean domésticos o no-domésticos, dentro de los cuales se encuentran las fugas en instalaciones domiciliarias y los consumos intencionados nocturnos (Abarca, 2012).

El caudal de fugas (Q_{fugado}) se obtiene como diferencia entre el caudal inyectado en el sector hidrométrico, ($Q_{inyectado}$) y el consumo nocturno de los usuarios ($Q_{demandado}$):

$$Q_{fugado} = Q_{inyectado} - Q_{demandado}$$

[Ecuación 4]

Una vez que se obtiene el caudal fugado en la hora del mínimo nocturno, se determina el volumen de fugas diario del sector, este será la extrapolación del volumen de fugas en la hora del caudal mínimo nocturno, por medio de un factor multiplicador, conocido como el factor hora-día. En el Reino Unido se estima que los factores hora-día varían entre 15 y 30, con un valor promedio de 22, en Sudáfrica se pueden encontrar valores entre 16 y 30, en la mayoría de sistemas varían entre 18 y 22.

En términos generales el factor hora-día, representa el cambio en el caudal fugado a través del tiempo y es proporcional a la variación de la presión de la red con respecto a la presión en la hora del caudal mínimo nocturno (Escobar, 2011).

El caudal fugado en una hora determinada también puede representarse por medio de la presión elevada a un exponente, pues las fugas son dependientes de ésta, matemáticamente se expresa:

$$Q_{fugado} = K_f \times P^x$$

[Ecuación 5]

Donde:

Q_{fugado}	-	Caudal fugado a través de los defectos de la red
k_f	-	Coeficiente de fuga
P	-	Presión de la red
x	-	Exponente de fuga (varía entre 0.5 y 2.5)

Luego de este análisis, en la ecuación 6, se resume las dos formas de representar el caudal de fugas: la primera multiplicado por el factor hora –día y la segunda influido por la variación de la presión en el tiempo, dando como resultado el QMN:

$$Q_{fugado,QMN}(t) = (Q_{fugado}(t_{QMN})) \times \left(\frac{P_t}{P(t_{QMN})} \right)^{N1}$$

[Ecuación 6]

Donde:

$Q_{fugado,QMN}(t)$	-	Caudal fugado por la red según el QMN en la hora t
$Q_{fugado}(t_{QMN})$	-	Caudal de fuga en la hora del caudal mínimo nocturno
P_t	-	Presión promedio en el instante t.
$P_{(t_{QMN})}$	-	Presión promedio en el instante que ocurre el QMN.
N_1	-	Exponente (de la presión) que varía entre 1.00 – 1.15

El exponente N1 representa la dependencia que tiene el caudal de fuga con respecto de la presión.

2.3.3.2. Localización.

Una vez que se tiene conocimiento de la existencia de fugas de agua en la red de distribución, el siguiente paso del control activo de fugas es localizarlas, la detección “considera a las fugas, desde el momento en el que se originan hasta que la entidad o empresa sepa de su existencia pero aún no son localizadas” (Abarca, 2012).

La detección de fugas permite limitar la zona de búsqueda en determinado sector, para posteriormente localizar exactamente el lugar (localización).

Los métodos de localización se fundamentan en la intensidad y frecuencia del sonido de la fuga, para esto se emplean instrumentos acústicos tales como:

- micrófonos de contacto
- varillas acústicas
- geófonos
- fonómetros
- correlación acústica
- micrófonos de suelo

Además existen técnicas acústicas (por inserción de sondas, sensores de campo electrónico y calibraciones entre la correlación del sonido y las fugas), eléctricas, de inyección de gas, de sensores remotos, inspecciones geofísicas de las tuberías, radares en la superficie, sondeos, tuberías inteligentes entre otras.

Conocer el material de la tubería es importante por ejemplo las tuberías metálicas como: hierro, cobre o acero producen una frecuencia de ruido más alta que las tuberías de PVC o de asbesto-cemento. (Medina, 2009).

2.3.3.3. Rehabilitar o renovar.

Cuando ya se detecta y localiza la fuga, es preciso conocer todos los datos del sector como demanda en los nodos, materiales de las tuberías y sus características (rugosidad absoluta, ks, longitud, diámetro) y de esta forma determinar el tipo de intervención que se va a realizar.⁷

La renovación y rehabilitación es una alternativa para redes viejas o redes que se encuentren en mal estado.

Es necesario conocer y comprender el significado de rehabilitar y renovar, para decidir la actividad a emprender, a continuación se presenta las descripciones correspondientes:

Renovación de tuberías: Es la actividad mediante la cual se realiza la sustitución completa de los elementos (tuberías, accesorios), debido a que estas se encuentran en muy mal estado o el daño es considerable (roturas, reventamiento), también se realiza la renovación cuando se desea incrementar el diámetro de la tubería.

Rehabilitación de tuberías: De la definición (rehabilitar = habilitar de nuevo o restituir), la rehabilitación de tuberías consiste en mejorar o recuperar las propiedades hidráulicas de las tuberías mediante reparaciones donde se originó la falla, daños menores (rajaduras, fisuras), en este proceso no es necesario destruir toda la tubería, suficiente es con intervenir en lugar de falla.

Abarca (2012), señala que al momento de tomar la decisión de renovar o rehabilitar tuberías de sistemas de distribución de agua se deben considerar algunos factores en función de la factibilidad que presentan cada una de estas en comparación con la tradicional apertura de zanja, entre los cuales se tiene:

⁷ Manual de control de perdidas (IANC) de la administración de servicios domiciliarios de La Apartada-APARCO

- **Costo:** las técnicas de renovación y rehabilitación ya sea rotura de tuberías por halado o empuje mediante equipos hidráulicos generan un costo menor frente al cambio de tubería con apertura de zanja.
- **Impacto ambiental:** las técnicas de renovación y rehabilitación generan un menor impacto ambiental, es decir distorsionan en menor medida el entorno comparado con la apertura de zanja.
- **Fiabilidad:** dado que estas tecnologías no son muy conocidas dentro de las empresas operadoras de nuestro país, se desconoce el resultado del uso de las técnicas de renovación y rehabilitación a largo plazo, por lo que se debe estimar el tiempo de vida útil de la obra.
- **Tiempo de ejecución:** el tiempo de ejecución de la obra es un factor determinante en un trabajo, ya que se ahorra dinero y se evita molestias a los usuarios. En la mayoría de los casos las técnicas de rehabilitación de tuberías ocupan un menor tiempo de ejecución en comparación con la tradicional apertura de zanja.
- **Condicionantes técnicos:** cada trabajo de renovación y rehabilitación presenta algunos condicionantes técnicos concretos los cuales se deberán valorar adecuadamente como por ejemplo: existencia de acometidas, necesidad de incrementar diámetros, cumplimiento de los requerimientos sanitarios, etc.

2.3.4. Cortes o racionamientos del suministro.

2.3.4.1. Llenado y vaciado de redes.

Tanto el llenado como el vaciado son operaciones normales en una red, por lo que deben ser consideradas en el momento de diseñarlas.

Llenado de redes

Esta operación supone la expulsión del aire que se encuentra dentro de la tubería y la sustitución del mismo por agua.

La expulsión del aire durante el llenado y su admisión durante el vaciado, así como el cierre de la conexión entre el interior de la tubería y la atmósfera cuando la tubería está llena de agua, se realiza mediante el uso de válvulas (expulsión/admisión) de aire (Guarga, 1995).

Estas válvulas, operan con caudales cuya magnitud es del orden de los caudales de agua con los que trabaja la conducción.

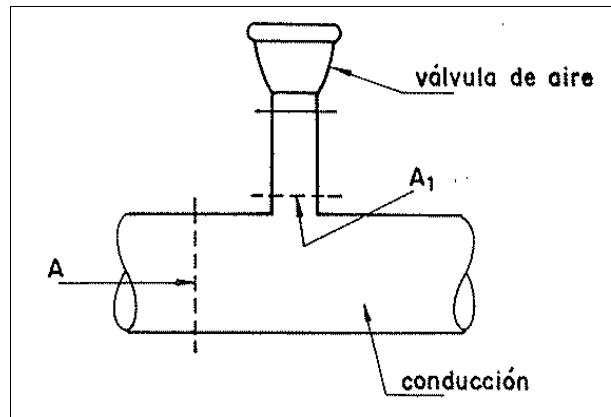


Figura 2.7 Áreas a emplear para calcular el $Q_{\text{máximo}}$ admisible
Fuente: Llenado, vaciado y evolución del aire atrapado en una conducción de agua a presión, pág.352.

El Q máximo admisible, a evacuar por dicha válvula será:

$$Q_{max} = \frac{(P_{ri} - P_{li})}{\gamma} \times \frac{g \times \left(A_1 + \frac{2 \times A \times a_1}{a} \right)}{2 \times a_1}$$

[Ecuación 7]

Donde:

- Pri - Presión manométrica que la tubería resiste en el emplazamiento (instalación) de la válvula i .
- Pli - Presión manométrica máxima en la válvula durante la operación de llenado.
- A1 - Área de sección de la derivación de la conducción en la que se instala la válvula.
- a_1 y a - Velocidades de propagación de las ondas en la derivación y en la conducción respectivamente.
- g - Aceleración de la gravedad.

Durante el llenado, por referidas conexiones fluirá primero aire y luego, al finalizar la expulsión de éste, fluirá agua. El llenado de la tubería se realiza con cierto caudal Q de agua, por lo tanto el aire fluirá hacia el exterior de la tubería con un caudal Q . Para expulsar el caudal Q de aire por el orificio se requiere la siguiente diferencia de presión manométrica aguas arriba del orificio (Guarga, 1995):

$$\left(\frac{Q}{C_{exp} \times A_0} \right)^2 = \frac{\gamma_{aire}}{(2 \times g)} = P_1$$

[Ecuación 8]

Donde:

- P₁ - Presión del aire en 1
A₀ - Área del orificio.
γ_{aire} - Peso específico del aire.
C_{exp} - Coeficiente de caudal del orificio.

Para el agua:

$$\left(\frac{Q}{C_{exp} \times A_0} \right)^2 = \frac{\gamma_{agua}}{(2 \times g)} = P'_1$$

[Ecuación 9]

Donde:

- P'₁ - Presión manométrica en 1 que se instalará para expulsar el caudal Q de agua.

Caudal máximo de llenado

Dicho caudal resultará de la suma de los caudales máximos a evacuar por todas las válvulas de expulsión y los orificios conectados con la atmósfera, que actúen simultáneamente en el tramo de conducción considerada.

Vaciado de redes (Guarga, 1995)

En un acueducto* bien proyectado, el vaciado se realiza mediante válvulas de vaciado, colocadas en los puntos bajos. Cuando el acueducto se detiene y el gasto se reduce a cero, la tubería debe quedar llena para que, al comenzar nuevamente la operación del sistema no sea necesario proceder a su llenado.

La tubería puede colapsar si no resiste las depresiones impuestas. Por todo ello, la operación de vaciado exige la colocación de válvulas de admisión de aire en los puntos más altos de la tubería como mínimo. Una vez abiertas las válvulas de vaciado, el gasto que salga por ellas estará limitado por el gasto de aire que pueda entrar al acueducto por las válvulas de admisión de aire.

En general por razones de seguridad, se trata de que en la tubería no se conformen depresiones mayores que 3 m.c.a. (5 psi) por debajo de la presión atmosférica. Las dimensiones de la válvula de vaciado se definen de acuerdo al tiempo de vaciado del

* Acueducto aquí se refiere a lo que se conoce como aducción (agua cruda) y conducción (agua tratada o potable).

acueducto, un criterio razonable es que el vaciado del sistema pueda realizarse dentro de uno o dos turnos de 8 horas.

2.3.4.2. Intrusión patógena

El agua que es bacteriológicamente pura cuando entra en el sistema de distribución puede deteriorarse antes de llegar hasta el punto de consumo.

Los niveles de calidad del agua que circula por las redes de abastecimiento dependen de dos circunstancias fundamentales: en primer lugar de la calidad del agua que sale de la planta de potabilización (ETAP), en la que los niveles suelen estar controlados y, en la mayoría de casos dentro de unos niveles aceptables. Por otro lado, también va a depender de lo que ocurra con el agua en el tiempo en que se encuentra dentro de la red, tanto como consecuencia del estado de las tuberías (corrosión, biopelículas, separación de sustancias transportadas) como por las posibles entradas al suministro de elementos circundantes en la propia conducción (intrusión patógena), (López, 2001) citado en Mora (2011).

Asimismo, la operación de las redes no está exenta de maniobras que pueden alterar la calidad del agua a través de las fugas o alterar los defectos de las redes. Las paradas y arranques en las conducciones, los **cortes de suministro** debido a restricciones y las situaciones de sequía favorecen transitorios hidráulicos en los que la presión sube primero y baja después, dando lugar a la entrada de contaminantes por un lado debido a intrusiones a través de las fugas; y de aire por otro, que pueden dañar elementos de la red, y disminuir su fiabilidad (Fuentes, 2001) citado en Mora (2011).

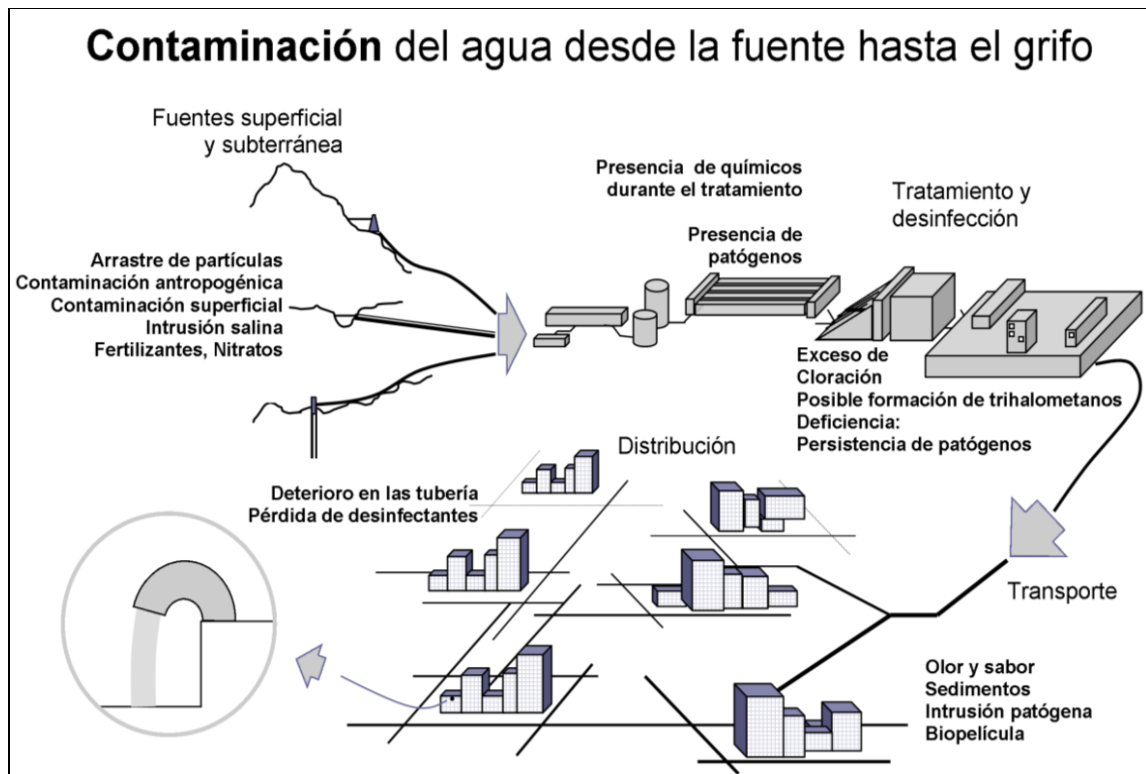


Figura 2.8 Adversidades de la calidad del agua en la distribución.

Fuente: Modelación de la intrusión patógena a través de fallos y su implicación en la red de distribución de agua.

La calidad del agua de consumo depende de la integridad de la red de distribución.

La intrusión patógena es el fenómeno con el cual se altera la calidad del agua de consumo (se relaciona con la presencia de organismos vivos), ya que el agua potable se puede contaminar durante su transcurso antes de ser entregada a los usuarios.

Este tipo de fenómenos presenta diversas vías de entradas, las cuales se pueden presentar en las diversas etapas de la potabilización del agua, incluso se consideran fenómenos de intrusión desde las fuentes de captación, además de considerar las zonas de distribución y de almacenamiento, (Mora J., López A., Martínez F., López G. 2007).

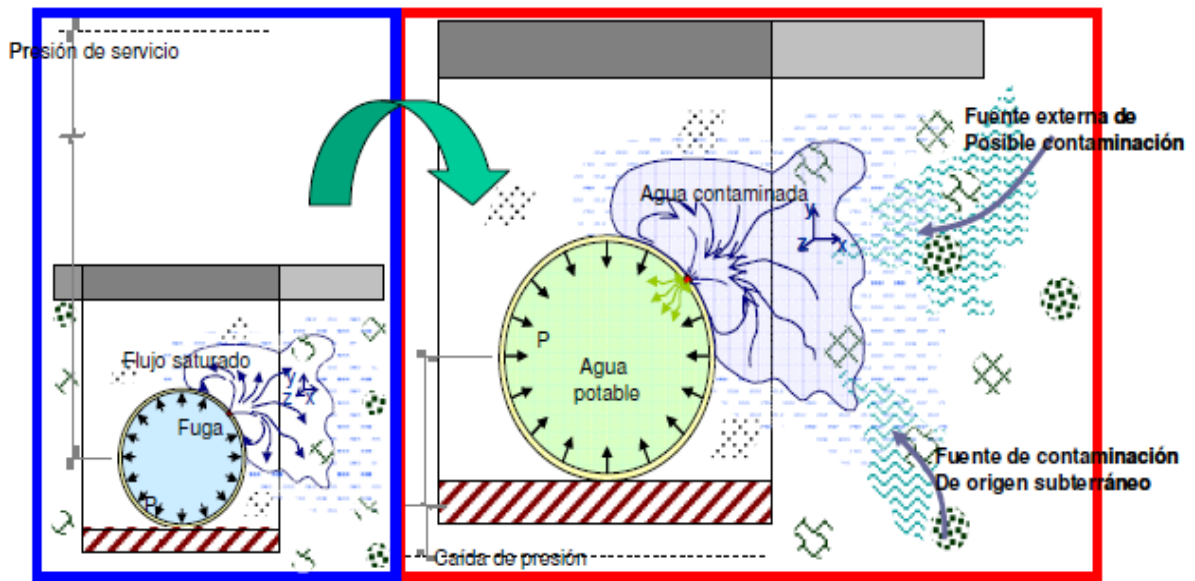


Figura 2.9 Proceso de intrusión patógena (a través de un fallo en la tubería)

Fuente: tomado de “La intrusión patógena simulada con un modelo de CFD”

Las condiciones de intrusión se ven favorecidas cuando se presentan los siguientes casos: grietas en las tuberías que se desarrollan con el tiempo, deformaciones en los acoplamientos flexibles, fugas en las juntas, nivel freático somero y el suministro intermitente de servicio de agua de potable. (Mora, 2011).

Para que ocurra la intrusión patógena se deben presentar tres factores:

1. Una fuente contaminante exterior
2. Una vía de entrada
3. Un mecanismo con el cual se genere la intrusión

Fuentes contaminantes:

Las fuentes de donde proviene la intrusión pueden ser:

- De los sistemas de saneamiento (fuente de organismos patógenos)
 - infiltraciones
- Niveles freáticos someros
- Agua proveniente de lluvia
 - Zonas de inundación (agua encharcada - presencia de bacterias coliformes, E. coli y salmonella)
- Del propio caudal fugado de la red.
- Cargas provenientes del riego y jardines, que aportan contaminantes como fertilizantes, nitratos, etc.
- Agua proveniente de la limpieza de calles.

Vías de entrada:

La entrada de contaminantes y posterior transporte de los mismos en la red puede ocurrir a través de válvulas de aire, ventosas, hidrantes, bombas, depósitos de servicio, conexiones, sifones de retorno o reparaciones incorrectas en las conducciones

Mora (2011), en su trabajo de tesis, trae a contexto el estudio realizado por la “*American Water Works Association Research Foundation*” (AWWARF), en el cual un grupo de expertos en esta rama determinó la clasificación de las vías de entrada de los patógenos que eran causantes de eventos epidemiológicos debidos al consumo de agua, estas vías se determinaron en base a cuatro criterios: gravedad de la enfermedad, probabilidad del brote epidémico, volumen contaminado y frecuencia de intrusión, dando como resultado:

- Vías con alto riesgo:
 - Conexiones con instalaciones no potables
 - Contaminación por transitorios hidráulicos (durante periodos de presión baja que permitan el ingreso de organismos patógenos)
 - Sitios de roturas
 - Reparación de conducciones
 - Durante el almacenamiento del material
 - En la construcción y reparación (juntas, zanjas, humedad del suelo).
 - Durante el tratamiento del agua
- Vías de mediano riesgo:
 - Tanques de almacenamiento descubiertos.
- Vías de bajo riesgo:
 - Tanques de almacenamiento cubiertos
 - La ampliación de las redes
 - Contaminación provocada.

Los desastres naturales son un factor importante en la generación de vías de contaminación en la red de distribución. Los movimientos sísmicos causan fallos en las tuberías y almacenamientos. Las inundaciones pueden arrastrar suelos hacia las conducciones y causar fracturas, además de que ésta agua puede estar contaminada

con agua residual y otro tipo de fuentes contaminantes. En casos específicos donde se presentan tormentas de grandes dimensiones como los tornados y ciclones pueden causar daños a las redes de distribución cuando el suelo se ve alterado debido a las caídas de árboles y postes eléctricos, (Mora, 2011).

Mecanismos de generación:

Dentro de los mecanismos que contribuyen a la generación del fenómeno de intrusión de patógenos a los conductos, se tiene que las condiciones de baja presión o presión negativa (resultado de la diferencia de una carga hidráulica exterior -un medio saturado- con respecto a una presión menor en el interior de la tubería) en la red de distribución son el elemento mecánico para la intrusión a través de fallos (grietas, juntas, o roturas en las tuberías).

Eventos que favorecen a la baja de presiones o presiones negativas son:

- Gasto excesivo del recurso
- Transitorios hidráulicos
- Por eventos extraordinarios, como pueden ser:
 - Utilización de hidrantes
 - Cortes de energía que afecten a las estaciones de bombeo.
 - Regulación de caudal en conducciones
 - Tanques de almacenamiento
- Gestiones en la operación
 - Abastecimientos intermitentes.
- Mal diseño de la red (en ciertas condiciones se puede presentar una situación de sifón con carácter permanente).

Es importante recordar que un abastecimiento intermitente puede crear situaciones de vaciado de las conducciones y contribuir de esta forma para que se suscite la intrusión de patógenos.

Cuando se corta el suministro de agua a la red, o a un sector de ella, en los puntos más altos del sistema las tuberías se vacían. Y ello bien porque los usuarios siguen consumiendo agua, o bien porque una parte de ella se fuga. Y como el agua consumida o fugada no es restituida (se ha cortado el suministro en cabecera) aparecen en los puntos altos de la red unas depresiones que propician la entrada tanto de aire, como de agua previamente fugada, arrastrando con ella algunas de las partículas de tierra del entorno de la conducción (Cabrera E. 2006).

Consecuencias⁸

El principal problema de la deficiencia en la calidad del agua es que genera problemas de salud, dando lugar a brotes de enfermedades causadas por su consumo. Una vez que los patógenos se encuentran dentro del sistema de distribución, pueden llegar a sobrevivir y ser transportados por el flujo del agua o mantenerse en las paredes de las tuberías. La biopelícula presenta un ambiente apropiado para que la bacteria sobreviva y genere su reproducción (Mora, 2011).

El consumo de agua contaminada se ve reflejado en los casos que son reportados por enfermedades epidémicas.

La efectividad de la desinfección y la resistencia del microorganismo dependen de la concentración del desinfectante y del tiempo de contacto, aunque también intervienen otros factores como la temperatura, pH, material orgánico, demanda de desinfectantes y rangos de mezcla de desinfección (Geldreich, 1996), citado en Mora 2011.

Los patógenos que más se identifican en el suministro de agua son las bacterias y presentan el mayor número de registros de epidemias. Se consideran tres grupos principales de microorganismos que se transmiten a través del agua de consumo: protozoos, virus y bacterias.

- Los protozoos más frecuentes en eventos epidemiológicos son: *Cryptosporidium* y *Giardia lamblia*.
- Entre los virus que se transmiten a través del agua son: Hepatitis infecciosa, Enterovirus, Retrovirus y Adenovirus. Las epidemias de Hepatitis A generalmente suceden con un patrón cíclico en una determinada región.
- La bacteria *Campylobacter* es la principal causa de diarrea en Europa, siendo más común que la *Salmonella*, mientras que en Estados Unidos la bacteria que provoca más problemas es la *Shigella*. (Mora, 2011). La bacteria *Legionella*, a bajos niveles, está ampliamente presente en ambientes hídricos (ríos, lagos, aguas termales), en pequeñas concentraciones, pudiendo sobrevivir en condiciones ambientales muy diversas, temperatura ideal para su multiplicación es entre (25 a 45) °C.

Por lo general tanto los protozoos y virus, están relacionados con la contaminación fecal del agua.

⁸ Resumido de: Modelación de la intrusión patógena a través de fallos y su implicación en la red de distribución de agua (Mora J, 2011)

Los indicadores de contaminación fecal son organismos presentes en el intestino de los seres vivos y se excretan igual que los patógenos, los más usados son las bacterias Coliformes, estreptococos fecales y los clostridios sulfato reductores (Mora, 2011).

Los tres grupos son capaces de sobrevivir durante diferentes períodos de tiempo en el medio acuático. Los estreptococos fecales mueren relativamente rápido fuera del individuo, por lo que su presencia es un indicador de una contaminación reciente. De los Coliformes fecales, E. Coli es uno de los más usados para identificar presencia fecal.

La gravedad de los efectos sobre la salud humana ocasionados por agentes transmitidos por el agua es variable, de gastroenteritis leve a diarrea grave, a veces mortal, disentería, hepatitis y fiebre tifoidea. El agua contaminada puede ser la fuente de grandes epidemias de enfermedades, como el cólera, la disentería y la criptosporidiosis.

La mayoría de los impactos a la salud a menudo involucra desordenes gastrointestinales agudos.

2.3.4.3. Fenómenos hidráulicos.

Los transitorios hidráulicos son alteraciones en el agua causados durante un cambio de estado típicamente cuando se efectúa una transición de un estado de equilibrio a otro. Los cambios de presión y flujo (caudal) son los principales componentes de las alteraciones.

La naturaleza de los transitorios viene definida por la rapidez e intensidad con la que se producen las causas que los provocan. Las causas pueden ser:

- Una maniobra del operador.
- La mala selección de un componente.
- Un acontecimiento externo a la instalación.
- Problemas que se generan lentamente o de manera inadvertida. (Transitorios en instalaciones-golpe de ariete)

Los transitorios tienen lugar cuando se ponen en funcionamiento o paran las bombas de una instalación, al abrir y cerrar válvulas, en los procesos de llenado y vaciado de

tuberías, etc. Es decir, siempre que se produce una variación brusca en la velocidad del fluido.

2.3.4.3.1. Golpe de ariete

El golpe de ariete (o pulso de Zhukovskiy) es un fenómeno transitorio que se produce en las tuberías al abrir o cerrar una válvula y al poner en marcha o parar una máquina hidráulica. A este fenómeno también se lo conoce como transitorio brusco ya que se produce cuando las condiciones de funcionamiento varían muy rápidamente.

El golpe de ariete aparece en las redes de tuberías cuando el estado de flujo permanente es perturbado mediante la modificación de la velocidad del flujo. En general el cambio en la velocidad del flujo puede ser causado por la apertura o cierre de válvulas, falla de mecanismos hidráulicos, partida/parada de bombas.

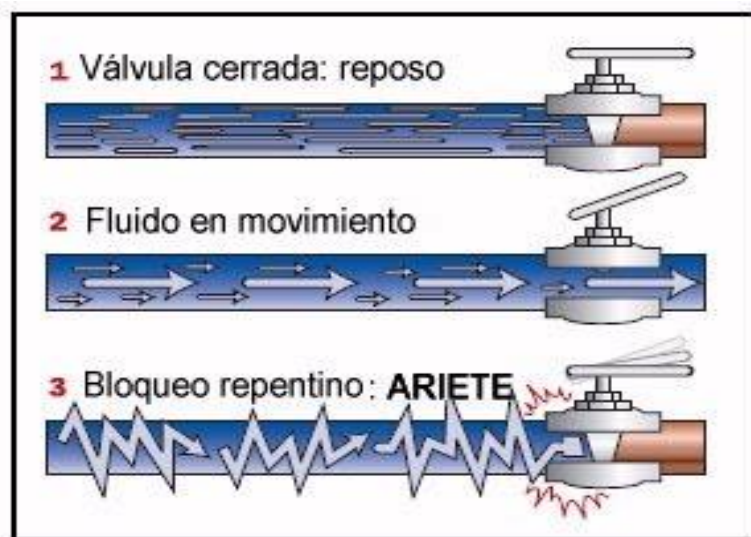


Figura 2.10. Ilustración del fenómeno golpe de ariete

Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=im%C3%A1genes+del+golpe+de+ariete+en+tuberias&tbn=isch&tbo>

Descripción del fenómeno⁹

El fenómeno del golpe de ariete consiste en la alternancia de depresiones y sobrepresiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, es decir, básicamente es una variación de presión, y se puede producir tanto en impulsiones como en abastecimientos por gravedad.

⁹ Resumido de: Cátedra de Ingeniería Rural, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real, Tema 11: El golpe de ariete.

Recuperado de http://www.uclm.es/area/ing_rural/Hidraulica/Temas/Tema11.pdf

Si el agua se mueve por una tubería con una velocidad determinada y mediante una válvula se le corta el paso totalmente, el agua más próxima a la válvula se detendrá bruscamente y será empujada por la que viene detrás.

Como el agua es compresible, empezará a comprimirse en las proximidades de la válvula, y el resto del líquido comprimirá al que la precede hasta que se anule su velocidad. Esta compresión se va trasladando hacia el origen, la energía cinética que lleva el agua se transforma en energía de compresión.

Cuando el agua se detiene, ha agotado su energía cinética y se inicia la descompresión en el origen de la conducción trasladándose hacia la válvula, y por la ley pendular esta descompresión no se detiene en el valor de equilibrio, sino que lo sobrepasa para repetir el ciclo. Esta descompresión supone una depresión, que retrocede hasta la válvula para volver a transformarse en compresión, repite el ciclo y origina en el conducto unas variaciones ondulatorias de presión que constituyen el golpe de ariete. En definitiva, se producen transformaciones sucesivas de energía cinética en energía de compresión y viceversa, comportándose el agua como un resorte (Cátedra de Ingeniería Rural).

Esta sobre presión tiene como consecuencia dos efectos:

- Se comprime ligeramente el fluido, por lo que su volumen disminuye y la tubería se dilata, además al detenerse el fluido que circulaba, comienza a cesar la compresión y se expande. En este caso la tubería ensanchada anteriormente, vuelve a su dimensión original.
- Una segunda onda de presión, que va en sentido contrario. Aunque el fluido se desplaza en dirección contraria, como la válvula está cerrada, hay una depresión en relación a la presión normal de la tubería.

En una impulsión, la parada brusca de motores produce el mismo fenómeno, pero al contrario, es decir, se inicia una depresión aguas arriba de la bomba, que se traslada hacia el final para transformarse en compresión que retrocede a la bomba.

En efecto, cuando se produce la parada del grupo de bombeo, el fluido, inicialmente circulando con velocidad v , continuará en movimiento a lo largo de la tubería hasta que la depresión a la salida del grupo ocasionada por la ausencia de líquido (el que avanza no es repuesto, no es “empujado”), provoque su parada. En estas condiciones, viaja una onda depresiva hacia el depósito, que además va deteniendo el fluido, de tal

manera que al cabo de un cierto tiempo toda la tubería está bajo los efectos de una depresión y con el líquido en reposo.

El efecto más severo del golpe de ariete se produce generalmente cuando las bombas detienen su funcionamiento, dan lugar a presiones excesivas que pueden causar daños serios a tuberías y mecanismos hidráulicos, tales como rupturas, colapsos por vacío, etc.

Ecuaciones

- **Tiempo de cierre o tiempo de parada (T)**, es el tiempo que se demora la presión en subir desde el valor inicial hasta el valor máximo alcanzado. Se calcula mediante la ecuación propuesta por Mendiluce:

$$T = C + \frac{K \times L \times V}{g \times H_m}$$

[Ecuación 10]

Coeficientes de ajuste empíricos propuestos por Mendiluce:

Valores de C (es función de la pendiente hidráulica):

- $H_m/L < 0.20$ $C = 1$
- $H_m/L \geq 0.40$ $C = 0$
- $H_m/L \approx 0.30$ $C = 0.6$

Valores de K (depende de la longitud de la tubería):

- $L < 500$ $K = 2$
- $L \approx 500$ $K = 1.75$
- $500 < L < 1500$ $K = 1.5$
- $L \approx 1500$ $K = 1.25$
- $L > 1500$ $K = 1$

Donde:

- L - Longitud de la conducción (m)
- V - velocidad del régimen del agua (m/s)
- H_m - Altura manométrica
- C y K - Coeficientes de ajustes empíricos

- Celeridad (a): Velocidad de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería. Ecuación propuesta por Allievi, cuando el fluido es agua.

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \times \frac{D}{e}}}$$

[Ecuación 11]

- D - diámetro interior de la tubería
- e - espesor de la tubería.
- K - coeficiente en función del módulo de elasticidad ε del material de la tubería.

$$K = \frac{10^{10}}{\varepsilon}$$

[Ecuación 12]

Tabla 2.6. Valores de K para calcular la celeridad

Material de la tubería	ε (Kg/m ²)	K
Palastros de hierro y acero	2×10^{10}	0.5
Fundición	10^{10}	1
Hormigón (sin armar)	2×10^9	5
Fibrocemento	1.85×10^9	5.5 (5-6)
PVC	3×10^8	33.3 (20-50)
PE baja densidad	2×10^7	500
PE alta densidad	9×10^7	111.11

Fuente: Cátedra de Ingeniería Rural, Tema 10. El golpe de ariete, pdf.

- **Tiempo de propagación de la onda**

$$Tp = \frac{2 \times L}{a}$$

[Ecuación 13]

- **Sobrepresiones**

Si $T < Tp$: El **cierre** es **rápido**. Se producirá golpe de ariete, ya que el tiempo de recorrido de ida y vuelta de la onda es superior al de cierre, la sobrepresión originada se calcula por medio de la ecuación propuesta por Allievi:

$$\Delta H = \frac{a \times V}{g}$$

[Ecuación 14]

Si $T \geq T_p$: El **cierre** es **lento**, no se producirá golpe de ariete debido a que la onda de presión regresará a la válvula sin que esta se encuentre cerrada totalmente; se aplica la ecuación de Michaud:

$$\Delta H = \frac{2 \times L \times V}{g \times T}$$

[Ecuación 15]

Donde:

ΔH	-	Sobrepresión debida al golpe de ariete (m.c.a)
L	-	Longitud de la tubería (m)
V	-	Velocidad de régimen del agua (m/s)
T	-	Tiempo de parada o de cierre, según el caso (s)
g	-	Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s ²

Para tener en cuenta acerca del fenómeno:

- Es un fenómeno de alto riesgo, la sobre presión que genera, puede llegar a ser de 60 a 100 veces mayor, que la presión que normalmente tiene la tubería.
- La fuerza que provoca el golpe de ariete, es directamente proporcional a la longitud del conducto, las ondas de sobre presión se cargan de energía.
- Es inversamente proporcional al tiempo de cierre o de parada, es decir si el tiempo de cierre es menor, el golpe será más fuerte.
- El caso más desfavorable para la conducción (máximo golpe de ariete) es el cierre instantáneo ($T \approx 0$).
- El golpe de ariete puede ser positivo o negativo de acuerdo a la forma en que se produzca. Cuando se cierra súbitamente una válvula se presenta un golpe de ariete positivo o sobrepresión. El golpe de ariete negativo o subpresión ocurre al efectuarse la apertura brusca de una válvula.

2.3.4.3.2. Cavitación

La cavitación o aspiración en vacío es un fenómeno físico (efecto hidrodinámico), mediante el cual un líquido, en determinadas condiciones, pasa a estado gaseoso y unos instantes después pasa nuevamente a estado líquido. Ocurre que se alcanza la

presión de vapor del líquido de tal forma que las moléculas que lo componen cambian inmediatamente a estado de vapor, formándose burbujas (cavidades), (Benavides, 2008).

El fenómeno se produce cuando el agua o cualquier otro fluido pasa a gran velocidad por una arista, una descompresión del fluido, en algún punto la presión del fluido desciende por debajo de la presión de vapor, formándose burbujas de vapor por ebullición. La cavitación se forma generalmente en:

- Partes móviles:
 - Álabes de turbinas.
 - Rodetes de bombas
 - Hélices de barcos
- Partes no móviles:
 - Estrangulamientos bruscos
 - Regulación mediante orificios
 - Válvulas reguladoras

El fenómeno habitualmente va acompañado de ruido y vibraciones, dando la impresión de grava que golpea en las diferentes partes de la máquina o tubo. Se ha comprobado que la presencia de gases disueltos y suciedad favorecen la aparición de estas burbujas, actuando como núcleos de formación. (Uralita sistemas de tubería)

La cavitación tiene dos fases:

- Cambio de **estado líquido** a **estado gaseoso**
- Cambio de **estado gaseoso** a **estado líquido**.

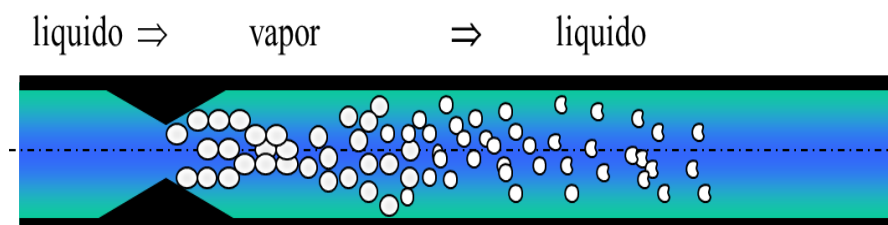


Figura 2.11. Fases de la cavitación.

Fuente: La cavitación en sistemas de tuberías, Uralita sistemas de tuberías.

Efectos de la cavitación

Dentro de los principales efectos ocasionados por el fenómeno se destaca:

- Ruidos y golpeteos.
- Vibraciones
- Erosiones del material



Figura 2.12 Erosión por cavitación en una válvula de mariposa
Fuente: La cavitación en sistemas de tuberías, Uralita sistemas de tuberías.

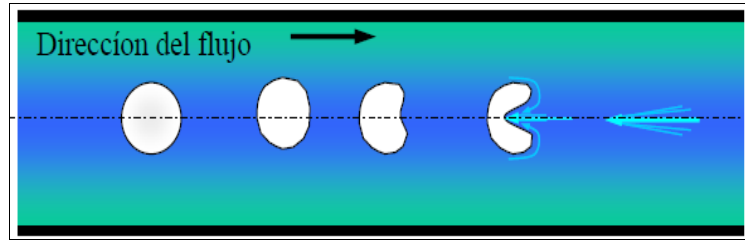
La cavitación es un proceso progresivo de varias etapas cómo se describe a continuación:

1 Etapa: Formación de burbujas. Las burbujas se forman dentro del líquido cuando este se vaporiza. Esto es, cuando cambia desde la fase líquida a la de vapor. La vaporización (burbujas de vapor) se produce por adición de calor o por reducción de la presión estática (igual o menor que la presión de vapor).

2 Etapa: Crecimiento de las burbujas. Si no se produce ningún cambio en las condiciones de operación, continuarán formándose burbujas nuevas y las viejas crecen en tamaño, luego serán arrastradas por el líquido. El ciclo de vida de una burbuja se estima alrededor de 0.003 segundos.

3 Etapa: la presión de vapor del líquido. A medida que las burbujas se desplazan, la presión que las rodea aumenta hasta que llegan a un punto donde la presión exterior es mayor que la interior y las burbujas colapsan (implosión), esta implosión sigue ciertas direcciones según las condiciones de presión.

a) En el centro de la tubería.



b) En la pared de la tubería.

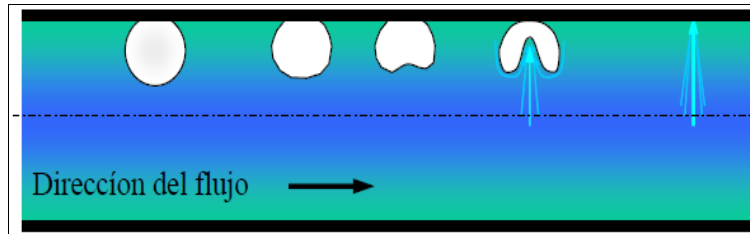


Figura 2.13 Implosión de las burbujas

Fuente: La cavitación en sistemas de tuberías, Uralita sistemas de tuberías.

Al cambiar de estado gaseoso a líquido, las burbujas de vapor se colapsan súbitamente (implotan) y esto produce que el agua que las rodea se acelere hacia el interior de las mismas, se forma una especie de hendidura. Esto origina un microchorro (micro jet) el cual rompe las burbujas con tal fuerza que produce una acción de martilleo, y que golpea las paredes del cuerpo de la válvula o de la tubería a muy alta velocidad ($V > 1000 \text{ m/s}$), causa picos de presión de hasta 980 MPa (10000 bares), lo que erosiona los materiales a nivel molecular. Después del colapso, emana una onda de choque desde el punto de colapso. Esta onda es la que se escucha y que usualmente se identifica como cavitación (Uralita Sistemas de Tuberías).

Ecuaciones:

- Balance de energías específicas, entre sección de entrada y la garganta (g) de paso de la válvula parcialmente cerrada: (Bernoulli).

$$\frac{P_e}{\gamma} + \frac{v_e^2}{2 \times g} = \frac{P_g}{\gamma} + \frac{v_g^2}{2 \times g}$$

La velocidad del paso del fluido por la garganta es superior a la velocidad de entrada:

$$v_g \times A_g = v_e \times A_e$$

$$v_g = v_e \times \frac{A_e}{A_g}$$

Al sustituir:

$$\frac{P_g}{\gamma} = \frac{P_e}{\gamma} + \frac{v_e^2}{2 \times g} - \frac{v_g^2}{2 \times g}$$

- Presión en la garganta (estrangulamiento):

$$\frac{P_g}{\gamma} = \frac{P_e}{\gamma} - \frac{v_e^2}{2 \times g} \times \left(\frac{A_e}{A_g} - 1 \right)$$

[Ecuación 16]

Donde:

P_g	-	Presión en la garganta (m.c.a)
P_e	-	Presión a la entrada (manométrica)
A_g	-	Sección de la garganta (estrangulamiento) (m)
A_e	-	Sección de la entrada (m)
V_e	-	Velocidad a la entrada (m/s)

CAPÍTULO 3:
IMPACTOS GENERADOS POR RACIONAMIENTOS O CORTES

3. IMPACTOS GENERADOS POR RACIONAMIENTOS O CORTES

Concepto de valoración de impactos.

La evaluación de impacto mide como un programa o proyecto produce los cambios deseados que se han indicado en los objetivos; algunas veces denominada evaluación de resultados, mide el grado de "éxito" o "fracaso" de un programa/proyecto determinado.¹¹

3.1. Estudio de mercado

3.1.1. La encuesta.

Una encuesta es un estudio observacional en el cual el investigador no modifica el entorno ni controla el proceso que está en observación, es un instrumento de investigación para obtener información representativa de un grupo de personas. Los datos se obtienen al realizar un conjunto de preguntas (cuestionario) normalizadas dirigidas a una muestra representativa o al conjunto total de la población estadística en estudio, formada a menudo por personas, empresas o instituciones.¹²

Pasos a seguir en la realización de una encuesta:

1. **Definir el objeto de la encuesta.** Formular con precisión los objetivos a conseguir y delimitar si es posible las variables a intervenir.
2. **Población objetivo.** Se debe definir cuidadosamente la población que va a ser muestreada, la cual debe precisarse de acuerdo a los conceptos y variables que se quieren medir.
3. **Diseño de muestreo.** Se debe planear cuidadosamente el diseño de muestreo, calcular un número apropiado de elementos de la muestra, de tal manera ésta proporcione suficiente información para los objetivos de la encuesta.
4. **La formulación del cuestionario.** Es fundamental, se debe realizar meticulosamente y comprobarlo antes de pasarlo a la muestra representativa de la población.
5. **Prueba piloto:** Es recomendable seleccionar una pequeña muestra para una prueba piloto. La prueba piloto es crucial, ya que permite, probar en el campo

¹¹ Tomado: http://www.unfpa.org/upload/lib_pub_file/168_filename_techpaper33_spa.pdf

¹² Resumido de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Encuesta>

el cuestionario y otros instrumentos de medición, calificar a los entrevistadores, etc.

6. **El trabajo de campo.** Consiste en la obtención de los datos, mediante la ayuda de los entrevistadores quienes deberán ser instruidos previamente.
7. **Análisis de datos.** Los datos obtenidos habrá que procesarlos, codificarlos, tabularlos para obtener los resultados.

Una vez definido el objetivo del presente estudio, se procedió a la realización de un cuestionario, con base en las variables que proporcionan la información necesaria para la formulación y cálculo de indicadores que ayudarán a cumplir con el objetivo.

Se elaboró dos encuestas, una dirigida a los usuarios del servicio de agua potable (del D.H. "Zamora Huayco"), en la cual se intenta recoger la percepción que tiene el abonado en torno al servicio que recibe por parte de la entidad responsable. Así mismo, se elaboró un cuestionario para aplicar a la empresa gestora del servicio, mediante la cual se recaba principalmente información técnica (acerca del D.H), que servirá para realizar el cálculo de indicadores y posteriormente la respectiva evaluación.

En los anexos 1 y 2 se presentan los modelos de las encuestas formuladas.

3.1.2. La entrevista Delphi.

El método Delphi es una técnica prospectiva para obtener información esencialmente cualitativa, consiste básicamente en solicitar de forma sistemática las opiniones de un grupo de expertos para tratar un tema complejo y obtener un consenso (Legro B., Ramírez G., Pacocha V., De la Victoria Y, 2011).

Su funcionamiento se basa en la elaboración de un cuestionario que ha de ser contestado por los expertos. La toma de decisiones basadas en los criterios de los expertos obtenidas por el método tiene altas probabilidades de ser eficiente.

Características del método:

- Proceso iterativo.
- Anonimato.
- Retroalimentación controlada (Feedback)
- Respuesta estadística de grupo.

En el anexo 3 se presenta el modelo de cuestionario que se realizó para aplicar la metodología Delphi, dicho cuestionario está dirigido a profesionales que poseen conocimientos, experiencia y/o están involucrados en el manejo y administración de sistemas urbanos de abastecimiento de agua potable. En el instrumento se les pide que del listado de indicadores propuesto, emitan la valoración que ellos estimen para cada uno de los indicadores dados.

3.2. Metodología de valoración

3.2.1. Screening, scoping.

Screening, scoping y check list en EIA

Screening

Selección, examen de detección, evaluación previa, prevaloración.

Scoping

El scoping (del inglés scope, ámbito, alcance) es incorporado a la National Environmental Policy Act de EE.UU., en 1978. Es un proceso rápido y abierto para determinar el alcance de las acciones que se contemplan y para identificar los impactos que son más probables de ser significativos así como el tiempo y la extensión que su análisis requiere, las fuentes de información y la recopilación de datos.

Check list (Lista de revisión):

Las listas de revisión contienen listados de impactos típicos o potenciales particulares para cada proyecto.

Los tipos pueden ser:

- Acciones asociadas con un proyecto que puedan producir impacto.
- Factores o componentes ambientales susceptibles de ser alterados.
- Indicadores de impactos.

Las listas de revisión deben ser completas, ya que si no es bien diseñada es posible que en la evaluación se pase por alto un factor importante al no estar incluido, pero conseguir todos los elementos no es tarea fácil, por otro lado con tanta información el trabajo se puede volver tedioso. A su vez estas listas se pueden disminuir o ampliar en

base a los requerimientos y puntos de detalle de cada proyecto. Se recomienda aplicar esta metodología en dónde se requiera estudios generales y aproximados (pre factibilidad).

Las ventajas de las listas de chequeo están dadas por su utilidad para: estructurar las etapas iniciales de una evaluación, ser un instrumento que apoye la definición de los impactos significativos de un proyecto, asegurar que ningún factor esencial sea omitido del análisis, y comparar fácilmente diversas alternativas de proyecto.

Las listas de revisión sólo permiten la identificación de los componentes más importantes que pueden ser afectados, otras desventajas de las listas de revisión son: no identifican impactos indirectos, ni las probabilidades de ocurrencia, ni los riesgos asociados con los impactos, no ofrecen indicaciones sobre la localización espacial del impacto; y no permiten establecer un orden de prioridad relativa de los impactos.

Adaptación a metodología EICRA:

Para el presente estudio se planteó la lista de chequeo que se puede observar en el anexo 4, en la cual se consideró las posibles variables que permitirán configurar los indicadores mediante los cuales se evaluará y proyectará los impactos (SS.EE.AA) que los racionamientos del suministro de agua provocan. Se consideró 4 componentes:

- Generales
- Social
- Económico
- Ambiental.

Y a su vez cada componente se encuentra integrado por subcomponentes:

- Generales.
- Social:
 - Cantidad
 - Calidad del servicio
 - Reclamos
 - Hábitos
 - Salud
- Económico:
 - Operación y mantenimiento
 - Infraestructura del sistema

- Gastos, facturación y recaudación.
- Ambiental:
 - Aire
 - Agua
 - Suelo

Y dentro de cada subcomponente se encuentran las variables asociadas con cada ámbito.

3.2.2. Diagrama de redes.

Diagrama de redes en EIA

Estas metodologías se utilizan para establecer relaciones de causalidad, generalmente lineales, entre la acción propuesta y el medio ambiente afectado.

También son usados para discutir impactos indirectos. La aplicación se hace muy compleja en la medida en que se multiplican las acciones y los impactos ambientales involucrados. Por eso su utilización se ha restringido y es útil cuando hay cierta simplicidad en los impactos involucrados. (Espinoza, 2007).

Se utilizan, en orden jerárquico, los impactos primarios, los impactos secundarios y terciarios, y así sucesivamente hasta obtener las interacciones respectivas. Son relativamente fáciles de construir y de proponer una relación de causalidad que puede ser útil.

Características:

- Resalta las interacciones entre factores o componentes ambientales
- Establece relaciones causa-efecto.
- Identifican impactos de segundo, tercero y grado más alto.
- Relacionan la variable ambiental afectada y la acción humana que la provoca.
- El punto de partida es una lista de verificación.

Como metodologías de evaluación de impacto ambiental, los diagramas de flujo son estrictamente complementarios con las matrices y otras alternativas utilizadas. Cada vez que se incluya un eslabón en la cadena hay que cuestionarse sobre su probabilidad de ocurrencia y si es suficientemente importante como para incluirlo.

Su principal desventaja es que no proveen criterios para decidir si un impacto en particular es importante o no. Cuando la red es muy densa, se genera confusión y

dificultad para interpretar la información. Además no facilitan la cuantificación de impactos y se limitan a mostrar relaciones causa-efecto de carácter lineal.

Adaptación a metodología EICRA:

Para incorporar dicha metodología al estudio, se aplicará la relación de causalidad hasta tercer nivel. Para este tema de estudio como es el racionamiento o corte del suministro de agua potable, se identificó a dos como actividades generadoras de los impactos, estas son: el llenado y vaciado de las redes, operaciones que son producto de las interrupciones o cortes del suministro de agua potable. En la figura 3.1 se puede observar el diagrama de redes generado para el presente estudio.

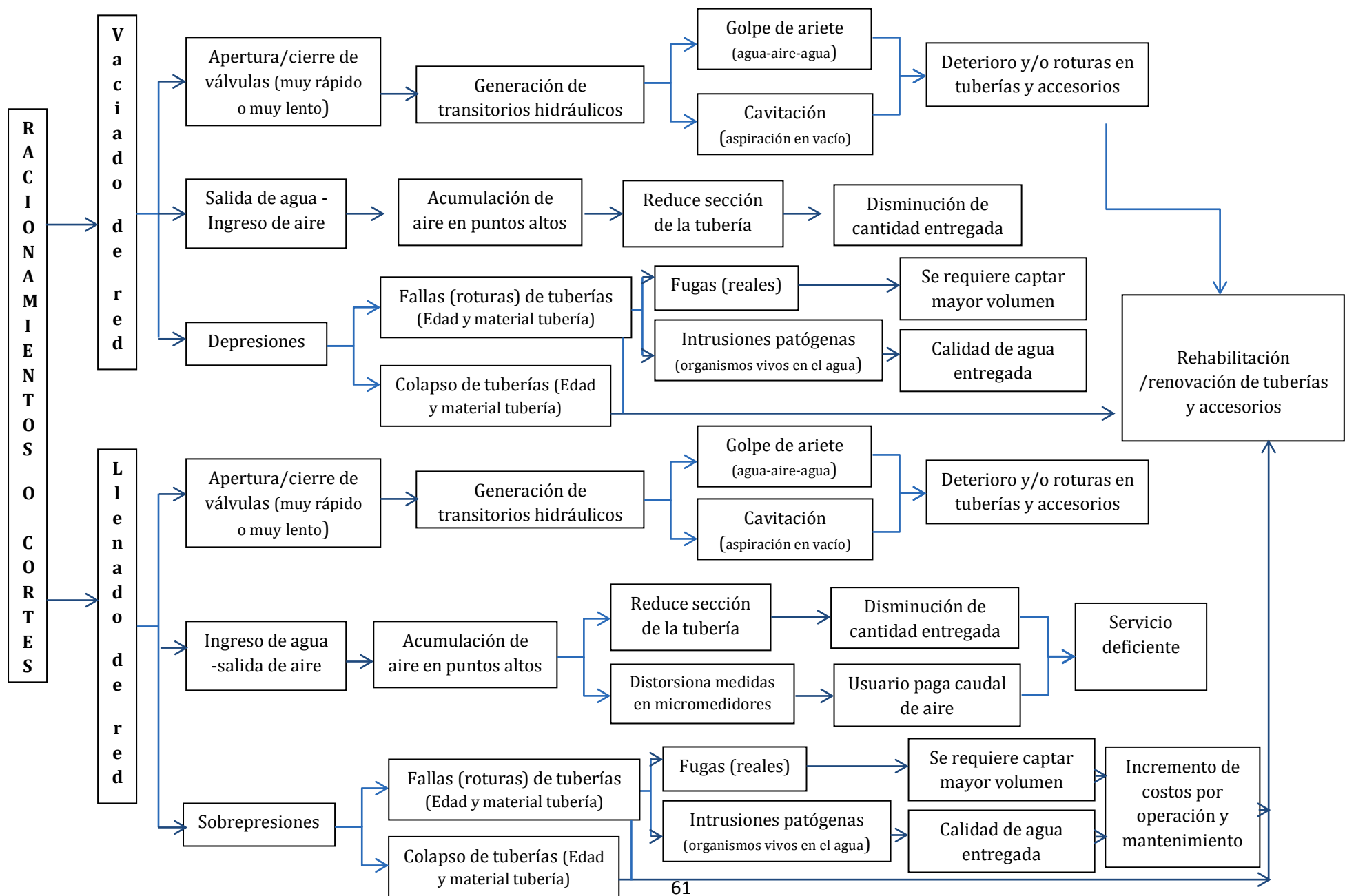


Figura 3.1. Diagrama causa- efecto para proyección de los impactos generados por los racionamientos o cortes del suministro

3.2.3. Adaptación del método de Batelle – Columbus, Delphi (combinación).

3.2.3.1. Método de Batelle- Columbus en EIA.

Este método fue diseñado para evaluar el impacto de proyectos relacionados con recursos hídricos, aunque también se utiliza en evaluación de proyectos lineales, plantas nucleares y otros. El método es un tipo de lista de verificación con escalas de ponderación que contempla la descripción de los factores ambientales, la ponderación valórica de cada aspecto y la asignación de unidades de importancia (Espinoza, 2007). Permite una evaluación paulatina y lógicamente distribuida, basada en el empleo de indicadores homogéneos. El sistema tiene cuatro niveles:

Tabla 3.1. Sistema de evaluación, metodología Batelle

NIVEL	TIPO DE INFORMACIÓN	DESAGRAGACIÓN PROPUESTA	NÚMERO DE ELEMENTOS
1	General	Categorías ambientales	4
2	Intermedia	Componentes ambientales	18
3	Específica	Parámetros ambientales	78
4	Muy específica	Medidas ambientales	1000

Fuente: adaptado de Espinoza G, (2007)

Las variables ambientales son organizadas en 4 categorías, 18 componentes y 78 parámetros ambientales para la evaluación de proyectos hídricos. La importancia relativa de cada variable se asigna a base de un juicio compartido del grupo de expertos con la información obtenida de los actores involucrados.

Las **categorías** ambientales representan grandes agrupaciones con dominios similares:

- Ecología
- Contaminación ambiental
- Aspectos estéticos
- Aspectos de interés humano.

Los **componentes** están contenidos en grupos de parámetros similares.

Los **parámetros** representan unidades o aspectos significativos del ambiente. Las **medidas** corresponden a los datos que son necesarios para estimar correctamente un parámetro.

Una vez que se obtiene la lista de variables, el modelo de Battelle establece un sistema en el que ellas se lleguen a evaluar en unidades comparables, representando valores que, en lo posible, sean el resultado de mediciones reales. Para ello, el método se vale de las denominadas Unidades de Impacto Ambiental (UIA).

$$UIA = CA \times UIP$$

[Ecuación 17]

Donde:

U.I.A	-	Unidad de impacto ambiental.
C.A	-	Calidad ambiental
U.I.P	-	Unidad de importancia ponderal.

Procedimiento para la transformación de los datos en *U.I.A*:

Paso 1: Transformar los datos en su correspondiente equivalencia de índice de calidad ambiental.

Paso 2: Ponderar la importancia del parámetro considerado, según su significación relativa dentro del ambiente (proyecto).

Paso 3: Expresar a partir de 1 y 2 el impacto neto como resultado de multiplicar el índice de calidad por su peso de ponderación. (C.A. en U.I.A).

3.2.3.2. Adaptación del método Batelle – Columbus a EICRA.

El procedimiento a seguir para la aplicación de la metodología EICRA se resume en los siguientes pasos:

1. Determinar los parámetros (componentes-subcomponentes-indicadores), que permitan medir los impactos generados por los racionamientos del suministro.
2. Realizar el cálculo de los indicadores establecidos.
3. Ponderar la importancia de los parámetros considerados, con base en su significancia respecto al estudio para cumplir con el objetivo planteado.
4. Transformar los indicadores obtenidos en factores de calidad (FC), para determinar el peso relativo de cada parámetro.

5. Una vez obtenidos los factores de calidad (valores isométricos) se procede a calcular los pesos relativos (PR) de cada parámetro a evaluar, los cuales son el resultado de multiplicar cada valor de FC por su respectiva importancia ponderada (IP).

6. Con los resultados de la valoración se determina el parámetro o parámetros afectados (impactos proyectados), para determinar y aplicar las medidas correctoras pertinentes en cada caso.

3.2.3.2.1. Establecimiento de parámetros.

Dentro de los parámetros establecidos para la aplicación de la metodología EICRA se configuró sesenta y siete (67) **indicadores** estructurados en once (11) **subcomponentes** y estos a su vez agrupados en tres (3) **componentes**.

A continuación se detalla la distribución de estos parámetros, además se presentan las variables y sus ecuaciones.

El **componente social** está conformado por cinco (5) subcomponentes y treinta y cuatro (34) indicadores:

- Subcomponente: **Cantidad**. (11 indicadores)
 - **(SC1) Interrupciones por acometida [N°/10000conex/año]**
Las personas deben tener acceso a una dotación de agua suficiente para satisfacer sus necesidades básicas, este indicador permite determinar el número de interrupciones que se suscitan al año, al existir estas se debe vaciar y llenar las tuberías y así se da lugar a fenómenos transitorios que acompañan estas operaciones.

$$SC1 = \frac{N_{TI} \times \frac{365}{PA}}{7G \times 1000}$$

[Ecuación 18]

- $(N_{TI}) = (3SC+4SC+5SC+6SC+7SC)$ Número total de interrupciones

- **(SC2) Interrupción del servicio por mantenimiento no planificado [N°/año]**
El indicador valora el número de interrupciones que se producen por falta de planificación al realizar el mantenimiento de la red, mismas que producen malestar en los usuarios.

$$SC2 = \frac{3SC}{PA}$$

[Ecuación 19]

▪ **(SC3) Interrupción del servicio por daños en la red [Nº/año]**

Al determinar el número de interrupciones por daños en la red, se puede evaluar en qué condiciones se encuentra la red de abastecimiento.

$$SC3 = \frac{4SC}{PA}$$

[Ecuación 20]

▪ **(SC4) Interrupción del servicio por estiaje [Nº/año]**

Este indicador permite evaluar cuan eficiente es la empresa en la gestión de sequías, y si cuenta con planes para enfrentar estas temporadas.

$$SC4 = \frac{5SC}{PA}$$

[Ecuación 21]

▪ **(SC5) Interrupción del servicio por demanda excedente [Nº/año]**

Evalúa la capacidad de la red para abastecer las demandas requeridas.

$$SC5 = \frac{6SC}{PA}$$

[Ecuación 22]

▪ **(SC6) Interrupción del servicio por contaminación en el almacenamiento [Nº/año]**

Este indicador valora la eficiencia en las labores de mantenimiento de la red.

$$SC6 = \frac{7SC}{PA}$$

[Ecuación 23]

▪ **(SC7) Duración de la interrupciones por mantenimiento no planificado [h/año]**

El indicador evalúa el número de horas al año que se interrumpe el servicio de agua potable por falta de planificación al realizar las actividades de mantenimiento de la red.

$$SC7 = \frac{8SC}{PA}$$

[Ecuación 24]

- **(SC8) Duración de la interrupciones por daños en la red [h/año]**

El indicador evalúa el número de horas al año que se interrumpe el servicio de agua potable debido a daños en la red, hay que recalcar que la mayoría de estos daños son imprevistos tanto por la falta de mantenimiento así como por malas condiciones de la infraestructura.

$$SC8 = \frac{9SC}{PA} \quad \text{[Ecuación 25]}$$

- **(SC9) Duración de las interrupciones por estiaje [h/año]**

El indicador evalúa el número de horas al año que se interrumpe el servicio de agua potable debido a que no se cuenta con el volumen de reserva adecuado para satisfacer las demandas en los periodos de sequía (estiaje).

$$SC9 = \frac{10SC}{PA} \quad \text{[Ecuación 26]}$$

- **(SC10) Duración de la interrupciones por demanda excedente [h/año]**

El indicador evalúa el número de horas al año que se interrumpe el servicio de agua potable debido a que el volumen que se produce es menor al volumen que se requiere para cumplir con las demandas requeridas.

$$SC10 = \frac{11SC}{PA} \quad \text{[Ecuación 27]}$$

- **(SC11) Duración de las interrupciones por contaminación en el almacenamiento. [h/año]**

El indicador evalúa el número de horas al año que se interrumpe el servicio de agua potable debido a la presencia de agentes contaminantes en los reservorios del sistema de agua potable, dando una idea del poco o nulo mantenimiento que se realiza.

$$SC11 = \frac{12SC}{PA} \quad \text{[Ecuación 28]}$$

- Subcomponente: **Calidad del servicio** (11 indicadores)

- **(SCL1) Población abastecida [%]**

El indicador determina el porcentaje de la población que es abastecida del servicio de agua, y esto nos permite tener una idea del impacto social (que proporción de la población es afectada) que ocasionan los cortes del suministro de agua.

$$SCL1 = \frac{4G}{2SCL} \times 100$$

[Ecuación 29]

▪ **(SCL2) Continuidad del suministro [%]**

El indicador de continuidad evalúa el tiempo en que permanece presurizado el sistema, así se determina si el servicio es continuo o discontinuo, si se da el segundo caso estaríamos en presencia de interrupciones del servicio de agua y todos los fenómenos que las acompañan.

$$SCL2 = \frac{\frac{9SCL}{24}}{PA} \times 100$$

[Ecuación 30]

▪ **(SCL3) Presión adecuada del suministro [%]**

Evalúa si la presión con que el suministro de agua que llega a los hogares es la adecuada. Presiones altas someten a esfuerzos grandes a la tubería produciendo fisuras y el colapso, presiones bajas provocan depresiones en la red.

$$SCL3 = \frac{10SCL}{7G} \times 100$$

[Ecuación 31]

▪ **(SCL4) Días con restricción del servicio [%]**

Este indicador evalúa el porcentaje de días al año que los usuarios cuentan con restricciones del servicio de agua potable, y este a su vez nos permite evaluar la capacidad de la empresa para afrontar los problemas que se susciten en la red en el menor tiempo posible. A Más días con restricción del servicio mayor incomodidad para el usuario.

$$SCL4 = \frac{11SCL}{PA} \times 100$$

[Ecuación 32]

▪ **(SCL5) Empleados por conexión [N°/1000conex]**

Permite evaluar la fuerza relativa a los recursos humanos que tiene la empresa para brindar atención oportuna al usuario, más aún en lo relativo a reclamos ocasionados por las interrupciones del servicio.

$$SCL5 = \frac{18SCL}{7G \times 1000} \quad [\text{Ecuación 33}]$$

- **(SCL13) Conexiones con cloro residual diferente al de la norma [%]**

Este indicador evalúa la calidad del agua en la red ya que una cantidad en excesiva de cloro puede ser perjudicial para la salud o si el cloro residual está por debajo de los valores especificados, no está desinfectando, y se convierte en un riesgo más aún si existen interrupciones constantes del servicio, por la intrusión de patógenos.

$$SCL13 = \frac{35SCL}{7G} \times 100 \quad [\text{Ecuación 34}]$$

- **(SCL14) Usuarios con servicio discontinuo [%]**

El indicador valora el porcentaje de usuarios que no gozan de un servicio continuo, de esta manera se determina que proporción de los usuarios está sometido a interrupciones.

$$SCL14 = \frac{8SCL}{9G} \times 100 \quad [\text{Ecuación 35}]$$

- **(SCL15) Capacitación de técnicos de campo y miembros de planificación [h/año]**

La valoración de este indicador proporciona información para determinar si el personal técnico está en capacidad de tomar decisiones adecuadas y resolver problemas al momento de suscitarse algún evento no programado.

- **(SCL16) Educación de clientes [h/año]**

Evalúa cuán comprometida está la empresa gestora del agua con los usuarios del servicio, especialmente en la educación que la empresa debe proporcionar de cómo actuar frente a los racionamiento o cortes del servicio.

- **(SCL17) Campañas de televisión para educar a clientes [min/mes]**

Evalúa el tiempo invertido de la empresa a través de la televisión para educar a los clientes acerca del ahorro del agua y de las medidas que deben tomar para afrontar los cortes del servicio.

- **(SCL18) Campañas de radio para educar a clientes [min/mes]**

Evalúa el tiempo invertido de la empresa a través de la radio para educar a los clientes acerca del ahorro del agua y de las medidas que deben tomar para afrontar los cortes del servicio.

- Subcomponente: **Reclamos** (4 indicadores)

Los reclamos, aunque parecen relativamente fáciles de conocer, solamente dan una idea superficial del desempeño de la empresa. Sin embargo, captar por lo menos algunos datos provenientes de los clientes, puede ser considerado como un importante punto de partida. (IBNET).

- **(SR1) Reclamos por presión del suministro [%]**

Mide el porcentaje de reclamos por parte de los usuarios debido a que no cuentan con la presión adecuada en el fluido que llega a sus domicilios, esto permite evaluar la inconformidad de los usuarios por la falta de presión del agua.

$$SR1 = \frac{2SR}{1SR} \times 100 \quad \text{[Ecuación 36]}$$

- **(SR2) Reclamos por continuidad del suministro [%]**

Mide el porcentaje de reclamos por parte de los usuarios debido a que no cuentan con un servicio continuo de agua potable, esto permite evaluar la inconformidad de los usuarios debido a la falta de continuidad del servicio.

$$SR2 = \frac{3SR}{1SR} \times 100 \quad \text{[Ecuación 37]}$$

- **(SR3) Reclamos por calidad del suministro [%]**

Mide el porcentaje de reclamos por parte de los usuarios debido a que la calidad de agua potable que reciben es deficiente, esto permite evaluar la inconformidad de los usuarios debido a la falta de calidad del suministro.

$$SR3 = \frac{4SR}{1SR} \times 100 \quad \text{[Ecuación 38]}$$

- **(SR4) Reclamos por interrupciones del suministro [%]**

Mide el porcentaje de reclamos por parte de los usuarios debido a las interrupciones del servicio de agua potable, esto permite evaluar la

inconformidad de los usuarios debido a los cortes o racionamientos del suministro.

$$SR4 = \frac{5SR}{1SR} \times 100 \quad [\text{Ecuación 39}]$$

- Subcomponente: **Hábitos** (5 indicadores)

Se refiere a los hábitos o costumbres que los usuarios del suministro de agua potable han adoptado para afrontar los cortes o interrupciones del líquido vital.

- **(SH1) Usuarios que hierven el agua potable [%]**

Este indicador determina el porcentaje de usuarios que hierven el agua potable para consumirla después de ocurrir un corte, y evalúa de esta manera el impacto que las interrupciones causan en los usuarios, tanto social como económicamente.

$$SH1 = \frac{1SH}{\#usuariosentrevistados} \times 100 \quad [\text{Ecuación 40}]$$

- **(SH2) Usuarios que compran agua embotellada [%]**

Este indicador proporciona una idea de la incomodidad que ocasiona en los usuarios las interrupciones ya que para hacerle frente a los cortes, los usuarios deben comprar agua para abastecerse, además compran agua embotellada porque no confían en la calidad del agua brindada por la empresa más aún luego de los racionamientos.

$$SH2 = \frac{2SH}{\#usuariosentrevistados} \times 100 \quad [\text{Ecuación 41}]$$

- **(SH3) Usuarios que almacenan agua [%]**

La valoración de este indicador permite determinar la proporción de usuarios que almacenan agua para abastecerse en los días que carecen del líquido vital, esto representa una incomodidad para los usuarios ya que invierten tiempo y recipientes para el almacenamiento.

$$SH3 = \frac{3SH}{\#usuariosentrevistados} \times 100 \quad [\text{Ecuación 42}]$$

- **(SH4) Usuarios que poseen cisterna [%]**

El poseer cisterna para almacenar agua potable, con el fin de no quedarse con sin líquido vital cuando ocurren las interrupciones del mismo, conlleva gastos adicionales para el usuario por el mantenimiento periódico que se debe dar a las cisternas.

$$SH4 = \frac{4SH}{\#usuariosentrevistados} \times 100$$

[Ecuación 43]

- **(SH5) Usuarios que realizan inspecciones de fugas [%]**

Este hábito es positivo tanto para la empresa como para el usuario, el continuo interrumpir el servicio de agua, trae consigo el deterioro de la red, de ahí la importancia de realizar inspecciones periódicas de fugas de agua.

$$SH5 = \frac{7SH}{\#usuariosentrevistados} \times 100$$

[Ecuación 44]

- Subcomponente: **Salud** (3 indicadores)

- **(SS1) Usuarios con afecciones por enfermedades de origen hídrico [%]**

Este indicador valora el porcentaje de usuarios que tienen o tuvieron alguna enfermedad que se le atribuye al consumo del agua potable, tales afecciones se generan cuando el agua deja de ser potable y regularmente esto ocurre al existir cortes del suministro.

$$SS1 = \frac{1SS}{\#usuariosentrevistados} \times 100$$

[Ecuación 45]

- **(SS2) Usuarios con afecciones a la piel [%]**

El indicador valora el porcentaje de usuarios con afecciones a la piel debido al uso de agua potable de mala calidad, misma que se genera al existir las interrupciones en la red, dando cabida a la intrusión de patógenos.

$$SS2 = \frac{2SS}{\#usuariosentrevistados} \times 100$$

[Ecuación 46]

- **(SS3) Usuarios con otro tipo de afecciones debido a la calidad del agua [%]**

Mide el porcentaje de usuarios, con cualquier otro tipo de enfermedad o afección a la salud, atribuibles al uso o consumo de agua potable de mala calidad.

$$SS3 = \frac{3SS}{\#usuariosentrevistados} \times 100 \quad [\text{Ecuación 47}]$$

El **componente económico** está estructurado en tres subcomponentes y veinte (20) indicadores.

- Subcomponente: **Operación y mantenimiento** (11 indicadores)

- **(EOM1) Control de fugas [%/año]**

El control de fugas implica las actividades de detectar, localizar, reparar o rehabilitar. Por eso este indicador es importante ya que si existen cortes del suministro y no se realizan las actividades de control de fugas, la red se deteriora causando impactos a la empresa y a los usuarios.

$$EOM1 = \frac{2EOM \times \frac{365}{PA}}{6G} \times 100 \quad [\text{Ecuación 48}]$$

- **(EOM2) Reparaciones por control activo de fugas [%/año]**

Es importante que una vez localizadas las fugas se realice las respectivas actividades de rehabilitación o reparación, para que la red trabaje adecuadamente.

$$EOM2 = \frac{3EOM \times \frac{365}{PA}}{6G} \times 100 \quad [\text{Ecuación 49}]$$

- **(EOM3) Rehabilitación de tuberías [%/año]**

La rehabilitación de tuberías consiste en realizar reparaciones en donde se origina la falla con el fin de recuperar las propiedades hidráulicas, en una red en donde existen constantes interrupciones del suministro esta actividad se tornan indispensable para mantener el correcto funcionamiento de la misma.

$$EOM3 = \frac{5EOM \times \frac{365}{PA}}{6G} \times 100 \quad [\text{Ecuación 50}]$$

- **(EOM4) Renovación de tuberías [%/año]**

En esta actividad se realiza la sustitución completa de la tubería debido a que se encuentra en muy mal estado (roturas, reventamientos), esto se produce cuando existen sobrepresiones o subpresiones, generadas principalmente por las operaciones de llenado y vaciado producto de los cortes del suministro en la red. La renovación constante de la tubería contribuye a mantener una red en operación.

$$EOM4 = \frac{6EOM \times \frac{365}{PA}}{6G} \times 100 \quad \text{[Ecuación 51]}$$

- **(EOM5) Tuberías reemplazadas [%/año]**

Reemplazar tuberías contribuye a mantener operativa la red, la tubería y en general la red se deteriora al existir cortes o racionamientos del suministro, debido a los cambios de presión en el interior de las tuberías.

$$EOM5 = \frac{7EOM \times \frac{365}{PA}}{6G} \times 100 \quad \text{[Ecuación 52]}$$

- **(EOM6) Válvulas reemplazadas [%/año]**

Cuando en una red de abastecimiento de agua potable, los cortes del suministro son una práctica constante, el reemplazo y mantenimiento de accesorios como válvulas es importante para el correcto funcionamiento de la red.

$$EOM6 = \frac{8EOM \times \frac{365}{PA}}{N_{TV}} \times 100 \quad \text{[Ecuación 53]}$$

- $N_{TV} = (19EIN+20EIN+21EIN)$ Número total de válvulas en la red

- **(EOM7) Fallas en tuberías [Nº/100Km/año]**

La proporción de roturas de cañerías puede ser vista también como imagen del estado general de la red, aunque también refleja las prácticas de operación y mantenimiento.

$$EOM7 = \frac{9EOM \times \frac{365}{PA}}{6G \times 100} \quad \text{[Ecuación 54]}$$

- **(EOM8) Fallas en conexiones domiciliarias [N°/1000 conexiones/año]**

El indicador permite tener una idea de las condiciones en las que se encuentra la red, y de si las actividades de mantenimiento se están cumpliendo adecuadamente. Las fallas en la red tanto en tuberías como en accesorios aumentan cuando existen cortes o interrupciones del suministro.

$$EOM8 = \frac{10EOM \times \frac{365}{PA}}{7G \times 1000} \quad [\text{Ecuación 55}]$$

- **(EOM9) Hidrantes inspeccionados [%/año]**

La valoración de este indicador muestra la eficiencia de la empresa al realizar las actividades de mantenimiento de la red, cada componente de la red debe ser inspeccionado periódicamente para un correcto funcionamiento.

$$EOM9 = \frac{4EOM \times \frac{365}{PA}}{40EIN} \times 100 \quad [\text{Ecuación 56}]$$

- **(EOM10) Edad de contadores domiciliarios [años]**

El error en los contadores domiciliarios aumenta con los años del contador, si los contadores domiciliarios cumplieron ya con su vida útil (recomendable máximo 8 años), esto se traduce en impacto económico tanto para la empresa como para el usuario debido a que el volumen que registra no es el real.

- **(EOM11) Índice de fugas estructural (IFE)**

Es el indicador relativo de fugas más utilizado. Es un importante indicador de desempeño, se utiliza para expresar rápidamente la eficiencia de la gestión de las pérdidas anuales reales. Las interrupciones del servicio contribuyen a la generación de pérdidas reales.

Su cálculo se realiza haciendo uso de las ecuaciones 1,2 y 3, del capítulo 3, apartado 3.3.3

- Subcomponente: **Infraestructura del abastecimiento** (7 indicadores)

- **(EIN1) Densidad de válvulas [N°/Km]**

Permite evaluar si la red cuenta con el número apropiado de válvulas para su correcto funcionamiento. Cuando se realizan cortes y racionamientos del suministro es importante contar con el número adecuado de válvulas para regular la presión, caudal y admitir y evacuar el aire.

$$EIN1 = \frac{N_{TV}}{6G}$$

[Ecuación 57]

- $(N_{TV}) = (19EIN+20EIN+21EIN)$ Número total de válvulas en la red

▪ **(EIN4) Densidad de distritos hidrométricos [Nº/1000 conex]**

El resultado de este indicador da una idea clara de cómo se está gestionando la red, ya que si no se cuenta con el número adecuado de distritos hidrométricos difícilmente se podrá tener control de presiones y caudales, así como de actividades de mantenimiento con el fin de evitar el tener que realizar cortes del suministro en la totalidad de la red.

$$EIN4 = \frac{3EIN}{7G \times 1000}$$

[Ecuación 58]

▪ **(EIN5) Densidad de hidrantes [Nº/Km]**

Es importante contar con un número adecuado de hidrantes y que estos funcionen correctamente, muchas veces cuando se realiza las operaciones de llenado y vaciado de la red, se utilizan los hidrantes para realizar el fogeo, cuando en la red no existen el número necesario de válvulas que permiten realizar dicha actividad.

$$EIN5 = \frac{40EIN}{6G}$$

[Ecuación 59]

▪ **(EIN6) Densidad de contadores domiciliarios [Nº/conex.]**

El disponer de micro-medición (contadores domiciliarios) es muy importante para realizar una gestión adecuada de la red.

$$EIN6 = \frac{41EIN}{7G}$$

[Ecuación 60]

▪ **(EIN20) Edad de tubería [años]**

Mediante este indicador se puede determinar el estado de la red, si la tubería ha sobrepasado su vida útil la red está más propensa a fallas y el colapso mismo, al producirse los cortes del suministro.

- **(EIN22) Edad de válvulas [años]**

Este indicador también da una idea del estado de la red, si los accesorios han sobrepasado su vida útil la red está más propensa a sufrir fallas y fugas, al existir interrupciones del suministro.

- **(EIN39) Contadores instalados y funcionando correctamente [%/]**

Es importante conocer el porcentaje de contadores domiciliarios (micro-medidores) instalados, pero más aún conocer cuántos de ellos funcionan correctamente, para determinar así si el volumen medido es el real, ya que se puede dar el caso de que exista subcontaje o sobrecontaje, perjudicando a la empresa o al usuario según el caso.

$$EIN39 = \frac{42EIN}{41EIN} \times 100 \quad \text{[Ecuación 61]}$$

- Subcomponente: **Gastos, facturación y recaudación.** (2 indicadores)

- **(EFR1) Eficiencia en el cobro [%/]**

Este indicador valora cuan eficiente es en el cobro de planillas mensuales la empresa, esta información es importante porque permite conocer si la empresa cuenta con fondos económicos suficientes (liquidez) para realizar las actividades de operación y mantenimiento y gestionar de manera correcta la red.

$$EFR1 = \frac{1EFR}{2EFR} \times 100 \quad \text{[Ecuación 62]}$$

- **(EFR2) Relación de operación y mantenimiento [%/]**

Este indicador es la relación entre los gastos por operación y mantenimiento y los ingresos por este mismo rubro, es importante esta valoración para conocer si la empresa gestiona correctamente con el fin de contar con recursos económicos necesarios para realizar la operación y mantenimiento de la red.

$$EFR2 = \frac{6EFR}{7EFR} \times 100 \quad \text{[Ecuación 63]}$$

El **componente ambiental** contiene tres subcomponentes y trece (13) indicadores:

- Subcomponente: **Aire** (4 indicadores)
 - **(AA1) Emisión de material particulado y polvo (MP₁₀) [µg/m³]**

Este indicador valora la cantidad de polvo y material particulado que se emite cuando se realiza las actividades de operación y mantenimiento de la red, para determinar si se contamina o no el ambiente. Debido a los cortes en el suministro se deteriora la red, y es más vulnerable a fallas y hasta el colapso de la tubería, para esto es necesario realizar actividades que pueden generar polvo como: excavación en zanja, cierre de zanja, etc.
 - **(AA2) Niveles de ruido [db (decibel)]**

Este indicador es útil para conocer si el ruido ocasionado por las diferentes actividades de mantenimiento que se deben realizar para rehabilitar o renovar las tuberías y accesorios en la red, se encuentran dentro de los límites permitidos o caso contrario contaminan en ambiente.
 - **(AA3) Emisión de gases y organoclorados [mg/L]**

Al aplicar sustancias químicas para desinfectar el agua o la red, si no son manejadas adecuadamente, se puede producir gases que afectan al ambiente, como los organoclorados, o por la utilización de combustibles fósiles para el funcionamiento de equipos y maquinaria se emite gases, mediante este indicador se puede valorar si la generación de estos afecta al ambiente.
 - **(AA4) Emisión de olores [mg/l]**

Es importante conocer si al realizar las actividades de mantenimiento de la red (al aplicar sustancias químicas, por el uso de combustible en maquinarias, etc.), se emite algún tipo de olor que este sobre los parámetros establecidos por las normas y afecte al ambiente.
- Subcomponente: **Agua** (5 indicadores)
 - **(AAG1) Agua superficial captada en época de estiaje [%]**

Es muy importante conocer que volumen de la fuente se capta en época de estiaje, ya que según la ley de aguas es recomendable que se consuma hasta un 70% del caudal de los cauces que aportan al Pacífico y hasta un 50% de los que aportan al Amazonas. Si los valores que se obtenga están

sobre estas recomendaciones, se estaría afectando al ambiente, además quiere decir que no se está gestionando de manera adecuada.

$$AAG1 = \frac{2AAG}{1AAG} \times 100$$

[Ecuación 64]

▪ **(AAG2) Agua subterránea captada en época de estiaje [%]**

Si al extraer agua subterránea se sobrepasa la capacidad de recarga del acuífero, se está afectando gravemente al ambiente. Sin duda si sucede esto significa que la empresa no está gestionando correctamente, puede ser que falte capacidad de almacenamiento, o que la demanda sea mayor que la oferta.

$$AAG2 = \frac{3AAG}{1AAG} \times 100$$

[Ecuación 65]

▪ **(AAG3) Lodos que se depuran y depositan en sitios adecuados [%]**

Las actividades de operación y mantenimiento (limpieza y desinfección de la red luego de un corte del suministro) en un sistema de potabilización y en una red, generan lodos y otros desechos que deben manejarse correctamente para evitar afectar al medio ambiente.

$$AAG3 = \frac{6AAG}{4AAG} \times 100$$

[Ecuación 66]

▪ **(AAG4) Número de sistemas de depuración de agua residuales [N°/1000conex]**

Es importante contar con el número adecuado de sistemas de depuración de aguas residuales, para que la totalidad del agua residual generada, se tratada y depositada adecuadamente, con el fin de que no contamine los suelos y posteriormente al agua que es transportada por la tubería, cuando existen fisuras o depresiones generadas por los cortes del suministro.

$$AAG4 = \frac{7AAG}{1000conex}$$

[Ecuación 67]

- **(AAG5) Agua residual tratada que es reutilizada [%]**

Una gestión correcta del agua, es aprovechar el recurso al máximo y que mejor si luego de tratada es reutilizada, de esta manera se reduciría el consumo de agua potable en actividades que no requieren contar con agua de buena calidad, almacenando dichos volúmenes para emergencias, reduciendo así la probabilidad de cortes o interrupciones, además se colabora a mantener un medio ambiente saludable.

$$AAG5 = \frac{8AAG}{1SC} \times 100 \quad \text{[Ecuación 68]}$$

- Subcomponente: **Suelo** (4 indicadores)

- **(AS1) Remoción y afectación de la cobertura vegetal sin reposición [km²/año]**

Es importante conocer si en las actividades de mantenimiento que se realizan (apertura y cierre de zanjas, etc.) se afecta la cobertura vegetal y si esta es repuesta luego de efectuada la actividad, ya que si no se realiza de esa forma se estaría afectando al suelo dejándolo sin recubrimiento.

- **(AS2) Industrias y fábricas instaladas dentro de la cuenca fuente que controlan sus vertidos correctamente [%]**

Lo ideal es que dentro de la cuenca fuente no existan fábricas ni industrias, y en el caso de que existan es importante conocer si estas controlan sus vertidos correctamente, para evitar la contaminación de las fuentes, ya que si esto ocurre aumentarán los costos para potabilización del agua, y en caso de que no se cuente con los recursos necesarios, podrían optar por cortar o racionar el suministro.

$$AS2 = \frac{3AS}{2AS} \times 100 \quad \text{[Ecuación 69]}$$

- **(AS3) Superficie de las cuencas tributarias que son propiedad del abastecimiento [Ha (L/s)]**

Es importante que el abastecimiento invierta en adquirir la mayor parte de la superficie de las cuencas tributarias, para que se pueda realizar una correcta gestión y conservación, manteniendo así disponible el líquido vital en cantidad y calidad, y evitar el tener que recurrir a cortes o interrupciones por cuenca fuente insuficiente.

$$AS3 = \frac{5AS}{2AS} \quad \text{[Ecuación 70]}$$

- **(AS4) Superficie de las cuencas tributarias que son reforestadas anualmente. [%]**

Es importante una conservación y manejo técnico adecuado de las cuencas con el fin de cuidar el recurso agua disponible, y evitar la carencia de éste, con los múltiples impactos que genera el desabastecimiento del líquido vital.

$$AS4 = \frac{6AS}{5AS} \times 100 \quad \text{[Ecuación 71]}$$

Con la aplicación de las ecuaciones anteriormente presentadas se realiza el cálculo de los indicadores propuestos.

3.2.3.2.2. Importancias ponderadas.

Las importancias ponderadas son las valoraciones o pesos que se le asigna a cada componente, subcomponente e indicador, conforme a la importancia que ellos representan para cumplir con el objeto del estudio en este caso proyectar los impactos generados por los cortes y racionamientos.

A un abastecimiento correctamente gestionado, que mantiene la infraestructura de la red en óptimas condiciones, que ejerce un control de presiones y caudales, en el cuál no ocurran cortes del suministro y entregue el agua potable en cantidad y calidad adecuada, obteniendo a través del servicio brindado un ingreso suficiente que permita mantener dicha gestión y sumado a esto que las actividades realizadas para ese fin no afecten o impacten mínimamente al ambiente, le corresponde una valoración de 100 unidades.

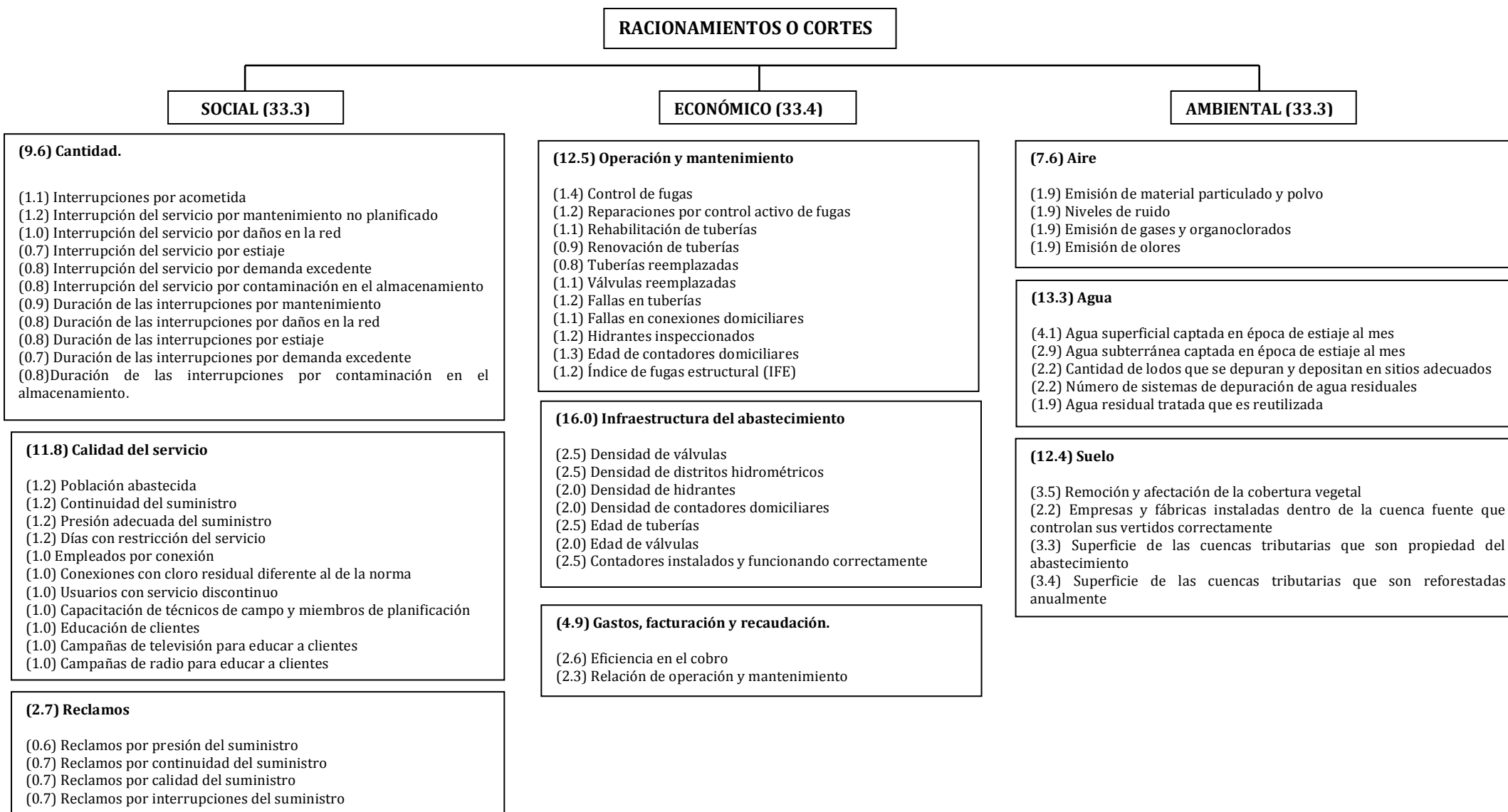
Para que un abastecimiento sea sostenible, sus tres ejes o pilares deben estar en equilibrio, por esta razón se subdividió y se valoró de la siguiente manera: componente social 33.3, componente ambiental 33.3 y componente económico 33.4 unidades.

- La suma de los valores (pesos) de los indicadores dan el valor del subcomponente.
- La suma de los valores de los subcomponentes arrojan el valor del componente.

- La suma de los valores de los componentes (SS. EE. AA), debe ser 100 unidades para un abastecimiento correctamente gestionado.

El valor de los pesos o importancias ponderadas correspondientes a los subcomponentes e indicadores se obtuvo resultado de promediar las valoraciones recogidas al aplicar la encuesta Delphi a seis profesionales con conocimiento en esta área de estudio (ver anexo 5), las valoraciones son criterios que cada profesional tiene con base a la importancia que el indicador y el subcomponente planteado representan en la proyección de los impactos.

En la Figura 3.2. se presenta las importancias ponderadas o pesos, asignados a cada componente, subcomponente e indicador resultado de la aplicación de la encuesta Delphi.



(3.8) Hábitos

- (0.8) Usuarios que hierven el agua potable
- (0.9) Usuarios que compran agua embotellada
- (0.8) Usuarios que almacenan agua
- (0.6) Usuarios que poseen cisterna
- (0.7) Usuarios que realizan inspecciones de fugas

(5.4) Salud

- (2.2) Usuarios con afecciones por enfermedades de origen hídrico
- (1.6) Usuarios con afecciones a la piel
- (1.6) Usuarios con otro tipo de afecciones debido a la calidad del agua

Figura 3.2. Importancias ponderadas

Fuente: elaboración propia

3.2.3.2.3. *Conversión de Indicadores a factores de calidad (FC).*

La metodología establece un sistema mediante el cual todos los parámetros considerados puedan ser evaluados a través de unidades conmensurables, homologables, es decir convertir dichos valores en **isométricos**, debido a que al ser medibles físicamente muchos de los indicadores, los valores que tienen son muy variables y a cada uno de ellos les corresponde cierto grado de calidad entre un extremo pésimo (0) y el otro extremo óptimo (1).

Para realizar dicha conversión y obtener valores isométricos la metodología utiliza los factores de calidad (FC), asignándole al extremo óptimo el valor de 1 y al pésimo el valor de 0, quedando incluidos entre estos extremos valores intermedios en los que se puede definir distintos estados de calidad para el parámetro (indicador) considerado.

La metodología además aplica un sistema para establecer la **función de conversión**, de un indicador en función de su magnitud a FC, y a través de estas funciones se establece las respectivas **curvas de conversión** (método gráfico), para así mismo convertir un indicador a factor de calidad.

La **función de conversión** relaciona el FC con cualquiera de los indicadores, para su construcción se parte de pares ordenados es decir el FC en el eje de las ordenadas y el valor del indicador (magnitud medible) en el eje de las abscisas.

Para la valoración se estableció los siguientes estados de calidad: óptimo, bueno, medio, mínimo y crítico (cualitativamente), y el valor que se le asigne a cada par ordenado (cifra de penalización) será aquel que responda a la pregunta **¿qué valor del indicador representa lo: óptimo, bueno, medio, mínimo y crítico?** En la Figura 3.3. se presenta el esquema de distribución concebido para realizar las valoraciones.

¿Qué es lo	Valores del indicador	FC
Óptimo	X (1.0)	1.0
Bueno	X (0.8)	0.8
Medio	X (0.6)	0.6
Mínimo	X (0.4)	0.4
Crítico	X (0.2)	0.2
	X (0.0)	0.0

Figura 3.3. Esquema de la distribución de valoraciones
Fuente: elaboración propia

La valoración cuantitativa de los indicadores se realizó mediante el uso de la herramienta Delphi, aplicando un cuestionario (ver anexo 3) a seis profesionales inmersos en la rama hidráulica, en el cual se presentaba el listado de indicadores establecidos, y los estados de calidad propuestos (óptimo, medio, mínimo y crítico), para que los encuestados realicen la valoración de cada uno de los indicadores en base a su criterio, conocimiento y experiencia, además se les proporcionó valores referenciales para que puedan ubicarse de mejor manera en el contexto de cada indicador. La información referencial proporcionada se sustenta en literatura técnica relacionada al estudio, normas, artículos e informes presentados por organismos nacionales e internacionales, y en estudios previos (tesis) relacionados con la gestión de sistemas de agua potable.

Obtenida la valoración de cada indicador, se procedió a determinar los promedios (puntos en la gráfica) para luego dibujarlos en un sistema coordenado (x, y), valores del indicador en el eje de las abscisas (x) y FC en el eje de las ordenadas (y). Debido a la variabilidad de los datos, no todos los valores se ajustaban a una tendencia determinada por algún modelo de regresión (exponencial, lineal, logarítmica, polinómica o potencial), por tal motivo se realizó tanteos (haciendo uso de la herramienta de excel) hasta ajustar los pares de datos a un modelo de regresión definido, de manera que el coeficiente de determinación R^2 se aproxime o sea igual a uno.

A continuación se presentan las funciones de conversión (método matemático) así como sus respectivas curvas de conversión (método gráfico) para cada indicador propuesto en el estudio, resultado de aplicar el proceso antes descrito.

- Subcomponente: **Cantidad.**

- **(SC1) Interrupciones por acometida [Nº/1000conex/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SC1} = 1.1463 \times (SC1)^{-0.793}$$

[Ecuación 72]

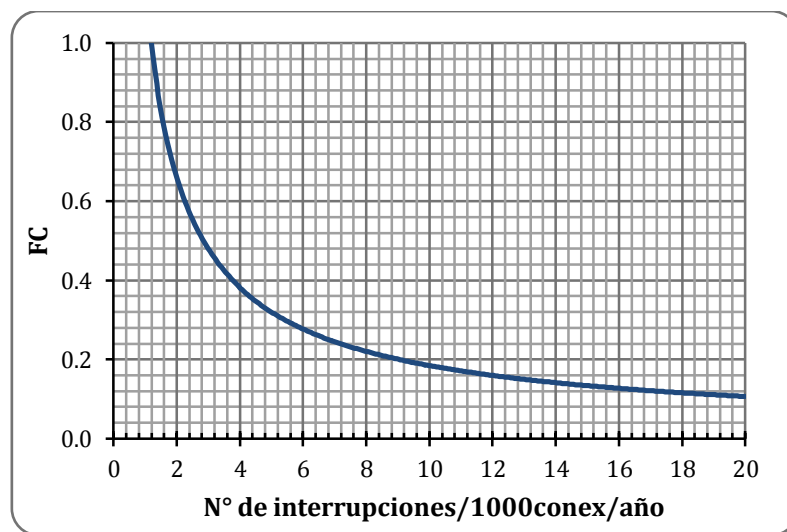


Figura 3.4. Curva de conversión para: interrupciones por acometida
Fuente: elaboración propia

Si se tiene un valor de 1 interrupción por cada 1000 conexiones al año, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$ que es el valor óptimo, si se cuenta con un valor de 8 interrupciones por cada 1000 conexiones al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 8 interrupciones por cada 1000 conexiones al año, el factor de calidad correspondiente se aproxima a cero.

Referencia: Norma EX_IEOS

- **(SC2) Interrupción del servicio por mantenimiento no planificado**
[Nº/año]

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SC2} = 1.3901e^{-0.321(SC2)}$$

[Ecuación 73]

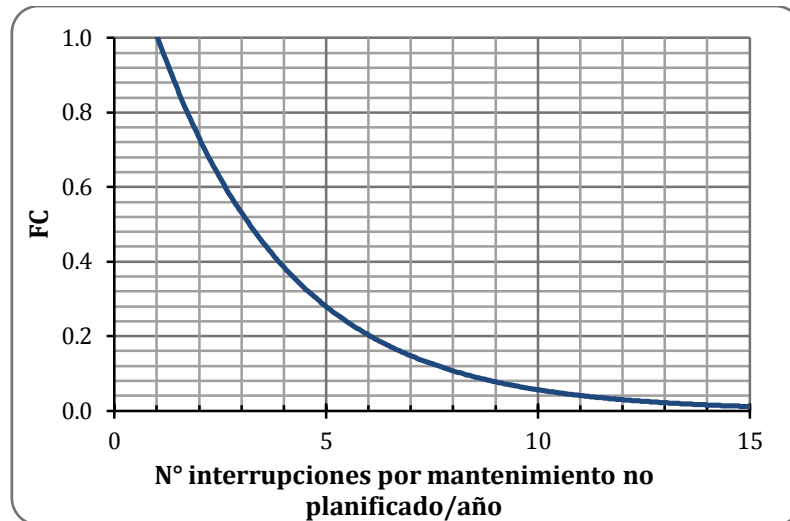


Figura 3.5. Curva de conversión para: interrupción del servicio por mantenimiento no planificado

Fuente: elaboración propia

Si se tiene un valor de 1 interrupción por mantenimiento no planificado al año, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 6 interrupciones por mantenimiento no planificado al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 6 interrupciones por mantenimiento no planificado al año, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Norma EX_IEOS

- **(SC3) Interrupción del servicio por daños en la red [Nº/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SC3} = 1.3901e^{-0.321(SC3)}$$

[Ecuación 74]

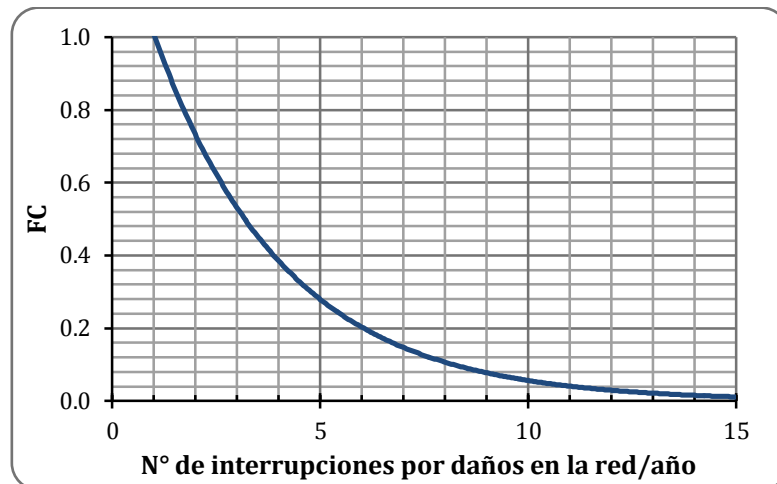


Figura 3.6. Curva de conversión para: interrupción del servicio por daños en la red

Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un valor de 1 interrupción por daños en la red al año, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 6 interrupciones por daños en la red al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 6 interrupciones por daños en la red al año, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Norma EX_IEOS

- **(SC4) Interrupción del servicio por estiaje [Nº/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SC4} = 1.3901e^{-0.321(SC4)}$$

[Ecuación 75]

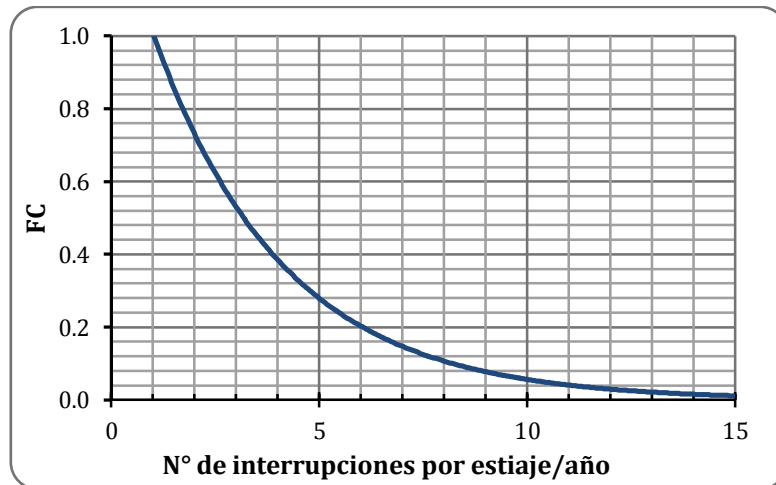


Figura 3.7. Curva de conversión para: interrupción del servicio por estiaje
Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un valor de 1 interrupción por estiaje al año, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 6 interrupciones por estiaje al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 6 interrupciones por estiaje al año, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Norma EX_IEOS

- **(SC5) Interrupción del servicio por demanda excedente [Nº/ año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SC5} = 1.3901e^{-0.321(SC5)}$$

[Ecuación 76]

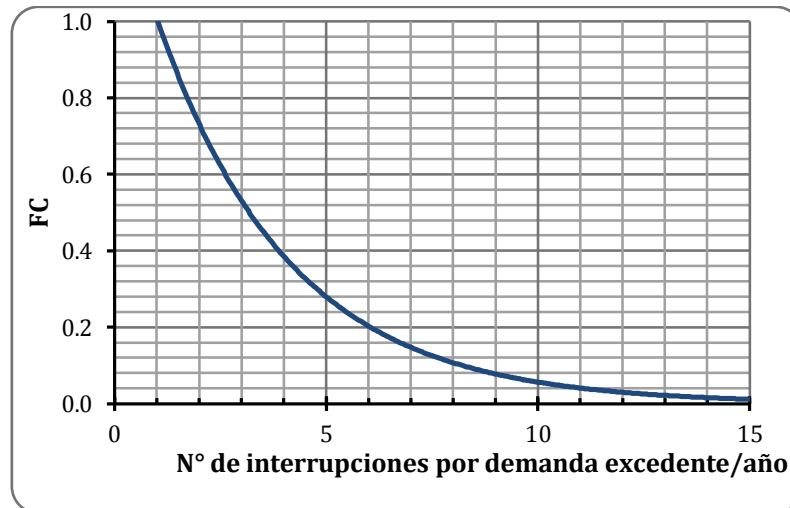


Figura 3.8. Curva de conversión para: interrupción del servicio por demanda excedente

Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un valor de 1 interrupción por demanda excedente al año, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 6 interrupciones por demanda excedente al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 6 interrupciones por demanda excedente al año, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Norma EX_IEOS

- **(SC6) Interrupción del servicio por contaminación en el almacenamiento [Nº/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SC6} = 1.3901e^{-0.321(SC6)}$$

[Ecuación 77]

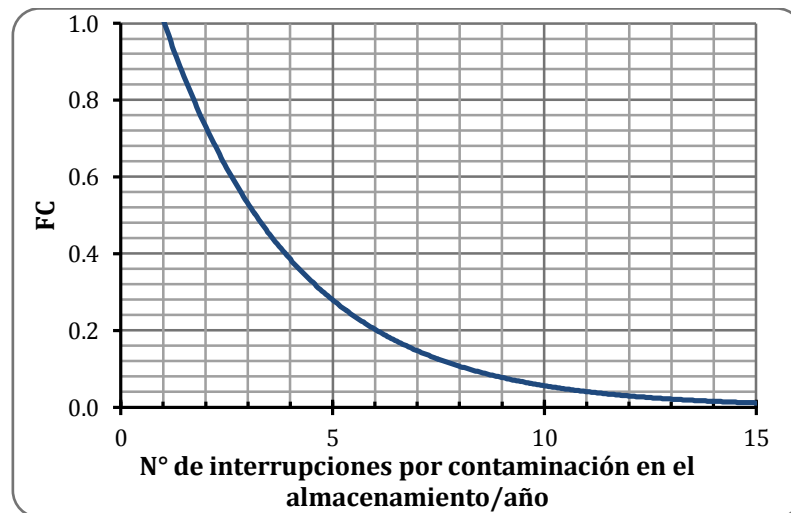


Figura 3.9. Curva de conversión para: interrupción del servicio por contaminación en el almacenamiento
Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un valor de 1 interrupción por contaminación en el almacenamiento al año, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 6 interrupciones por contaminación en el almacenamiento al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 6 interrupciones por contaminación en el almacenamiento al año, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Norma EX_IEOS

- **(SC7) Duración de las interrupciones por mantenimiento no planificado [h/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SC7} = 1.0503e^{-0.133(SC7)}$$

[Ecuación 78]

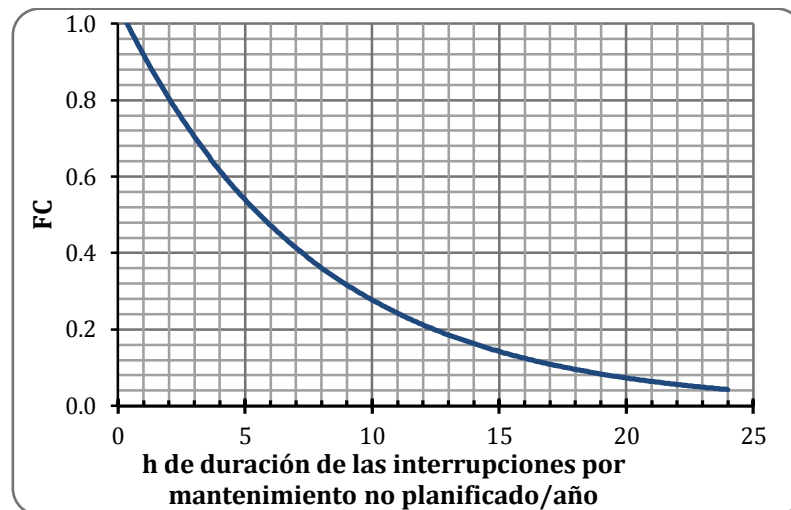


Figura 3.10. Curva de conversión para: duración de las interrupciones por mantenimiento no planificado
Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un valor de 0.2 horas de duración de las interrupciones por mantenimiento no planificado al año, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 12 horas de duración de las interrupciones por mantenimiento no planificado al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 12 horas de duración de las interrupciones por mantenimiento no planificado al año, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Indicadores Banco del Estado

- **(SC8) Duración de la interrupciones por daños en la red [h/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SC8} = 1.0503e^{-0.133(SC8)}$$

[Ecuación 79]

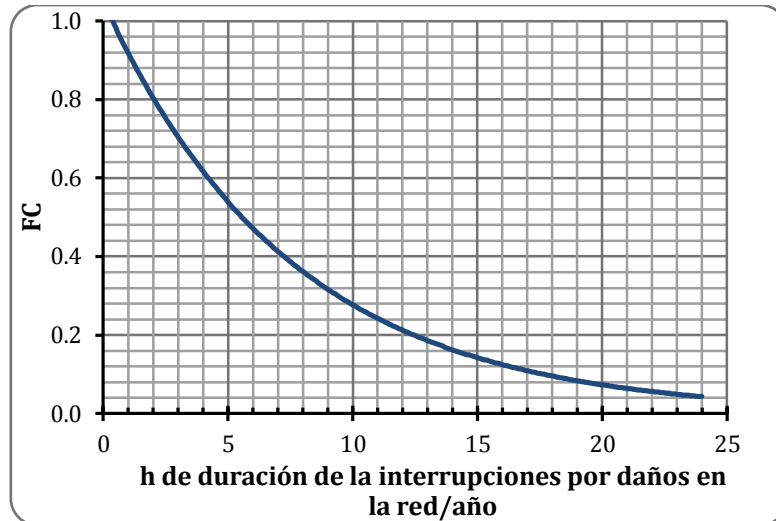


Figura 3.11. Curva de conversión para: duración de las interrupciones por daños en la red

Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un valor de 0.2 horas de duración de las interrupciones por daños en la red al año, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 12 horas de duración de las interrupciones por daños en la red al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 12 horas de duración de las interrupciones por daños en la red al año, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Indicadores Banco del Estado

- **(SC9) Duración de las interrupciones por estiaje [h/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SC9} = 1.0503e^{-0.133(SC9)}$$

[Ecuación 80]

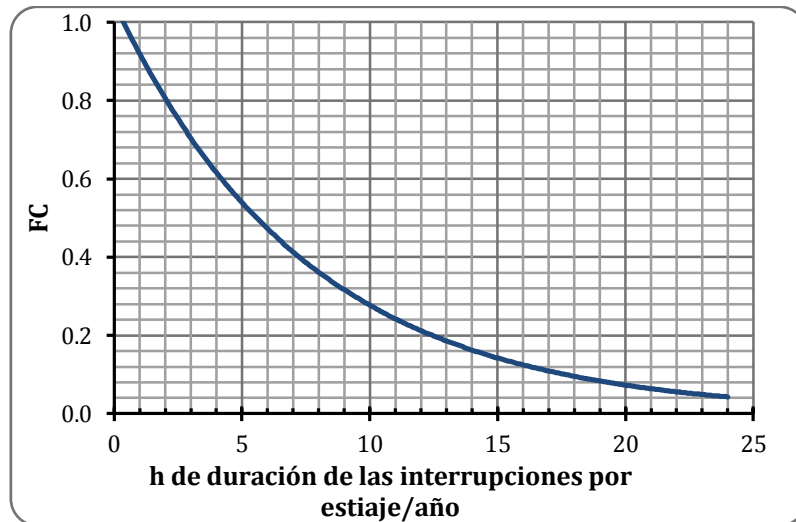


Figura 3.12. Curva de conversión para: duración de las interrupciones por estiaje

Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un valor de 0.2 horas de duración de las interrupciones por estiaje al año, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 12 horas de duración de las interrupciones por estiaje al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 12 horas de duración de las interrupciones por estiaje al año, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Indicadores Banco del Estado

- **(SC10) Duración de la interrupciones por demanda excedente [h/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SC10} = 1.0503e^{-0.133(SC10)} \quad [\text{Ecuación 81}]$$

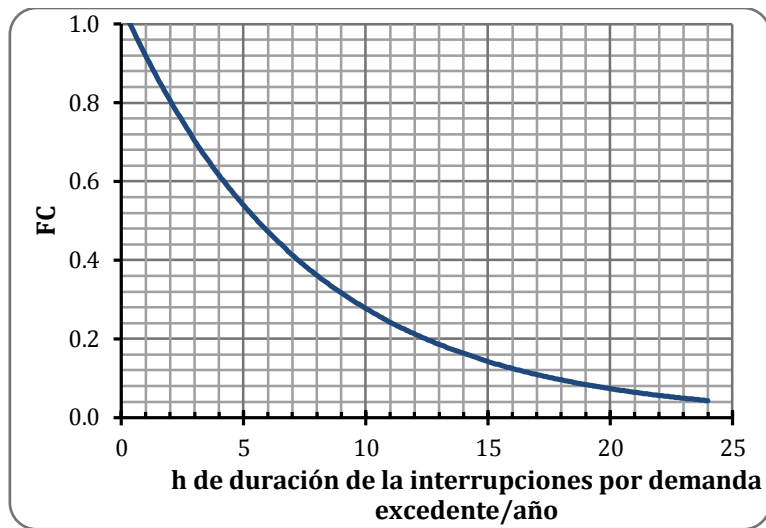


Figura 3.13. Curva de conversión para: duración de las interrupciones por demanda excedente
Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un valor de 0.2 horas de duración de las interrupciones por demanda excedente al año, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 12 horas de duración de las interrupciones por demanda excedente al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 12 horas de duración de las interrupciones por demanda excedente al año, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Indicadores Banco del Estado

- **(SC11) Duración de las interrupciones por contaminación en el almacenamiento [h/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SC11} = 1.0503e^{-0.133(SC11)} \quad [Ecuación 82]$$

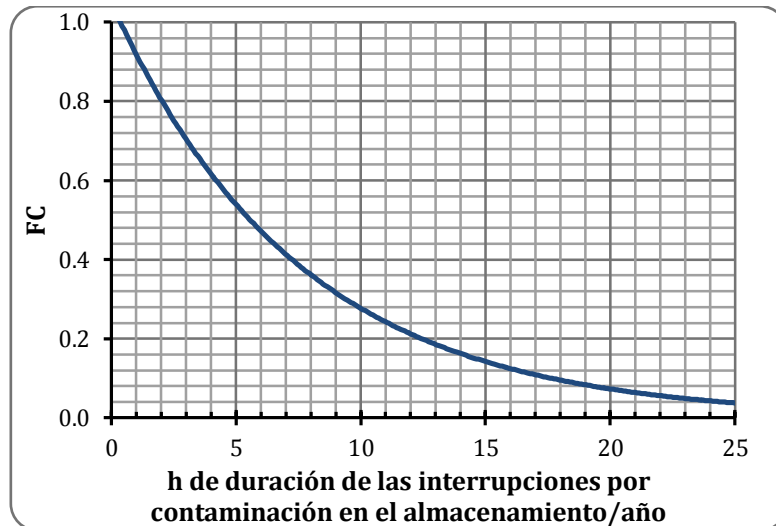


Figura 3.14. Curva de conversión para: duración de las interrupciones por contaminación en el almacenamiento

Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un valor de 0.2 horas de duración de las interrupciones por contaminación en el almacenamiento al año, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 12 horas de duración de las interrupciones por contaminación en el almacenamiento al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 12 horas de duración de las interrupciones por contaminación en el almacenamiento al año, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Indicadores Banco del Estado

- Subcomponente: **Calidad del servicio** (11 indicadores)

- **(SCL1) Población abastecida [%]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SCL1} = 1E-07e^{0.1573(SCL1)}$$

[Ecuación 83]

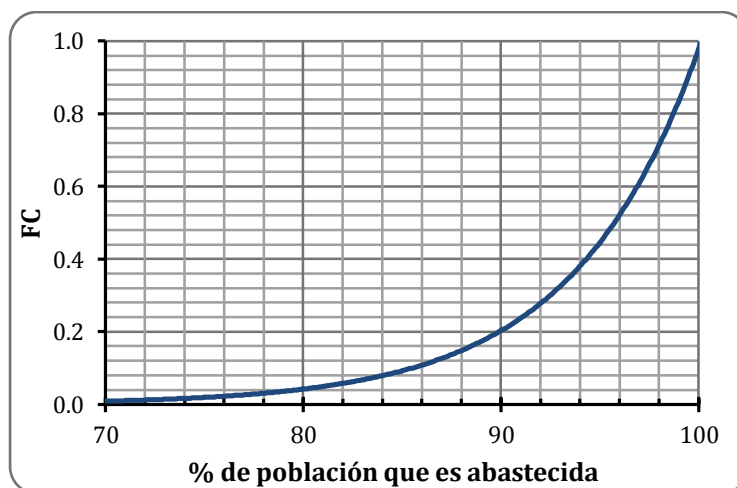


Figura 3.15. Curva de conversión para: población abastecida
Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un 100% de población que es abastecida, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 90% de población que es abastecida, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 90% de población abastecida, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Indicadores Banco del Estado

- **(SCL2) Continuidad del suministro [%]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SCL2} = 3E-15 \times (SCL2)^{7.2713}$$

[Ecuación 84]

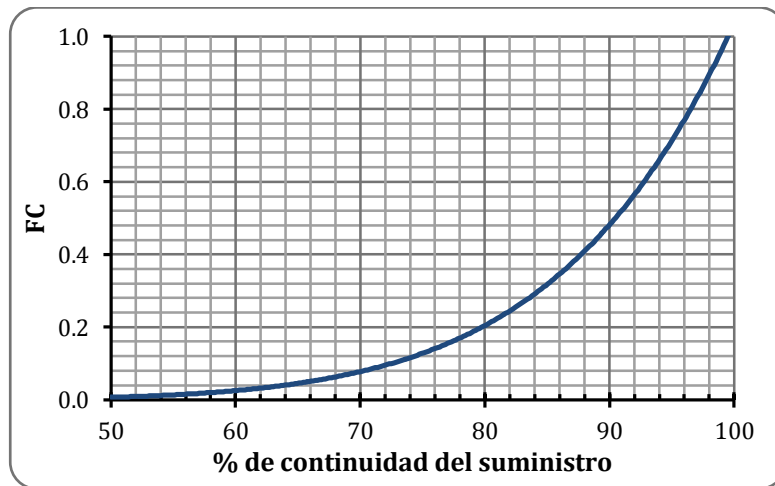


Figura 3.16. Curva de conversión para: continuidad del suministro
Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un 100% de continuidad del suministro (24 horas al día), su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 80% de continuidad del suministro, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 80%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Norma EX_IEOS, Recomendaciones IBNET

- **(SCL3) Presión adecuada del suministro [%]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SCL3} = 0.0396 e^{0.0323 (SCL3)}$$

[Ecuación 85]

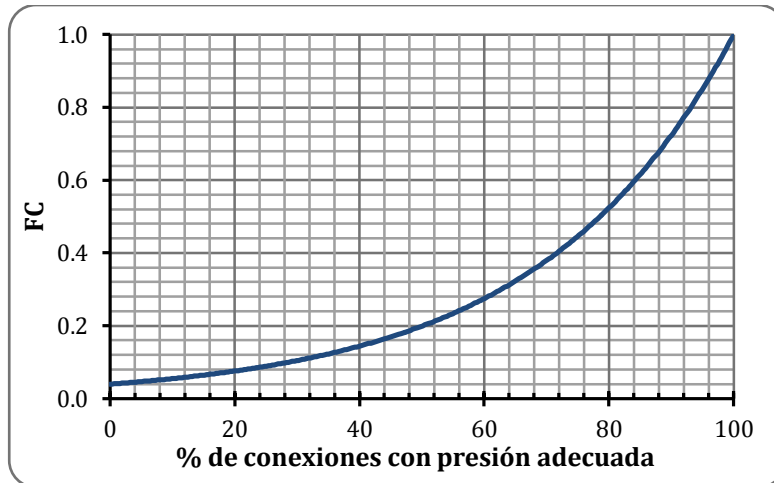


Figura 3.17. Curva de conversión para: presión adecuada del suministro

Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un 100% de conexiones con presión adecuada, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 50% de conexiones con presión adecuada, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 50%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Norma EX_IEOS, Recomendaciones IBNET

- **(SCL4) Días con restricción del servicio [%]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SCL4} = 1.0798e^{-1.072(SCL4)} \quad [\text{Ecuación 86}]$$

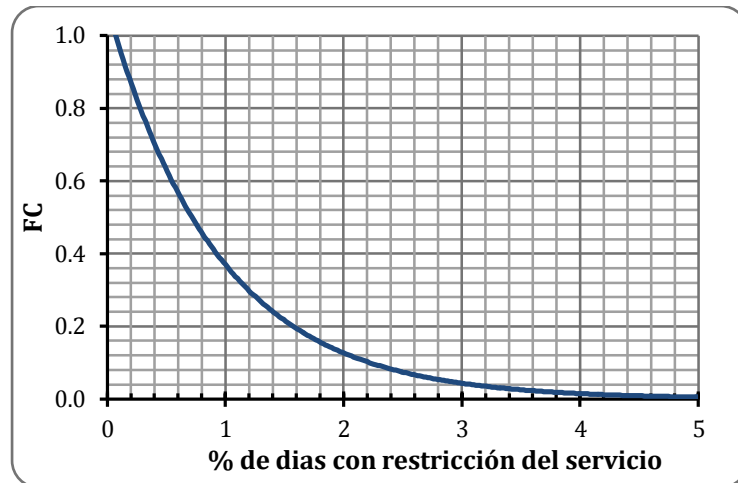


Figura 3.18. Curva de conversión para: días con restricción del servicio
Fuente: elaboración propia

Si no se cuenta con días de restricción del servicio, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 1.5% de días con restricción del servicio, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 1.5%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada.

- **(SCL5) Empleados por conexión [Nº/1000conex]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SCL5} = 0.005 \times (SCL5)^3 + 0.0374 \times (SCL5)^2 + 0.1109 \times (SCL5) + 0.2005 \text{ [Ecuación 87]}$$

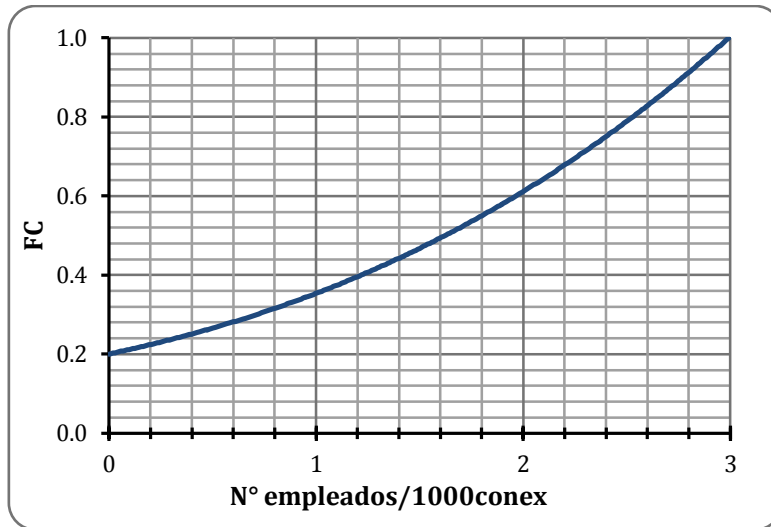


Figura 3.19. Curva de conversión para: empleados por cada 1000 conexiones
Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con 3 empleados en agua potable por cada 1000 conexiones, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se tiene 1 empleado en agua potable por cada 1000 conexiones, el factor de calidad proyectado en la gráfica es, $FC = 0.35$, valor mínimo, si no se cuenta con ningún empleado en agua potable por cada 1000 conexiones, su proyección nos indica un factor de calidad que tiende a cero, $FC = 0$, valor crítico.

Referencia: Recomendaciones Banco del Estado

- **(SCL13) Conexiones con cloro residual diferente al de la norma (0.3 mg/l – 1.5 mg/l) [%]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SCL13} = 0.9304e^{-0.491(SCL13)}$$

[Ecuación 88]

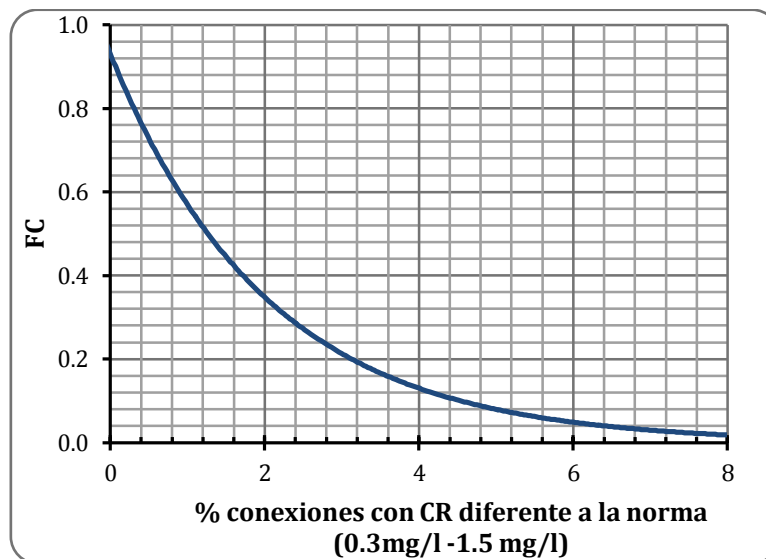


Figura 3.20. Curva de conversión para: conexiones con cloro residual diferente al dela norma (0.30 mg/l – 1.50 mg/l)

Fuente: elaboración propia

Si no se cuenta con conexiones que tengan cloro residual diferente al de la norma, quiere decir que la totalidad de conexiones están dentro del rango recomendado, por lo tanto el factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 3% de conexiones con cloro residual diferente al de la norma, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 3%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: (Benavides H, 2010), Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren.

- **(SCL14) Usuarios con servicio discontinuo [%]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SCL14} = 0.968e^{-0.156(SCL14)}$$

[Ecuación 89]

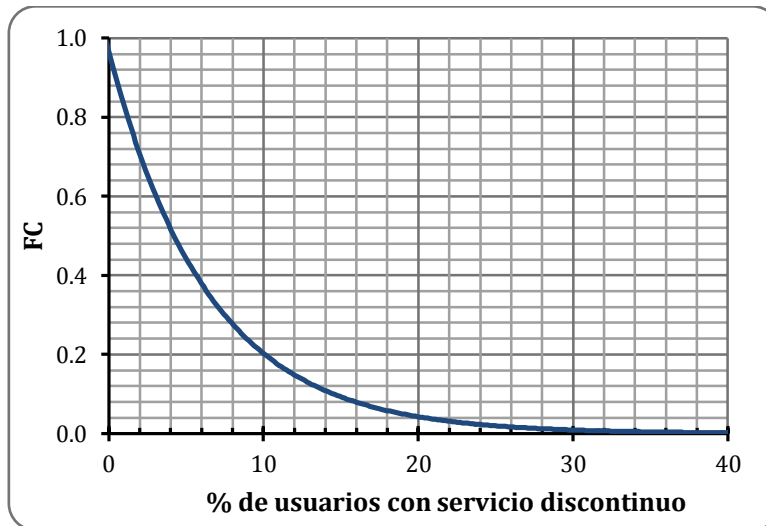


Figura 3.21. Curva de conversión para: usuarios con servicio discontinuo
Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con 0% de usuarios con servicio discontinuo, significa que todos los usuarios gozan de un servicio continuo, por tanto el factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un 10% de usuarios con servicio discontinuo, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 10%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada

- **(SCL15) Capacitación de técnicos de campo y miembros de planificación [h/técnico/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SCL15} = 0.1282e^{0.0236(SCL15)}$$

[Ecuación 90]

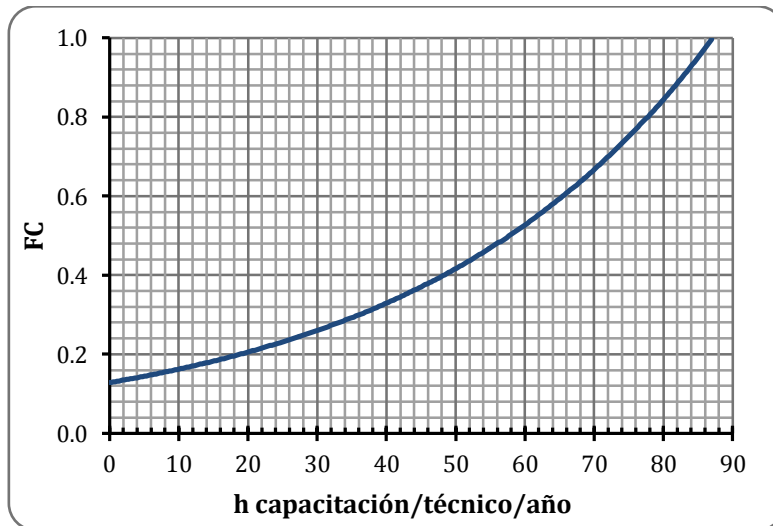


Figura 3.22. Curva de conversión para: capacitación de técnicos de campo y miembros de planificación

Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con 80 horas de capacitación por cada técnico por año, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 20 horas de capacitación por cada técnico por año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 20 horas de capacitación, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: (Benavides H, 2010), Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren.

- **(SCL16) Educación de clientes [h/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SCL16} = 0.0003 \times (SCL16)^{2.2513}$$

[Ecuación 91]

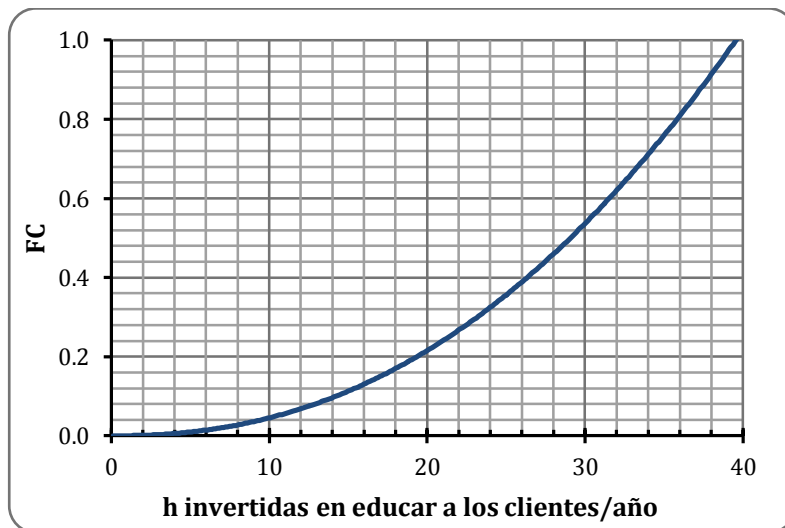


Figura 3.23. Curva de conversión para: educación de clientes
Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con 40 horas invertidas en educar a los clientes al año, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 20 horas invertidas en educar a los clientes al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 20 horas, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: (Benavides H, 2010), Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren.

- **(SCL17) Campañas de televisión para educar a clientes [min/mes]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SCL17} = 2E-14 \times (SCL17)^{6.8618} \quad [Ecuación 92]$$

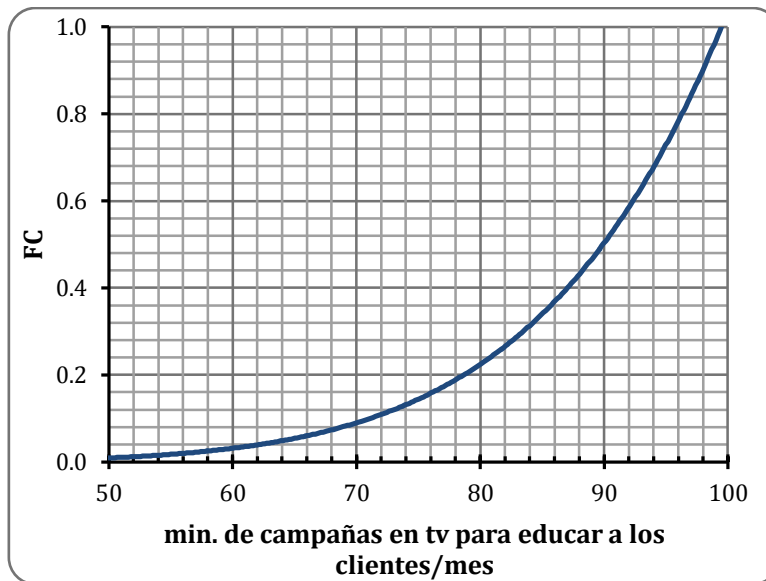


Figura 3.24. Curva de conversión para: campañas de televisión para educar a clientes

Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un valor de 100 minutos de campañas en televisión para educar a los clientes al mes, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 80 minutos de campañas en televisión para educar a los clientes al mes, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 80 minutos, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: (Benavides H, 2010), Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren.

- **(SCL18) Campañas de radio para educar a clientes [min/mes]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SCL18} = 2E-14 \times (SCL18)^{6.8618}$$

[Ecuación 93]

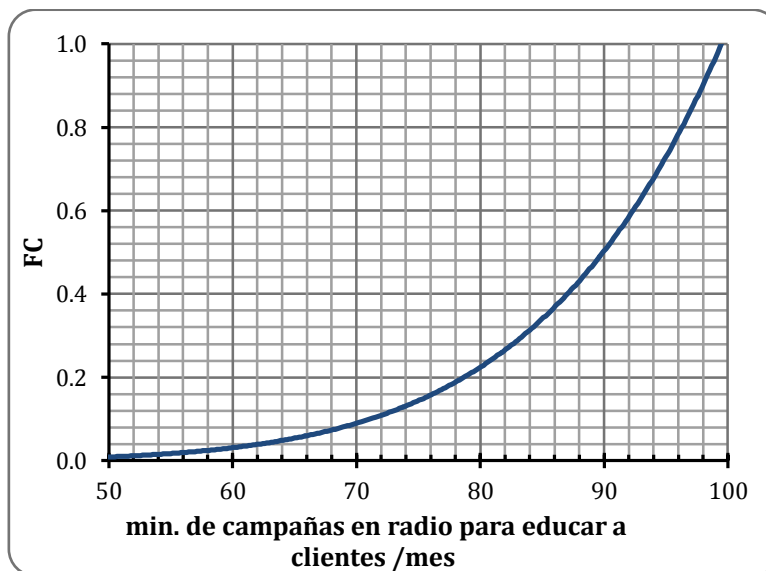


Figura 3.25. Curva de conversión para: campañas de radio para educar a clientes

Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un valor de 100 minutos de campañas en radio para educar a los clientes al mes, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 80 minutos de campañas en radio para educar a los clientes al mes, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 80 minutos, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: (Benavides H, 2010), Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren.

- Subcomponente: **Reclamos**
 - **(SR1) Reclamos por presión del suministro [%]**

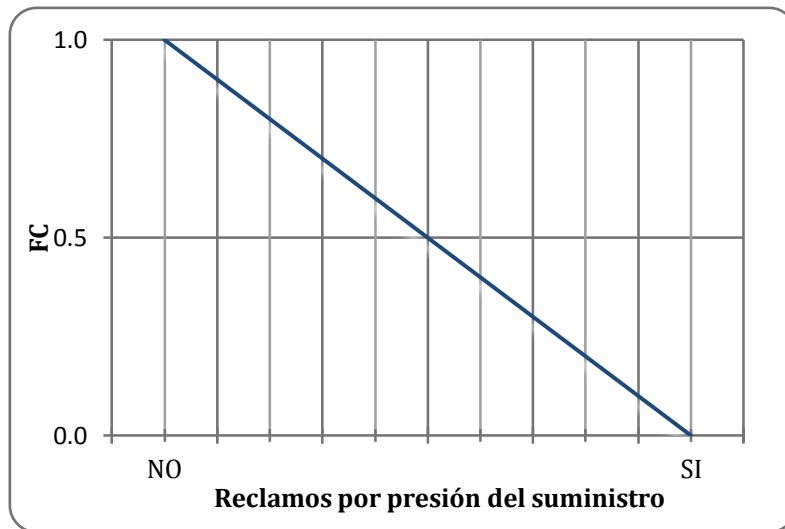


Figura 3.26. Curva de conversión para reclamos por presión del suministro.
Fuente: elaboración propia

Si no se tiene reclamos de parte de los usuarios por la presión del suministro de agua que reciben, el factor de calidad correspondiente es, $FC = 1$, valor óptimo, por el contrario si existe por lo menos un reclamo por parte de los usuarios del servicio, inconformes por la presión que reciben, su factor de calidad es, $FC = 0$.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada

- **(SR2) Reclamos por continuidad del suministro [%]**

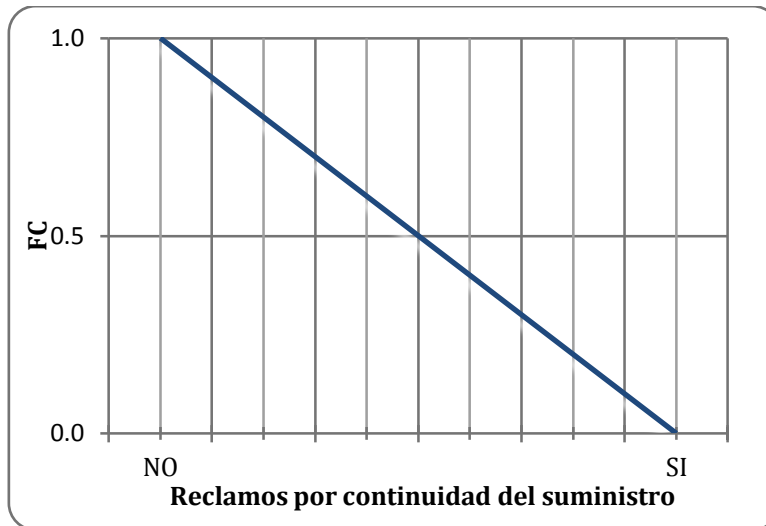


Figura 3.27. Curva de conversión para reclamos por continuidad del suministro.
Fuente: elaboración propia

Si no se tiene reclamos de parte de los usuarios por la continuidad en el suministro de agua, el factor de calidad correspondiente es, $FC = 1$, valor óptimo, por el contrario si existe por lo menos un reclamo por parte de los usuarios del servicio, inconformes por la continuidad del suministro, su factor de calidad es, $FC = 0$.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada

- (SR3) **Reclamos por calidad del suministro [%]**

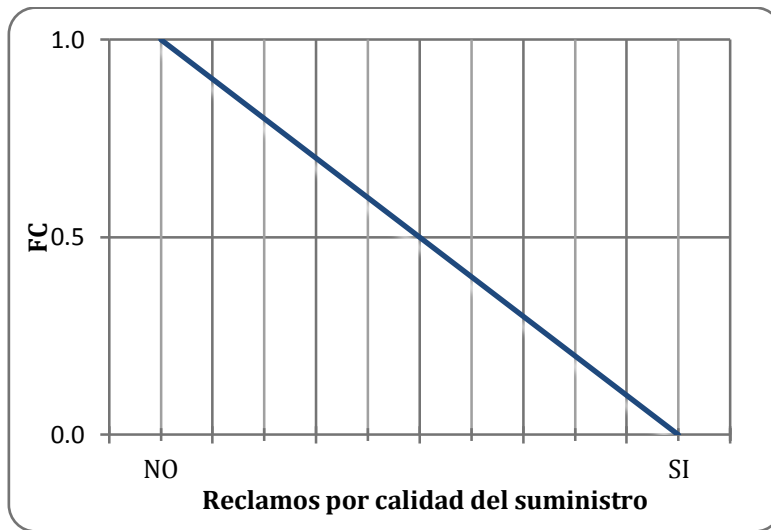


Figura 3.28. Curva de conversión para reclamos por calidad del suministro.
Fuente: elaboración propia

Si no se tiene reclamos de parte de los usuarios por la calidad del suministro de agua que reciben, el factor de calidad correspondiente es, $FC = 1$, valor óptimo, por el contrario si existe por lo menos un reclamo por parte de los usuarios del servicio, inconformes por la calidad de agua que reciben, su factor de calidad es, $FC = 0$.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada

- **(SR4) Reclamos por interrupciones del suministro [%]**

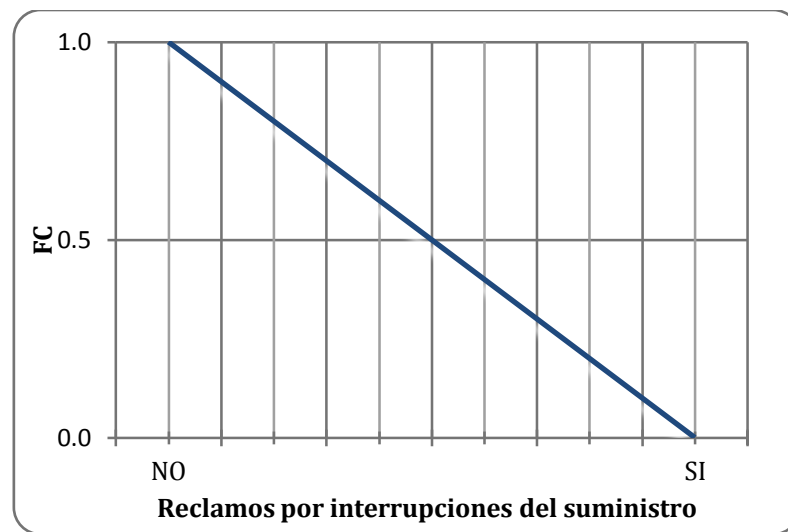


Figura 3.29. Curva de conversión para reclamos por interrupciones del suministro.

Fuente: elaboración propia

Si no se tiene reclamos de parte de los usuarios por interrupciones del suministro de agua, el factor de calidad correspondiente es, $FC = 1$, valor óptimo, por el contrario si existe por lo menos un reclamo por parte de los usuarios del servicio, inconformes por las interrupciones, su factor de calidad es, $FC = 0$.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada

- Subcomponente: **Hábitos** (5 indicadores)
 - **(SH1) Usuarios que hierven el agua potable [%]**

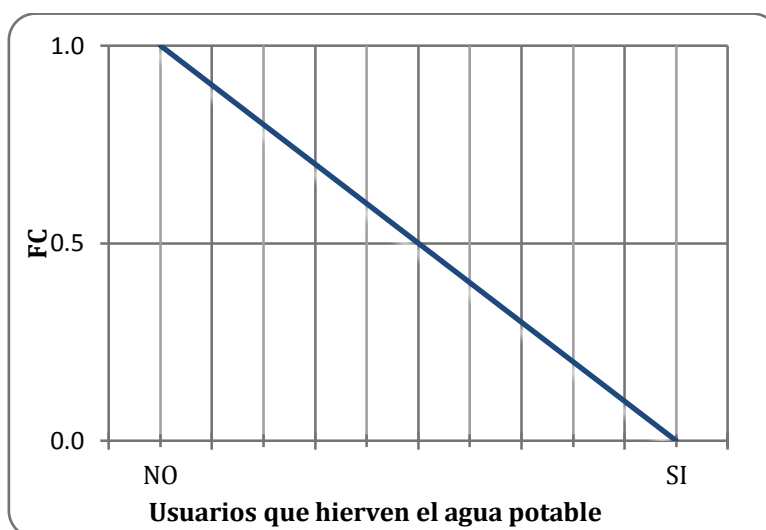


Figura 3.30. Curva de conversión para: usuarios que hierven el agua potable
Fuente: elaboración propia

Si no se tiene usuarios que hierven el agua potable antes de consumirla, el factor de calidad correspondiente es, $FC = 1$, valor óptimo, por el contrario si existen usuarios que hierven el agua potable antes de consumirla, su factor de calidad es, $FC = 0$.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada

- **(SH2) Usuarios que compran agua embotellada [%]**

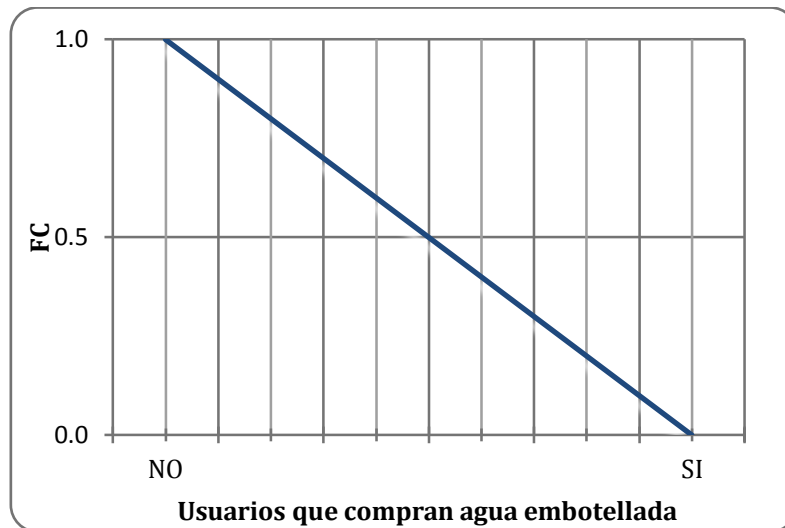


Figura 3.31. Curva de conversión para: usuarios que compran agua embotellada

Fuente: elaboración propia

Si no se tiene usuarios que compran agua embotellada para abastecerse del líquido vital los días en que les cortan el suministro, el factor de calidad correspondiente es, $FC = 1$, valor óptimo, por el contrario si existen usuarios que compran agua embotellada para abastecerse los días en que no cuentan con el suministro, su factor de calidad es, $FC = 0$.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada

- **(SH3) Usuarios que almacenan agua [%]**

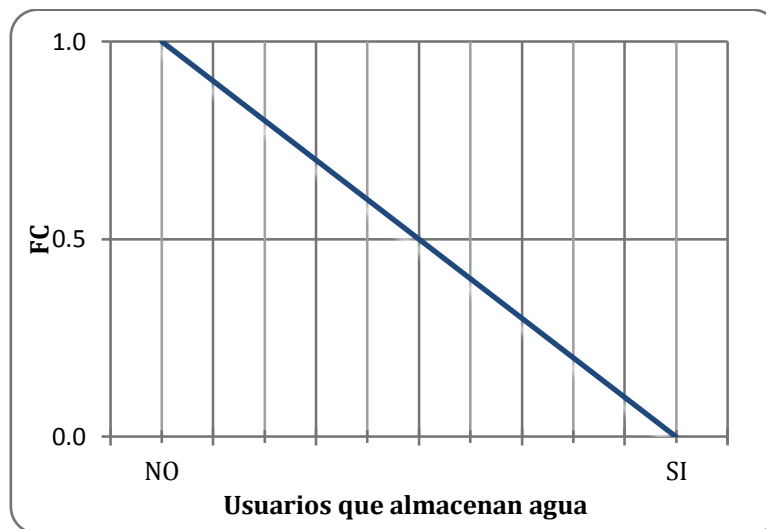


Figura 3.32. Curva de conversión para: usuarios que almacenan agua
Fuente: elaboración propia

Si no se tiene usuarios que almacenan agua para abastecerse los días en que no cuentan con el suministro de agua (debido a que la empresa les abastece de alguna manera), el factor de calidad correspondiente es, $FC = 1$, valor óptimo, por el contrario si existen usuarios que tienen que almacenar agua para abastecerse los días en que no cuentan con el servicio, su factor de calidad es, $FC = 0$.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada

- (SH4) Usuarios que poseen cisterna [%]

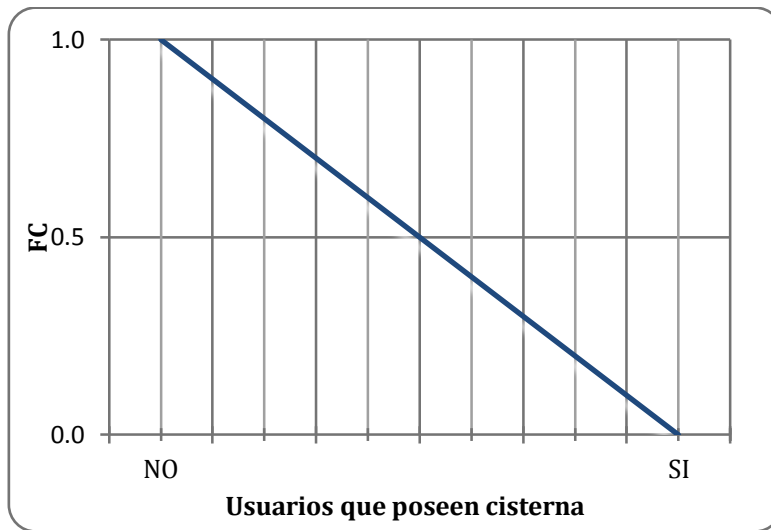


Figura 3.33. Curva de conversión para: usuarios que poseen cisterna
Fuente: elaboración propia

Si no se tiene usuarios que inviertan en sistemas de almacenamiento y cisternas para abastecerse del suministro debido a las constantes interrupciones, el factor de calidad correspondiente es, $FC = 1$, valor óptimo, por el contrario si existen usuarios que invierten en sistemas de almacenamiento y cisternas para abastecerse del líquido vital cuando ocurren los cortes o interrupciones, su factor de calidad es, $FC = 0$.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada

- **(SH5) Usuarios que realizan inspecciones de fugas [%]**

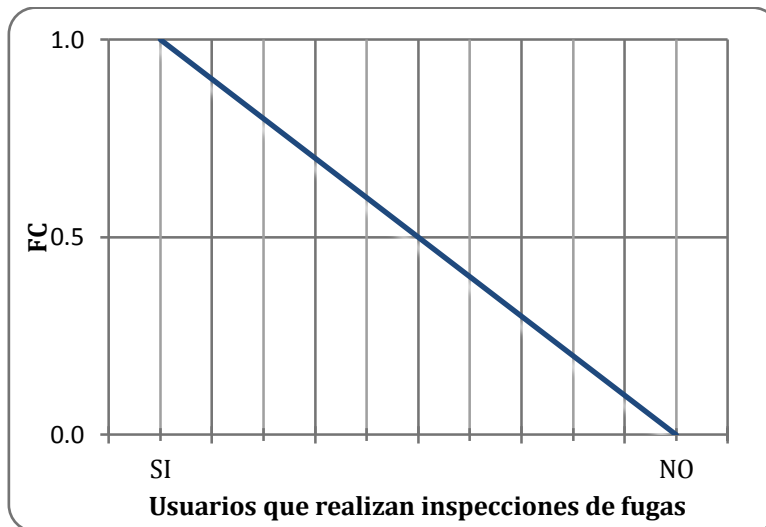


Figura 3.34. Curva de conversión para: usuarios que realizan inspecciones de fugas

Fuente: elaboración propia

Si se tiene usuarios que realizan cualquier tipo de inspección para detectar fugas en sus domicilios, el factor de calidad correspondiente es, $FC = 1$, valor óptimo, debido a que esta es una práctica positiva que beneficia tanto al usuario como a la empresa, por el contrario si no existen usuarios que realizan algún tipo de inspección para detectar las fugas en sus domicilios, su factor de calidad es, $FC = 0$.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada

- Subcomponente: **Salud**
 - **(SS1) Usuarios con afecciones por enfermedades de origen hídrico [%]**

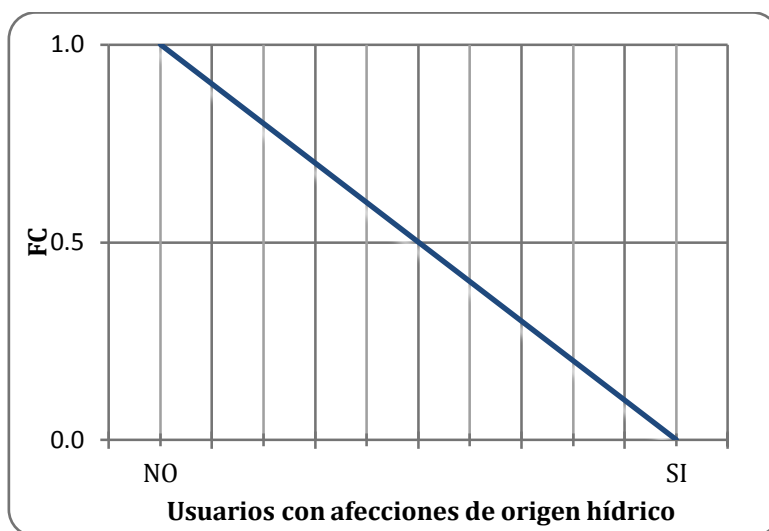


Figura 3.35. Curva de conversión para: usuarios con afecciones por enfermedades de origen hídrico
Fuente: elaboración propia

Si no se tiene usuarios con afecciones atribuibles al consumo del agua, el factor de calidad correspondiente es, $FC = 1$, valor óptimo, por el contrario si existen usuarios que tuvieron o padecen de algún tipo de enfermedad que se atribuya al consumos del agua potable, su factor de calidad es, $FC = 0$.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada

- **(SS2) Usuarios con afecciones a la piel [%]**

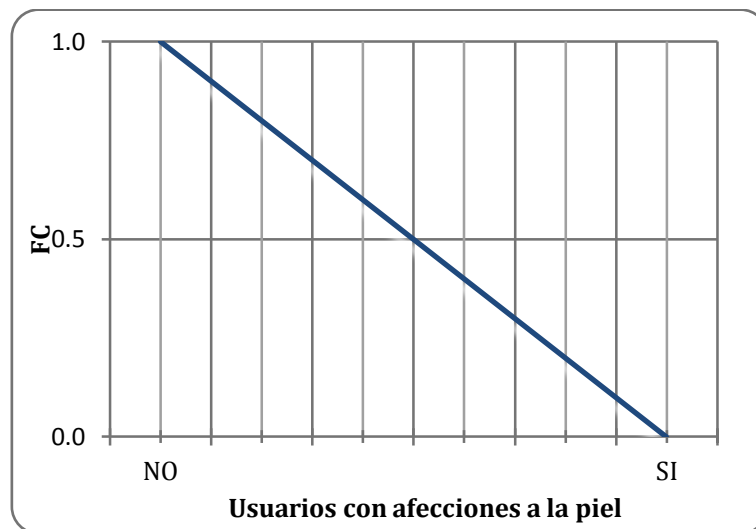


Figura 3.36. Curva de conversión para: usuarios con afecciones a la piel
Fuente: elaboración propia

Si no se tiene usuarios con afecciones a la piel debido al uso del agua potable, el factor de calidad correspondiente es, $FC = 1$, valor óptimo, por el contrario si existen usuarios con afecciones a la piel debido al uso del agua potable, su factor de calidad es, $FC = 0$.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada

- **(SS3) Usuarios con otro tipo de afecciones debido a la calidad del agua [%]**

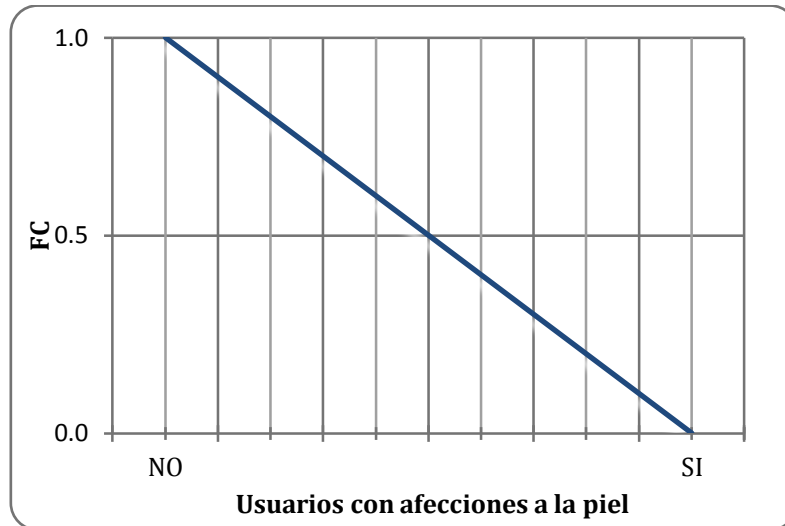


Figura 3.37. Curva de conversión para: usuarios con otro tipo de afecciones debido a la calidad del agua
Fuente: elaboración propia

Si no se tiene usuarios con cualquier otra afección a la salud atribuible al uso o consumo del agua potable, el factor de calidad correspondiente es, $FC = 1$, valor óptimo, por el contrario si existen usuarios que padecieron o padecen cualquier otro tipo de afección a la salud que se le atribuya al consumo o uso del agua potable, su factor de calidad es, $FC = 0$.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada

El **componente económico** está estructurado en tres subcomponentes y veinte (20) indicadores.

- Subcomponente: **Operación y mantenimiento** (11 indicadores)
 - **(EOM1) Control de fugas [%/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EOM1} = -1E-17 \times (EOM1)^2 + 0.04 \times (EOM1) - 3 \quad [\text{Ecuación 94}]$$

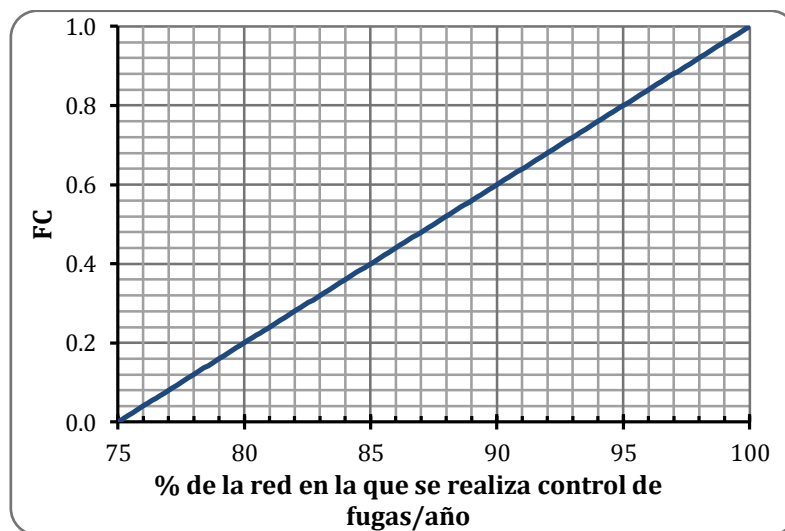


Figura 3.38. Curva de conversión para: control de fugas
Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un 100% de la red en la que se realiza control de fugas al año, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se tiene un 80% de la red en la que se realiza control de fugas, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 80%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada.

- (EOM2) Reparaciones por control activo de fugas [%/año]

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EOM2} = 0.0054e^{0.0525(EOM2)}$$

[Ecuación 95]

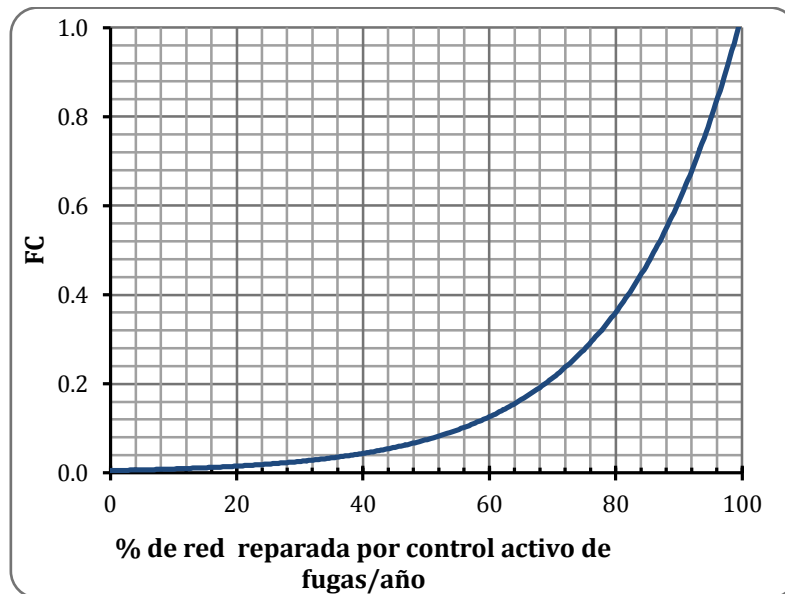


Figura 3.39. Curva de conversión para: reparaciones por control activo de fugas
Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un 100% de la red reparada por control activo de fugas al año, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se tiene un 70% de la red reparada por control activo de fugas al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que el 70%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada

- **(EOM3) Rehabilitación de tuberías [%/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EOM3} = -0.0045 \times (EOM3)^2 + 0.315 \times (EOM3) + 0.0396 \quad [\text{Ecuación 96}]$$

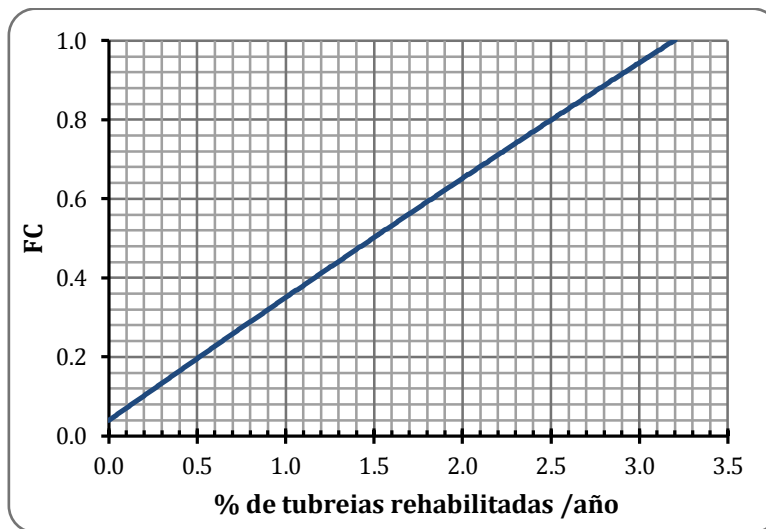


Figura 3.40. Curva de conversión para: rehabilitación de tuberías
Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con un 3.2% de tuberías rehabilitadas al año, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 0.5% de tuberías rehabilitadas al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 0.5%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: ECODES, Benavides H. (2010).

- **(EOM4) Renovación de tuberías [%/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EOM4} = 0.0382 \times (EOM4)^2 + 0.2232 \times (EOM4) + 0.078 \quad [\text{Ecuación 97}]$$

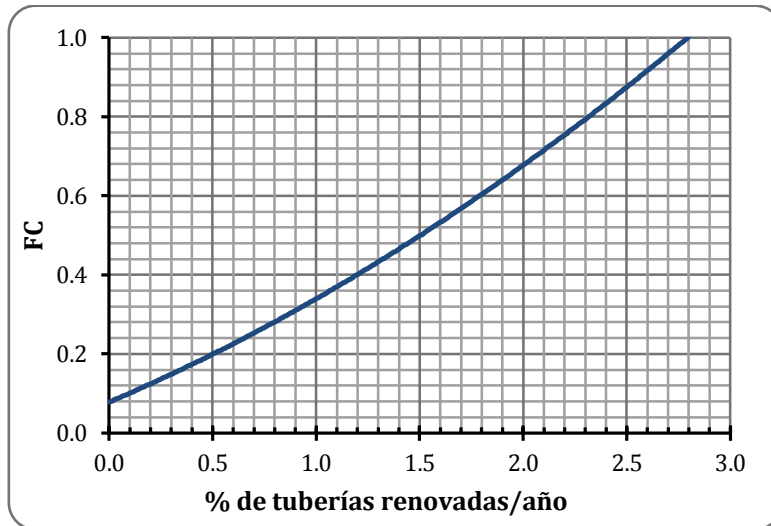


Figura 3.41. Curva de conversión para: renovación de tuberías
Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con 2.8% de tuberías renovadas al año, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 0.5% de tuberías renovadas al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 0.5%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: ECODES, Benavides H. (2010).

- **(EOM5) Tuberías reemplazadas [%/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EOM5} = 2E-05 \times (EOM5)^{2.3607}$$

[Ecuación 98]

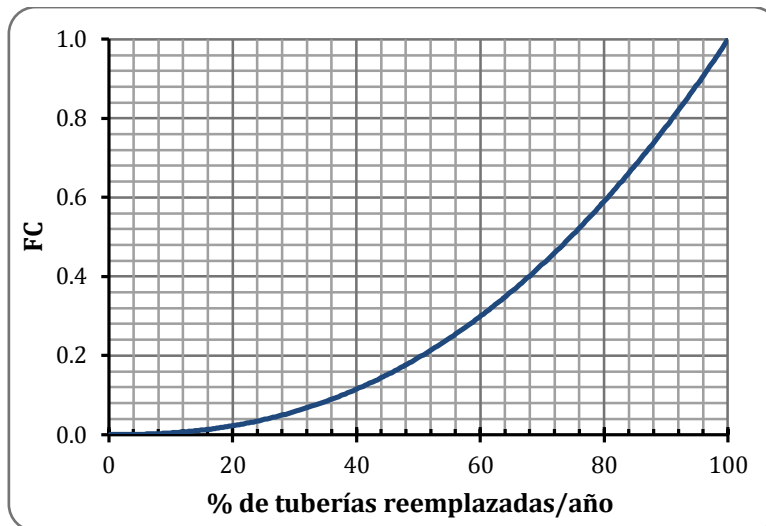


Figura 3.42. Curva de conversión para: tuberías reemplazadas
Fuente: elaboración propia

Si se tiene un 100% de tuberías en mal estado que son reemplazadas al año, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 50% de tuberías de tuberías en mal estado que son reemplazadas al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 50%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada.

- **(EOM6) Válvulas reemplazadas [%/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EOM6} = 2E-05 \times (EOM6)^{2.3607}$$

[Ecuación 99]

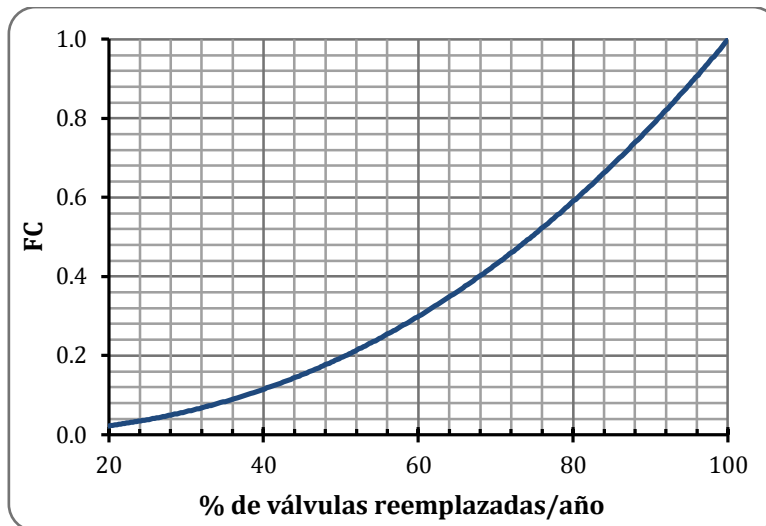


Figura 3.43. Curva de conversión para: válvulas reemplazadas
Fuente: elaboración propia

Si se tiene 100% de válvulas en mal estado que son reemplazadas al año, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 50% de válvulas en mal estado que son reemplazadas al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 50%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada.

- **(EOM7) Fallas en tuberías [Nº/100Km/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EOM7} = -0.273 \times \ln(EOM7) + 0.1574$$

[Ecuación 100]

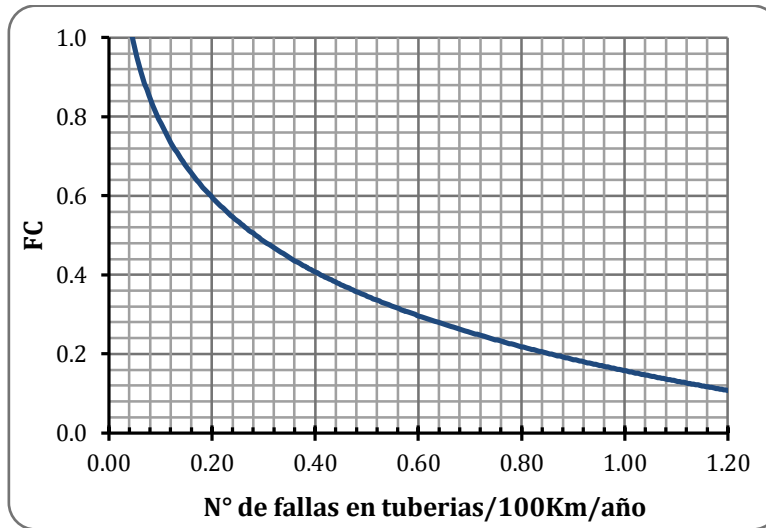


Figura 3.44. Curva de conversión para: fallas en tuberías
Fuente: elaboración propia

Si se tiene 0.05 fallas en tuberías por cada 100 Km por año, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 0.8 fallas en tuberías por cada 100 Km por año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 0.8%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: UPV (Universidad Politécnica de Valencia).

- **(EOM8) Fallas en conexiones domiciliarias (acometidas) [N°/1000 conexiones/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EOM8} = -0.379 \times \ln(EOM8) + 0.9527$$

[Ecuación 101]

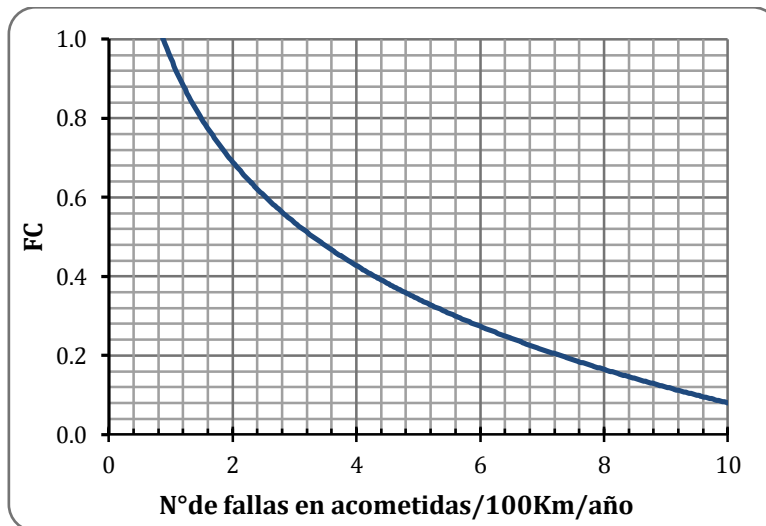


Figura 3.45. Curva de conversión para: fallas en conexiones domiciliarias (acometidas)

Fuente: elaboración propia

Si se cuenta con 1 falla en acometidas por cada 100 Km de red al año, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 7 fallas en acometidas por cada 100 Km de red al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 7 fallas, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada.

- **(EOM9) Hidrantes inspeccionados [%/año]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EOM9} = 0.0173 e^{0.04(EOM9)}$$

[Ecuación 102]

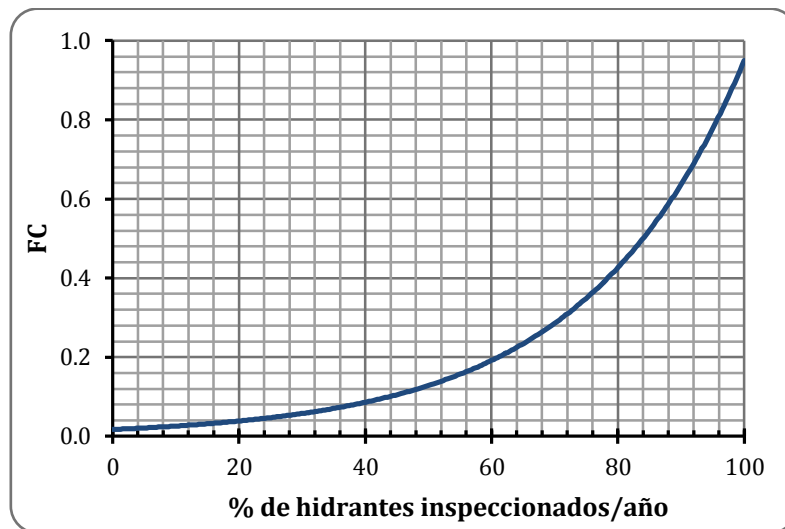


Figura 3.46. Curva de conversión para: hidrantes inspeccionados
Fuente: elaboración propia

Si se tiene un 100% de hidrantes que son inspeccionados al año, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 60% de hidrantes que son inspeccionados al año, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 60%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada.

- **(EOM10) Edad de contadores domiciliarios [años]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EOM10} = -0.0159 \times (EOM10)^3 + 0.3147 \times (EOM10)^2 - 2.1012 \times (EOM10) + 5.1903$$

[Ecuación 103]

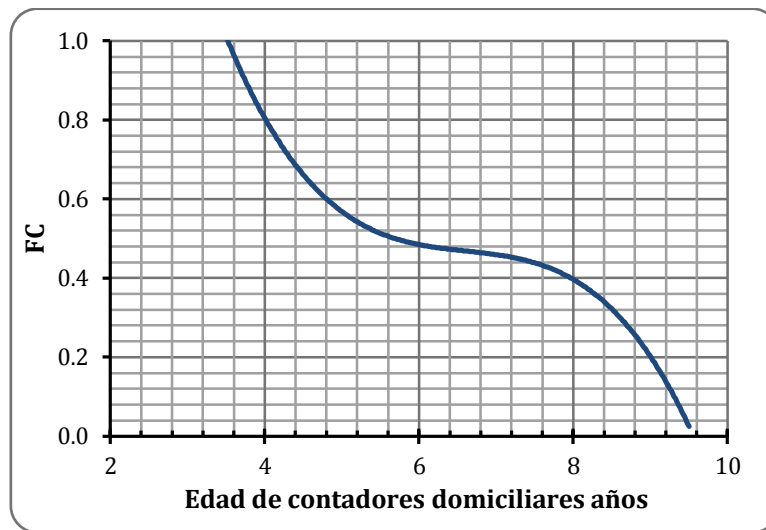


Figura 3.47. Curva de conversión para: edad de contadores domiciliarios
Fuente: elaboración propia

Si se tiene una edad de los contadores domiciliarios de 3.5 años, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con una edad de contadores domiciliarios de 9 años, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 9 años, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: CEPIS

- **(EOM11) Índice de fugas estructural (IFE)**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EOM11} = 0.0019 \times (EOM11)^2 - 0.0839 \times (EOM11) + 1.0702 \quad [\text{Ecuación 104}]$$

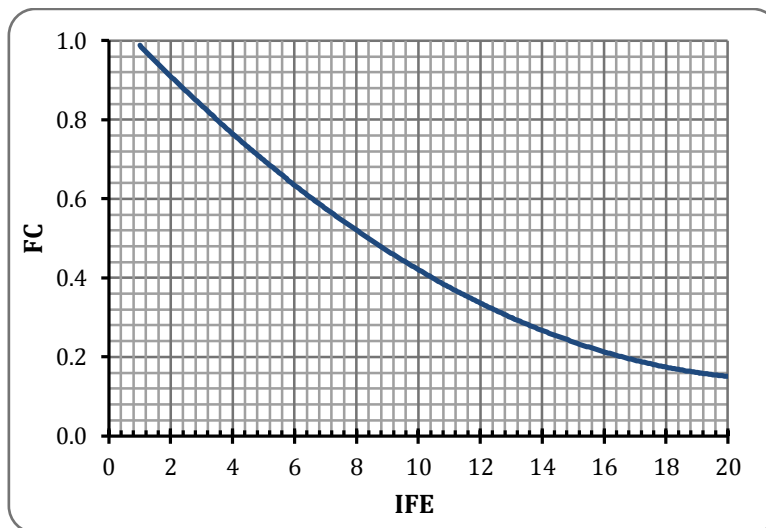


Figura 3.48. Curva de conversión para: índice de fugas estructural (IFE)
Fuente: elaboración propia

Si se tiene un índice de fugas estructural $IFE = 1$, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor $IFE = 16$, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores IFE mayores que 16, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Liemberger (2005), (ver cuadro 3.4).

- Subcomponente: **Infraestructura del abastecimiento**

- **(EIN1) Densidad de válvulas [N°/Km]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EIN1} = 0.1 \times (EIN1) + 0.2 \quad \text{[Ecuación 105]}$$

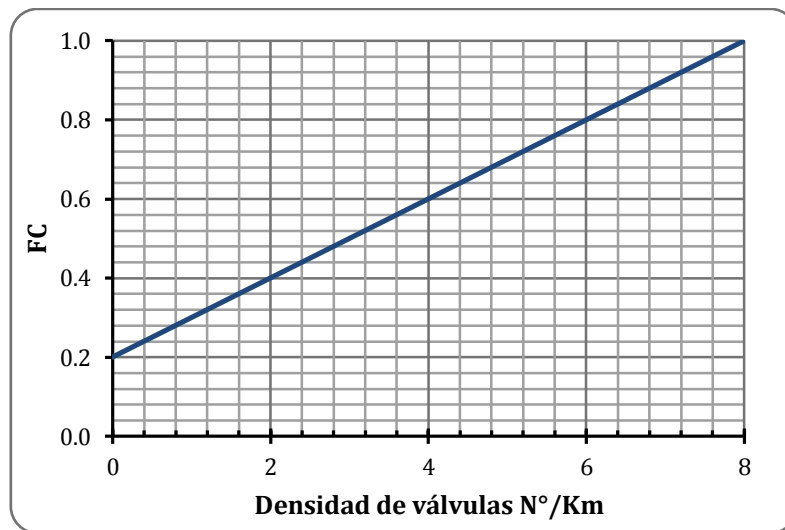


Figura 3.49. Curva de conversión para: densidad de válvulas
Fuente: elaboración propia

Si se tiene un valor de 8 válvulas por kilómetro de tubería, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si no se cuenta con ninguna válvula por kilómetro de tubería, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico.

Referencia: Norma EX_IEOS

- **(EIN4) Densidad de distritos hidrométricos [N°/1000 conex.]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EIN4} = 3.4148 \times (EIN4)^3 - 5.0472 \times (EIN4)^2 + 2.4344 \times (EIN4) + 0.2015$$

[Ecuación 106]

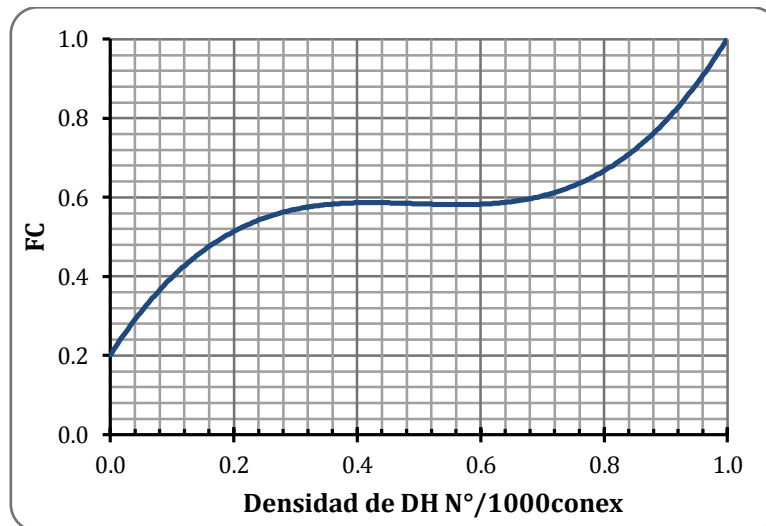


Figura 3.50. Curva de conversión para: densidad de distritos hidrométricos
Fuente: elaboración propia

Si se tiene 1 distrito hidrométrico por cada 1000 conexiones, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si no se cuenta con ningún distrito hidrométrico por cada 1000 conexiones, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico.

Referencia: Benavides H. (2010), Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren.

- **(EIN5) Densidad de hidrantes [N°/Km]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EIN5} = 0.1998 e^{0.3423(EIN5)} \quad [\text{Ecuación 107}]$$

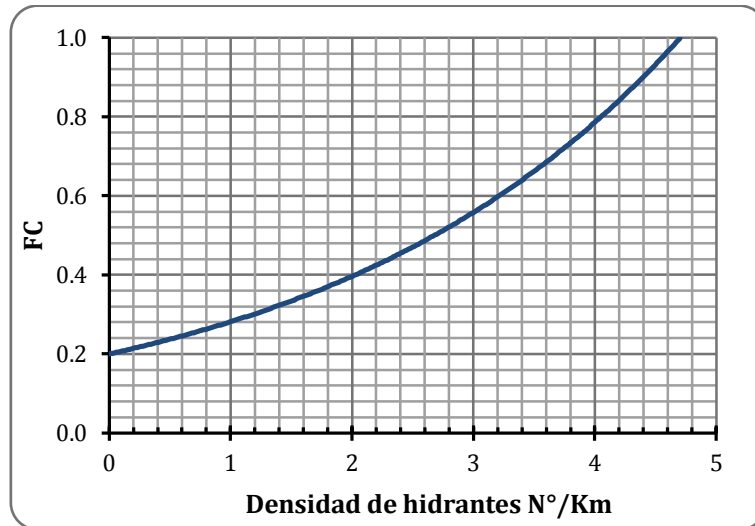


Figura 3.51. Curva de conversión para: densidad de hidrantes
Fuente: elaboración propia

Si se tiene 4.7 hidrantes por kilómetro de tubería, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si no se cuenta con ningún hidrante por kilómetro de tubería, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico.

Referencia: Norma EX_IEOS

- **(EIN6) Densidad de contadores domiciliarios [Nº/1000conex.]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EIN6} = -0.2 \times (EIN6) + 1.2 \quad [\text{Ecuación 108}]$$

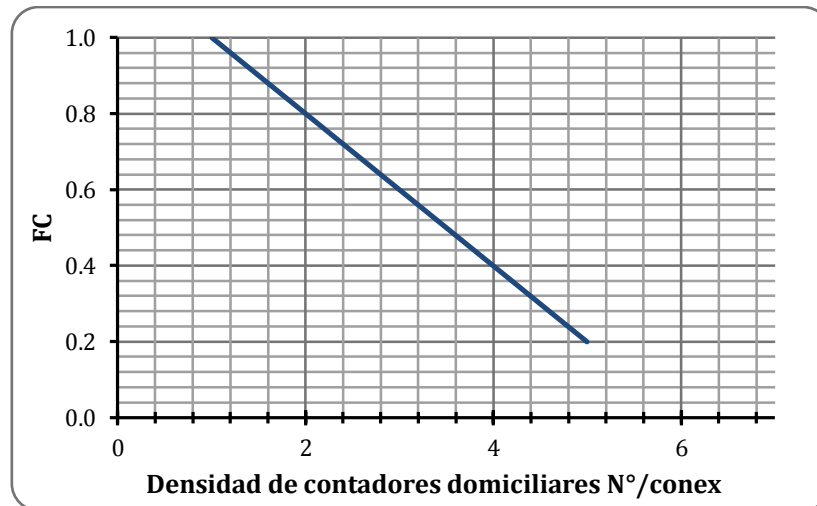


Figura 3.52 Curva de conversión para: densidad de contadores domiciliarios
Fuente: elaboración propia

Si se tiene 1 contador domiciliario por cada conexión, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si no se cuenta con 5 contadores domiciliarios por cada conexión, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 5 contadores por conexión, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: El autor (no se encontró norma o referencia que sugiera valores o rangos para número de contadores por conexión)

- **(EIN20) Edad de tubería (años)**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EIN20} = 753.7 \times (EIN20)^{-2.252}$$

[Ecuación 109]

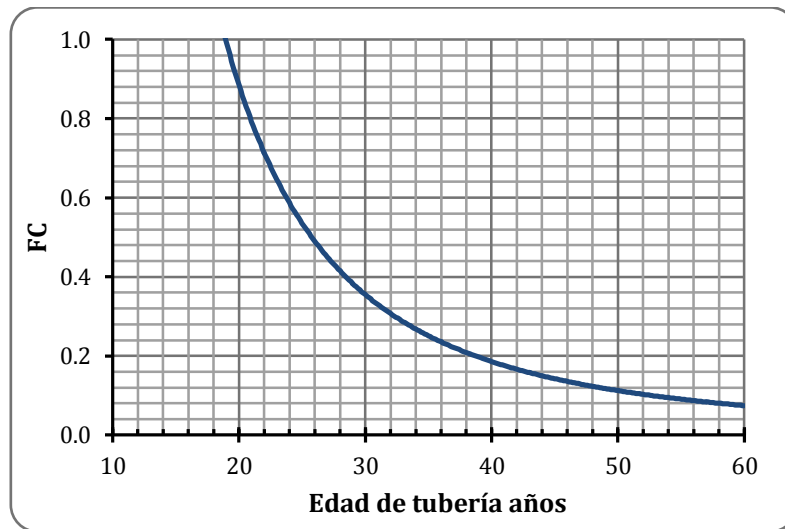


Figura 3.53. Curva de conversión para: edad de tuberías
Fuente: elaboración propia

Si se tiene tuberías con una edad de 20 años, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con edad de tubería de 40 años, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 40 años de edad de la tubería, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Norma EX_IEOS.

- **(EIN22) Edad de válvulas [años]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EIN22} = 2.1771e^{-0.118(EIN22)} \quad [\text{Ecuación 110}]$$

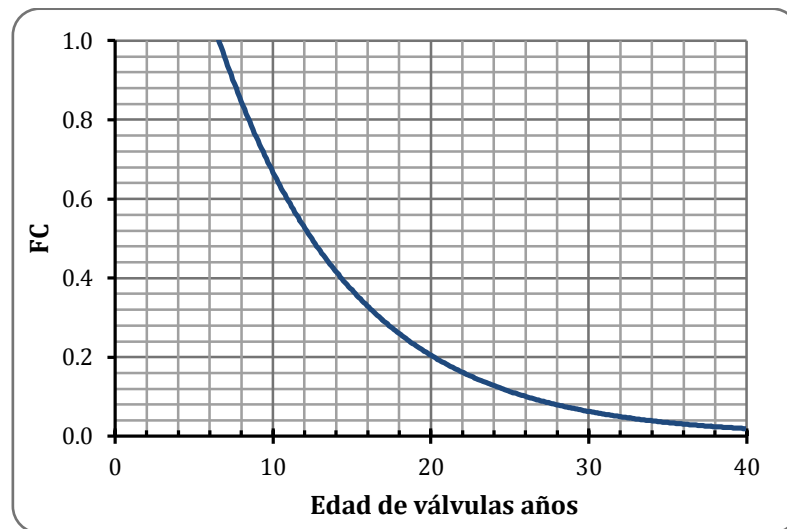


Figura 3.54. Curva de conversión para: edad de válvulas
Fuente: elaboración propia

Si se tiene válvulas con una edad de 7 años, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con edad de válvulas de 20 años, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 20 años de edad de válvulas, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada.

- **(EIN39) Contadores instalados y funcionando correctamente [%/]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EIN39} = 2E-07 e^{0.1543(EIN39)}$$

[Ecuación 111]

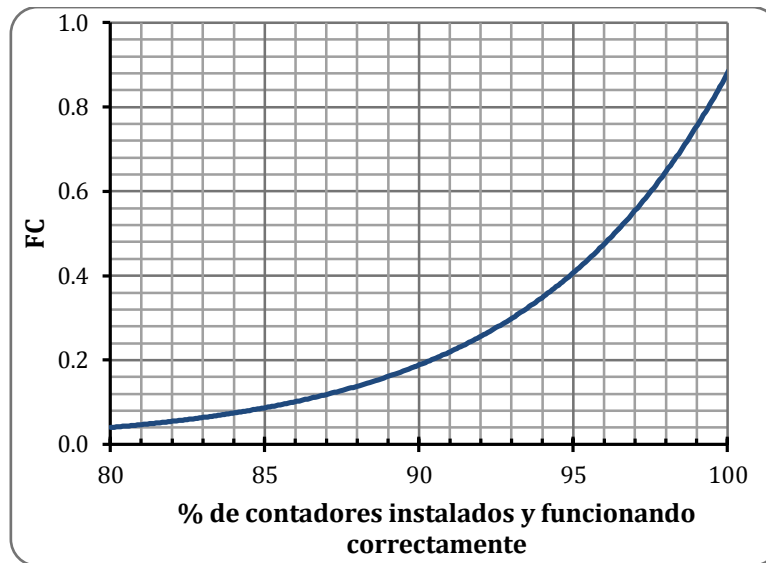


Figura 3.55. Curva de conversión para: contadores instalados y funcionando correctamente

Fuente: elaboración propia

Si se tiene un 100% de contadores domiciliarios instalados y que funcionan correctamente, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con 90% de contadores instalados y que funcionan correctamente, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 90%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Benavides H. (2010), Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren.

- Subcomponente: **Gastos, facturación y recaudación.**

- **(EFR1) Eficiencia en el cobro [%/]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EFR1} = 0.0023 \times (EFR1)^2 - 0.3588 \times (EFR1) + 13.894 \quad [\text{Ecuación 112}]$$

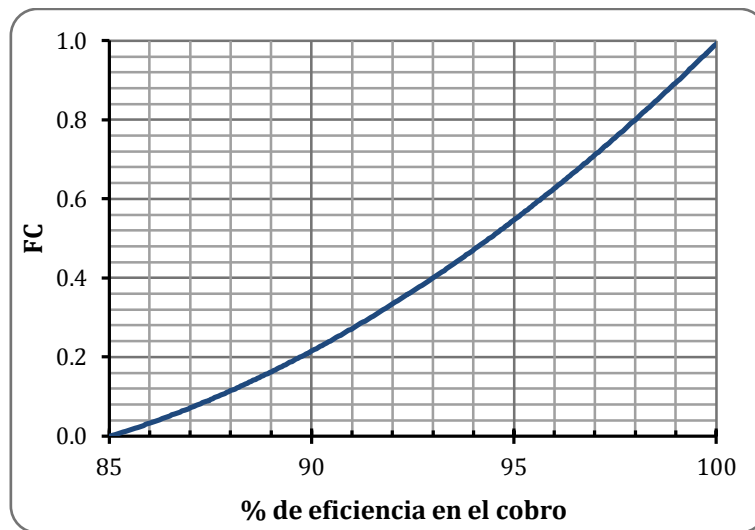


Figura 3.56. Curva de conversión para: eficiencia en el cobro
Fuente: elaboración propia

Si se tiene un 100% de eficiencia en el cobro de planillas, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con 90% de eficiencia en el cobro de planillas, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 90%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Encuesta Delphi aplicada.

- **(EFR2) Relación de operación y mantenimiento [%]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{EFR2} = 5E-15 \times (EFR2)^{7.1512}$$

[Ecuación 113]

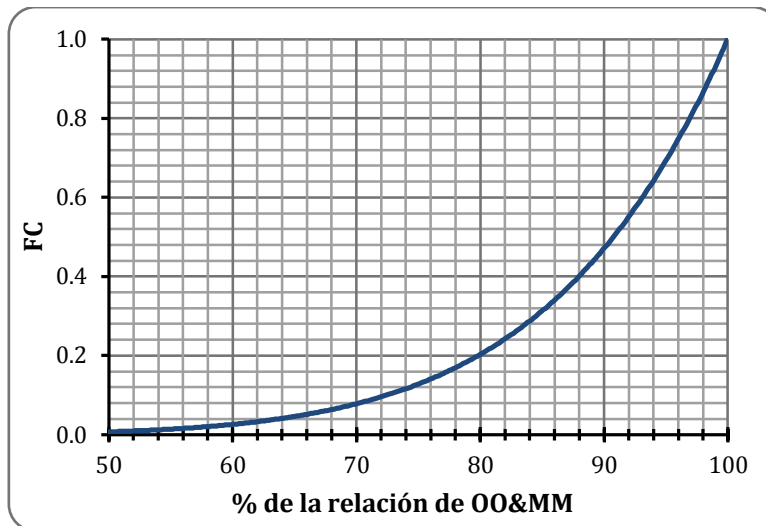


Figura 3.57 Curva de conversión para: relación de operación y mantenimiento
Fuente: elaboración propia

Si se tiene un 100% de relación entre gastos de operación y mantenimiento e ingresos por este mismo rubro, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con 80% de relación entre gastos e ingresos por operación y mantenimiento, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 80%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Encuesta Delphi aplicada.

El componente ambiental

- Subcomponente: **Aire**
 - **(AA1) Emisión de material particulado y polvo (MP₁₀)** [$\mu\text{m}/\text{m}^3$]

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{AA1} = 3\text{E-}05 \times (AA1)^2 - 0.0252 \times (AA1) + 0.9926 \quad [\text{Ecuación 114}]$$

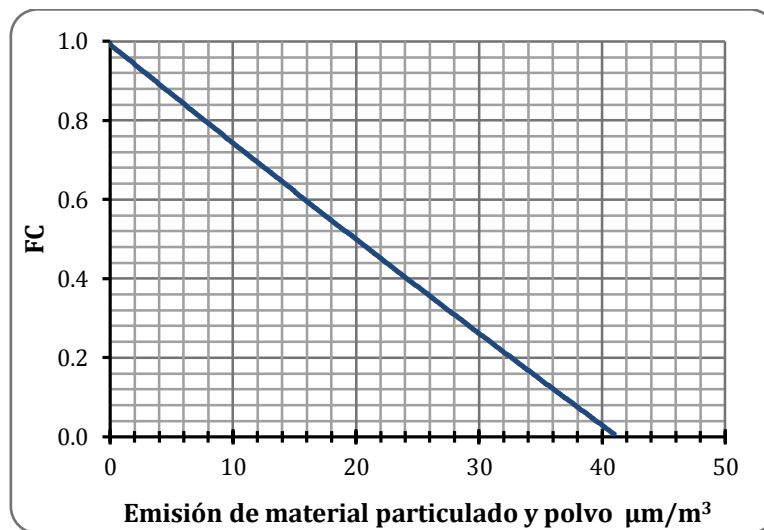


Figura 3.58. Curva de conversión para: emisión de material particulado y polvo (MP₁₀)

Fuente: elaboración propia

Si no se emite material particulado y polvo en las actividades de operación y mantenimiento de la red, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con una emisión $30 \mu\text{m}/\text{m}^3$ de material particulado y polvo, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que $30 \mu\text{m}/\text{m}^3$ el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: TULA (Texto Unificado de Legislación Ambiental)

- **(AA2) Niveles de ruido [db (decibel)]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{AA2} = -4E-05 \times (AA2)^2 - 0.011 \times (AA2) + 0.9965 \quad [\text{Ecuación 115}]$$

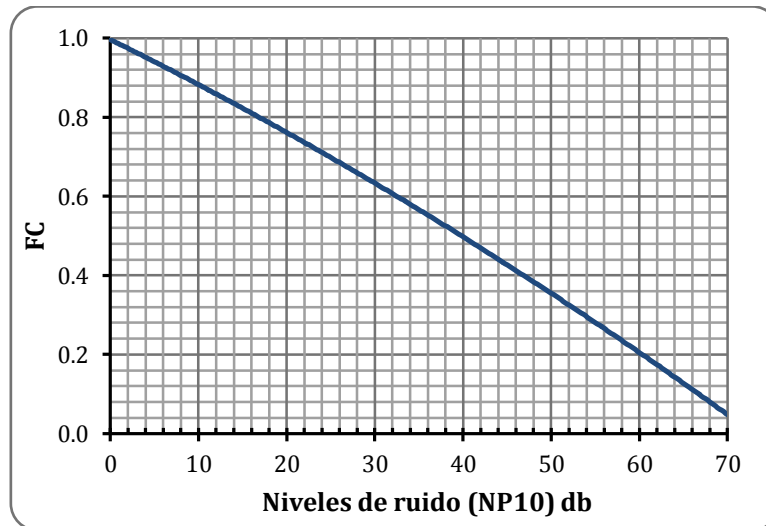


Figura 3.59. Curva de conversión para: niveles de ruido
Fuente: elaboración propia

Si no se genera incremento de los niveles de ruido en las actividades de operación y mantenimiento de la red, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con niveles de ruido de hasta 60 db, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 60 db el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: TULA (Texto Unificado de Legislación Ambiental)

- **(AA3) Emisión de gases y organoclorados [mg/l]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{AA3} = 0.9625e^{-80.76(AA3)}$$

[Ecuación 116]

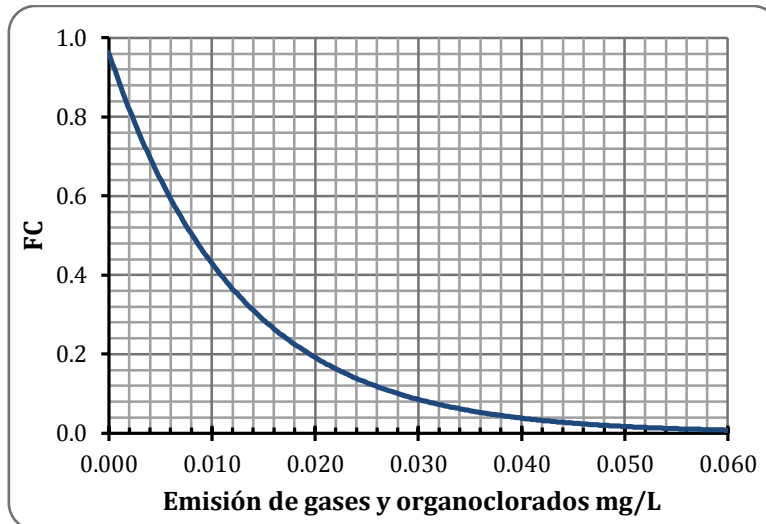


Figura 3.60. Curva de conversión para: emisión de gases y organoclorados
Fuente: elaboración propia

Si no se emite gases y organoclorados en las actividades de operación y mantenimiento de la red, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con una emisión 0.020 mg/l de gases y organoclorados en las actividades de operación y mantenimiento, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 0.020 mg/l el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Norma INEN 1108

- **(AA4) Emisión de olores [mg/l]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{AA4} = 1.0312e^{-0.525(AA4)}$$

[Ecuación 117]

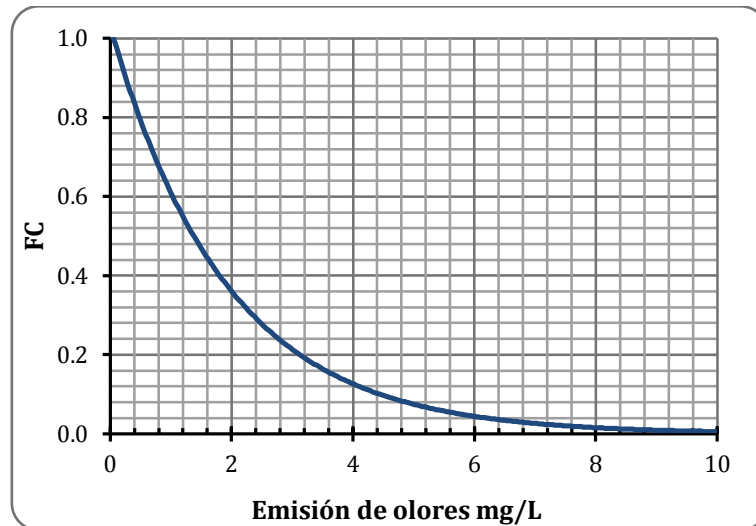


Figura 3.61. Curva de conversión para: emisión de olores

Fuente: elaboración propia

Si no se emite olores en las actividades de operación y mantenimiento de la red, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con una emisión de olor de 3 mg/l en las actividades de operación y mantenimiento, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 3 mg/l el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada.

- Subcomponente: **Agua**

- **(AAG1) Agua superficial captada en época de estiaje [%]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{AAG1} = -1.077 \times \ln(AAG1) + 4.4896 \quad [\text{Ecuación 118}]$$

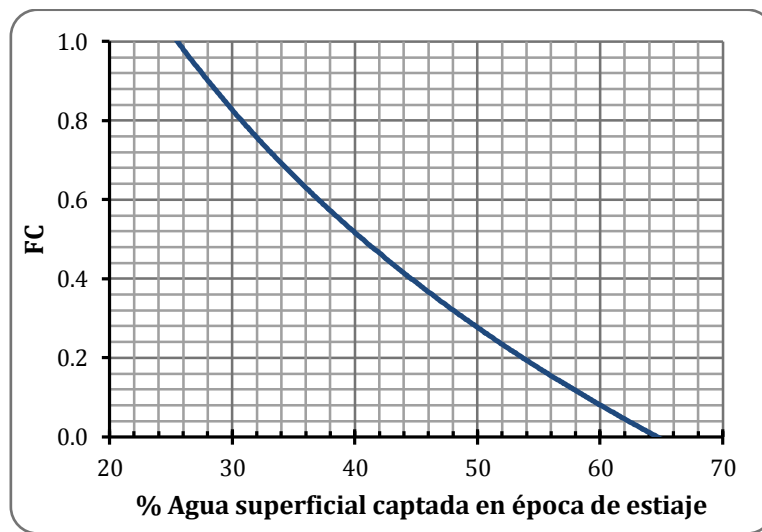


Figura 3.62. Curva de conversión para: agua superficial captada en época de estiaje

Fuente: elaboración propia

Si se tiene un 25% de agua superficial que es captada de la fuente en época de estiaje, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un 50% de agua superficial captada de la fuente en época de estiaje, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 50%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Benavides H. (2010), Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren.

- **(AAG2) Agua subterránea captada en época de estiaje [%]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{AAG2} = 1.4174e^{-0.08(AAG2)}$$

[Ecuación 119]

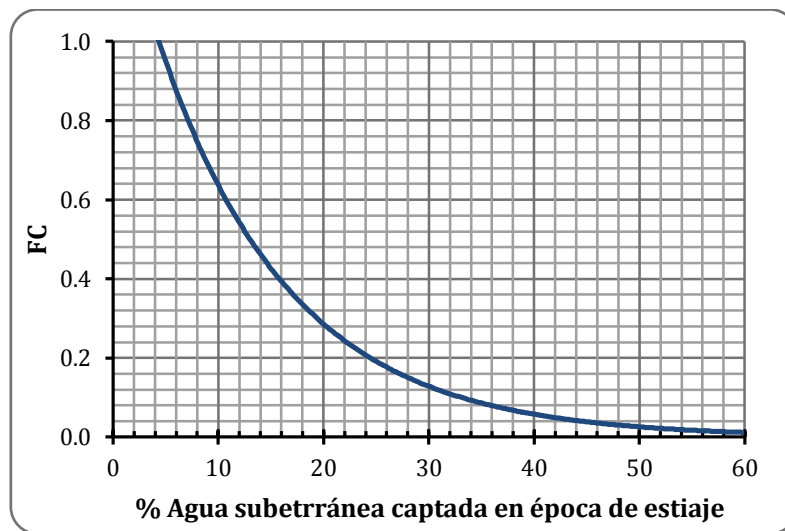


Figura 3.63. Curva de conversión para: agua subterránea captada en época de estiaje

Fuente: elaboración propia

Si se tiene un 5% de agua subterránea que es captada de la fuente en época de estiaje, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un 25% de agua subterránea captada de la fuente en época de estiaje, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores mayores que 25%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada.

- **(AAG3) Lodos que se depuran y depositan en sitios adecuados [%]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{AAG3} = 0.0003 e^{0.0799(AAG3)}$$

[Ecuación 120]

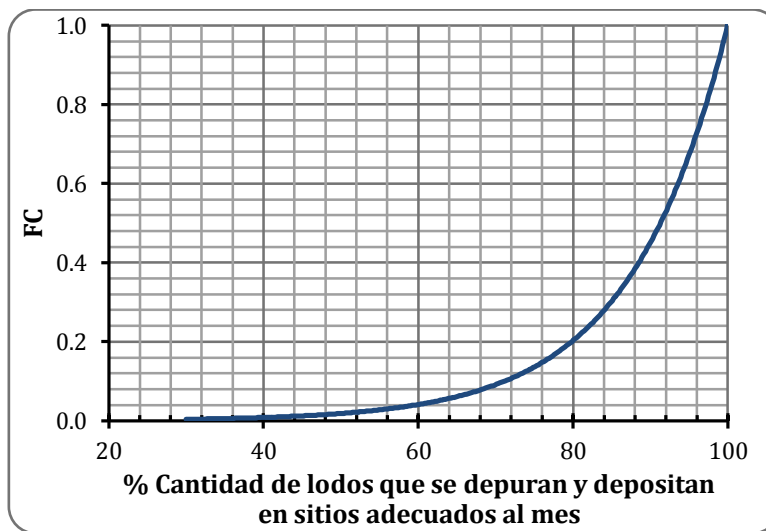


Figura 3.64. Curva de conversión para: lodos que se depuran y depositan en sitios adecuados

Fuente: elaboración propia

Si se tiene un 100% de lodos generados en las actividades de operación y mantenimiento de la red que se depuran y depositan en sitios adecuados por cada mes, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un 80% de lodos generados en las actividades de operación y mantenimiento de la red que son depurados y depositados en sitios adecuados al mes, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 80%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: NORMA EX_IEOS

- **(AAG4) Número de sistemas de depuración de aguas residuales [Nº/1000conex]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{AAG4} = 273.35 \times (AAG4)^3 - 82.499 \times (AAG4)^2 + 11.604 \times (AAG4) - 0.2082$$

[Ecuación 121]

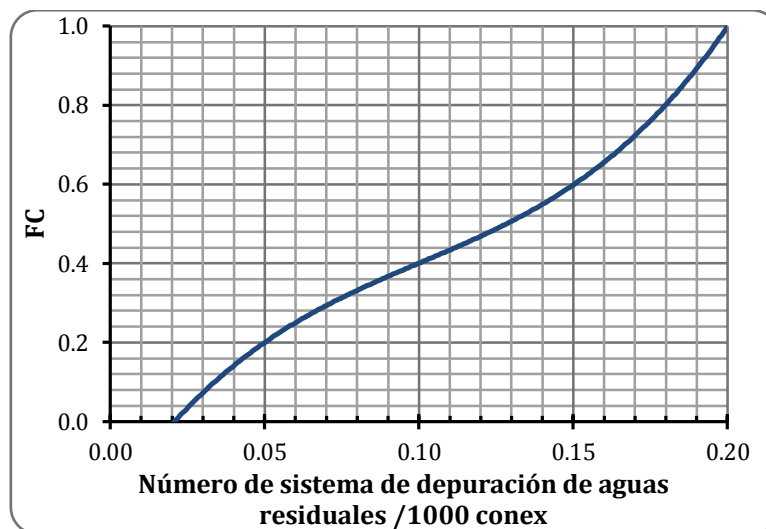


Figura 3.65. Curva de conversión para: número de sistemas de depuración de aguas residuales por cada 1000 conexiones

Fuente: elaboración propia

Si se tiene 0.2 sistemas de depuración de aguas residuales por cada 1000 conexiones, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con 0.05 sistemas de depuración de aguas residuales por cada 1000, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 0.05 sistemas de depuración, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada.

- **(AAG5) Agua residual tratada que es reutilizada [%]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{AAG5} = 5E-05 \times (AAG5)^2 + 0.0037 \times (AAG5) + 0.0988 \quad [\text{Ecuación 122}]$$

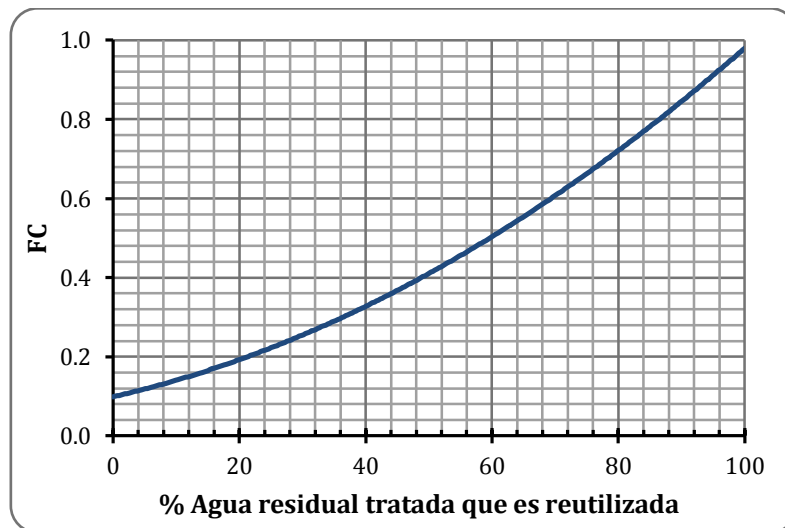


Figura 3.66. Curva de conversión para: agua residual tratada que es reutilizada
Fuente: elaboración propia

Si se tiene un 100% de agua residual tratada que es reutilizada, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un 25% de agua residual tratada que es reutilizada, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 25%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada.

- Subcomponente: **Suelo**
 - **(AS1) Remoción y afectación de la cobertura vegetal sin reposición**
[m²/año]

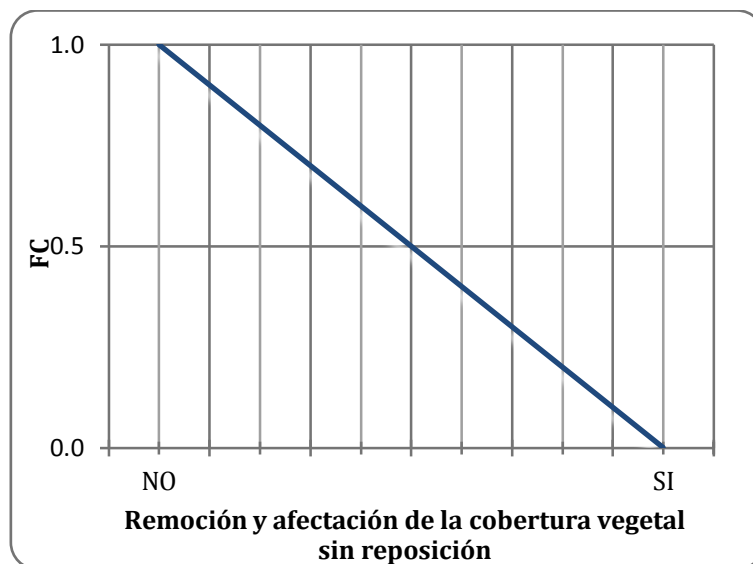


Figura 3.67. Curva de conversión para: remoción y afectación de la cobertura vegetal sin reposición
Fuente: elaboración propia

Si existe remoción y afectación de la cobertura vegetal al realizar actividades de mantenimiento (por ejemplo: apertura de zanjas para reparación de tuberías) y se realiza luego la respectiva reposición, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con remoción y afectación de la cobertura vegetal debido a actividades de mantenimiento y no se realiza la respectiva reposición, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.0$, valor crítico.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada.

- **(AS2) Industrias y fábricas instaladas dentro de la cuenca fuente que controlan sus vertidos correctamente [%]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{AS2} = 0.0426 e^{0.0312(AS2)}$$

[Ecuación 123]

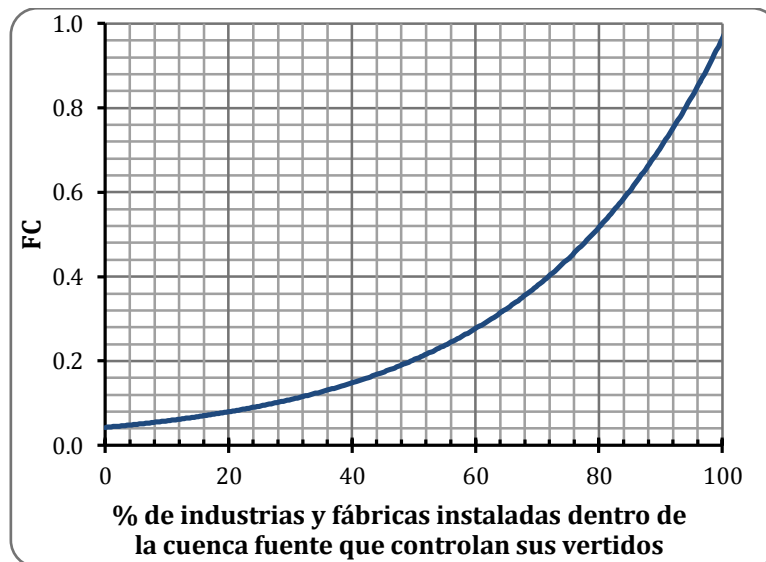


Figura 3.68. Curva de conversión para: industrias y fábricas dentro de la cuenca fuente que controlan sus vertidos correctamente

Fuente: elaboración propia

Si se tiene que un 100% de las industrias y fábricas instaladas dentro de la cuenca fuente, controlan sus vertidos correctamente, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se tiene que sólo el 50% de las industrias y fábricas instaladas dentro de la cuenca fuente controlan sus vertidos correctamente, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 50%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Entrevista Delphi aplicada.

- **(AS3) Superficie de las cuencas tributarias que son propiedad del abastecimiento [Ha (l/s) producido]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{AS3} = 0.003 \times (AS3)^3 - 0.0193 \times (AS3)^2 + 0.1538 \times (AS3) + 0.0509$$

[Ecuación 124]

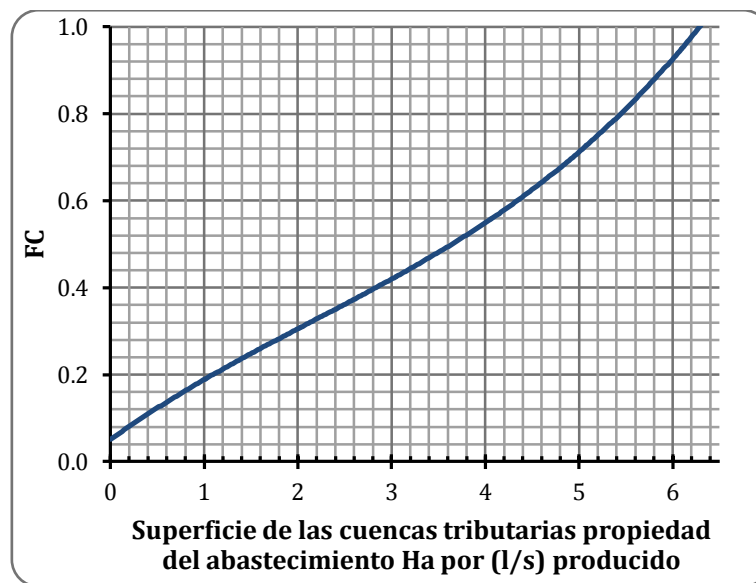


Figura 3.69. Curva de conversión para: superficie de las cuencas tributarias que son propiedad del abastecimiento

Fuente: elaboración propia

Si se tiene que 6.3 Ha de superficie de las cuencas tributarias por cada unidad de caudal producida en litro por segundo, son propiedad del abastecimiento, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta que 1.1 Ha de superficie de las cuencas tributarias por cada unidad de caudal producida en litro por segundo, son propiedad del abastecimiento, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 1.1 Ha por cada l/s, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Benavides H. (2010), Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren.

- **(AS4) Superficie de las cuencas tributarias que son reforestadas anualmente. [%]**

Función de conversión a factor de calidad:

$$FCAS4 = 0.042 e^{0.0315(AS4)}$$

[Ecuación 125]

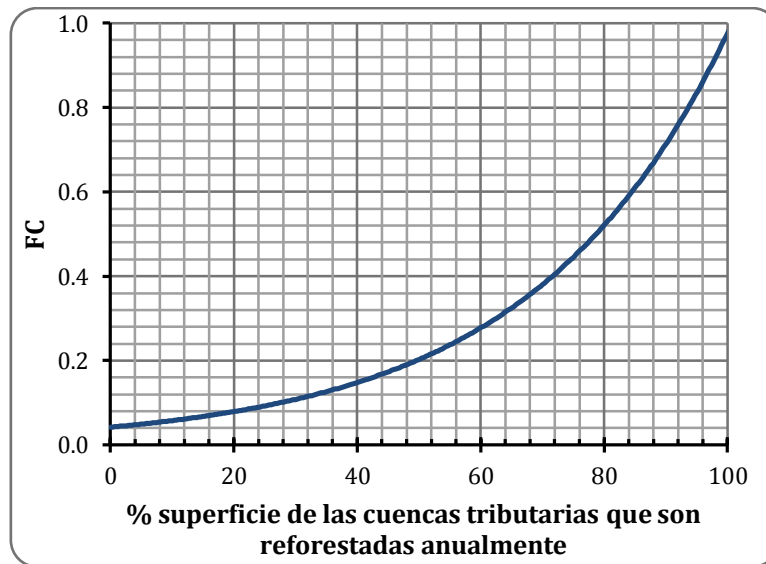


Figura 3.70. Curva de conversión para: superficie de las cuencas tributarias que son reforestadas anualmente
Fuente: elaboración propia

Si se tiene que 100% de la superficie de las cuencas tributarias son reforestadas anualmente, la proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se tiene que sólo el 50% de la superficie de las cuencas tributarias son reforestadas anualmente, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 50%, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

Referencia: Benavides H. (2010), Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren.

3.2.3.2.4. Determinación del peso relativo (PR).

Hay que tener en cuenta que cada indicador representa solo una parte de los impactos por cortes y racionamientos a proyectar, por lo tanto es importante disponer de un mecanismo que permita contemplar tales indicadores en conjunto, para así

determinar la diferencia entre unos y otros en cuanto a su mayor o menor contribución a la generación de los impactos.

Se considera una valoración de 100 unidades para una situación óptima de un abastecimiento bien gestionado en donde no se contemplen los racionamientos o cortes del suministro o por lo menos estos no generen impactos negativos en lo social, económico y ambiental, dicha valoración será gracias a la sumatoria de las situaciones óptimas (importancias ponderadas) de sus componentes: social (33.3), económico (33.4) y ambiental (33.3), que a su vez dependen de la sumatoria de sus subcomponentes y estos a su vez de la sumatoria de cada indicador que lo compone.

En el caso de que dichos indicadores no se hallen en la situación óptima, su contribución a que se cuente con un abastecimiento bien gestionado en lo referente a cortes y racionamientos, disminuirá en la misma tasa que su factor de calidad (cifra de penalización), por lo tanto será importante determinar su peso relativo.

El peso relativo de cada indicador, resulta de multiplicar el factor de calidad con su correspondiente importancia ponderada. Adaptando la ecuación 15 a la metodología EICRA, se obtiene la ecuación 126 mediante la cual se puede determinar el peso relativo de cada indicador:

$$PR_i = FC_i \times IP_i$$

[Ecuación 126]

Donde:

PR_i	-	Peso relativo del indicador.
FC_i	-	Factor de calidad del indicador.
IP_i	-	Importancia ponderada del indicador.

3.3. Medidas correctoras¹³

Una vez valorados y proyectados los impactos que generan los cortes y racionamientos, es importante que se efectúe también un análisis de las posibles medidas o acciones a considerar para lograr la mitigación, minimización o compensación según sea el caso, de dichos impactos. Hay que tener en cuenta que un impacto no siempre es negativo, hay impactos que son positivos; a dichos impactos se los debe potenciar (estimular). A continuación se presentan algunas medidas correctoras de las cuales se puede hacer uso según el requerimiento.

¹³ Tomado de: Paéz J. (1996) Introducción al estudio del impacto ambiental.

3.3.1. Medidas de nulificación.

Contemplan la modificación parcial o total del proyecto para evitar llevar a cabo las acciones que podrían causar los detrimentos identificados. Generalmente este tipo de medidas son aplicadas en las primeras etapas de planificación de un proyecto, a medida que el proyecto avanza en sus etapas de planificación, las medidas de Nulificación pierden aplicabilidad (Páez J. 1996).

3.3.2. Medidas de mitigación.

Estas medidas tienden a minimizar los efectos negativos mediante la ejecución de acciones subsidiarias. Las medidas de mitigación pueden ser aplicadas en cualquier etapa de planificación del proyecto. Pueden ser clasificadas en:

- Técnicas: dan soluciones de acuerdo a las distintas especialidades del grupo interdisciplinario.
- Legislativas: cuando a través de una legislación adecuada se busca disminuir los efectos negativos producidos.
- De manejo: involucran procedimientos específicos para manejar el área afectada (Páez J. 1996).

3.3.3. Medidas de prevención.

Identifican impactos negativos y se toman para evitar que ellos sucedan, mediante la realización de actividades subsidiarias. Se diferencian de las medidas de mitigación ya que estas no son concebidas para paliar los efectos negativos sino para prevenir que estos ocurran (Páez J. 1996).

3.3.4. Medidas de compensación.

Se aplican cuando existen ciertos efectos que no pueden ser prevenidos y tampoco son susceptibles de mitigación. Las medidas de compensación tienden a restituir las condiciones del ambiente antes de la aplicación de las acciones del proyecto o reproducir situaciones similares. Estas medidas conllevan grandes costos económicos y sociales, y requieren de constante vigilancia y control una vez que se implementan. Pueden ser clasificadas en:

- Medidas de indemnización, contemplan el pago de un valor en moneda o especie al afectado como consecuencia del impacto que se le ha causado.
- Medidas de restitución, involucran la ejecución de ciertas acciones auxiliares tendientes a dejar el ambiente en similares condiciones a las que se registraban antes de ejecutar el proyecto (Páez J. 1996).

3.3.5. Medidas de contingencia.

El objetivo de este tipo de medidas es minimizar los daños ambientales que puedan suscitarse por eventualidades (terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones, etc.). Estas medidas responden a la probabilidad estadística de que un fenómeno particular suceda en un periodo de retorno fijo (Páez J. 1996).

3.3.6. Medidas de estimulación.

Son aquellas acciones que se toman para producir un incremento en los impactos positivos, y lograr aún más la optimización el proyecto en cuestión (Páez J. 1996).

**CAPÍTULO 4 - CASO DE ESTUDIO:
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA AL DISTRITO HIDROMÉTRICO “ZAMORA
HUAYCO”**

4. CASO DE ESTUDIO.- APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA AL DISTRITO HIDROMÉTRICO “ZAMORA HUAYCO”

4.1. Contexto. (Descripción, detalle del distrito)

Información de contexto

La Comisión Europea define al indicador de contexto como: ***"Dato que proporciona una base sencilla y fiable para describir una variable de contexto"***.

La información de contexto nos permite conocer y organizar los datos de la zona de estudio, además nos proporcionan una información técnica general.

Tabla 4.1. Información de contexto del sector (caso de estudio)

INDICADOR	VALOR	UNIDAD
Perfil de la empresa:		
Tipo de actividad:	AA.PP	
Número de sistemas de abastecimiento de agua:	1	u
Información del servicio		
Tipo de sistema	gravedad	
Población servida	3776	hab
Número de clientes registrados	739	
Área de servicio	0.19	km ²
Tipo de abastecimiento (todo el tiempo/intermitente)	continuo	
Presión de servicio mínima	10	m.c.a
Recursos del sistema		
Capacidad de abstracción anual		
Áreas protegidas		
Plantas de tratamiento		

Fuente: Sigma Lite 2.0. Cuadro adaptado el autor.

La Tabla 4.1. muestra información general del sector hidrométrico a evaluar, se puede observar que la empresa gestora presta los servicios de agua potable y alcantarillado,

es un sistema que funciona a gravedad, en su mayor parte el servicio que la empresa proporciona al sector es continuo.

El sector elegido para la aplicación de la metodología propuesta EICRA es el distrito hidrométrico “Zamora Huayco”, que está conformado por los barrios: Los Faiques, Zamora Huayco y la ciudadela Rodríguez Witt, ubicados al sur oriente de la ciudad de Loja.

Según información proporcionada por técnicos de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Loja (EMAAL-EP), no existe el catastro del sector, motivo por el cual no se cuenta con información técnica completa. La información del distrito mostrada en este apartado, fue tomada de archivos cad, y de documentación proporcionada por algunos departamentos de la EMAAL-EP.

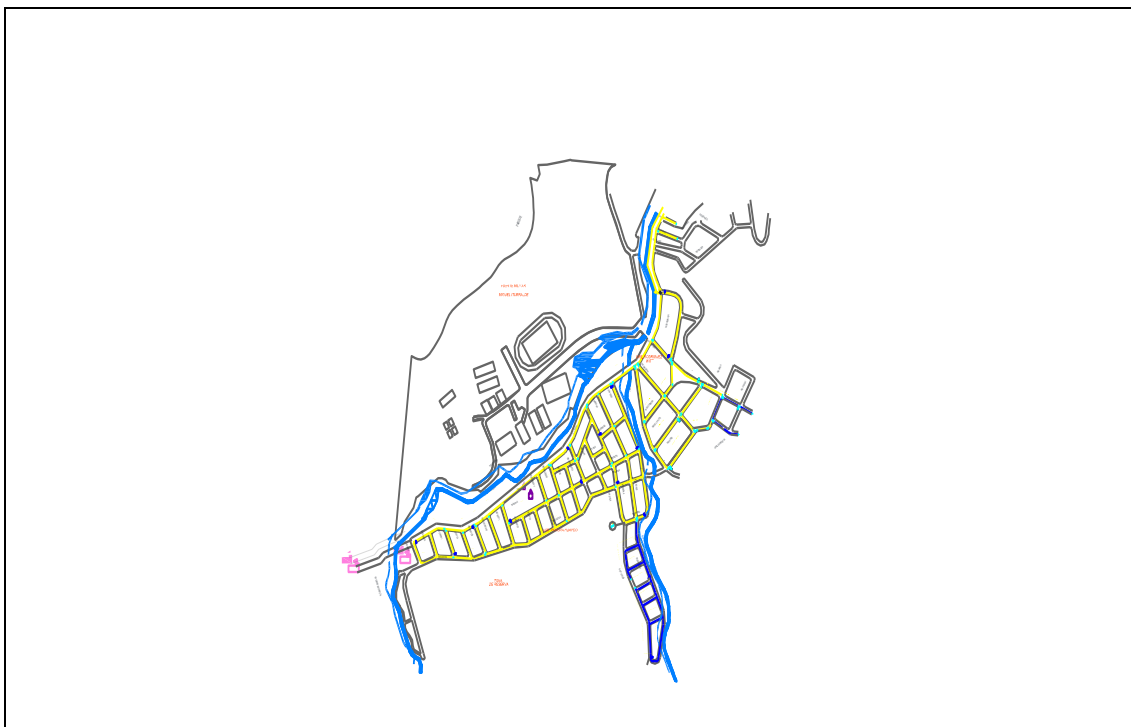


Figura 4.1. Distrito Hidrométrico “Zamora Huayco”

Fuente: Archivo CAD, proporcionado por Departamento Técnico de la EMAAL-EP.

Área

El área a abastecer dentro del distrito es de aproximadamente 0.19 Km^2 , (18.64 Ha).

Población

Según las encuestas realizadas en el sector, el número promedio de personas que habitan por domicilio es de 5.11, multiplicado por el número de registros catastrados 739, (dato que se obtuvo del catastro de toma de lecturas, ruta 45 y 46, proporcionado por la UMAPAL), la población proyectada es de **3776** habitantes.

Longitud de la red

La longitud de la red de distribución es de 9.36 Km (9357.10 m). En la tabla 4.2. se observa la disposición de la red, en lo referente a diámetros y material, que la conforman:

Tabla 4.2. Composición de la red de distribución

DIÁMETRO	LONGITUD	MATERIAL	%
2"	77.68	AC	0.8%
3"	2764.98	AC	29.5%
4"	1927.39	AC	20.6%
6"	1272.69	AC	13.6%
8"	580.27	AC	6.2%
63mm(2.5")	343.33	PVC	3.7%
90mm(3.5")	683.51	PVC	7.3%
100mm(4.0")	1581.10	PVC	16.9%
110mm(4.33")	126.15	PVC	1.3%
TOTAL :	9357.10 m		100.00%
	9.36 Km		

AC: asbesto cemento

Fuente: elaboración propia

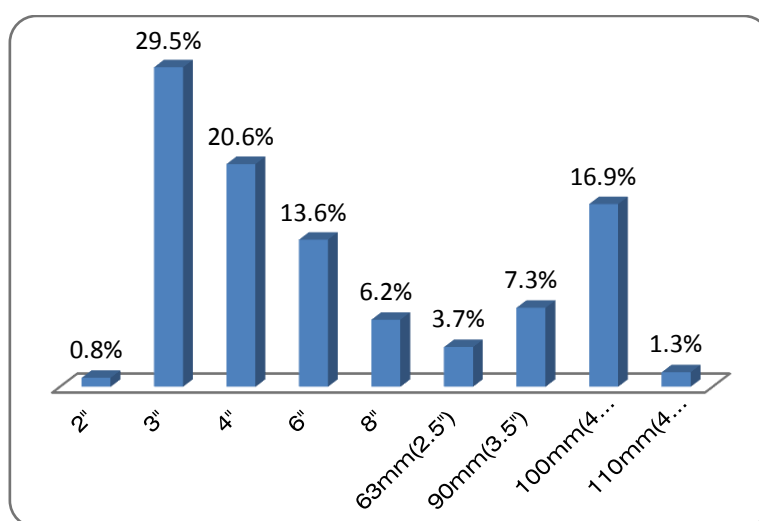


Figura 4.2. Diámetros de la red de distribución

Fuente: elaboración propia

Como se observa en la Figura 4.2., la red está conformada por tuberías de diámetros: de 2 pulgadas (0.8%), 3 pulgadas (29.5%), 4 pulgadas (20.6%), 6 pulgadas (13.6%) y 8 pulgadas (6.2%), estos diámetros corresponden a tubería de asbesto cemento (AC), la parte de la red que es de PVC cuenta tuberías de diámetros de 63mm (3.7%), 90mm (7.3%), 100mm (16.9%) y 110mm (1.3%).

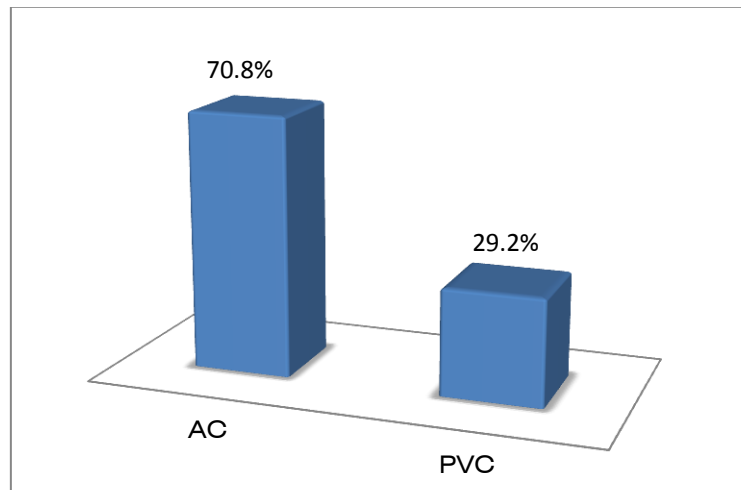


Figura 4.3. Material de la red de distribución
Fuente: Elaboración propia

Los principales materiales que conforman la red de distribución del sector son el AC y PVC. El 70.8% de la longitud de la red corresponde a tubería de asbesto-cemento (AC), y el 29.2% de la red es tubería de PVC. La tubería PVC es nueva.

Evaluación a los usuarios del servicio de agua (D.H. Zamora Huayco)

Cálculo del tamaño de la muestra

Para el cálculo del tamaño de la muestra se consideró el número total de usuarios (del sector) conectados al sistema de agua potable que es de 739, un error (E) del 5% y un nivel de confiabilidad del 95%, se aplicó la ecuación 127:

$$n = \frac{p \times q \times N}{(N \times E^2) + (p \times q)} \quad [\text{Ecuación 127}]$$

Fuente: Jimbo G. (2011)

Donde:

- n - tamaño de la muestra (número de encuestas a aplicar)
- N - número total de clientes conectados al sistema de agua potable (catastrados)
- p - porcentaje de casos favorables (0.5)

- q - porcentaje de casos desfavorables (0.5)
E - error bajo un determinado nivel de confianza (0.05)

$$n = \frac{0.5 \times 0.5 \times 739}{(739 \times 0.05^2) + (0.5 \times 0.5)}$$

$$n = \frac{184.75}{2.0975}$$

$$n = 88 \text{ encuestas}$$

$$n = 100 \text{ encuestas}$$

Una vez aplicada la ecuación 127, como resultado se obtiene 88 el número de encuestas a aplicar, sin embargo se aplicaron 100 encuestas para recabar mayor información y que los resultados sean lo más aproximados a la realidad (el error E disminuye al 4.6%). Las encuestas se aplicaron en el barrio Los Faiques (20 encuestas), ciudadela Rodríguez Witt (16 encuestas) y barrio Zamora Huayco (64 encuestas). El cuestionario consistió en 31 preguntas (ver anexos 1 y 7), en las cuales los encuestados (usuarios del servicio de agua potable) plasmaron su percepción acerca del servicio de agua que reciben por parte de la empresa gestora y proporcionaron información relacionada con el suministro de agua que reciben.

En lo que sigue se detallan las preguntas formuladas, así como los resultados, información obtenida en respuesta a ellas.

Género.

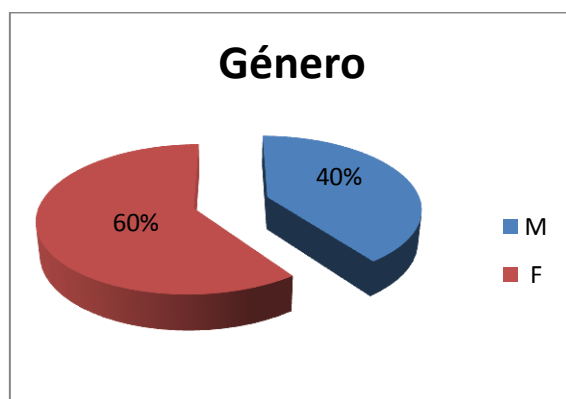


Figura 4.4. Género de población encuestada
Fuente: elaboración propia.

De los usuarios encuestados, el 40% corresponde a población masculina y el 60% a la femenina.

Nivel de instrucción.

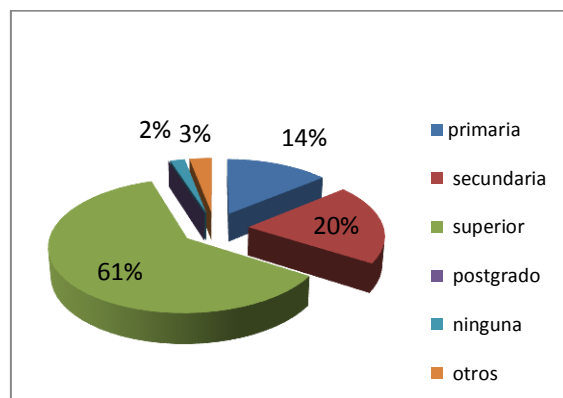


Figura 4.5. Nivel de Instrucción usuarios encuestados
Fuente: elaboración propia.

De las personas entrevistadas, 14% cuentan con educación primaria, el 20% con educación secundaria, con educación superior el 61%, representado la mayoría, sólo 2% no cuentan con ningún tipo de instrucción, dentro del 3% que corresponden a otros tipos de instrucción se encuentran títulos de artesanos y nutricionista.

Ingresos económicos mensuales.

El ingreso mensual es un indicador socio-económico, que permite apreciar la capacidad económica de los usuarios así como del sector escogido.

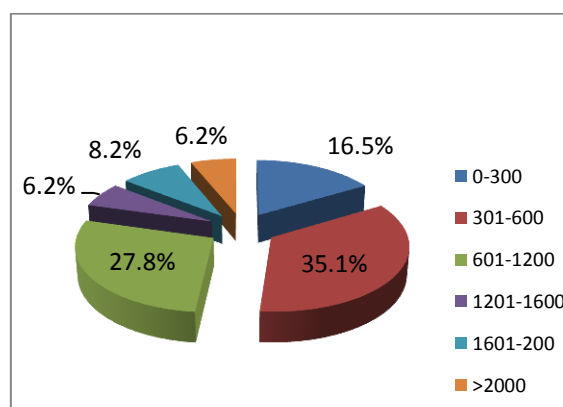


Figura 4.6. Ingresos económicos mensuales (dólares)
Fuente: elaboración propia.

La Figura 4.6. muestra los diferentes rangos establecidos para determinar los ingresos económicos de los hogares entrevistados, rangos que se consideraron con base en el salario básico unificado (SBU), vigente en el año de estudio (2012), cuyo valor es de 292 dólares; así por ejemplo el segundo rango de valores está comprendido entre uno y dos SBU. El 16.5% de los entrevistados perciben un ingreso económico mensual que comprende entre los 0 y 300 dólares, el 35.1 % tiene ingresos económicos entre

los 301 y 600 dólares, el cual representa al mayor número de hogares; al 27.8% de los hogares les ingresa entre 601 y 1200 dólares, abarcando dentro de este rango el valor promedio que corresponde a 951 dólares, con ingresos entre 1201 y 1600 dólares está el 6.2% de los entrevistados, el 8.3% comprende ingresos entre 1601 y 2000 y en pequeño porcentaje es decir el 6.2% perciben ingresos mayores a 2000 dólares. Los datos muestran que la mayoría de la población tiene ingresos que oscilan entre los 301 y 1200 dólares, que da como resultado una población que está muy por encima de los rangos de pobreza. Según el INEC son pobres aquellas personas cuyo ingreso per cápita es menor a la línea de la pobreza, misma que en el 2012 fue de 2.47 dólares diarios (\$72 mensuales).

Última planilla de pago de agua

La información de una de las últimas planillas es importante, porque de las mismas se obtuvieron algunos datos correspondientes a caudal consumido y valores pagados por el servicio, la presentación de éstas nos da una fiabilidad absoluta de los datos presentados, a diferencia del 48% quienes no presentaron la planilla, mismos que dieron valores aproximados de consumos y montos.

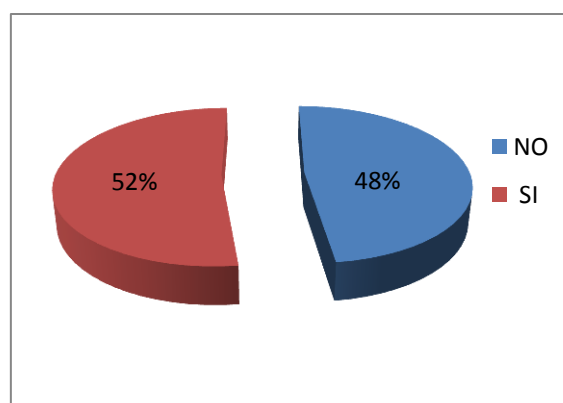


Figura 4.7. Usuarios que presentaron una de las últimas planillas de pago de agua
Fuente: elaboración propia.

Se puede observar en la figura 4.7, que el 52% de los entrevistados si presentaron sino la última una de las últimas planillas de agua potable, el restante 48% no presentó planillas.

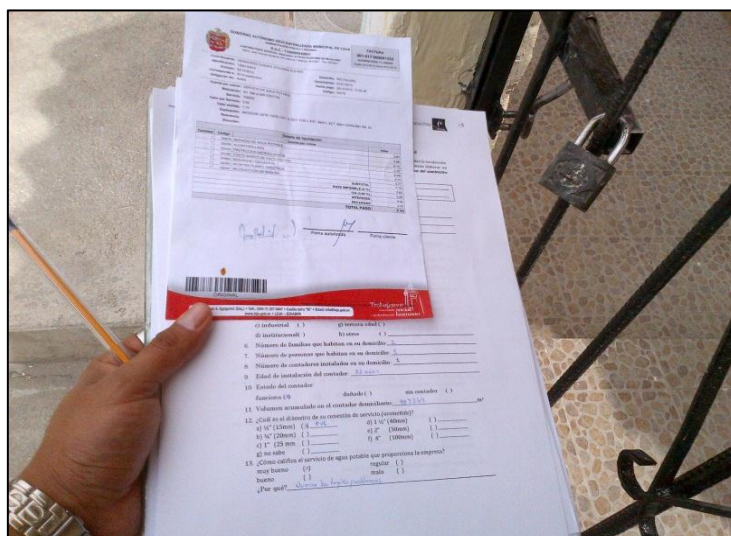


Figura 4.8. Planilla presentada por usuario
Fuente: archivo personal.

Consumo mensual (m^3)

Esta información permite hacer una idea acerca de las costumbres y educación con respecto al consumo eficiente del líquido vital, así mismo permite determinar cuánto puede afectar los cortes del suministro al usuario.

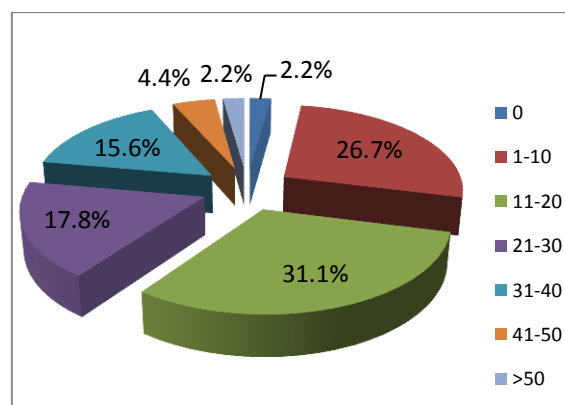


Figura 4.9. Consumo mensual de agua potable (m^3)
Fuente: elaboración propia.

La Figura 4.9. muestra los rangos de consumos (m^3) mensuales de agua potable, información que se obtuvo de las encuestas realizadas, así, el 2.2% tiene un consumo que no llega al $1m^3$, el 26.7% consume entre $1m^3$ y $10m^3$, consumos entre $11m^3$ y $20m^3$ registran el 31.1% de los encuestados, el 17.8% mensualmente consume entre $21m^3$ y $30m^3$, 15.6% cuyo consumo oscila entre los $31m^3$ y $40m^3$, en menor porcentaje con el 4.4% están los que consumen entre $41m^3$ y $50m^3$, y tan sólo el 2.2% registra

consumos por arriba de los 50m³. Se puede observar que la mayor parte registra consumos moderados que van de 1m³ a 20m³ por mes, el promedio de consumos obtenido de los datos recabados es de 19m³.

Valor mensual por el servicio de agua potable

El valor mensual permitirá hacer una comparación, con los ingresos mensuales que perciben los usuarios, para así determinar tarifas y capacidad de pago de los usuarios, referente a las planillas mensuales por el servicio de agua potable.

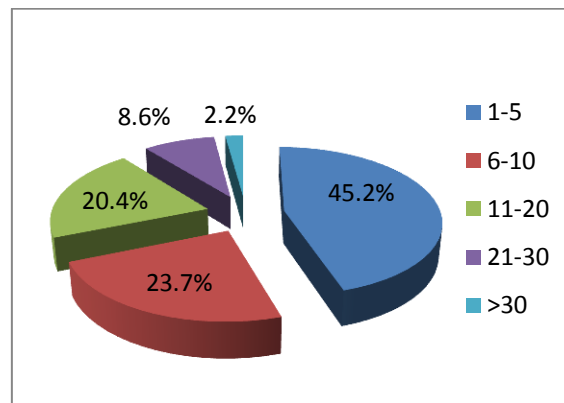


Figura 4.10. Valor mensual (dólares) que el usuario cancela por el servicio de agua potable.

Fuente: elaboración propia.

La gran mayoría de los encuestados, es decir el 45.2% cancela mensualmente por el servicio de agua entre uno y cinco dólares, el 23.7% paga por el servicio entre seis y diez dólares, 20.4% de los usuarios entre once y veinte dólares, tan solo el 8.6% cancela un valor que oscila entre veintiuno y treinta dólares y un excepcional de 2.15% cancela por el servicio de agua valores mayores que 30 dólares.

Tipo de tarifa

Los resultados que se obtuvieron de esta pregunta, nos dan una idea de cómo y cuánto se afecta con los racionamientos a los usuarios, ya que también se determinó a aquellos que dependen del líquido vital para realizar sus actividades tanto comerciales como industriales.

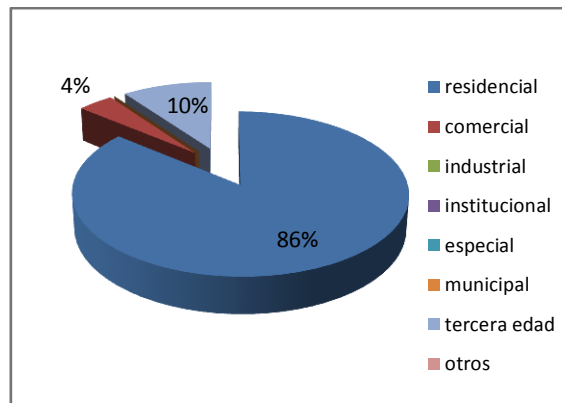


Figura 4.11. Tipo de tarifa de conexión de agua potable
Fuente: elaboración propia.

La Figura 4.11. muestra la distribución en porcentaje de los tipos de tarifa a las cuales pertenecen las conexiones de los usuarios encuestados, para nuestro estudio se seleccionó ocho tipos de tarifas, de entre otras con que opera la empresa proveedora del servicio, observándose los siguiente resultados: el 86% de las conexiones corresponden al tipo residencial, 4% son de tipo comercial y 10% de las conexiones corresponden al tipo de tarifa tercera edad.

Número de familias por domicilio

Permite conocer cuántas familias se abastecen por contador, y en caso de racionamientos a cuantas familias se afectaría.

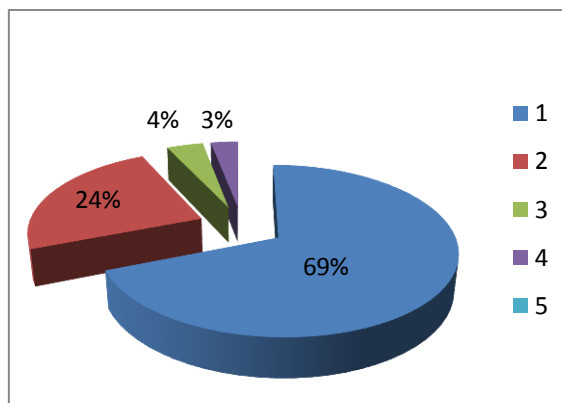


Figura 4.12. Número de familias que habitan por domicilio
Fuente: elaboración propia.

La Figura 4.12. muestra que en el 69% de los domicilios habita una familia, en el 24% existen dos familias por domicilio, más de tres familias por domicilio existen en el 4% de los encuestados, y sólo en el 3% moran hasta cuatro familias por domicilio. Así podemos concluir que la mayoría de los usuarios habitan en viviendas unifamiliares.

Número de personas por domicilio

Esta información permite proyectar la población que reside en el sector escogido para el estudio.

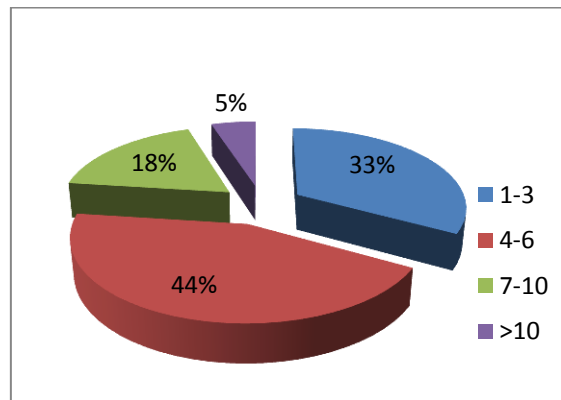


Figura 4.13. Número de personas que habitan por domicilio
Fuente: elaboración propia.

Resultado de la encuesta, la Figura 4.13. muestra que en el 33% de los domicilios de cuyos usuarios fueron indagados habitan entre una y tres personas, en el 44% representando la mayoría habitan de cuatro a seis personas, habitan entre siete y diez personas por domicilio en el 18% de los encuestados, y en el 5% de los domicilios habitan más de diez personas. El promedio que se obtuvo es de 5 personas por domicilio.

Número de contadores por domicilio.

Permite conocer en promedio el número de contadores domiciliarios por domicilio, para determinar el número de contadores en el sector y a su vez calcular el indicador densidad de contadores domiciliarios.

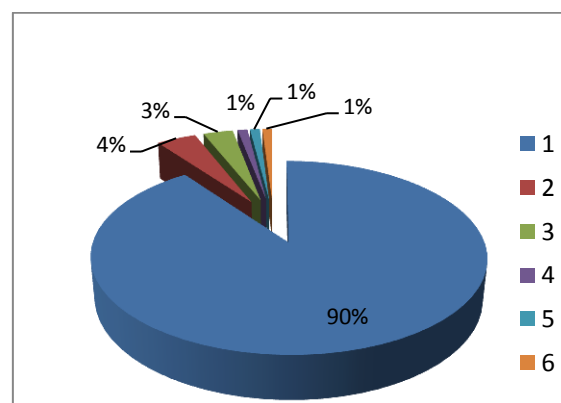


Figura 4.14. Número de contadores instalados por domicilio
Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que en el 90% de los domicilios, existe instalado un solo contador, corroborando de esta manera la información que muestra que la gran mayoría de usuarios habita en viviendas unifamiliares. En el 4% de los domicilios se observa que disponen de dos contadores, con tres contadores apreciamos al 3%, y con 1% están los domicilio de disponen de cuatro, cinco y seis contadores, cabe recalcar que aquellos domicilios en los cuales existe más de un contador, en su mayoría son viviendas de dos o más plantas y regularmente prestan el servicio de arrendamiento.



Figura 4.15. Número de contadores por domicilio
Fuente: archivo personal.

Edad de instalación del contador.

La edad del contador permite recrear la idea de las condiciones en las que se encuentra el contador, si existen cortes del suministro, las tuberías se llenan de aire, y si a esto se suma los errores en la medición que pueden presentar los contadores al ya haber sobrepasado sus años de vida útil, el resultado será que el usuario estaría pagando consumos que no son los correctos.

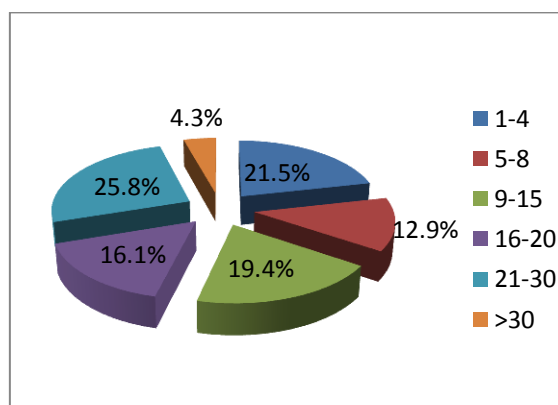


Figura 4.16. Edad de instalación del contador domiciliario
Fuente: elaboración propia.

Para una mejor organización y síntesis de la información recabada, se estableció rangos de años, a continuación se muestran cada uno de ellos con el porcentaje

correspondiente: 21.5% de los contadores son prácticamente nuevos tienen entre uno y cuatro años, el 12.9% de los contadores fueron instalados entre los cinco y ocho años, entre nueve y quince años de instalación está el 19.4%, el 16.1% corresponde a los contadores que fueron instalados entre los dieciséis y veinte años, entre veintiuno y treinta años de instalados se observa al 25.8% de los contadores y tenemos al 4.3% cuya instalación supera los treinta años. Se puede observar claramente que el parque de contadores en este sector de estudio, es antiguo, el promedio de dicho parque es de 15,4 años, que dicho sea de paso es un valor elevado a lo recomendado, según la CEPIS ***“Los medidores domiciliarios tienen un tiempo de vida útil de 5 a 8 años”, lapso de tiempo que la confiabilidad de registros es buena con errores máximos permisibles de +/- 5% para el caudal mínimo y +/- 2% para los caudales transitorios y máximos, luego de ese tiempo si no hay un adecuado mantenimiento preventivo los datos serán erróneos.*** (Benavides H. 2010).



a) Contador con más de 10 años de instalación b) contador con 2 años de instalación

Figura 4.17. Edad de instalación de contadores domiciliarios

Fuente: archivo personal.

Estado del contador

Dato que permite conocer las condiciones operativas de los contadores investigados.

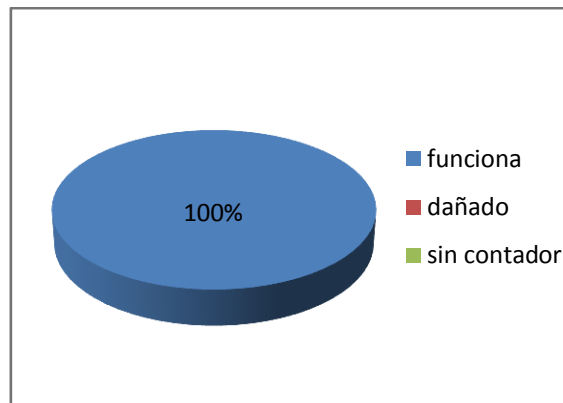


Figura 4.18. Estado operativo del contador domiciliar.
Fuente: elaboración propia.

El 100% de los contadores funciona correctamente, a pesar de que el parque de contadores tiene muchos años de instalación la totalidad de estos está en funcionamiento; algunos de ellos se han renovado.

Volumen acumulado del contador (m^3)

Para conocer si las condiciones de operación del contador son las óptimas, se puede basar en los años de instalación, o a través del volumen acumulado que marca dicho contador, cuyo valor recomendable es de $3000m^3$.

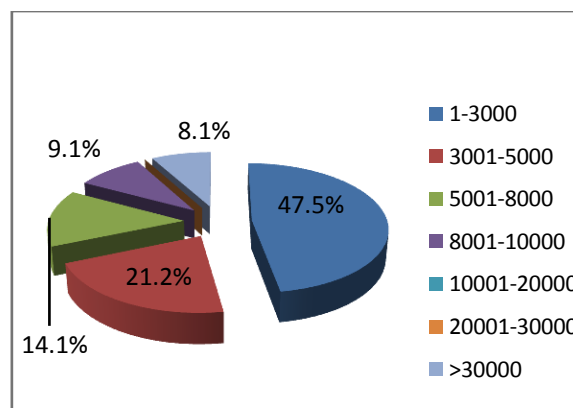


Figura 4.19. Volumen (m^3) acumulado de los contadores
Fuente: elaboración propia.

Como muestra la Figura 4.19. la mayor parte de los contadores es decir el 47.5%, tienen un volumen acumulado que oscila entre uno y tres mil metros cúbicos, el 21.2% marcan un volumen acumulado que se encuentra entre los tres mil uno y cinco mil metros cúbicos, con volúmenes registrados entre cinco mil uno y ocho mil metros cúbicos observamos al 14.1% de los contadores, el 9.1% presentan volúmenes entre ocho mil uno y diez mil metros cúbicos y con valores de que sobrepasan los tres mil metros cúbicos tenemos al 8.1% de los contadores investigados.

Diámetro de la conexión domiciliaria

Información acerca de diámetro, material, edad tanto de tuberías así como de accesorios son importantes, porque permitirán proyectar la situación en las que se encuentra la conexión domiciliaria, al estar sometida a variaciones en la presión debido principalmente a los cortes y racionamientos del suministro.

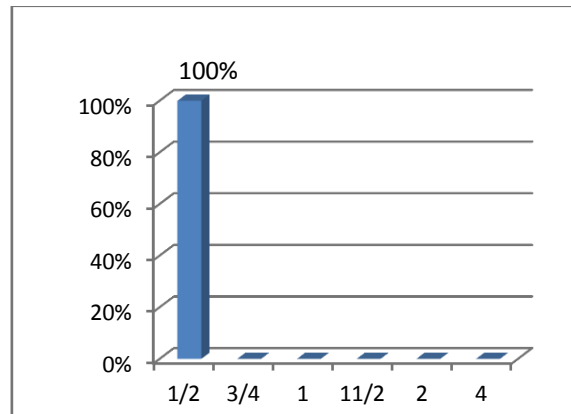


Figura 4.20. Diámetro de las conexiones domiciliarias
Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la Figura 4.20. la totalidad es decir el 100% de las conexiones domiciliarias, tienen un diámetro de media pulgada (1.3cm).



Figura 4.21. Medición del diámetro de la tubería conexión domiciliaria
Fuente: archivo personal

Material.

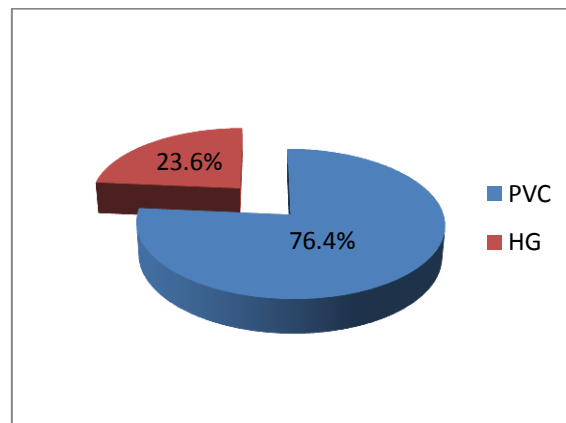


Figura 4.22. Porcentajes, material de las conexiones domiciliarias
Fuente. Elaboración propia.

El material del cual están constituidas las conexiones domiciliarias están divididas en dos grupos: el 76.4% son de PVC y el restante 23.60% son de hierro galvanizado (HG). Debido a la edad del parque de contadores y de las conexiones, en el sector investigado, aun se cuenta con tubería de acero galvanizado, ya que en la actualidad, las instalaciones se las realiza con material PVC.

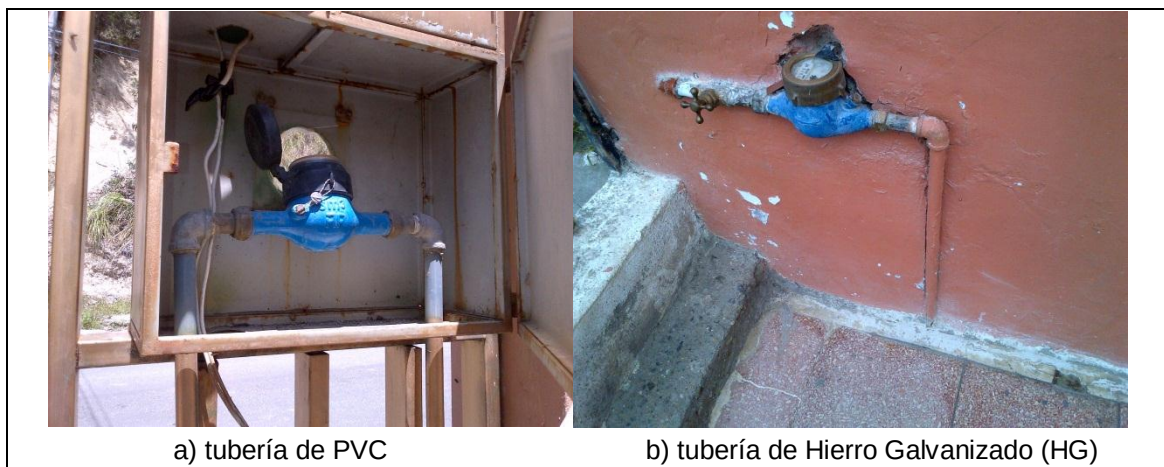


Figura 4.23. Material de las conexiones domiciliarias
Fuente: archivo personal

Servicio de agua potable proporcionado por la empresa

Al hablar del servicio que proporciona la empresa, abarca aspectos técnicos como entregar al usuario el suministro en cantidad, calidad, presión adecuada y continuidad del mismo, así mismo contempla aspectos sociales, atención al cliente, eficiencia al momento de atender y solucionar reclamos, facilidad para que los usuarios accedan en este caso al servicio de agua, entre otros aspectos, y sin olvidar la responsabilidad

que la empresa tiene con la naturaleza quien abastece del recurso, indispensable para la vida.

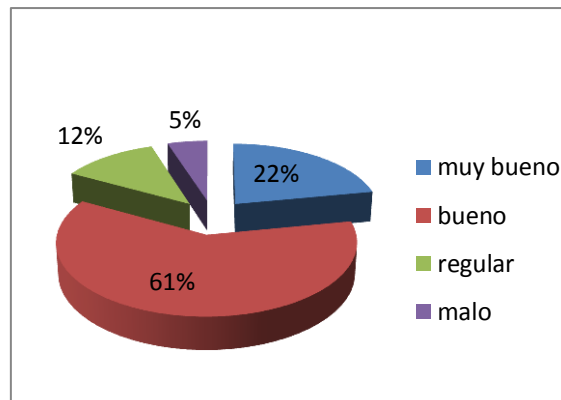


Figura 4.24. Percepción de los usuarios acerca del servicio de agua potable que proporciona la empresa
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4.24. se observa, resultado de la percepción de los encuestados entorno al servicio de agua potable que les proporciona la empresa responsable, en este caso el Municipio, 22% califica al servicio como muy bueno, entre las razones del porque daban esta respuesta la mayoría coincide en que: “no hay interrupciones” y que “el agua es de buena calidad”, el mayor de los porcentajes que obedece al 61% de los usuarios, manifiestan que el servicio es bueno, porque “no han existido cortes ni problemas” “Hay interrupciones en el servicio” “muy de repente existen cortes” “la calidad del agua no es buena”, el 12% según muestra la figura afirman que el servicio es regular debido a que “la calidad del agua no es buena, llega sucia” “cortan el agua y no avisan” “llega poca cantidad de agua”, y el 5% dice que el servicio es malo, dicen que “el agua llega con tierra y turbia” “el agua es muy contaminada” “existen cortes” “la atención al cliente es mala”.

Cantidad de agua en el domicilio.

Esta pregunta permite conocer la apreciación del usuario con respecto a la cantidad de agua que llega a sus domicilios, para así poder evaluar si la empresa está proporcionando la cantidad adecuada del suministro.

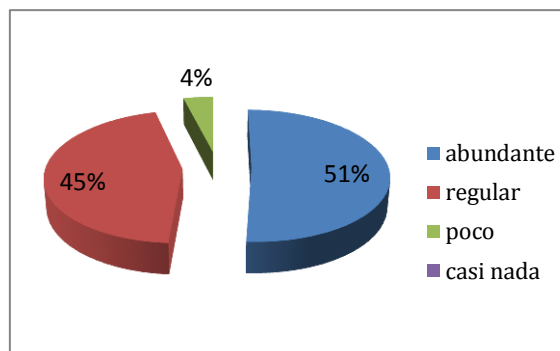


Figura 4.25. Percepción de los usuarios acerca de la cantidad de agua potable que reciben en sus domicilios.

Fuente: elaboración propia.

En lo que respecta a la cantidad de agua que los usuarios reciben en el domicilio, el 51% de ellos afirman que es abundante, el 45% dice que el flujo es regular, y sólo el 4% considera que es poco el flujo de agua que llega a sus domicilios, según la figura.

Fuerza del suministro de agua potable.

Los resultados de esta pregunta permiten conocer la percepción de los usuarios en lo relacionado a la presión con la que el suministro llega a sus hogares.

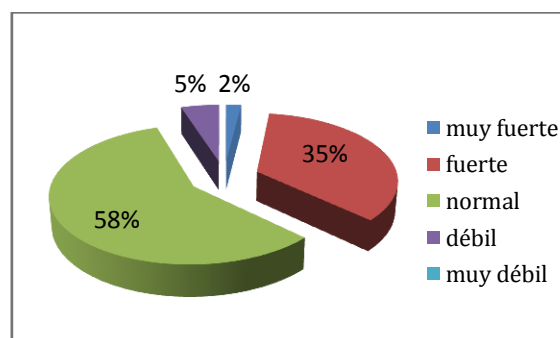


Figura 4.26. Presión con la que el suministro de agua llega a los domicilios de los usuarios

Fuente: elaboración propia.

La Figura 4.26. muestra la percepción de los usuarios del servicio de agua potable, en lo referente a la presión con que el flujo llega a los domicilios, 2% coinciden en que es muy fuerte, que es fuerte dicen el 35% de los usuarios, el 58% de ellos dicen disponer de un flujo con presión normal, por el otro lado el 5% de los encuestados dicen que el agua que llega a sus hogares es débil y el 2% opinan que el flujo es muy débil. Se puede decir según los resultados que la presión de servicio en general es adecuada, entre los que afirman que es muy fuerte, fuerte y normal, suman el 95% de los usuarios indagados.

Interrupciones del servicio de agua potable.

La información obtenida mediante esta pregunta, sirve para determinar si existen interrupciones del servicio (cortes o racionamientos) en el sector en el cual se aplicó las encuestas, además permite conocer la frecuencia con que se suscitan y la duración de los cortes o racionamientos, información muy importante y básica para este estudio.

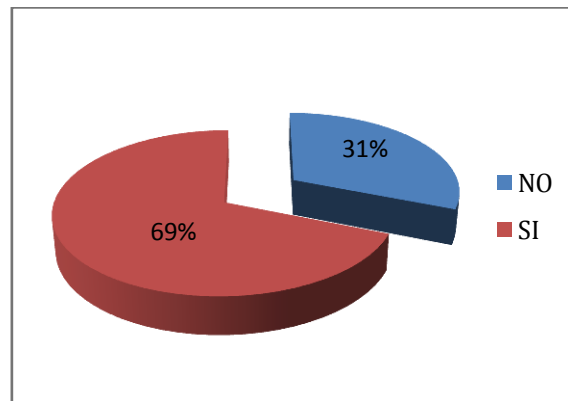


Figura 4.27. Existen interrupciones del suministro de agua
Fuente: elaboración propia.

Cuando se preguntó acerca de que si existen interrupciones del servicio de agua potable, los resultados se pueden observar en la figura, el 31% dicen no existir interrupciones, por el contrario el 69% manifiestan que si existen interrupciones.

Frecuencia.

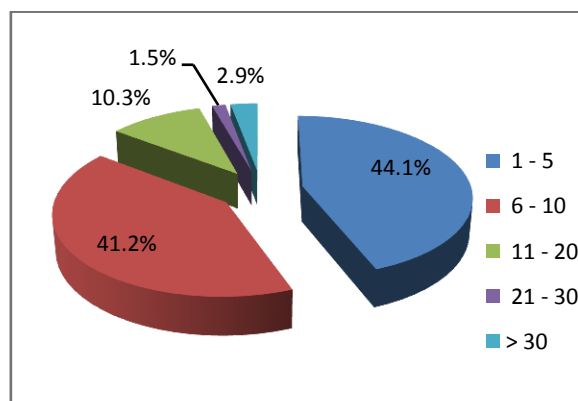


Figura 4.28. Frecuencia de ocurrencia de interrupciones del servicio de agua potable (interrupciones/año)
Fuente. Elaboración propia.

La frecuencia de las interrupciones se la define como el número de interrupciones que ocurren en determinado tiempo, para el presente estudio un año. Al porcentaje de usuarios quienes manifestaron que si existen interrupciones se les preguntó acerca de la frecuencia con que se suscitan, 44.1% dicen que la frecuencia es entre una a cinco

veces por año, el 41.2% coinciden en que existen de seis a diez interrupciones al año, ocurren de once a 20 interrupciones según el 10.3% de los usuarios, así mismo el 1.5% afirman que suceden entre veintiuno y treinta veces, finalmente el 2.9% perciben que existen más de 30 interrupciones al año.

Tiempo de duración de las interrupciones

La información sirve para calcular el indicador tiempo de duración interrupciones del servicio, es importante que dichas interrupciones no sean demasiado largas para garantizar la potabilidad del agua y que el sistema no se deteriore.

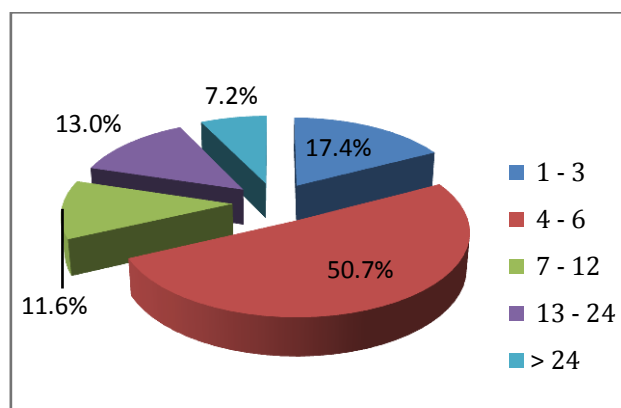


Figura 4.29. Tiempo (horas) de duración de las interrupciones del servicio
Fuente. Elaboración propia.

La Figura 4.29. muestra que el 17.4% dice que las interrupciones duran de una a tres horas, y el 50.7% de los usuarios representando a la mayoría, coinciden en que las interrupciones suceden de cuatro a seis horas, el 11.6% menciona que la duración oscila entre siete y doce horas, de trece a veinticuatro horas de duración se muestra al 13% y con duraciones mayores a veinticuatro horas (un día), se observa al 7.3%.

Horas promedio al día que disponen del suministro

Permite evaluar la continuidad del suministro.

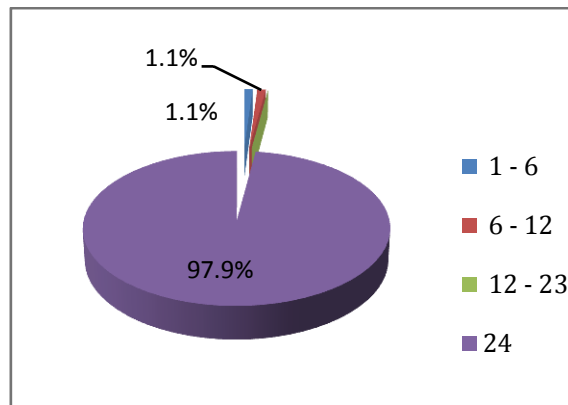


Figura 4.30. Horas promedio al día que disponen del suministro
Fuente: elaboración propia.

Como se observa la mayoría de los usuarios es decir el 97.9% disponen en promedio veinticuatro horas del servicio de agua potable al día, lógicamente a excepción de los días en que existen racionamientos, ya sean estos por mantenimiento de la red o por daños suscitados en la misma.

La empresa informa previo a realizar un corte o racionamiento

Permite evaluar a la empresa, acerca de la responsabilidad social, ya que cuando va a realizar un corte, lo menos que puede hacer es dar aviso a los usuarios para que se puedan proveer del líquido vital, por supuesto a excepción de cuando los cortes son imprevistos.

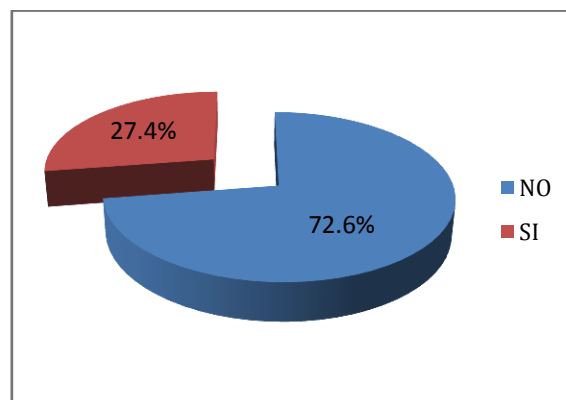


Figura 4.31. Aviso por parte de la empresa previo a interrumpir el servicio
Fuente: elaboración propia.

Se preguntó, si la empresa gestora del servicio de agua informa previo a realizar un corte del suministro, en la figura 5.32 se observa que el 72.6% dijo que la empresa no informa, por el contrario el 27.4% afirmó que la empresa si informa.

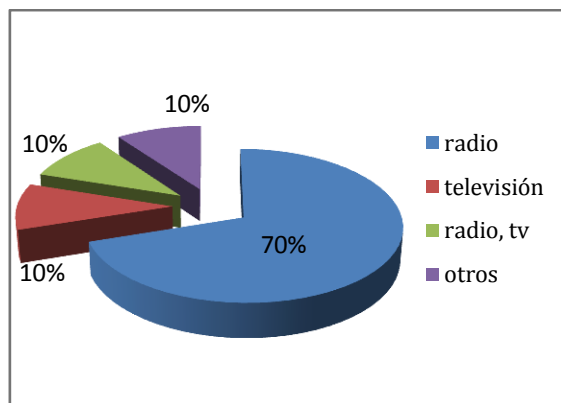


Figura 4.32. Medios a través de los cuales la empresa informa
Fuente: elaboración propia.

Del 27.4% de usuarios, que respondieron afirmativamente a la pregunta, el 70% de ellos, manifestaron que los avisos previos a un racionamiento la empresa los efectúa a través de radio, el 10% afirmaron que es a través de televisión; 10% por medio de radio y televisión y el 10% restante dijeron a través de otros medios como por ejemplo “puerta a puerta”.

La empresa abastece de agua al sector cuando existen interrupciones

Esta información permite determinar otro impacto en la sociedad (incomodidad) que genera el corte del suministro más aún si no se realiza un aviso previo para que el usuario se pueda abastecerse de alguna manera, con el fin de sobrellevar el inconveniente.

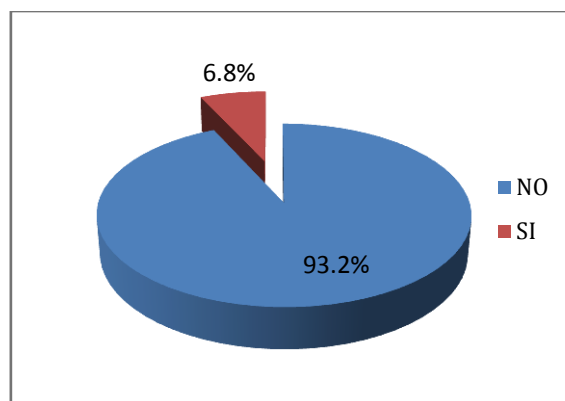


Figura 4.33. El gestor abastece de agua al sector durante los cortes
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4.33. se observa, la mayor parte de los usuarios entrevistados es decir el 93.2%, respondieron que la empresa no abastece de agua al sector, cuando existen los cortes o racionamientos del suministro, el 6.8% restantes en cambio manifestaron

que la empresa si abastece del suministro a través de tanqueros y por parte de los bomberos.

¿Cómo se abastece de agua?

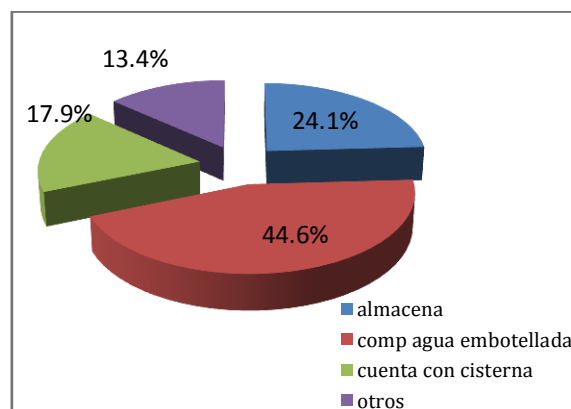


Figura 4.34. Medios por los cuales los usuarios se abastecen durante las interrupciones.

Fuente: elaboración propia.

Se indagó a los usuarios que manifestaron que la empresa no abastece de agua al sector cuando existen los racionamientos, acerca de cómo ellos se abastecen del líquido vital en aquellos días en que éste es interrumpido, 24.1% dijeron que almacenan en diversos recipientes (balde, tinas, tanques), el 44.6% dice abastecerse mediante la compra de agua embotellada, el 17.9% cuenta con cisterna y el 13.4% de otras formas entre estas están: “traer agua de otros sectores” y “del agua lluvia”.

Agua embotellada

Frecuencia

La mayoría de usuarios compra agua embotellada para abastecerse los días en que el suministro es racionado, e incluso cuando cuentan normalmente con el servicio, de ellos el 31.8% lo hace con una frecuencia de una vez por año, 13.6% compra agua embotellada dos veces por mes, 9.1% adquiere tres veces por mes agua embotellada, 18.2% frecuente comprar 4 veces por mes, tenemos al 4.5% de los usuarios quienes compran: nueve, diez, doce y dieciséis veces por mes, y el 9.1% dice comprar agua embotellada sólo cuando ocurren los cortes del suministro.

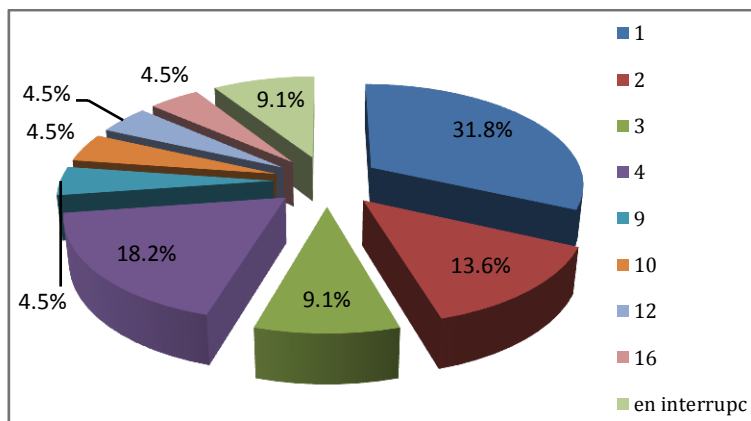


Figura 4.35. Frecuencia (#/mes) de adquisición de agua embotellada por parte de los usuarios.

Fuente Elaboración propia.

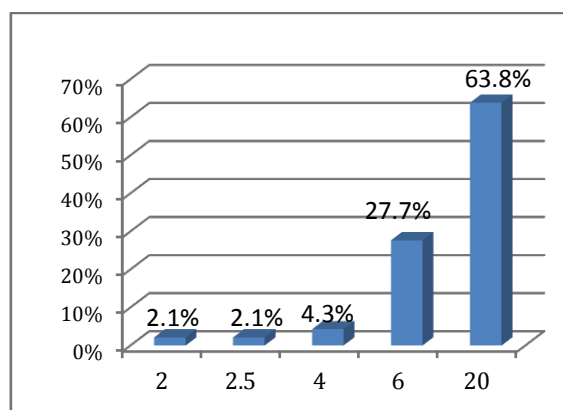


Figura 4.36. Volumen (litros) de agua embotellada adquirida por los usuarios

Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente se preguntó acerca del volumen (capacidad – l) de agua embotellada que adquieren, obteniendo que el 63.8% compran el bidón cuya capacidad es de veinte litros, el 27.7% adquieren el envase que contiene seis litros, 4.3% compran el galón de agua (4 litros) y compran de dos litros y de dos litros y medio, el 2.1% respectivamente.

En la Tabla 4.3. se puede observar un cálculo rápido y aproximado de los costos que representan para los usuarios comprar agua embotellada, los precios del agua embotellada se tomaron del mercado local.

Tabla 4.3. Valores en dólares invertidos en compra de agua embotellada

Frecuencia (veces/mes)		1	2	3	4	9	10	12	16
Volumen (litros)	Valor (USD)	COSTOS							
2.00	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	11.25	12.50	15.00	20.00
2.50	1.50	1.50	3.00	4.50	6.00	13.50	15.00	18.00	24.00
4.00	1.75	1.75	3.50	5.25	7.00	15.75	17.50	21.00	28.00
6.00	2.00	2.00	4.00	6.00	8.00	18.00	20.00	24.00	32.00
20.00	2.50	2.50	5.00	7.50	10.00	22.50	25.00	30.00	40.00

Fuente: elaboración propia.

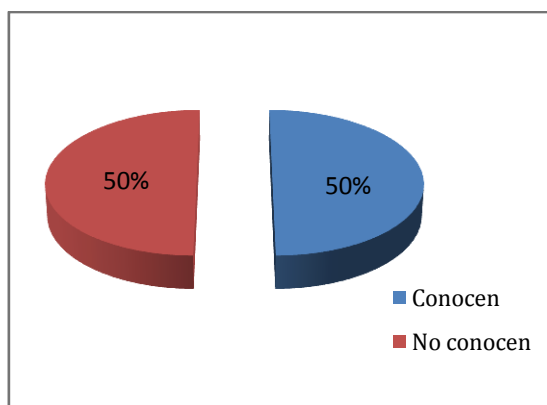


Figura 4.37. Capacidad de almacenamiento de la cisterna

Fuente: elaboración propia.

De los usuarios, que cuentan con cisterna, el 50% conoce la capacidad (volumen) de su cisterna mismas que varían entre los 200 litros y 10000 litros, pero el otro 50% no conoce la capacidad de almacenamiento de sus cisterna.

Hierve el agua recibida

Se investigó si las personas hierven el agua potable antes de consumirla, esta información permite determinar las costumbres de los usuarios y como la calidad (muchas veces deteriorada debido a las interrupciones del suministro) del agua puede influir en ellas, los resultados se los observa en la figura.

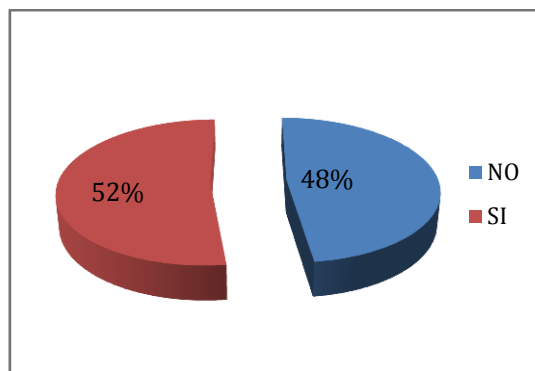


Figura 4.38. Porcentaje de usuarios que hierven el agua
Fuente: elaboración propia.

El 52% de los usuarios encuestados, si hierven el agua potable antes de consumirla, coinciden en que la hierven “por precaución”, también “porque la calidad del agua no es buena”, “para hacer las comidas” “no es totalmente potable” “llega turbia”, entre otras razones, así mismo el 48% de usuarios dice no hervir el agua potable porque “el agua potable está bien tratada”, “no es costumbre”, “consumo agua de bidón”, “no bebemos agua de la llave” incluso “el sabor del agua hervida no es bueno”, de entre otras razones.

Uso del agua

La información recopilada, muestra el uso que los usuarios del sector escogido para el estudio le dan al agua potable, permite además determinar los impactos generados por las interrupciones del servicio dependiendo del uso en el que es ocupado el recurso agua.

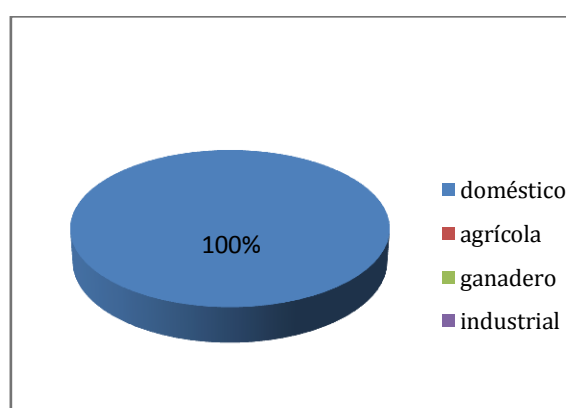


Figura 4.39. Usos que los usuarios dan al agua potable
Fuente: elaboración propia.

De entre los diferentes y principales usos en los cuales se lo puede emplear al líquido vital, como son: doméstico, agrícola, ganadero e industrial, en el 100% de los usuarios encuestados el uso del agua potable es netamente doméstico.

Actividades Industrial o comercial en el domicilio

Saber si se realiza alguna actividad ya sea comercial o industrial en los domicilios de los usuarios, permite hacerse una idea del impacto económico que los racionamientos pueden ocasionar en la población afectada, ya que en el caso de que si se realice algún tipo de actividad, en donde el agua sea factor primordial, como lo es en toda clase de actividad, estos ya no podrían realizar dichas actividades con normalidad, y por el mismo costo.

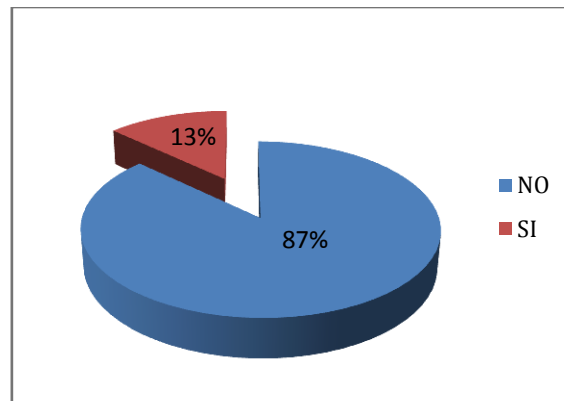


Figura 4.40. Porcentaje de usuarios que realizan algún tipo de actividad en su domicilio

Fuente: elaboración propia.

Según la Figura 4.40. se observa que en el 87% de los domicilios no realizan ningún tipo de actividad, esto se comprueba con el uso que se le da al fluido que es netamente doméstico como se observó anteriormente, además la localización y el sector al cuál se aplicó las encuestas es netamente residencial.

Tipo de actividad

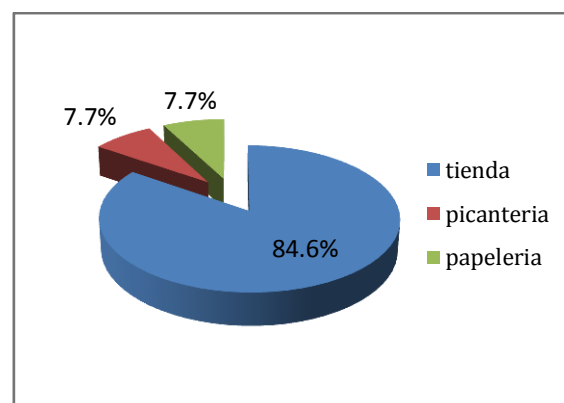


Figura 4.41. Actividades (comercial-industrial) que los usuarios realizan en sus domicilios

Fuente: elaboración propia.

Dentro del 13% que si realiza algún tipo de actividad comercial o industrial en las viviendas, se tiene que: 84.6% corresponden a tienda, 7.7% a picantería y 7.7% papelería. Se puede deducir entonces que los más perjudicados cuando ocurren los cortes del suministro de agua son los usuarios que cuentan con picanterías.

Calidad del agua

Se preguntó a los usuarios cuál es su percepción acerca de la calidad del agua, luego de haber existido un corte en el suministro, y en los usuarios que no han experimentado cortes, también se consideró su criterio acerca de la calidad.

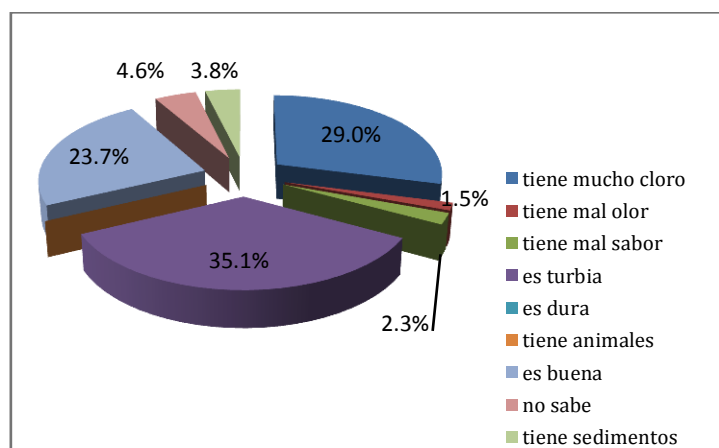


Figura 4.42. Como califican los usuarios la calidad del agua que reciben
Fuente: elaboración propia.

El 29% afirma que el agua tiene mucho cloro, 1.5% de los usuarios manifiestan que tiene mal olor, 2.3% dicen que el agua que llega a su domicilio tienen mal sabor, la gran mayoría es decir el 35.1% cuenta que cuando hay racionamientos, e incluso cuando no los hay el agua que reciben es turbia, para el 23.7% de los usuarios el agua que reciben es buena, 3.8% dicen que el agua llega con pequeños sedimentos: piedritas y tierra, y el 4.6% no sabe acerca de la calidad del agua que recibe.

Enfermedades de origen hídrico

Esta información permite calcular el indicador, usuarios con afectaciones por enfermedades de origen hídrico, para conocer como los cortes influyen en la calidad del agua y esta a su vez en la salud de los usuarios.

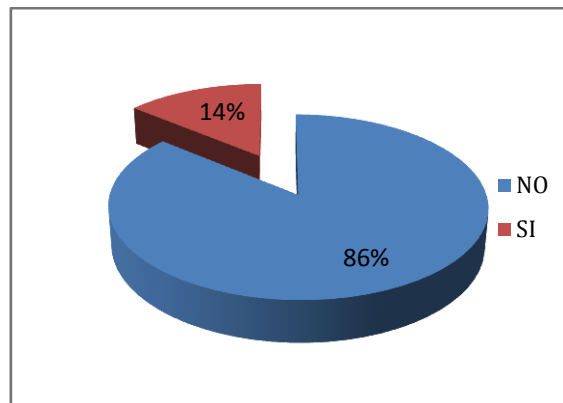


Figura 4.43. Usuarios con afectaciones por enfermedades de origen hídrico

Fuente: elaboración propia.

El 14% de los usuarios dicen haber sufrido alguna enfermedad que se le atribuye al agua ingerida, el 86% por el contrario manifiesta no haber padecido ningún tipo de enfermedad que se le pueda atribuir al líquido vital.

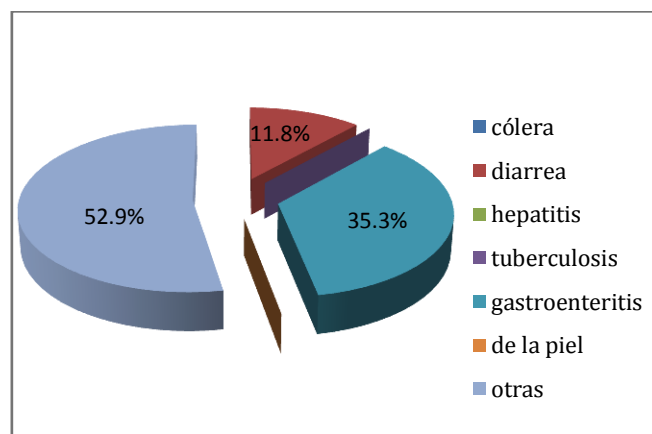


Figura 4.44. Enfermedades padecidas que se le atribuyen al agua consumida

Fuente: elaboración propia.

Dentro de la enfermedades que afectaron a los usuarios se tiene: el 11.8% diarrea, 35.3% gastroenteritis y el 52.9% otro tipo de enfermedades como: parasitosis, salmonelosis, amebiasis, helicobacter, infecciones, entre otras.

Eficiencia en la prestación de servicios de instalación o reparación.

Al preguntar acerca de cuán rápida y eficiente actúa la empresa cuando el usuario solicita algún servicio de instalación o reparación, se obtuvo los resultados que se observan en la figura 4.45, mismos que conceden información acerca del desempeño y servicio de la empresa ante el pedido del usuario.

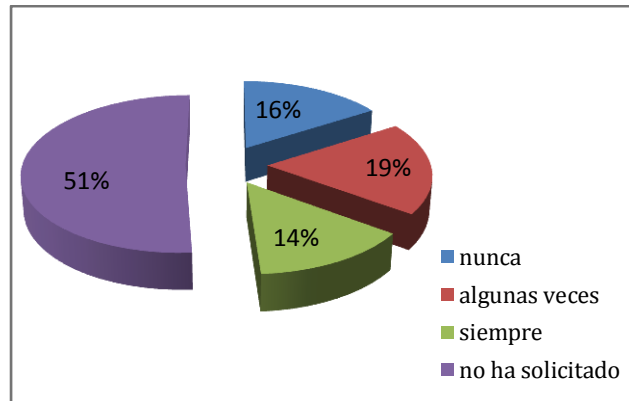


Figura 4.45. Desempeño de la empresa frente a requerimientos de servicios instalación-reparación

Fuente: elaboración propia.

El 16% dicen que la empresa nunca actúa rápido y eficientemente, 19% aseguran que algunas veces, el 14% en cambio manifiestan que siempre y el 51%, más de la mitad de los usuarios afirman no haber solicitado ningún servicio.

Recepción de reclamos

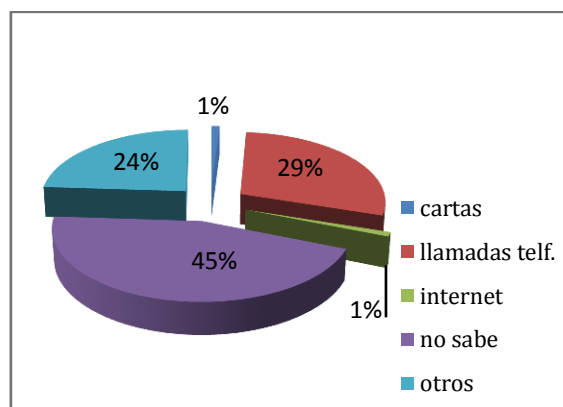


Figura 4.46. Medios a través de los cuales la empresa recepta los reclamos

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4.46. observamos que el 1% manifiestan que la empresa recepta sus reclamos a través de cartas, 29% asegura que por medio de llamadas telefónicas, 1% respondieron que mediante el internet, 45% no sabe, esto es debido a que como se observó anteriormente la mayoría de usuarios no han hecho ningún tipo de reclamo, el 24% de usuarios no escogió ninguna de las opciones planteadas como respuesta, señaló a través de otros medios en los que están: acuden personalmente a ventanillas y oficinas de la empresa, debido a que por los otros medios no se presta la debida atención a sus reclamos.

Campaña para el ahorro del agua

Mediante esta pregunta se obtiene información útil para poder valorar cuan comprometida la empresa esta con los usuarios, y cuanto invierte en la educación de ellos.

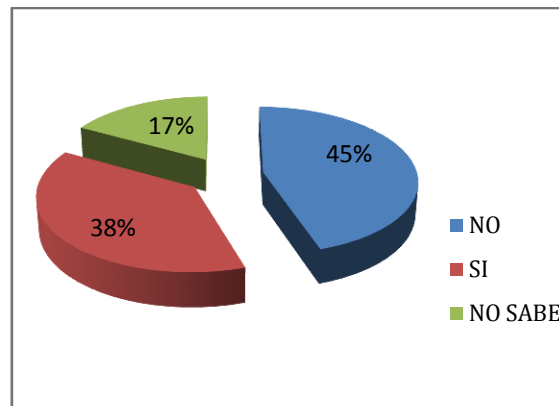


Figura 4.47. Respuesta de los usuarios respecto a si la empresa realiza campañas para el ahorro del agua
Fuente: elaboración propia.

Se consultó a los usuarios, si es que la empresa realiza algún tipo de campaña para promover el ahorro del agua, a la cual el 45% respondió que no se realiza ningún tipo de campaña por parte de la empresa abastecedora del suministro, 38% dice que la empresa si realiza algún tipo de campaña y el 17% de los usuarios manifiesta no saber.

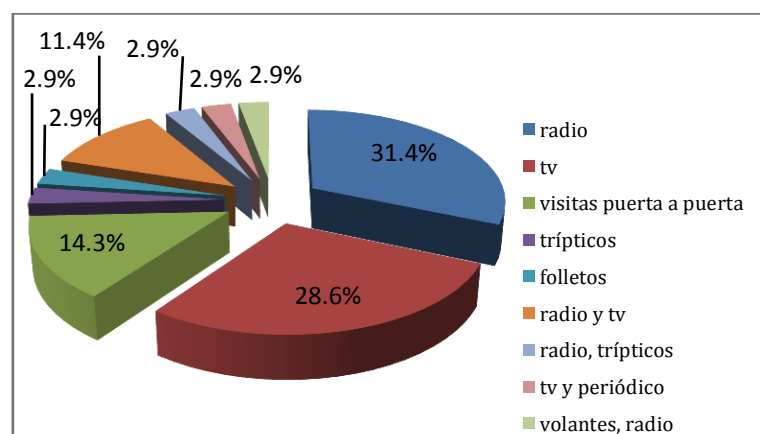


Figura 4.48. Medios que utiliza la empresa para realizar campaña de ahorro del agua
Fuente: elaboración propia.

De la campaña realizada por la empresa para promover el ahorro del agua, 31.4% de los usuarios manifestaron que esta se realiza por medio de la radio, 28.6% afirmaron que ellos se informan a través de la televisión, 14.3% dijeron que la empresa lo realiza

mediante visitas puerta a puerta, 11.4% manifestó que las campañas son a través de radio y televisión, y el porcentaje restante de usuarios, coinciden en que las campañas se dan a través de folletos (2.9%), radio y trípticos (2.9%), tv y periódico (2.9%), y volantes, radio (2.9%). Entre los mensajes que la empresa maneja en las campañas están “no lavar los automóviles utilizando mangueras de agua”, “cerrar las llaves mientras se cepilla los dientes”, “ahorrar el agua porque es un recurso que se está acabando”.

Incremento en las planillas mensuales

Se consultó a algunos usuarios si estarían dispuestos a cancelar un valor adicional en la planilla mensual a cambio de un mejor servicio, esta información proporciona una valoración de cuan satisfecho el usuario está con el servicio que proporciona la empresa.

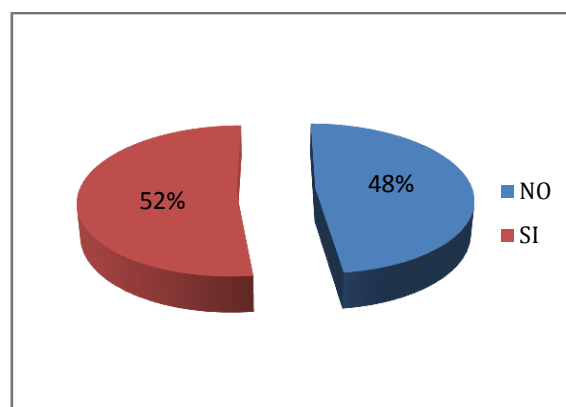


Figura 4.49. Usuarios que están o no dispuestos a cancelar un valor en la planilla mensual de agua potable
Fuente: elaboración propia.

El 48% de los usuarios a quienes se les preguntó si estarían de acuerdo en un incremento en el costo de las planillas mensuales de agua potable, a cambio de un mejor servicio respondieron que no, ya que manifestaron estar conformes con el servicio brindado hasta la actualidad, también dicen que el valor adicional no garantiza que el servicio mejore, manifiestan que con lo que se paga actualmente es suficiente, y que además el agua es cara. Por el contrario el 52% de los usuarios están de acuerdo con un incremento, para obtener un mejor servicio, para que la calidad del agua mejore y se la puede ingerir con confianza, también porque la tarifa que se cobra viene ya desde hace años y es justo que aumente para que mejore el servicio.

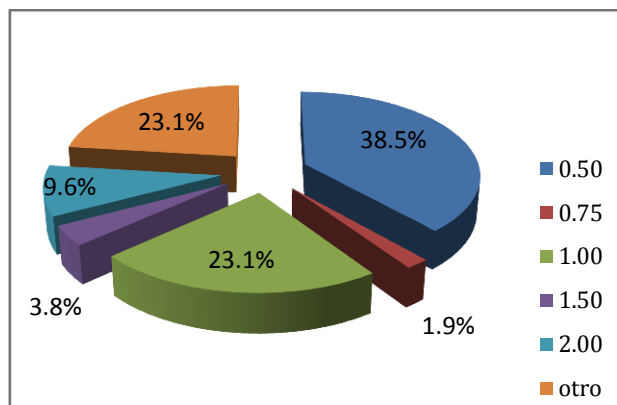


Figura 4.50. Valor adicional a cancelar en la planilla mensual
Fuente: elaboración propia.

Entre los usuarios, quienes estuvieron de acuerdo con el incremento en la planilla, se investigó hasta cuánto (dólares) estarían dispuestos a pagar adicionalmente, se obtuvo los siguientes resultados: 38.5% están de acuerdo con incrementar 0.50 centavos de dólar, 1.9% apoyan un incremento de 0.75 centavos, el 23.1% pagarían hasta 1 dólar, 3.8% se inclinan por el aumento de 1.50 dólares, el 9.6% estarían dispuestos a cancelar 2 dólares adicionales y el 23.1% respondió otro valor, que sería el valor necesario para que mejore el servicio.

Problemas con contador domiciliario

Es necesario saber si los contadores tuvieron o tienen algún tipo de problema, debido a que esto puede afectar en la economía del usuario, por ejemplo si existe sobrecontaje, estaría cancelando por algo que no ha consumido, al contrario si existiera subcontaje en cambio la empresa sería la perjudicada.

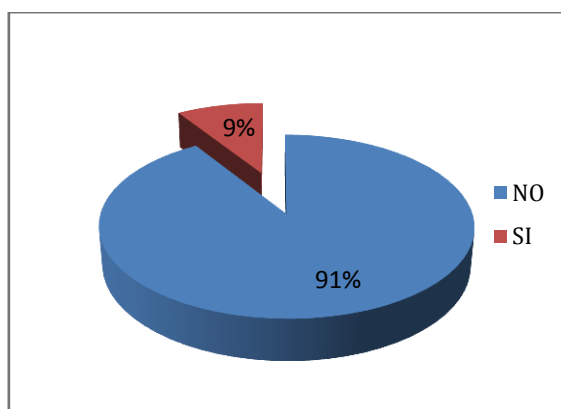


Figura 4.51. Usuarios con problemas en su contador domiciliario
Fuente: elaboración propia.

El 91% de los usuarios no tuvieron problemas con su contador domiciliario, por otra parte el 9% manifiesta que si pasó por algún tipo de problema, dentro de los que

destaca el sobrecontaje, pero hasta la fecha el problema ya tiene solución, con la reparación del contador o en el peor de los casos la renovación del mismo.

Detección para control de fugas

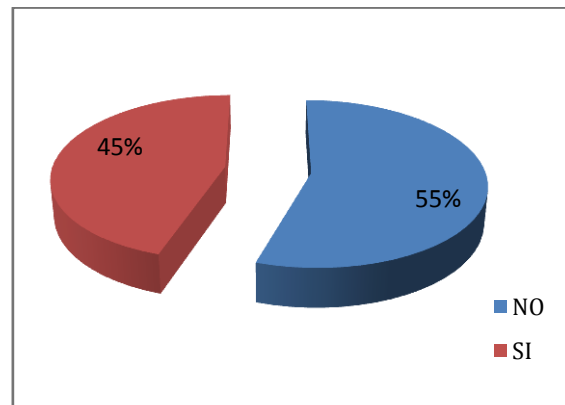


Figura 4.52. Usuarios que realizan control para detectar fugas
Fuente: elaboración propia.

Según la figura, se puede observar en los usuarios que no existe una cultura de prevención en lo referente a detección de fugas y pérdidas de agua en los domicilios, porque como se muestra más de la mitad es decir 55% dice no realizar ningún tipo de detección ni control, y menos de la mitad 45% de los usuarios entrevistados si realiza algún tipo de control, entre los métodos que utilizan están:

- Cerrar todas las llaves de paso en el domicilio y verificar si el contador marca consumo.
- Búsqueda visual, verifican que las llaves no goteen, o existan sitios húmedos.
- Contratar personal especializado gasfitero o plomero.
- Comparan: consumos y valores de planillas mensuales.

4.2. Cálculo de indicadores.

Para el presente estudio se consideró indicadores formulados por IBNET, por la IWWA a través de su software Sigma Lite 2.0, también se tomó referencias en base a los indicadores presentados por el Banco Mundial, y algunos que se configuraron y adaptaron para esta investigación.

El cálculo de indicadores se realizó mediante la aplicación de las ecuaciones presentadas en el apartado 3.2.3 Adaptación del método de Batelle – Columbus, Delphi (combinación), del capítulo 3. Los datos de las variables necesarias para el cálculo de los indicadores se obtuvieron a través de la encuesta aplicada a los

diferentes responsables de los departamentos de comercialización, operación y mantenimiento y laboratorio de la empresa gestora, además de información documentada y de archivos CAD que proporcionaron, algunas variables también se tomaron de la encuesta aplicada a los usuarios del servicio pertenecientes al sector caso de estudio.

En la Tabla 4.4. mediante una matriz se resume el cálculo de los indicadores propuestos para la proyección de los impactos generados por los racionamientos o cortes del suministro. Algunos de los indicadores planteados no se pudieron calcular, por la falta de información (datos) en algunas variables, esto debido a que la empresa gestora no dispone del catastro del sector hidrométrico (caso de estudio) y por ende no cuenta con la información completa de la red de distribución del sector.

Tabla 4.4. Matriz para el cálculo de indicadores

INDICADOR	VARIABLES	ECUACIÓN	UNIDAD	VALOR
SOCIAL				
CANTIDAD				
(SC1) Interrupciones por acometida	(N _{TI}): 15 interrupciones 7G: 739 conex PA: 1 año	18	Nº/1000conex/año	2.03E-05
(SC2) Interrupción del servicio por mantenimiento no planificado	3SC: 3 interrupciones PA: 1 año	19	Nº/año	3
(SC3) Interrupción del servicio por daños en la red	4SC: 12 PA: 1 año	20	Nº/año	12
(SC4) Interrupción del servicio por estiaje	5SC: SD PA: 1 año	21	Nº/año	-
(SC5) Interrupción del servicio por demanda excedente	6SC: SD PA: 1 año	22	Nº/año	-
(SC6) Interrupción del servicio por contaminación en el almacenamiento	7SC: SD PA: 1 año	23	Nº/año	-
(SC7) Duración de las interrupciones por mantenimiento no planificado	8SC: 6 h PA: 1 año	24	h/año	6
(SC8) Duración de las interrupciones por daños en la red	9SC: 36 h PA = 1 año	25	h/año	36
(SC9) Duración de las interrupciones por estiaje	10SC = SD PA = 1 año	26	h/año	-
(SC10) Duración de las interrupciones por demanda excedente	11SC = SD PA = 1 año	27	h/año	-
(SC11) Duración de las interrupciones por contaminación en el almacenamiento.	12SC = SD PA = 1 año	28	h/año	-
CALIDAD				
(SCL1) Población abastecida	4G = 3776 hab 2SCL= SD	29	%	-
(SCL2) Continuidad del suministro	9SCL = 8760 h PA = 365 días	30	%	100.0

(SCL3) Presión adecuada del suministro	10SCL = SD 7G = 739 conex	31	%	-
(SCL4) Días con restricción del servicio	11SCL = 15 días PA = 365 días	32	%	4.1
(SCL5) Empleados por conexión	18SCL = 70 7G = 739 conex	33	Nº/1000conex	0.0
(SCL13) Conexiones con cloro residual diferente al de la norma	35SCL = SD 7G = 739 conex	34	%	-
(SCL14) Usuarios con servicio discontinuo	8SCL = SD 9G = 739 usuarios	35	%	-
(SCL15) Capacitación de técnicos de campo y miembros de planificación	SCL15 = SD		h/año	-
(SCL16) Educación de clientes	SCL16 = SD		h/año	-
(SCL17) Campañas de televisión para educar a clientes	SCL17 = SD		min/mes	-
(SCL18) Campañas de radio para educar a clientes	SCL18 = SD		min/mes	-
RECLAMOS				
(SR1) Reclamos por presión del suministro	1SR = 101 recl./mes 2SR = SD	36	%	
(SR2) Reclamos por continuidad del suministro	1SR = 101 recl./mes 3SR = SD	37	%	-
(SR3) Reclamos por calidad del suministro	1SR = 101 recl./mes 4SR = 3 recl./mes	38	%	2.9
(SR4) Reclamos por interrupciones del suministro	1SR = 101 recl./mes 5SR = SD	39	%	-
HABITOS				
(SH1) Usuarios que hierven el agua potable	1SH = 52 usuarios # encuest = 100 usuarios	40	%	52.0
(SH2) Usuarios que compran agua embotellada	2SH = 50 usuarios # encuest = 112 usuarios	41	%	44.6
(SH3) Usuarios que almacenan agua	3SH = 27 usuarios # encuest = 112 usuarios	42	%	24.1
(SH4) Usuarios que poseen cisterna	4SH = 20 usuarios # encuest = 112 usuarios	43	%	17.9

(SH5) Usuarios que realizan inspecciones de fugas	7SH = 45 usuarios # encuest = 100 usuarios	44	%	45.0
SALUD				
(SS1) Usuarios con afecciones por enfermedades de origen hídrico	1SS = 14 usuarios # encuest = 100 usuarios	45	%	14.0
(SS2) Usuarios con afecciones a la piel	2SS = usuarios # encuest = 17 usuarios	46	%	0.0
(SS3) Usuarios con otro tipo de afecciones debido a la calidad del agua	3SS = 9 usuarios # encuest = 17 usuarios	47	%	52.9
ECONÓMICO				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				
(EOM1) Control de fugas	6G = 9.36 Km 2EOM = SD PA = 365 días	48	%/año	-
(EOM2) Reparaciones por control activo de fugas	6G = 9.36 Km 3EOM = SD PA = 365 días	49	%/año	-
(EOM3) Rehabilitación de tuberías	6G = 9.36 Km 5EOM = SD PA = 365 días	50	%/año	-
(EOM4) Renovación de tuberías	6G = 9.36 Km 6EOM = SD PA = 365 días	51	%/año	-
(EOM5) Tuberías reemplazadas	6G = 9.36 Km 7EOM = SD PA = 365 días	52	%/año	-
(EOM6) Válvulas reemplazadas	N _{TV} = 39 válvulas 8EOM = SD PA = 365 días	53	%/año	-
(EOM7) Fallas en tuberías	6G = 9.36 Km 9EOM = SD PA = 365 días	54	N°/100Km/año	-
(EOM8) Fallas en conexiones domiciliarias	7G = 739 conex 10EOM = 40 fallas PA = 365 días	55	N°/100Km/año	-
(EOM9) Hidrantes inspeccionados	40EIN = 22 hidrantes	56	%/año	100.0

	4EOM = 22 hidrantes PA = 365 días			
(EOM10) Edad de contadores domiciliarios	Promedio encuestas		años	15.4
(EOM11) Índice de fugas estructural (IFE)	VIF = SD UMF = SD IFE = SD	1 2 3		-
INFRAESTRUCTURA				
(EIN1) Densidad de válvulas	6G = 9.36 Km N _{TV} = 39 válvulas	57	N°/Km	4.2
(EIN4)** Densidad de distritos hidrométricos	7G = 36 258 conex 3EIN = 2 DH	58	N°/1000conex	
(EIN5) Densidad de hidrantes	6G = 9.36 Km 40EIN = 22 hidrantes	59	N°/Km	2.4
(EIN6) Densidad de contadores domiciliarios	7G = 739 conexiones 41EIN = SD	60	N°/conex	
(EIN20) Edad de tubería ≥ 25 años	6G = 9.36 Km 17EIN = 6.63 Km		%	70.8 (40años)
(EIN22) Edad de válvulas entre 10 y 25 años	N _{TV} = 39 válvulas 23EIN = SD		%	
(EIN39) Contadores instalados y funcionando correctamente	41EIN = 739 medidores 42EIN = 664 medidores	61	%	89.9
GASTOS, FACTURACIÓN, RECAUDACIÓN				
(EFR1) Eficiencia en el cobro	1EFR = SD 2EFR = 238 723 dólares	62	%	
(EFR2) Relación de operación y mantenimiento	6EFR = SD 7EFR = SD	63	%	
AMBIENTAL				
AIRE				
(AA1) Emisión de material particulado y polvo	AA1 = SD		µm/m ³	-
(AA2) Niveles de ruido (MP ₁₀)	AA2 = SD		db	-
(AA3) Emisión de gases y organoclorados	AA3 = SD		mg/L	-

(AA4) Emisión de olores	AA4 = SD		grad	-
AGUA				
(AAG1) Agua superficial captada en época de estiaje al mes	1AAG = SD 2AAG = SD	64	%	-
(AAG2) Agua subterránea captada en época de estiaje al mes	1AAG = SD 3AAG = SD	65	%	-
(AAG3) Cantidad de lodos que se depuran y depositan en sitios adecuados al mes	4AAG = SD 6AAG = SD	66	%	-
(AAG4) Número de sistemas de depuración de agua residuales	7AAG = SD	67	Nº/1000 conex	-
(AAG5) Agua residual tratada que es reutilizada	1SC = 1515267.8 m ³ 8AAG = SD	68	%	-
SUELO				
(AS1) Remoción y afectación de la cobertura vegetal sin reposición	SI / NO = SD			
(AS2) Empresas y fábricas instaladas dentro de la cuenca fuente que controlan sus vertidos correctamente	2AS = SD 3AS = SD	69	%	-
(AS3) Superficie de las cuencas tributarias que son propiedad del abastecimiento	15SC = SD 5AS = SD	70	Ha(L/s)	-
(AS4) Superficie de las cuencas tributarias que son reforestadas anualmente	5AS = SD 6AS = SD	71	%	-

*SD = Sin dato

**Dato del abastecimiento

Fuente: elaboración propia.

4.3. Proyección del impacto.

Con los valores obtenidos del cálculo de indicadores (ver tabla 4.3), se procede a convertir el valor de cada indicador en su respectivo factor de calidad (FC) (valor isométrico), esta conversión se puede realizar de dos maneras:

1. **Método matemático.** Se aplica la función de conversión respectiva, reemplazando el valor obtenido del indicador en la variable correspondiente. Aquí un ejemplo del cálculo.

(SC2) Interrupción del servicio por mantenimiento no planificado [Nº/año]

SC2 = 3 veces/año

Reemplazando en la ecuación 19

$$FC_{CS2} = 1.3901 \times e^{-0.321(CS2)}$$

$$FC_{CS2} = 1.3901 \times e^{-0.321(3)}$$

$$FC_{CS2} = 1.3901 \times 0.3817$$

$$FC_{CS2} = 0.53 \approx 0.5$$

2. **Método gráfico.** Se considera la curva de conversión, con el valor del indicador (eje de las abscisas), se interseca en el punto de la curva (función), y se proyecta al eje de las ordenadas obteniendo así el valor del factor de calidad FC correspondiente.

(SC2) Interrupción del servicio por mantenimiento no planificado [Nº/año]

SC2 = 3 veces/año

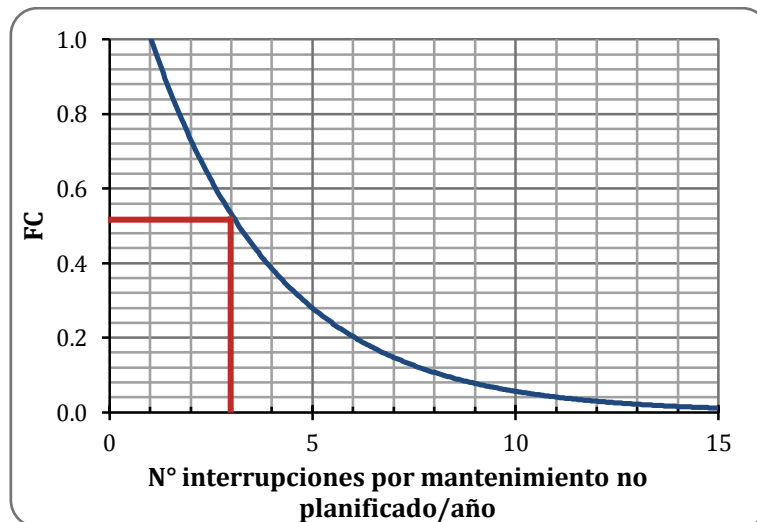


Figura 4.53. Curva de conversión para: interrupción del servicio por mantenimiento no planificado (ejemplo de cálculo)
Fuente: elaboración propia.

La Figura 4.53. muestra que para un valor de 3 interrupciones por año (eje de la abscisas), por mantenimiento no planificado, al proyectar dicho valor en el eje de las ordenadas, le corresponde un factor de calidad $FC = 0.5$.

De esta manera se procede para cada uno de los indicadores, obteniendo sus respectivos factores de calidad.

Con los valores de los indicadores y con sus respectivos FC, se puede ya determinar los pesos relativos, al multiplicar cada factor de calidad x su respectiva importancia ponderada, luego se realiza la suma de cada peso relativo de los indicadores para obtener el peso relativo de los subcomponentes y sumados estos a su vez nos dan como resultado el valor del componente tanto social, económico y ambiental, que en conjunto debe dar una valoración de 100 unidades.

Conforme cada valor del peso relativo disminuye con respecto al valor de la importancia ponderada nos indica que ese indicador contribuye a que se genere un impacto, de esta manera se proyectara los impactos sociales, económicos y ambientales generados por los racionamientos y cortes del suministro de agua potable. El siguiente paso en el ejemplo de cálculo para el indicador: (SC2) Interrupción del servicio por mantenimiento no planificado [N°/año], es:

Se aplica la ecuación 126

$$PR_{SC2} = FC_{SC2} \times IP_{SC2}$$

$$PR_{SC2} = 0.5 \times 1.2$$

$$PR_{SC2} = 0.6$$

Entonces se tiene que para el indicador SC2 cuyo valor es de 3 veces/año, y con un correspondiente $FC = 0.5$, el peso relativo calculado es de $PR_{SC2} = 0.6$, que representa la mitad del valor de la importancia ponderada correspondiente, esto nos indica que este parámetro contribuye a que se genere un impacto negativo y habrá que plantear alguna medida correctora.

En las Tablas 4.5.,4.6. y 4.7. se presentan en resumen las matrices de cálculo de los pesos relativos para cada componente (social, económico y ambiental).

Tabla 4.5. Cálculo del peso relativo (PR), para el componente social

$$PR_{SOCIAL} = 5.9$$

Componente	UNIDAD	VALOR INDICADOR	IMPORT. PONDERADA	FACTOR CALIDAD	PESO RELATIVO
SOCIAL			33.3		5.9
Cantidad			9.6		2.2
Interrupciones por acometida	Nº/1000conex/año	0.00	1.1	1.0	1.1
Interrupción del servicio por mantenimiento no planificado	Nº/año	3.00	1.2	0.5	0.6
Interrupción del servicio por daños en la red	Nº/año	12.00	1.0	0.0	0.0
Interrupción del servicio por estiaje	Nº/año	-	0.7		0.0
Interrupción del servicio por demanda excedente	Nº/año	-	0.8		0.0
Interrupción del servicio por contaminación en el almacenamiento	Nº/año	-	0.8		0.0
Duración de las interrupciones por mantenimiento no planificado	hrs/año	6.00	0.9	0.5	0.5
Duración de las interrupciones por daños en la red	hrs/año	36.00	0.8	0.0	0.0
Duración de las interrupciones por estiaje	hrs/año	-	0.8		0.0
Duración de las interrupciones por demanda excedente	hrs/año	-	0.7		0.0
Duración de las interrupciones por contaminación en el almacenamiento.	hrs/año	-	0.8		0.0
Calidad del servicio			11.8		1.4
Población abastecida	%	-	1.2		0.0
Continuidad del suministro	%	100.00	1.2	1.0	1.2
Presión adecuada del suministro	%	-	1.2		0.0
Días con restricción del servicio	%	4.10	1.2	0.0	0.0

Empleados por conexión	Nº/1000conex	0.00	1.0	0.2	0.2
Conexiones con cloro residual diferente al de la norma	%	-	1.0		0.0
Usuarios con servicio discontinuo	%	-	1.0		0.0
Capacitación de técnicos de campo y miembros de planificación	hrs/año	-	1.0		0.0
Educación de clientes	hrs/año	-	1.0		0.0
Campañas de televisión para educar a clientes	min/mes	-	1.0		0.0
Campañas de radio para educar a clientes	min/mes	-	1.0		0.0
Reclamos			2.7		0.0
Reclamos por presión del suministro	%	-	0.6		0.0
Reclamos por continuidad del suministro	%	-	0.7		0.0
Reclamos por calidad del suministro	%	2.97 SI	0.7	0.0	0.0
Reclamos por interrupciones del suministro	%	-	0.7		0.0
Hábitos			3.8		0.7
Usuarios que hierven el agua potable	%	52 SI	0.8	0.0	0.0
Usuarios que compran agua embotellada	%	44.6 SI	0.9	0.0	0.0
Usuarios que almacenan agua	%	24.1 SI	0.8	0.0	0.0
Usuarios que poseen cisterna	%	17.9 SI	0.6	0.0	0.0
Usuarios que realizan inspecciones de fugas	%	45 SI	0.7	1.0	0.7
Salud			5.4		1.6
Usuarios con afecciones por enfermedades de origen hídrico	%	14 SI	2.2	0.0	0.0
Usuarios con afecciones a la piel	%	NO	1.6	1.0	1.6
Usuarios con otro tipo de afecciones debido a la calidad del agua	%	52.9 SI	1.6	0.0	0.0

Fuente: elaboración propia

Tabla 4.6. Cálculo del peso relativo (PR), para el componente económico

$$PR_{\text{ECONÓMICO}} = 4.6$$

Componente	UNIDAD	VALOR	IMPORT.	FACTOR	PESO
		INDICADOR	PONDERADA	CALIDAD	RELATIVO
ECONÓMICO			33.4		4.6
Operación y mantenimiento			12.5		1.1
Control de fugas	%/año	-	1.4		0.0
Reparaciones por control activo de fugas	%/año	-	1.2		0.0
Rehabilitación de tuberías	%/año	-	1.1		0.0
Renovación de tuberías	%/año	-	0.9		0.0
Tuberías reemplazadas	%/año	-	0.8		0.0
Válvulas reemplazadas	%/año	-	1.1		0.0
Fallas en tuberías	N°/100Km/año	-	1.2		0.0
Fallas en conexiones domiciliarias	N°/100Km/año	-	1.1		0.0
Hidrantes inspeccionados	%/año	100.00	1.2	0.9	1.1
Edad de contadores domiciliarios	años	15.40	1.3	0.0	0.0
Índice de fugas estructural (IFE)			1.2		0.0
Infraestructura del abastecimiento			16		3.5
Densidad de válvulas	N°/Km	4.20	2.5	0.6	1.5
Densidad de distritos hidrométricos	N°/1000conex	0.00	2.5	0.2	0.5
Densidad de hidrantes	N°/Km	2.40	2.0	0.5	1.0
Densidad de contadores domiciliarios	N°/conex	-	2.0		0.0
Edad de tubería	años	40.00	2.5	0.2	0.5
Edad de válvulas	años	-	2.0		0.0
Contadores instalados y funcionando correctamente	%	-	2.5		0.0
Gastos, facturación y recaudación.			4.9		0.0
Eficiencia en el cobro	%	-	2.6		0.0
Relación de operación y mantenimiento	%	-	2.3		0.0

Fuente: elaboración propia

Tabla 4.7. Cálculo del peso relativo (PR), para el componente ambiental

$$PR_{\text{AMBIENTAL}} = 0.0$$

Componente	UNIDAD	VALOR INDICADOR	IMPORT. PONDERADA	FACTOR CALIDAD	PESO RELATIVO
AMBIENTAL			33.3		0.0
Aire			7.6		0.0
Emisión de material particulado y polvo (MP10)	µg/m3	-	1.9		0.0
Niveles de ruido	db	-	1.9		0.0
Emisión de gases y organoclorados	mg/L	-	1.9		0.0
Emisión de olores	grad	-	1.9		0.0
Agua			13.3		0.0
Agua superficial captada en época de estiaje al mes	%	-	4.1		0.0
Agua subterránea captada en época de estiaje al mes	%	-	2.9		0.0
Cantidad de lodos que se depuran y depositan en sitios adecuados al mes	%	-	2.2		0.0
Número de sistemas de depuración de agua residuales	Nº/100 conex	-	2.2		0.0
Agua residual tratada que es reutilizada	%	-	1.9		0.0
Suelo			12.4		0.0
Remoción y afectación de la cobertura vegetal	SI - NO	-	3.5		0.0
Empresas y fábricas instaladas dentro de la cuenca fuente que controlan sus vertidos correctamente	%	-	2.2		0.0
Superficie de las cuencas tributarias que son propiedad del abastecimiento	Ha(L/s)	-	3.3		0.0
Superficie de las cuencas tributarias que son reforestadas anualmente	%	-	3.4		0.0

Fuente: elaboración propia

Como resultado de la proyección (mediante la valoración de indicadores), se tiene los siguientes pesos relativos.

$$PR_{\text{SOCIAL}} = 5.9$$

$$PR_{\text{ECONÓMICO}} = 4.6$$

$$PR_{\text{AMBIENTAL}} = \underline{0.0}$$

$$\text{TOTAL} = 10.5$$

Estos valores determinan que se generan impactos sociales y económicos, debido a los racionamientos y cortes del suministro, por la falta de información no se puede determinar en el componente ambiental.

4.4. Medidas correctoras

El presente estudio de proyectar los impactos que se generan al cortar (interrumpir) el suministro de agua no tendría sentido si posterior a ello no se aplicara algún tipo de medida o realizará alguna actividad con el fin de anular, prevenir o mitigar los impactos negativos y estimular aquellos positivos. En lo siguiente se presentan los impactos proyectados en base a la valoración de los indicadores, así como la propuesta de medidas correctoras a cada uno de ellos.

Componente: social

Subcomponente: cantidad

INDICADOR	IMPACTO	MEDIDA CORRECTORA	
		TIPO	DESCRIPCIÓN
Interrupciones por acometida	Según la evaluación, este indicador no genera impacto negativo.	E	- Mantener y fortalecer la gestión a través del mantenimiento preventivo de manera de evitar al máximo que se realicen interrupciones del servicio.
Interrupción del servicio por mantenimiento no planificado	- Incomodidad en usuarios. - Se fomenta el desperdicio, los usuarios almacenan más agua de la que necesitan como reserva. - Deterioro del sistema. - Deterioro de la calidad del agua potable. - Al restituir el servicio el agua llega turbia.	M	- Realizar una planificación adecuada para realizar los cortes del suministro (horarios y sectores), por mantenimiento de la red. - Informar a los usuarios a través de los medios de comunicación (tv, radio, prensa escrita), previo a la realización de una interrupción del servicio.
		M	
Interrupción del servicio por daños en la red	- Incomodidad en usuarios. - Se fomenta el desperdicio, los usuarios almacenan más agua de la que necesitan como reserva. - Deterioro del sistema. - Deterioro de la calidad del agua potable. - Al restituir el servicio el agua llega contaminada (turbia y con sedimentos)	P	- Empezar una campaña de rehabilitación o renovación de la red existente ya que cuenta con aproximadamente 40 años de instalada, y en su mayoría la red está conformada por tubería de asbesto cemento (AC). - Realizar una planificación adecuada para realizar los cortes del suministro (horarios y sectores), por mantenimiento de la red.
		M	

Subcomponente: calidad

INDICADOR	IMPACTO	MEDIDA CORRECTORA	
		TIPO	DESCRIPCIÓN
Continuidad del suministro	Según la evaluación este indicador no causa impacto negativo, la presión en la red se mantiene las 24 horas del día.	E	- Sectorizar la red para poder ejercer mayor control de la presión, caudal y fugas, para de esta manera ofrecer un suministro continuo a los usuarios.
Días con restricción del servicio	- Ajustes del horario de los miembros de las familias para realizar sus actividades. - Se fomenta el desperdicio, los usuarios almacenan más agua de la que necesitan como reserva. - Deterioro del sistema. - Deterioro de la calidad del agua potable. - La empresa tiene que abastecer del líquido vital los días en el que esté restringido, representando gastos adicionales.	M M	- Si las restricciones son por actividades de operación y mantenimiento se debe realizar dichas actividades de manera eficiente (tiempo y recursos) para restituir el suministro de agua en el menor tiempo posible. - Si las restricciones son causadas por la disminución del caudal en la fuente (época de estiaje), se debe emprender un programa para incrementar la capacidad de almacenamiento (volumen de reserva) de la red. Además se debe establecer políticas para la gestión del suministro en épocas de sequía (estiaje) o temporadas críticas.
Empleados por conexión	- Incomodidad del usuario. - Pérdida de tiempo del abonado. - Atención deficiente al usuario, ya que no se cuenta con el número recomendado de empleados que es 3 por cada 1000 conexiones en agua potable.	M	- Incorporar (contratar) un mayor número de personal capacitado, de manera que se brinde al cliente una atención amable, personalizada y rápida.

Subcomponente: reclamos

INDICADOR	IMPACTO	MEDIDA CORRECTORA	
		TIPO	DESCRIPCIÓN
Reclamos por calidad del suministro	- El abonado no se encuentra satisfecho con la calidad de agua brindada por la empresa.	M	- Atender de una manera rápida y eficiente los reclamos realizados por los usuarios.
	- El abonado realiza gastos adicionales como compra de agua embotellada y de purificadores para obtener la calidad deseada.	M	- Dar solución inmediata y efectiva a los problemas con el suministro que tienen los usuarios, motivo de sus reclamos.

Subcomponente: hábitos

INDICADOR	IMPACTO	MEDIDA CORRECTORA	
		TIPO	DESCRIPCIÓN
Usuarios que hierven el agua potable	- Los usuarios realizan gastos adicionales: gas, recipientes. - Invierten tiempo.	P	- Realizar mantenimiento (rehabilitación, renovación) permanente de la infraestructura hidráulica.
		P	- Mejorar la calidad del agua en la red, con el objeto de que el cliente haga uso de este recurso en todas sus necesidades, sin tener que realizar gastos adicionales para obtener una calidad adecuada.
Usuarios que compran agua embotellada	- Gastos adicionales por compra de agua, que a la postre representan un valor muy costoso en relación con la tarifa de agua que paga. (ver tabla 5.2) - Invierten tiempo.	P	- Gestionar la red (operación y mantenimiento) de tal manera de evitar en lo posible que se realicen interrupciones del suministro.
		M	- Abastecer del líquido vital a los usuarios de los sectores afectados por la interrupción del suministro.
Usuarios que	- Invierten tiempo en el	P	- Gestionar la red (operación y

Subcomponente: salud

INDICADOR	IMPACTO	MEDIDA CORRECTORA	
		TIPO	DESCRIPCIÓN
Usuarios con afecciones por enfermedades de origen hídrico	- Problemas de salud en los usuarios. - Los usuarios tienen que afrontar con los costos por las enfermedades adquiridas.	P P M	- Evitar realizar interrupciones del servicio de agua. - Renovar las tuberías que ya han cumplido con su vida útil - Realizar controles periódicos para detectar, localizar y reparar las fugas de agua, ya que a través de ellas tiene origen la intrusión de patógenos, y la contaminación del agua.
Usuarios con afecciones a la piel	- No se registran usuarios con afecciones a la piel debido a la mala calidad del agua.		
Usuarios con otro tipo de afecciones debido a la calidad del agua	- Problemas de salud en los usuarios. - Los usuarios tienen que afrontar con los costos por las enfermedades adquiridas.	P P M	- Evitar realizar interrupciones del servicio de agua. - Renovar las tuberías que ya han cumplido con su vida útil - Realizar controles periódicos para detectar, localizar y reparar las fugas de agua, ya que a través de ellas tiene origen la intrusión de patógenos, y la contaminación del agua.

Componente: económico

Subcomponente: operación y mantenimiento

INDICADOR	IMPACTO	MEDIDA CORRECTORA	
		TIPO	DESCRIPCIÓN
Hidrantes inspeccionados	- El 100% de hidrantes instalados en el sector, son inspeccionados.	E	- Mantener y fortalecer (asignando más recursos) los programas de inspección y mantenimiento de hidrantes, para que la totalidad de los hidrantes instalados sean operativos.
Edad de contadores domiciliarios	- Conforme aumenta la edad del contador disminuye su exactitud para la medición (aumenta el error). - Contadores muy antiguos distorsionan las lecturas.	P	- Elaborar un registro de contadores en los cuales conste la edad de instalación de los contadores.
		P	- Implementar programas de inspección periódica de contadores domiciliarios para conocer en qué estado se encuentran.
		M	- Empezar campañas de rehabilitación o en el caso de que ya hayan cumplido con la vida útil (8 años o más de 4000m ³ acumulados) renovar los contadores.

Subcomponente: infraestructura del sistema

INDICADOR	IMPACTO	MEDIDA CORRECTORA	
		TIPO	DESCRIPCIÓN
Densidad de válvulas	- Si no existe un número adecuado de válvulas, no se puede regular caudales, presiones, y gestionar de manera adecuada los cortes. - Además las válvulas son muy importantes al momento de vaciar y llenar la red ya que permiten la evacuación e ingreso de aire durante estas	M	- Implementar programas de instalación de válvulas conforme a los requerimientos de la red.

Edad de tubería	fenómenos transitorios que acompañan al vaciado y llenado de tuberías. - Cambio de las condiciones físicas internas, se produce incrustaciones duras especialmente en tubería de AC, que disminuyen la sección efectiva de la tubería - Con la presencia de incrustaciones, aumenta el valor de la rugosidad absoluta de las tuberías. - Disminuye el caudal trasegado. - En tuberías de hierro se produce corrosión, que contamina el agua circulante por ellas.		
-----------------	--	--	--

Tipos de medidas correctoras:

N	=	Nulificación
M	=	Mitigación
P	=	Prevención
C	=	Compensación
CT	=	Contingencia
E	=	Estimulación

En la matriz anterior se observa los impactos que generan cada uno de los indicadores propuestos que fueron evaluados, así mismo se plantean de los tipos de medidas correctoras existentes, los correspondientes de acuerdo a cada caso, de lo anterior se tiene que:

- En el componente social, la mayoría de medidas sugeridas son mitigadoras, debido a que se están produciendo impactos negativos por los cortes del suministro, y se debe de alguna forma minimizarlos, se plantean también medidas preventivas para evitar en lo posible que por razones que son manejables se produzcan los cortes del fluido. En tres indicadores cuya

evaluación resultó positiva, es decir no causan impactos negativos, se dan sugerencias para estimular dichas acciones y potenciarlas.

- Para el componente económico, mayormente se proponen medidas mitigadoras debido a los impactos negativos que ocasionan las interrupciones del servicio de agua potable, según la evaluación realizada, también se sugieren actividades a emprender con el fin de evitar el que se produzcan impactos negativos en este componente; sólo un indicador evaluado dentro no ocasiona impacto negativo por lo que se sugiere actividades para estimular y potenciar la correcta gestión del mismo.

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. De la metodología

Para el diagrama de redes (ver figura 3.1), se consideraron en el presente estudio relaciones de hasta tercer nivel de causalidad; se identificó a las operaciones de llenado y vaciado de tuberías como las actividades generadoras (primer nivel) de los impactos, dichas relaciones causa-efecto convergen en la actividad de rehabilitar o renovar tuberías y accesorios.

En la lista de revisión (check list) se planteó 162 variables (ver anexo 4), de las cuales sólo 79 se utilizó para construir los indicadores propuestos en el estudio, por lo que la lista de revisión se debe ajustar con el fin que no exista información abundante e innecesaria que puede hacer más tedioso el trabajo.

Para la aplicación de la metodología EICRA propuesta, se configuró 67 indicadores estructurados en 11 subcomponentes y estos a su vez contenidos en 3 componentes: social, económico y ambiental.

Para el cálculo de los indicadores el periodo de análisis (PA), que se consideró es de 1 año, año de estudio correspondiente al 2012.

La valoración para la ponderación de los indicadores, subcomponentes y componentes se realizó mediante la aplicación de la entrevista Delphi a seis profesionales afines al tema de estudio (ver anexo 5); una vez aplicada la entrevista se eliminó algunos indicadores planteados en los subcomponentes: **calidad del servicio e infraestructura del abastecimiento**, se consideró que no contribuían para cumplir con el objetivo del estudio, por lo que se realizó una redistribución de las importancias ponderadas de estos subcomponentes e indicadores (ver anexo 6).

Para obtener el factor de calidad FC de cada indicador propuesto se determinó la función de conversión y su respectiva curva de conversión, con base en la entrevista Delphi (ver anexo 3), aplicada a seis profesionales inmersos en la rama hidráulica, de los seis profesionales entrevistados, sólo tres aportaron con información valedera, por este motivo es importante reajustar las funciones y curvas aquí generadas, involucrando a más profesionales expertos en el tema de gestión de abastecimientos, ya que de esta forma se contará con más información que permitirá dar mayor fiabilidad a la herramienta de evaluación propuesta.

Se tiene que los indicadores que no fueron valorados por los expertos al momento de realizar la entrevista Delphi son: (EIN6) Densidad de contadores domiciliarios y (EOM2) Reparaciones por control activo de fugas, por tal motivo los valores para determinar la función de conversión y la curva de conversión fueron asignados a criterio del autor.

Los indicadores: SR1, SR2, SR3, SR4, SH1, SH2, SH3, SH4, SH5, SS1, SS2, SS3, son la propuesta que se plantea para el presente estudio, no se encontraron en la literatura normas que sugieran rangos o valores de los mismos, por lo cual las gráficas resultantes son lineales, ya que se asignó valores extremos de SI o de NO, correspondiéndoles factores de calidad FC: de 1 ó 0 según sea el caso. A estos se suman el indicador AS1, al cual también se les asignó valores de SI o NO, por el motivo de que no se encontró normas u otros documentos que sugieran valores o rangos. Los valores asignados a todos estos indicadores se deben revisar con el fin de establecer valores intermedios, ya que valorar los extremos (SI/NO) puede resultar demasiado generoso o demasiado estricto.

5.2. De la aplicación al caso de estudio

En el distrito hidrométrico “Zamora Huayco” caso de estudio, que se aplicó la metodología, la empresa aún no cuenta con un catastro completo del mismo, debido a esto no se pudo obtener información completa para realizar la evaluación de todos los indicadores propuestos, se evaluó sólo los componentes social y económico.

De los 67 indicadores configurados para el presente estudio, se calculó 23 indicadores, debido a la falta de información de algunas variables (Tabla 4.4.).

La proyección de los impactos generados por los cortes o racionamientos del suministro, se realizó con base en la valoración de los indicadores y conversión de los mismos en valores isométricos mediante el cálculo de los pesos relativos, de lo que se obtuvo: el peso relativo calculado para el componente social es de 5.9 sobre 33.3 (Tabla 4.5.), el peso relativo del componente económico es de 4.6 sobre 33.4 (Tabla 4.6.) y el peso relativo del componente ambiental es de 0 sobre 33.3 (Tabla 4.7.). Sumados los pesos relativos de los tres componentes se obtiene el valor de 10.5 sobre 100. Así se determina que los cortes o racionamientos, causan impactos negativos principalmente en los componentes social y económico.

Entre los principales impactos sociales proyectados, que generan los racionamientos o cortes del suministro se tiene:

- Afectan a la **cantidad** de agua entregada, debido a las interrupciones principalmente por mantenimiento no planificado y por daños en la red.
- Disminuye la **calidad** del servicio, debido a que existen días con restricción, además el número de empleados no es el recomendado para brindar un servicio adecuado al usuario, existe déficit.
- Se generan **reclamos** de parte de los usuarios, por la calidad del suministro recibido.
- Se modifica los **hábitos** de los usuarios o genera nuevos como: comprar agua embotellada, hervir el agua potable antes de consumirla, almacenar agua en recipientes, y proveerse de cisternas (sistemas de almacenamiento). Un impacto positivo generado que los usuarios realizan inspecciones para el control de fugas en sus domicilios.
- La **salud** de los usuarios es afectada, por enfermedades de origen hídrico, y por otro tipo de enfermedades que se le atribuyen al uso o consumo del agua potable de mala calidad.

En lo económico se proyectaron los siguientes impactos:

- Se tiene que la edad de los contadores domiciliarios en promedio están alrededor de los 15 años, por arriba de lo recomendado que son 8 años, por lo que se incrementan las actividades de mantenimiento.
- La infraestructura de la red en el sector se ve afectada, debido a que no cuenta con el número adecuado de válvulas, no se encuentra correctamente sectorizada, no cuenta con el número necesario de hidrantes y la edad de la tubería ya sobrepasó el tiempo de vida útil recomendado ya que en promedio tiene 40 años, sumado a esto el material que conforma dicha red en mayor parte es de asbesto cemento, material que en la actualidad ya no se utiliza debido a los peligros que representa para la salud de los usuarios.

A través de la metodología EICRA se proyectó los impactos generados por los cortes y racionamiento del suministro, mediante la valoración de indicadores, mismos que se determinaron a través de la combinación de variables cuya información se obtuvo de la encuesta aplicada a la empresa gestora del servicio, y de documentos y archivos digitales proporcionados por los responsables, adicional a esto, se aplicó en el sector caso de estudio 100 encuestas para recabar información acerca de la percepción del usuario frente al servicio que recibe y frente al desempeño de la empresa, mucha de esta información recolectada fue importante para el cálculo de indicadores planteados. A continuación se resaltan algunos resultados:

5.2.1. Componente social.

- El tener que padecer las interrupciones, permite que los usuarios adopten nuevos hábitos como hervir el agua potable (52% de usuarios), almacenar agua, ajustar el horario de las actividades de los miembros de la familia a las horas en que disponen de agua.
- Dentro de las principales actividades que los usuarios realizan para abastecerse durante los días de interrupción están: comprar agua embotellada (50% de usuarios), almacenan en recipientes y tanques (27%) y cuentan con sistemas de almacenamiento (bombas, cisternas) (20%), realizan de esta forma un gasto adicional al tener que comprar agua, recipientes, invertir en los sistemas de almacenamiento y el tiempo que invierten en acarrear el agua, dar mantenimiento a la cisterna, comprar el agua, (valor del tiempo).
- Con las interrupciones del servicio se fomenta el desperdicio, ya que muchas de las veces los usuarios almacenan más agua de la que necesitan, para luego tener que botarla u ocuparla en otras actividades que no son primordiales.
- Al existir racionamientos o cortes la calidad del agua de la planta al usuario disminuye, al estar propensa a intrusión de patógenos cuando existen depresiones en la red vacía.
- La red en la que existen fugas es más propensa a contaminación, debido a que por las fisuras por dónde fuga el agua entran los contaminantes, se deteriora la calidad del agua y los usuarios están expuestos a adquirir enfermedades por el agua contaminada consumida.
- Si existen quejas de los usuarios hacia los gestores del servicio es porque no se encuentran satisfechos con el servicio recibido.
- El 52% de los entrevistados habitantes del sector caso de estudio están dispuestos a pagar entre 0.50 centavos y 2.0 dólares o el valor que sea necesario, para que mejore el servicio, en especial la calidad del agua que reciben.

5.2.2. Componente económico.

- La red de agua potable no se encuentra adecuadamente sectorizada, existe sólo un distrito hidrométrico establecido que es “La Tebaida”.
- En la red del sector caso de estudio, el 70.8% de la tubería corresponde a asbesto cemento, y sólo el 29.2% es de PVC, debido a esto la calidad del agua que circula por la red no es totalmente confiable.
- La tubería que conforma la red del sector en su mayoría ya cumplió con su vida útil, tiene 40 años de instalada, por lo que requiere la inmediata renovación, motivo de esto es el alto porcentaje de pérdidas, además la calidad del agua al transitar por estas se deteriora y puede desencadenar en problemas sanitarios.
- Al momento de realizar las interrupciones del servicio, con las actividades de vaciado y llenado de la red se deteriora el sistema, debido a que se producen fenómenos transitorios que someten la tubería a importantes esfuerzos, al cumplir la red con su vida útil esta se encuentra más propensa a sufrir, fisuramientos, roturas y hasta el colapso.

5.2.3. Componente ambiental.

- Debido a la falta de información (datos), no se pudo realizar la evaluación para determinar los impactos ambientales generados por los racionamientos o cortes del suministro en el sector de estudio.

CAPÍTULO 6:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Del objetivo general

- La metodología propuesta en este trabajo es una herramienta de evaluación, que permite proyectar los impactos sociales, económicos y ambientales que generan los racionamientos o cortes del suministro de agua, en cualquier parcela hidrométrica, mediante la valoración de indicadores y determinación de pesos relativos para cada componente evaluado. La información para dicha evaluación es proporcionada por el gestor. .

De los objetivos específicos

- Se adaptó la metodología EICRA tomando como base métodos conocidos de la EIA cómo son: el screening, scoping, lista de revisión y diagrama de redes, métodos evaluativos de primer nivel y el método de Batelle – Columbus, método evaluativo de segundo nivel, para cumplir con este objetivo se configuró 67 indicadores establecidos en 11 subcomponentes y estos a su vez contenidos en 3 componentes: social, económico y ambiental.
- Se aplicó la metodología propuesta al distrito hidrométrico “Zamora Huayco”, debido a que aún no se encuentra completamente establecido, no cuenta con catastros completos de la red, ni datos técnicos del distrito, información que es necesaria para el cálculo de los indicadores propuestos, es así que de los 67 indicadores configurados para el presente estudio, se calculó sólo 23. Sin embargo como resultado de esta evaluación se obtuvo que los cortes del suministro causan impactos negativos en el aspecto social, en lo referente a: cantidad, calidad del servicio, reclamos, hábitos y salud de los usuarios; económicamente en: las actividades de mantenimiento y la infraestructura de la red. No se logró recabar información para las variables ambientales sugeridas por tal motivo no se proyectó los impactos ambientales que generan los cortes y racionamientos en el distrito estudiado.

RECOMENDACIONES

- Al momento de definir la lista de revisión (check list), incluir todas las variables posibles que permitan configurar los indicadores que ayudaran a cumplir con el objetivo, y eliminar aquellas variables e indicadores que no sean útiles, para evitar obtener información abundante e innecesaria.
- Realizar encuestas piloto para afinar el cuestionario a aplicar.
- Para la valoración de los indicadores aplicar el cuestionario (Delphi), a la mayor cantidad de profesionales expertos o conocedores del tema, para que los resultados en lo posible sean los más exactos y ajustados a la realidad.
- Para posteriores estudios acerca de impactos por cortes y racionamientos, ajustar e incluir en el banco de indicadores, algunos que complementen y permitan determinar impactos que en este estudio no fueron considerados pero que son necesarios.
- Se debe reajustar las funciones de conversión, y esto se logra involucrando más expertos en la valoración de los indicadores, ya que así se obtendrá más información que permitirá obtener curvas de conversión lo más cercanas a la realidad.
- Detectar y valorar los impactos ambientales que pueden generarse mediante las actividades de construcción u operación y mantenimiento en la red especialmente cuando se realiza el vaciado y llenado de ésta, para tomar las correspondientes medidas correctoras.
- Utilizar el método de las transparencias de McHarg para presentación de resultados, con el fin de observar de mejor manera el grado de impacto que se genera en los componentes.
- Realizar el levantamiento catastral de usuarios del DH, caso de estudio o actualizarlo.
- Levantar el catastro físico (hidráulico) de la red del D.H., para con esta información modelar, simular y calibrar la red.
- Rediseñar la red.
- Para mejorar la gestión del sistema de tal manera que se prevenga, evite o mitigue los impactos por cortes y racionamientos del suministro referirse a la matriz del apartado **Medidas correctoras**.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Abarca D. (2012). Técnicas de detección y localización de fugas de agua en redes de distribución. Universidad Técnica Particular de Loja. Trabajo de fin de carrera.
- APARCOR, (S/F) Manual de control de pérdidas (IANC) de la administración de servicios públicos domiciliarios de la Apartada.
- Benavides H. (2008), "Descripción y efectos de la cavitación.- Protección de tuberías". Curso de hidráulica I. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Benavides H. (2010). Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren. Universidad Politécnica de Valencia. Tesis doctoral.
- Benavides H. (2005). Curso de Evaluación de impactos ambientales en proyectos de ingeniería civil. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Técnica Particular de Loja. Presentaciones.
- Benavides H. y Sánchez J. (2010). Gestión para la eficiencia hidráulica y energética en sistemas de distribución de agua. Sistemas de Saneamiento. Eficiência Energética. Joao Pessoa, Editora Universitaria. UFPB - LEHNS-PROSUL.
- Cabrera Marcet E. (2006). Los cortes de agua y el racionamiento racional en épocas de escasez, Universidad Politécnica de Valencia.
- Cabrera R. E. (2001). Diseño de un sistema para la evaluación de la gestión de abastecimientos urbanos. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. Tesis doctoral.
- CARE Internacional, CAMAREN, Consorcio PROTOS-CEDIR, CONJUAPA. (2006). Estudio de sostenibilidad de los sistemas de agua potable rural. Quito, Ecuador.
- Cátedra de Ingeniería rural, Tema 10: El golpe de ariete. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real.
- Durán J. y Torres A. (2006). Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media. Investigadores del Departamento de Estudios Socio-Urbanos del Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades. Vol. XII No. 36 Mayo / Agosto de 2006. Universidad de Guadalajara. México.

- Escobar J. (2011). Método de los caudales mínimos nocturnos: revisión de sus bases científicas, evaluación de errores potenciales y propuestas para su mejora. Trabajo fin de Máster.
- Espinoza G. (2007). Gestión y fundamentos de la evaluación de impacto ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo – BID, Centro de Estudios para el Desarrollo – CED. Chile.
- García-Serra J. e Iglesias P. (S/F) Modelación y Diseño de redes de abastecimiento de agua Cap. 1: Introducción a las redes de abastecimiento. Ecuaciones fundamentales.
- García-Serra J.; et al. (1997). Llenado de tuberías con aire atrapado, Grupo Mecánica de Fluidos, Dpto. de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia.
- Guarga R.; et al. (1995). Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión, Capítulo 8: Llenado, vaciado y evolución del aire atrapado en una conducción de agua a presión. Unidad Docente Mecánica de fluidos. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Hansen P.; et al. (2005). Indicadores de gestión en organismos operadores de agua potable de México; resultados generales. IMTA.
- Instituto Ecuatoriano de obras sanitarias – ex IEOS. (1992). Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Ecuador: CPE INEN 5, Parte 9-1.
- IMTA (2007). Indicadores básicos para la gestión de los organismos operadores. Fondo para la comunicación y la educación ambiental, A.C. y su centro virtual de información del agua (Cevla).
- ITA (2009). Curso: rehabilitación y renovación de redes de agua. Universidad Politécnica de Valencia.
- Jimbo G. (2011). Evaluación y diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Machala. Universidad Técnica Particular de Loja. Trabajo de fin de carrera.
- Legro B.; et al. (2011). Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información (ADSI). Método Delphi. Centro Nacional de Aprendizaje (SENA). Barranquilla. Recuperado de: <http://www.slideshare.net/lili369/mtodos-en-prospectiva-2-metodo-delphi>

- López A.; et al. (2006). Panorámica sobre la problemática de la calidad de los suministros de agua en España, VI SEREA, Seminario Iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento urbano de agua, João Pessoa, Brasil.
- (S/F) Material suplementario 4.8 Determinación del Índice de fugas estructurales (IFE). pdf.
- Medina G. (2009). Políticas para el control activo de fugas. Universidad Técnica Particular de Loja. Tesis de grado.
- Mendiluce E. (1984). Peligrosidad del aire en el interior de las tuberías. Revista de obras públicas, 177-184.
- Mendiluce E. (1972). Golpe de ariete. Nueva comprobación analítica y experimental de la fórmula del tiempo de parada en impulsiones. Revista de obras públicas, 575- 586.
- Mora J. (2011). Modelación de la intrusión patógena a través de fallos y su implicación en la red de distribución de agua, Universidad Politécnica de Valencia. Tesis doctoral.
- Mora J.; et al. (2007). Tema C: Agua y ciudad. La intrusión patógena simulada con un modelo de CFD, Universidad Politécnica de Valencia.
- Mórtoles J. (2009). Ecuambiente de AEISA. El agua una responsabilidad compartida. Edición # 16, abril del 2009. Guayaquil-Ecuador.
- Ortega J. (2007). Herramientas para la evaluación, control y seguimiento de la gestión de las empresas municipales de agua potable y alcantarillado bajo indicadores internacionales. IV COLEIC, Panamá.
- Páez J. (1996), Introducción a la evaluación del impacto ambiental. Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la república del Ecuador- USAID - F. Natura. Quito.
- Rada G. (2007). Atributos de un buen indicador. P. Universidad Católica de Chile.
- (S/F). Sección Técnica de Procesos de Mejora y Sistemas de Medición de la Comisión de Modernización y Calidad de la FEMP Página 106.
- (S/F). Serrano J. Ventosas. Uralita Sistemas de tuberías.

- Toxky G. (2012). La sectorización en la optimización hidráulica de redes de distribución de agua potable, Instituto Politécnico Nacional. Tesis para obtener el grado de maestro en Ingeniería Civil.
- (S/F). Uralita Sistemas de tuberías. La cavitación en sistemas de tuberías.
- Varady R. y McGovern E. (2009). Paradigmas para la gestión del agua en el siglo XXI.

LINKOGRAFÍA

- http://www.agronoms.cat/media/upload/editora_24//Cavitacion%20espa%C3%B1ol%202_editora_241_90.pdf
- <http://www.buenastareas.com/ensayos/Beneficios-Del-Desarrollo-Sustentable/791843.html>
- <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/flujoentuberias/clidadaguadistrib/calidadaguadistrib.html>
- Julián D. (2010)
<http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20100926065058AARolQb>.
Fecha de consulta 10 de mayo de 2012.
- Galarza E. (2007)
http://www.slideshare.net/marcel_galarza/construccion-de-indicadores
- Guardela G. (2011)
<http://www.slideshare.net/gguardela/la-encuesta-7783278>
- Técnica de Técnica de Procesos de Mejora y Sistemas de Medición de la Comisión de Modernización y Calidad de la FEMP.
<http://es.scribd.com/doc/52080171/31/TIPOS-DE-INDICADORES> Sección. Fecha de consulta 12 de julio 2012.
- <http://www.ingenieriadelagua.com/2004/JIA/Jia2009/fs/C011rev.pdf>.
- <http://www.sanluisagua.com.ar/SLAguaAsp/Paginas/InfoPrensaDetalle.asp?TemalId=1&InfoPrensaId=179>
- <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/caudalimetro-electromagnetico-64645.html>
- <http://www.globalw.com/products/FM500.html>; http://img.directindustry.es/images_di/photo-m2/caudalimetros-de-ultrasonidos-portatiles-de-modulacion-de-velocidad-23500-2633753.jpg

- <http://www.g-flow.com/caudalimetros-electro-magneticos>
- <http://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=17333&nombreproducto=caudalimetro+ultrasónico>
- <https://www.google.com.ec/search?q=im%C3%A1genes+del+golpe+de+ariete+en+tuberias&tbm=isch&tbo>
- http://www.transelectric.com.ec/transelectric_portal/files/04%20linea%20base_lt%20cuenca-loja.pdf
- <http://www.ib-net.org/>. Página activa.
- <http://www.sigmalite.com>. Página activa.
- http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_sostenible. Fecha de consulta 10 de mayo de 2012.
- <https://www.google.com.ec/search?hl=en&site=imghp&tbm=isch&source>. Fecha de consulta 24 de febrero de 2013.
- <http://www.construmatica.com/construpedia/Caudalímetro>
- www.buenastareas.com/ensayos/Beneficios-Del-Desarrollo_sostenible. Fecha de consulta 10 de mayo de 2012.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta aplicada a los usuarios del servicio de agua potable

ENCUESTA DESTINADA A LOS USUARIOS DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

La siguiente encuesta destinada a los usuarios del servicio de agua potable, tiene como finalidad la recolección de datos acerca de la percepción y realidad respecto al servicio recibido, los cuales permitirán elaborar un banco de indicadores para **proyectar los impactos que causan los cortes o racionamientos del suministro de agua potable**. Dichos resultados serán utilizados para fines académicos.

Fecha_____	Sector_____
Presión_____	Coordenadas_N_____E_____

Datos del entrevistado

Nombres y apellidos: _____

Sexo: () M () F Edad_____ Instrucción_____

1. Ingresos económicos mensuales: _____
2. ¿Presenta últimas planillas de pago de agua?
SI () mes_____ NO ()
3. Consumo_____m³
4. Valor mensual que cancela por el servicio de agua potable (planilla):
 - a) servicio agua potable _____
 - b) planes maestros _____
 - c) valor C.P.D. _____
 - d) microcuencas _____
5. Tipo tarifa de conexión de agua potable (*categoría*):
 - a) residencial () e) especial ()
 - b) comercial () f) municipal ()
 - c) industrial () g) tercera edad ()
 - d) institucional () h) otros () _____
6. Número de familias que habitan en su domicilio: _____
7. Número de personas que habitan en su domicilio: _____
8. Número de contadores instalados en su domicilio: _____
9. Edad de instalación del contador: _____
10. Estado del contador:
funciona () dañado () sin contador ()
11. Volumen acumulado en el contador domiciliario: _____m³
12. ¿Cuál es el diámetro de su conexión de servicio (*acometida*)?
 - a) ½" (15mm) () _____ d) 1 ½" (40mm) () _____
 - b) ¾" (20mm) () _____ e) 2" (50mm) () _____
 - c) 1" (25 mm) () _____ f) 4" (100mm) () _____
 - g) no sabe () _____

13. ¿Cómo califica el servicio de agua potable que proporciona la empresa?
- | | | | |
|-----------|-----|---------|-----|
| muy bueno | () | regular | () |
| bueno | () | malo | () |
- ¿Por qué? _____
14. El flujo de agua que llega a su domicilio es:
- | | | | |
|-----------|-----|-----------|-----|
| abundante | () | poco | () |
| regular | () | casi nada | () |
15. La fuerza con la que el suministro de agua llega a su domicilio es:
- | | | | |
|------------|-----|-----------|-----|
| muy fuerte | () | débil | () |
| fuerte | () | muy débil | () |
| normal | () | | |
16. ¿Existen interrupciones del servicio de agua potable?
- | | | | |
|----|-----|----|-----|
| SI | () | NO | () |
|----|-----|----|-----|
- Si su respuesta es afirmativa ¿con qué frecuencia ocurren? _____
17. ¿Qué tiempo duran las interrupciones? _____
18. ¿En promedio cuántas horas al día dispone del servicio de agua? _____
19. ¿La empresa gestora informa, previo a realizar un racionamiento o corte del suministro de agua?
- | | | | |
|----|-----|----|-----|
| SI | () | NO | () |
|----|-----|----|-----|
- A través de:
- | | | | | | |
|-------|-----|------------|-----|-------|-------|
| radio | () | televisión | () | otros | _____ |
|-------|-----|------------|-----|-------|-------|
20. ¿En caso de que existan interrupciones del servicio de agua potable, la empresa abastece de agua a su sector?
- | | | | |
|----|-----|--------------|-------|
| SI | () | por medio de | _____ |
| NO | () | | |
- Si su respuesta es negativa, ¿cómo se abastece de agua?
- | | | | |
|----------------------------|-------|---------------------|---------------------------------|
| a) almacena | () | en | _____ |
| b) compra agua embotellada | () | volum. _____ litros | frecuencia _____ costo \$ _____ |
| c) cuenta con cisterna | () | capacidad | _____ |
| d) otros | _____ | | |
21. ¿Usted hierve el agua potable, antes de consumirla?
- | | | | |
|----|-----|----|-----|
| SI | () | NO | () |
|----|-----|----|-----|
- ¿Por qué? _____
22. ¿El uso que le da al agua potable es?
- | | | | | | | | |
|-----------|-----|----------|-----|----------|-----|------------|-----|
| doméstico | () | agrícola | () | ganadero | () | industrial | () |
|-----------|-----|----------|-----|----------|-----|------------|-----|
23. ¿Realiza alguna actividad comercial o industrial en su vivienda?, en caso de que la respuesta sea afirmativa indicar la actividad.
- | | | | |
|----|-----|----|-----|
| SI | () | NO | () |
|----|-----|----|-----|
- _____
24. En lo referente a la calidad, luego de haber existido un corte en el suministro, el agua que recibe:
- | | | | | | |
|-------------------|-----|-----------|-----|----------|-----|
| tiene mucho cloro | () | es turbia | () | es buena | () |
| tiene mal olor | () | es dura | () | no sabe | () |

tiene mal sabor () tiene animales ()

25. ¿Ha padecido alguna enfermedad de origen hídrico?

SI () NO ()

Si su respuesta es positiva, ¿cuál de las siguientes enfermedades ha padecido?

cólera () hepatitis () gastroenteritis ()

diarrea () tuberculosis () de la piel ()

otras _____

26. ¿Cuándo solicita algún servicio de instalación o reparación, la empresa actúa de manera rápida y eficiente?

nunca () algunas veces () siempre () no ha solicitado ()

27. La empresa recepta sus reclamos a través de:

cartas () llamadas telefónicas () internet () no sabe ()

otros _____

28. ¿La empresa ha realizado algún tipo de campaña para el ahorro del agua? si la respuesta es positiva, describir lo realizado

SI () NO ()

29. ¿Estaría de acuerdo con un incremento en el costo de las planillas mensuales de agua a cambio de un mejor servicio?

SI () NO ()

¿Por qué? _____

Si su respuesta es positiva ¿seleccione qué valor adicional (\$) estaría dispuesto a cancelar?

0.50 () 0.75 () 1.00 () 1.50 () 2.00 () otro _____

30. ¿Ha tenido algún tipo de problema con su contador domiciliario?, si la respuesta es afirmativa describa el problema:

SI () NO ()

31. ¿Usted realiza algún tipo de detección para control de fugas de agua dentro de su domicilio?

SI () NO ()

¿En qué consiste? _____

Anexo 2. Encuesta aplicada a la empresa gestora del servicio de agua potable

ENCUESTA DESTINADA A EMPRESAS GESTORAS DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

La siguiente encuesta destinada a los gestores del servicio de agua potable tiene como finalidad la recolección de datos acerca del abastecimiento de agua, los cuales permitirán elaborar un banco de indicadores para proyectar los impactos que causan los **cortes o racionamientos del suministro de agua potable**. Dichos resultados serán utilizados para fines académicos.

GENERALES:

ENTIDAD GESTORA DEL SERVICIO: _____

PUESTO QUE DESEMPEÑA EL ENTREVISTADO: _____

PRINCIPAL ACTIVIDAD QUE REALIZA: _____

1. ¿Qué servicios proporciona la entidad?:
 - a) agua ()
 - b) alcantarillado ()
 - c) recolección de basura ()
 - c) teléfono ()
 - d) otros. _____
2. ¿El sistema de su ciudad se encuentra subdividido en subsectores hidráulicos?

SI ()NO ()
3. Número de :
 - a) distritos hidrométricos: _____
 - b) sectores hidrométricos: _____
 - c) sub-sectores hidrométricos: _____
4. Nombre de la parcela hidrométrica a evaluar:

distrito hidrométrico	()	nombre: _____
sector hidrométrico	()	nombre: _____
sub-sector hidrométrico	()	nombre: _____
toda la ciudad	()	nombre: _____
5. ¿Cómo presuriza el sistema para proveer el suministro de agua potable?
 - a) presión () _____%
 - b) gravedad () _____%
 - b) bombeo () _____%
6. Población total servida: _____
7. Longitud total de la red (km): _____
8. Área abastecida (km²): _____
9. Número de conexiones: _____
10. Longitud promedio de las conexiones de servicio _____
11. Número de clientes registrados _____

COMPONENTE SOCIAL

Subcomponente cantidad

12. ¿Cuál es el volumen anual de agua que ingresa a la parcela de distribución? _____
13. Volumen total de agua entregada por la parcela por cada mes: _____
14. Número de interrupciones del suministro de agua potable debido a:
 - a) mantenimiento del sistema () _____ interrupciones/año
 - b) daños en la red () _____ interrupciones/año
 - c) estiaje () _____ interrupciones/año
 - d) demanda excedente () _____ interrupciones/año
 - e) contaminación en el almacenamiento () _____ interrupciones/año
15. ¿Cuál es el tiempo total acumulado en horas al año, que duran las interrupciones?
 - a) mantenimiento del sistema () _____ horas
 - b) daños en la red () _____ horas
 - c) estiaje () _____ horas
 - d) demanda excedente () _____ horas
 - e) contaminación en el almacenamiento () _____ horas
16. ¿Cuál es el volumen total de agua vendida (m^3) por cada mes? _____
17. ¿Cuál es el volumen de agua vendida (m^3) que es medida a través de contadores domiciliarios? _____

Subcomponente de calidad del servicio

18. Número de habitantes abastecidos de agua potable: _____
19. Número de habitantes que se encuentran dentro del área de cobertura: _____
20. Número máximo de habitantes servidos en horas pico: _____
21. Número máximo de habitantes servidos en días pico: _____
22. Número de conexiones servidas en horas pico: _____
23. ¿Cuántos análisis de calidad de agua se realiza al mes? _____
24. ¿Cuántos análisis de cloro residual se realiza al mes? _____
25. Número de conexiones de servicio con un rango de cloro residual diferente al de la norma ($0.1mg/l$ – $0.5mg/l$): _____
26. ¿Cuántas horas promedio al día se proporciona del servicio de agua? _____
27. Número de usuarios con suministro discontinuo durante la operación normal: _____
28. ¿Cuántas horas al día la red se mantiene presurizada? _____
29. ¿Cuál es el número muy probable de conexiones abastecidas con presión adecuada? _____
30. Número de días al año con restricción del servicio: _____
31. Presión mínima de servicio: _____
32. Presión máxima de servicio: _____
33. Presión media de servicio: _____
34. ¿Cuál es el número de conexiones que se incrementan por año? _____
35. ¿Cuál es el número total de conexiones con medidor funcionando? _____
36. ¿Cuál es el número de habitantes por conexión de servicio? _____

37. Número total de empleados en agua potable: _____
38. Número de empleados en:
- a) atención al cliente: _____
 - b) servicio técnico: _____
 - c) transmisión, almacenamiento y distribución: _____
 - d) laboratorio: _____
 - e) operación y mantenimiento: _____
 - f) mantenimiento de contadores: _____
 - g) monitoreando la calidad del agua _____
 - f) técnicos _____
39. Cuando se interrumpe el servicio de agua potable, ¿la empresa abastece de agua al sector afectado?
- SI () a través de: _____
- NO ()
40. Luego de suspender el servicio de agua y antes de volver a suministrarlo desinfecta la red de tuberías?
- SI () NO ()
- ¿Por qué? _____
- Si su respuesta es positiva ¿cómo lo hace? _____
41. Luego de desinfectada la red, ¿qué tiempo espera para volver a dar servicio de agua? _____
42. Número de horas de capacitación invertidas por año por cada técnico de campo y miembro de planificación _____
43. Número de horas de capacitación invertidas por año en los clientes _____
- ¿En qué consiste? _____
44. ¿Cuántos minutos al mes invierte en campaña para educar a sus clientes?
- En televisión: _____
- En radio: _____
45. ¿Qué otros medios utiliza para educar a sus clientes?
- | | | | |
|-----------------------|-------|-------------------------|-----|
| prensa escrita | () | boletines | () |
| visitas a los barrios | () | visitas puerta a puerta | () |
| internet | () | | |
| Otros | _____ | | |
46. ¿Se ejecuta un plan de marketing publicitario de la empresa, promoción al ahorro y difusión pública?
- SI () NO ()
- ¿En qué consiste? _____
- Subcomponente reclamos:**
47. ¿Cómo se receptan los reclamos de los usuarios?
- a) cartas () b) llamada telefónica () c) otros _____
48. Número de reclamos que recibe al mes por:
- a) reclamos por el servicio _____

- b) reclamos debido a presión inadecuada_____
- c) reclamos por continuidad del servicio _____
- d) reclamos por la calidad del agua _____
- e) reclamos por interrupciones del suministro _____
49. Número de reclamos atendidos_____
50. Tiempo promedio que la empresa tarda en dar respuesta a los reclamos _____
- ¿Cómo lo hace?_____

COMPONENTE ECONÓMICO:

Subcomponente operación y mantenimiento

51. ¿Realiza inspecciones? para:
- a) detección de fugas SI () mediante _____ NO ()
- b) localización de fugas SI () mediante _____ NO ()
52. ¿Número y longitud de inspecciones en la red para control de fugas?
- a) acústicas_____ km
- b) visuales_____ km
- c) otros_____ km
53. Número de fugas detectadas al año_____
54. Número de fugas reportadas al año_____
55. Número de fugas reparadas al año mediante control activo_____
56. Número de hidrantes inspeccionados al año _____
57. ¿Qué tipo de mantenimiento se realiza en los hidrantes?_____
58. Longitud de tuberías de distribución rehabilitadas al año_____
59. Longitud de tuberías renovadas al año_____
60. Longitud de tuberías reemplazadas al año_____
61. Número de válvulas reemplazadas al año_____
62. Número de fallas que se presentan en las tuberías por año_____
63. ¿Cuál es la causa principal de los fallos en tuberías? _____
- _____
64. Número de fallas por año que se presentan en las conexiones de servicio_____
65. Volumen de pérdidas reales de agua _____
66. ¿Con qué frecuencia se realizan las lecturas en contadores domiciliarios?_____
67. ¿Cuál es la edad promedio de los contadores domiciliarios?_____
68. ¿Cuál es el volumen relativo acumulado registrado de los contadores domiciliarios?_____m³
69. ¿En dónde se encuentra la información proporcionada a este subcomponente? (*medios de verificación*)
- a) inventarios () responsable_____
- b) planos () responsable_____
- c) base de datos SIG(GIS) () responsable_____

d) otros () responsable_____

Subcomponente Infraestructura del sistema

70. ¿Cuál es la capacidad total de almacenamiento de los reservorios?_____m³

V₁_____V₂_____V₃_____V₄_____V₅_____V₆_____

V₇_____V₈_____V₉_____V₁₀_____V₁₁_____V₁₂_____

71. Longitud de tubería de:

a) fundición dúctil _____ km

e) asbesto-cemento _____ km

b) acero _____ km

f) polietileno _____ km

c) PVC _____ km

g) PVC C (clorado) _____ km

d) cemento _____ km

h) fibro-cemento _____ km

i) otro _____ km

72. Longitud de tuberías con diámetros:

a) ≤100mm (4") _____

b) 100(4") <D< 300mm (12") _____

c) ≥ 300mm (12") _____

otros _____

73. Longitud de tuberías instaladas:

a) menores a 10 años _____ km

b) entre 10 y 25 años _____ km

c) mayores a 25 años _____ km

74. ¿Cuál es la edad media de las tuberías? _____ años

75. Número de válvulas, edad y diámetro:

a) válvulas de _____ años ϕ _____

b) válvulas de _____ años ϕ _____

c) válvulas de _____ años ϕ _____

d) válvulas de _____

76. ¿Cuál es el número de hidrantes instalados y funcionando en la parcela hidrométrica?

77. ¿Número total de contadores domiciliarios de agua instalados?_____

78. ¿Cuál es el número total de contadores domiciliarios instalados y funcionando?_____

79. ¿Cuál es la edad promedio de los contadores domiciliarios instalados y funcionando correctamente?_____

80. ¿En dónde se encuentra la información proporcionada a este subcomponente? (*medios de verificación*)

a) inventarios () responsable_____

b) planos () responsable_____

c) base de datos SIG(GIS) () responsable_____

d) otros () responsable_____

Subcomponente Costos, facturación y recaudación:

81. ¿Cuál es el valor promedio de facturación m³/mes de agua vendida?_____

82. ¿Cuál es el valor promedio de recaudación de facturas m^3 /mes de agua vendida?_____
83. ¿Cuál es el total anual por facturación de agua tipo residencial?_____
84. ¿Cuál es el total anual por facturación de agua tipo industrial-comercial?_____
85. ¿Cuál es el total anual por facturación de agua para instituciones y otros?_____
86. ¿Cuál es el valor total de egresos por OO & MM por mes de servicio?_____
87. ¿Cuál es el valor de recuperación por OO&MM mediante cobro de facturas por mes?_____
88. ¿Cuál es el plazo en días para la recaudación de planillas de consumo?_____
89. Volumen total de agua no pagada por mora luego del segundo mes de facturación_____
90. ¿Cuáles son los costos anuales de energía eléctrica por operación y mantenimiento?_____

COMPONENTE AMBIENTAL.

Subcomponente aire

91. En las operaciones y actividades normales de mantenimiento, ¿qué tipo de medidas preventivas son tomadas por los técnicos de cuadrilla para:
 - a) reducción de ruido () _____
 - b) reducción de polvo () _____
 - c) reducción de gases () _____
 - d) reducción de olores () _____
92. En las operaciones y actividades normales de mantenimiento ¿mide la emisión de ruido, polvo y gases? ¿Cómo lo hace?
 - a) emisión de ruido SI () NO () _____
 - b) emisión de polvo SI () NO () _____
 - c) emisión de gases SI () NO () _____
 - d) emisión de olores SI () NO () _____

Subcomponente Agua

93. En época de estiaje ¿qué % de agua es captada mediante el flujo superficial para el abastecimiento?_____
94. En época de estiaje ¿qué % de agua es captada mediante el flujo subterráneo para el abastecimiento?_____
95. ¿Qué cantidad (m^3) de lodos y desechos son generados por el abastecimiento?_____
96. Cantidad total de estos lodos y desechos que se depuran y depositan en sitios adecuados y controlados sanitariamente_____ (m^3 / año)
97. ¿Se depuran las aguas servidas (de los vertidos de alcantarillados) de la ciudad?
 SI () NO () PARCIALMENTE ()
98. Número de sistemas de depuración de aguas residuales_____
99. ¿Cuál es el caudal ecológico que se tiene en para zona? _____l/s

Subcomponente Suelo

100. Área total de las cuencas tributarias (km^2)_____

101. ¿Qué % de superficie de las cuencas tributarias son propiedad del abastecimiento? _____
102. ¿Qué % de la superficie de las cuencas tributarias son reforestadas anualmente? _____
103. Del total de agua facturada ¿qué porcentaje (%) de los ingresos se dedica para la conservación de cuencas tributarias? _____
104. ¿Existe(n) zona(s) de protección sanitaria (*zona de protección de la fuente de abastecimiento de agua*)?
- SI () Área _____
- NO ()

Anexo 3. Entrevista Delphi para la valoración de los indicadores

(Aplicada a profesionales involucrados y conocedores de la administración, manejo y gestión de sistemas urbanos de agua potable)

Estimado profesional con base en sus conocimientos y experiencia en esta área, sírvase realizar la valoración de los siguientes indicadores que permitirán evaluar y proyectar los impactos, sociales, económicos y ambientales, que ocasionan los racionamientos o cortes del suministro de agua potable. (Existe una fuente y valor de referencia el cuál le permitirá ubicarse en el contexto y facilitará para que emita su criterio de valoración)

INDICADORES	Unidad	Referencia		VALORACIÓN			
				óptimo	medio	mínimo	crítico
COMPONENTE: SOCIAL		Fuente	Valor				
SUBCOMPONENTE: CANTIDAD							
Número de interrupciones al año	#/año	N. EX_ IEOS	máximo 3				
Duración en horas de las interrupciones por año	horas/año	Banco Estado	Referencia 0.00				
SUBCOMPONENTE: CALIDAD							
Población abastecida	%	Banco Estado	100				
Continuidad	%		100 (24h)				
Presión adecuada del suministro	%		100				
Días con restricción del servicio	%		0.00				
Empleados por conexión	No/1000 conex	Banco Estado	Mínimo 3 por 1000 clientes				
Empleados en atención al cliente	%						
Empleados en servicio técnico	%						
Empleados en transmisión, almacenamiento y distribución	%						
Empleados en laboratorio	%						
Empleados en operación y mantenimiento	%						
Empleados en mantenimiento de contadores	%						
Empleados monitoreando la calidad del agua	No/ 10000pruebas /año						

INDICADORES	Unidad	Referencia		VALORACIÓN			
				óptimo	medio	mínimo	crítico
Conexiones con cloro residual diferente al de la norma (0.3-1.5mg/l)	%		0.00				
Usuarios con servicio discontinuo	%		0.00				
Capacitación de técnicos de campo y miembros de planificación	horas/año	Benavides H.	Mínimo 80h/técnico/año				
Educación de clientes	horas/año	Benavides H.	Mínimo 40h/10000 clientes				
Campañas de televisión para educar a clientes	min/mes	Benavides H.	mínimo 100 min				
Campañas de radio para educar a clientes	min/mes	Benavides H.	mínimo 100 min				
COMPONENTE: ECONÓMICO							
SUBCOMPONENTE: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO							
Control de fugas	%/año						
Reparación por control activo de fugas	N°/100Km/año						
Rehabilitación de tuberías	%/año	ECODES	2%/año				
Renovación de tuberías	%/año	ECODES	2%/año				
Tuberías reemplazadas	%/año						
Válvulas reemplazadas	%/año						
Fallas en tuberías	N°/Km/año	UPV**	0.1 - 0.5				
Fallas en conexiones domiciliarias	N°/Km/año						
Hidrantes inspeccionados	%/año						
Edad de contadores domiciliarios	años	CEPIS	Máximo 8 años				
Índice de fugas estructural (IFE)	-	Liemberger	Menor a 4 y no mayor que 16				
SUBCOMPONENTE: INFRAESTRUCTURA DEL ABASTECIMIENTO							
Densidad de válvulas	N°/Km	N. EX_IEOS	Máximo 8 x sector				
Densidad de distritos hidrométricos	N°/1000 conex		Óptimo 1 por 750-1250 clientes				
Densidad de hidrantes	N°/Km	N. EX_IEOS	Entre 3 y 5				

INDICADORES	Unidad	Referencia		VALORACIÓN			
				óptimo	medio	mínimo	crítico
Densidad de contadores domiciliarios	Nº/conexión						
Edad de tubería (instalada)	años	N.EX_IEOS	20 -25				
Edad de válvulas	años						
Contadores domiciliarios instalados y funcionando correctamente	%	Benavides H.	deseable > 95%				
SUBCOMPONENTE: GASTOS, FACTURACIÓN Y RECAUDACIÓN							
Eficiencia en el cobro	%		100				
Relación de operación y mantenimiento (relación entre lo facturado y lo recaudado al mes)	%						
COMPONENTE: AMBIENTAL							
SUBCOMPONENTE: AIRE							
Emisión de material particulado y polvo (PM ₁₀)	µm	TULA*	30 µm / m ³				
Incremento en los niveles de ruido	db (decibel)	TULA*	Permisible 40-50				
Emisión de gases y organoclorados	mg/l	INEN 1108	Máximo permisible 0.01				
Emisión de olores							
SUBCOMPONENTE: AGUA							
Porcentaje de agua superficial captada en época de estiaje al mes	%	Ley de Aguas	Hasta 50%				
Porcentaje de agua subterránea captada en época de estiaje al mes	%						
Cantidad de lodos que se depuran y depositan en sitios adecuados al mes	%	N. EX_IEOS	100				
Número de sistemas de depuración de aguas residuales	No						
Agua residual tratada que es reutilizada	%		100				
SUBCOMPONENTE: SUELO							
Remoción y afectación de la cobertura vegetal	Km ²						
Empresas y fábricas instaladas dentro de la superficie de la	%		100				

INDICADORES	Unidad	Referencia		VALORACIÓN			
				óptimo	medio	mínimo	crítico
cuenca fuente que controlan sus vertidos correctamente							
% de superficie de las cuencas tributaria que son propiedad del abastecimiento	%	Benavides H.	Mínimo 4.5Ha(L/s)				
% de superficie de las cuencas tributarias que son reforestadas anualmente	%	Benavides H.	Ideal más del 80%				

*TULA (Texto Unificado de Legislación Ambiental).

**UPV (Universidad Politécnica de Valencia).

Sugerencias (en este espacio puede sugerir algún indicador o información que usted considere puede contribuir para cumplir con el objetivo del presente estudio):

PROFESIONAL:

FIRMA: _____

Anexo 4. Lista de chequeo (CHECK LIST) para la proyección de impactos por racionamientos o cortes

		SI	NO
COD	VARIABLES		
	GENERALES		
1G	Tipo de sistema por servicios prestados: a) agua, b) alcantarillado, c) recolección basura d) teléfono, e) otros.		
2G	Tipo de suministro, en el tiempo: a) continuo, b) intermitente		
3G	Tipo de suministro, por la forma de presurización del sistema: a) por gravedad, b) por bombeo		
4G	Población total servida		
5G	Área abastecida		
6G	Longitud total de la red		
7G	Número conexiones de servicio		
8G	Longitud promedio de las conexiones de servicio		
9G	Número de clientes registrados		
10G	Volumen de pérdidas anuales		
	SOCIAL		
	CANTIDAD		
1SC	Volumen total anual de agua provisto al sistema de distribución		
2SC	Volumen total de agua entregada por el sistema por cada mes		
3SC	Número de interrupciones del servicio debido a mantenimiento		
4SC	Número de interrupciones del servicio debido a daños en la red		
5SC	Número de interrupciones del servicio debido a estiaje		
6SC	Número de interrupciones del servicio debido a demanda excedente		
7SC	Número de interrupciones del servicio debido a contaminación en el almacenamiento		
8SC	Tiempo total acumulado, de duración de las interrupciones por año debido a mantenimiento		
9SC	Tiempo total acumulado, de duración de las interrupciones por año debido a daños en la red		
10SC	Tiempo total acumulado, de duración de las interrupciones por año debido a estiaje		
11SC	Tiempo total acumulado, de duración de las interrupciones por año debido a demanda excedente		
12SC	Tiempo total acumulado, de duración de las interrupciones por año debido a contaminación en el almacenamiento		
13SC	Volumen total de agua vendida por cada mes		
14SC	Volumen de agua vendida que es medida		
15SC	Caudal medio producido en planta		

	<u>CALIDAD DEL SERVICIO</u>		
1SCL	Población abastecida de agua potable		
2SCL	Población dentro del área de cobertura		
3SCL	Población máxima servida en horas pico		
4SCL	Población máxima servida en días pico		
5SCL	Número de análisis de cloro residual, % del total requerido		
6SCL	Número de análisis de calidad de agua por año		
7SCL	Horas promedio por día de suministro de agua		
8SCL	Número de clientes con un suministro de agua que es discontinuo durante la operación normal.		
9SCL	Tiempo en horas en el que el sistema se mantiene presurizado		
10SCL	Número muy probable de conexiones abastecidas con presión adecuada.		
11SCL	Número de días con restricción del servicio.		
12SCL	Número de acometidas servidas en horas pico		
13SCL	Presión mínima de servicio		
14SCL	Presión media de servicio		
15SCL	Presión máxima de servicio		
16SCL	Número de conexiones de servicio incrementadas por año		
17SCL	Número de habitantes por conexión de agua		
18SCL	Número total de personal en agua potable		
19SCL	Número de personal de atención al cliente		
20SCL	Número de personal de servicio técnico		
21SCL	Número de personal de transmisión, almacenamiento y distribución		
22SCL	Número de personal de laboratorio		
23SCL	Número de personal para operación y mantenimiento		
24SCL	Número de personal de mantenimiento de contadores		
25SCL	Número de personal que monitorea la calidad del agua		
26SCL	La empresa abastece de agua al sector cuando se produce un corte del suministro: SI, NO por medio de.		
27SCL	Desinfecta la red antes de reanudar el servicio de agua potable		
28SCL	Luego de desinfectada la red que tiempo espera para proporcionar el suministro de agua		
29SCL	Número de horas de capacitación invertidas por año para técnicos de campo y miembros de planificación		
30SCL	Número de horas invertidas al año para educar a los clientes		
31SCL	Cuántos minutos al mes invierte en campañas de televisión para educar a los clientes		
32SCL	Cuántos minutos al mes invierte en campañas de radio para educar a los clientes		

33SCL	Otros medios q utiliza para educar a los clientes: a) prensa escrita b) boletines c) visitas a los barrios d) visitas puerta a puerta e) internet f) otros		
34SCL	Se ejecuta un plan de marketing publicitario para promoción al ahorro y difusión pública		
35SCL	Número de conexiones con un rango de cloro residual diferente al de la norma (0.1mg/l – 0.5mg/l)		
	<u>RECLAMOS</u>		
1SR	Número de reclamos por el servicio		
2SR	Número de reclamos acerca de la presión		
3SR	Número de reclamos por continuidad del suministro		
4SR	Número de reclamos por la calidad del agua		
5SR	Número de reclamos por interrupciones del suministro		
6SR	Cómo se receptan los reclamos de los usuarios? mediante: a) cartas, b) llamada telefónica, c) otros		
	<u>HÁBITOS</u>		
1SH	Número de clientes que hierven el agua potable antes de consumirla		
2SH	Número de clientes que se abastecen de agua, mediante la compra de agua embotellada		
3SH	Número de usuarios que almacenan agua, para proveerse en los días de interrupción del suministro.		
4SH	¿Posee cisterna en su domicilio?, ¿Cuál es la capacidad de almacenamiento?		
5SH	El uso que le da al agua potable es: a) doméstico b) agrícola c) ganadero d) industrial		
6SH	Realiza alguna actividad comercial o industrial en su vivienda, Indique		
7SH	Realiza algún tipo de inspección para el control de fugas de agua en su domicilio		
	<u>SALUD</u>		
1SS	Número de usuarios con afectaciones a la salud por enfermedades de origen hídrico		
2SS	Número de usuarios con afectaciones a la piel debido a la calidad del agua		
3SS	Número de usuarios con otro tipo de afectación debido a la calidad del agua		
	ECONÓMICO		
	<u>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</u>		
1EOM	Frecuencia de limpieza del tanque de almacenamiento		
2EOM	Inspección de la red para control de fugas (longitud): a) acústica, b) visual c) otros.		
3EOM	Número de fugas reparadas mediante el control activo de fugas		
4EOM	Número de hidrantes inspeccionados al año		
5EOM	Longitud de tuberías de transmisión y distribución rehabilitadas.		
6EOM	Longitud de tuberías renovadas		
7EOM	Longitud de tuberías reemplazadas		

8EOM	Número de válvulas reemplazadas		
9EOM	Número de fallas en las tuberías por año		
10EOM	Numero de fallas en las conexiones de servicio (acometidas) por año		
11EOM	Volumen de pérdidas reales		
12EOM	Frecuencia de lectura de contadores domiciliarios		
13EOM	Edad promedio de los contadores domiciliarios		
	<u>INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA</u>		
1EIN	Número de tanques de almacenamiento		
2EIN	Capacidad total de los tanques de almacenamiento		
3EIN	Número de distritos hidrométricos		
4EIN	Longitud de tubería de fundición dúctil		
5EIN	Longitud de tubería de acero		
6EIN	Longitud de tubería de PVC		
7EIN	Longitud de tubería de cemento		
8EIN	Longitud de tubería de asbesto-cemento		
9EIN	Longitud de tubería de polietileno		
10EIN	Longitud de tubería de PVC C (Clorado)		
11EIN	Longitud de tubería de fibrocemento		
12EIN	Longitud de tubería con diámetro $\leq 100/110$ mm		
13EIN	Longitud de tubería con $100/110$ mm < diámetro < 300/315 mm		
14EIN	Longitud de tubería con diámetro $\geq 300/315$ mm		
15EIN	Longitud tuberías instaladas menores a 10 años		
16EIN	Longitud tuberías instaladas hace 10-25 años		
17EIN	Longitud tuberías instaladas mayores de 25 años		
18EIN	Edad media de las tuberías		
19EIN	Número de válvulas de cierre		
20EIN	Número de válvulas reductoras de presión (VRP)		
21EIN	Número de válvulas de regulación		
22EIN	Número de válvulas de cierre instaladas menores a 10 años		
23EIN	Número de válvulas de cierre instaladas hace 10-25 años		
24EIN	Número de válvulas de cierre instaladas mayores de 25 años		
25EIN	Número de válvulas reductoras de presión instaladas menores a 10 años		
26EIN	Número de válvulas reductoras de presión instaladas hace 10-25 años		

27EIN	Número de válvulas reductoras de presión instaladas mayores de 25 años		
28EIN	Número de válvulas de regulación instaladas menores a 10 años		
29EIN	Número de válvulas de regulación instaladas hace 10 -25 años		
30EIN	Número de válvulas de regulación instaladas mayores de 25 años		
31EIN	Número de válvulas de cierre con diámetro $\leq 100/110$ mm		
32EIN	Número de válvulas de cierre con $100/110 \text{ mm} < \text{diámetro} < 300/315 \text{ mm}$		
33EIN	Número de válvulas de cierre con diámetro $\geq 300/315 \text{ mm}$		
34EIN	Número de válvulas reductoras de presión con diámetro $\leq 100/110 \text{ mm}$		
35EIN	Número de válvulas reductoras de presión con $100/110 \text{ mm} < \text{diámetro} < 300/315 \text{ mm}$		
36EIN	Número de válvulas reductoras de presión con diámetro $\geq 300/315 \text{ mm}$		
37EIN	Número de válvulas reguladoras con diámetro $\leq 100/110 \text{ mm}$		
38EIN	Número de válvulas reguladoras con $100/110 \text{ mm} < \text{diámetro} < 300/315 \text{ mm}$		
39EIN	Número de válvulas reguladoras con diámetro $\geq 300/315 \text{ mm}$		
40EIN	Número de hidrantes instalados y funcionando en la red		
41EIN	Número total de contadores domiciliarios (medidores) instalados		
42EIN	Número total de contadores instalados y funcionando correctamente		
43EIN	Edad promedio de los contadores domiciliarios instalados y funcionando correctamente		
	<u>GASTOS, FACTURACIÓN Y RECAUDACIÓN</u>		
1EFR	Valor promedio de recaudación de facturas por m ³ de agua vendida al mes		
2EFR	Valor promedio de facturación por m ³ de agua vendida al mes		
3EFR	Total anual de facturación de agua tipo residencial		
4EFR	Total anual de facturación de agua tipo industrial-comercial		
5EFR	Total anual de facturación de agua para instituciones y otros		
6EFR	Valor total de egresos por OO&MM por mes de servicio		
7EFR	Valor de recuperación por OO&MM mediante cobro de facturas por mes		
8EFR	Tiempo en días para la recaudación de planillas de consumo		
9EFR	Volumen total de agua no pagada por mora luego del segundo mes de facturación		
10EFR	Costos anuales de energía eléctrica por operación y mantenimiento		
	AMBIENTAL		
	<u>AIRE</u>		
1AAR	Emisión de material particulado y polvo		
2AAR	Incremento de los niveles de ruido		
3AAR	Emisión de gases y organoclorados		

4AAR	Emisión de olores		
	<u>AGUA</u>		
1AAG	Caudal de agua total disponible en época de estiaje		
2AAG	Caudal de agua de flujo superficial captada en época de estiaje		
3AAG	Caudal de agua subterránea captada en época de estiaje		
4AAG	Cantidad de lodos y desechos generados por el sistema de potabilización		
5AAG	Volumen de agua residual generada por el abastecimiento		
6AAG	Cantidad de lodos que se depuran y depositan correctamente		
7AAG	Número de sistemas de depuración de aguas residuales		
8AAG	Volumen de agua residual tratada que es reutilizada		
	<u>SUELO</u>		
1AS	Remoción y afectación de la cobertura vegetal		
2AS	Número de industrias y fábricas instaladas dentro de la superficie de la cuenca fuente		
3AS	Número de industrias y fábricas que controlan sus vertidos correctamente		
4AS	Área total de la cuenca fuente o tributaria (Ha)		
5AS	Superficie de la cuenca fuente o tributaria que es propiedad del abastecimiento		
6AS	Superficie de la cuenca fuente o tributaria que es reforestada anualmente		
7AS	Número de zonas de protección sanitaria		
8AS	Existe un plan de manejo ambiental		

Fuente: elaboración propia

Anexo 5. Importancias ponderadas resultado de la encuesta Delphi

Componente	PROFESIONALES						PROMEDIO
	1	2	3	4	5	6	
SOCIAL	33.3	33.3	33	33.3	33.3	33.3	33.3
Cantidad	11.2	8.0	8.5	12.0	10.0	8.0	9.60
Interrupciones por acometida	1.1	0.5	0.2	2.0	1.0	2.0	1.10
Interrupción del servicio por mantenimiento	1.2	2.0	1.7	1.0	1.0	0.6	1.30
Interrupción del servicio por daños en la red	1.2	1.4	0.9	1.0	1.0	0.6	1.00
Interrupción del servicio por estiaje	0.8	0.2	0.5	1.0	1.0	0.6	0.70
Interrupción del servicio por demanda excedente	0.8	0.5	0.8	1.0	1.0	0.6	0.80
Interrupción del servicio por contaminación en el almacenamiento	1.1	0.5	0.8	1.0	1.0	0.6	0.80
Duración de las interrupciones por mantenimiento	1.1	1.0	0.4	1.0	1.0	0.6	0.90
Duración de las interrupciones por daños en la red	0.8	1.0	1.0	1.0	0.5	0.6	0.80
Duración de las interrupciones por estiaje	0.9	0.5	0.8	1.0	1.0	0.6	0.80
Duración de las interrupciones por demanda excedente	1.1	0.2	0.5	1.0	0.5	0.6	0.70
Duración de las interrupciones por contaminación en el almacenamiento.	1.1	0.2	0.9	1.0	1.0	0.6	0.80
Calidad del servicio	10.8	10.0	15.5	12.3	10.0	12.0	11.80
Población abastecida	0.6	1.2	2.0	1.0	0.5	1.0	1.10
Continuidad del suministro	0.5	1.0	1.5	1.0	0.5	1.0	0.90
Presión adecuada del suministro	0.5	0.2	1.6	1.0	0.5	1.0	0.80
Días con restricción del servicio	1.1	0.2	0.5	0.5	0.5	1.0	0.60
Empleados por conexión	0.5	0.2	1.0	0.5	0.5	1.0	0.60
Empleados en atención al cliente	0.6	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.50
Empleados en servicio técnico	0.7	0.2	0.8	0.5	0.5	0.5	0.50
Empleados en transmisión, almacenamiento y distribución.	0.6	0.2	0.8	0.5	0.5	0.5	0.50
Empleados en laboratorio	0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	0.5	0.60
Empleados en operación y mantenimiento	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.60
Empleados en mantenimiento de contadores	0.6	0.4	0.2	0.5	0.5	0.5	0.50
Empleados monitoreando la calidad del agua	0.5	0.8	0.8	0.5	1.0	0.5	0.70
Conexiones con cloro residual diferente al de la norma	0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	1.0	0.70
Usuarios con servicio discontinuo	1.3	0.4	0.7	0.5	0.5	0.5	0.70
Capacitación de técnicos de campo y miembros de planificación	0.7	1.0	1.0	0.5	1.0	0.5	0.80
Educación de clientes	0.5	0.4	1.0	1.0	0.5	0.5	0.70
Campañas de televisión para educar a clientes	0.3	0.5	0.5	1.0	0.5	0.5	0.60
Campañas de radio para educar a clientes	0.3	0.5	0.5	1.3	0.5	0.5	0.60
Reclamos	4.8	2.3	2.6	2.0	1.3	3.3	2.70
Reclamos por presión del suministro	1.0	0.2	0.5	0.5	0.4	0.8	0.60
Reclamos por continuidad del suministro	1.5	0.4	0.8	0.5	0.4	0.8	0.70
Reclamos por calidad del suministro	0.8	1.0	0.8	0.5	0.4	0.8	0.70
Reclamos por interrupciones del suministro	1.5	0.7	0.5	0.5	0.1	0.9	0.70
Hábitos	1.9	5.0	2.9	4.0	4.0	5.0	3.80

Usuarios que hierven el agua potable	0.5	1.0	0.5	1.0	0.8	1.0	0.80
Usuarios que compran agua embotellada	0.3	1.5	0.5	1.0	0.8	1.0	0.90
Usuarios que almacenan agua	0.2	1.5	0.5	1.0	0.8	1.0	0.80
Usuarios que poseen cisterna	0.3	0.5	0.4	0.5	0.8	1.0	0.60
Usuarios que realizan inspecciones de fugas	0.6	0.5	1.0	0.5	0.8	1.0	0.70
Salud	4.6	8.0	3.8	3.0	8.0	5.0	5.40
Usuarios con afecciones por enfermedades de origen hídrico	2.0	4.0	1.5	1.0	3.0	2.0	2.30
Usuarios con afecciones a la piel	1.2	2.0	0.8	1.0	3.0	1.5	1.60
Usuarios con otro tipo de afecciones debido a la calidad del agua	1.4	2.0	1.5	1.0	2.0	1.5	1.60
ECONÓMICO	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4
Operación y mantenimiento	15.0	15.0	8.1	12.0	15.0	10.0	12.50
Control de fugas	0.7	2.5	1.0	1.0	2.0	1.0	1.40
Reparaciones por control activo de fugas	1.1	2.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.20
Rehabilitación de tuberías	0.9	2.0	0.8	0.5	2.0	0.5	1.10
Renovación de tuberías	0.5	1.5	1.5	0.5	1.0	0.5	0.90
Tuberías reemplazadas	1.0	1.5	0.5	0.5	1.0	0.5	0.80
Válvulas reemplazadas	0.9	2.0	0.5	0.5	2.0	0.5	1.10
Fallas en tuberías	2.0	1.0	0.4	2.0	1.0	1.0	1.20
Fallas en conexiones domiciliarias	2.1	1.0	0.4	1.0	1.0	1.0	1.10
Hidrantes inspeccionados	3.0	0.5	0.7	1.0	1.0	1.0	1.20
Edad de contadores domiciliarios	2.0	0.5	0.5	2.0	2.0	1.0	1.30
Índice de fugas estructural (IFE)	0.8	0.5	1.0	2.0	1.0	2.0	1.20
Infraestructura del abastecimiento	16.3	8.4	23.5	18.0	15.0	15.0	16.00
Densidad de válvulas	0.6	0.1	0.9	1.0	1.0	1.0	0.80
Densidad de distritos hidrométricos	0.8	0.1	1.5	1.0	1.0	1.0	0.90
Densidad de hidrantes	0.5	0.1	0.4	1.0	0.5	1.0	0.60
Densidad de contadores domiciliarios	0.8	0.1	0.4	1.0	1.0	1.0	0.70
Tubería de fundición dúctil	1.0	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.50
Tubería de acero	0.8	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.50
Tubería de PVC	0.8	0.2	3.0	1.0	0.5	1.0	1.10
Tubería de cemento	0.5	0.6	0.5	1.0	1.0	0.5	0.70
Tubería de asbesto –cemento	0.9	2.1	0.5	1.0	0.5	1.0	1.00
Tubería de polietileno	0.5	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.50
Tubería de PVC C (Clorado)	0.5	0.1	0.5	1.0	1.0	0.5	0.60
Tubería de fibrocemento	0.5	1.4	0.2	0.5	0.5	0.5	0.60
1 Tubería con diámetro ≤ 100 mm	0.9	0.1	0.8	0.5	1.0	0.5	0.60
Tubería con 100 mm<d<300mm	0.8	0.1	1.8	0.5	1.0	0.5	0.80
Tubería con diámetro ≥ 300 mm	0.7	0.1	1.8	1.0	0.5	0.5	0.80
Edad de tubería ≤ 10 años	0.5	0.2	0.8	0.5	0.5	0.5	0.50
Edad de tubería entre 10 y 25 años	0.8	0.4	1.8	0.5	0.5	0.5	0.80
Edad de tubería ≥ 25 años	1.8	1.0	1.8	1.0	0.5	1.0	1.20
Edad de válvulas ≤ 10 años	0.7	0.2	0.8	1.0	1.0	0.5	0.70
Edad de válvulas entre 10 y 25 años	1.0	0.4	1.8	1.0	0.5	0.5	0.90
Edad de válvulas ≥ 25 años	0.5	0.5	1.8	1.0	0.5	0.5	0.80

Contadores instalados y funcionando correctamente	0.4	0.2	0.9	1.0	0.5	1.0	0.70
Gastos, facturación y recaudación.	2.1	10.0	1.8	3.4	3.4	8.4	4.90
Eficiencia en el cobro	1.1	6.0	1.0	1.7	1.4	4.2	2.60
Relación de operación y mantenimiento	1.0	4.0	0.8	1.7	2.0	4.2	2.30
AMBIENTAL	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3
Aire	10.7	5.0	9.3	5.3	1.3	12.0	7.30
Emisión de material particulado y polvo	3.0	2.0	1.0	2.0	0.5	3.0	1.90
Niveles de ruido	2.0	0.5	3.0	2.0	0.5	3.0	1.80
Emisión de gases y organoclorados	2.3	1.0	3.0	0.8	0.2	3.0	1.70
Emisión de olores	3.4	1.5	2.3	0.5	0.2	3.0	1.80
Agua	6.6	18.3	9.0	14.0	20.0	12.0	13.30
% de agua superficial captada en época de estiaje al mes	2.5	10.0	1.0	3.0	4.0	4.0	4.10
% de agua subterránea captada en época de estiaje al mes	1.3	4.0	1.0	3.0	4.0	4.0	2.90
% Cantidad de lodos que se depuran y depositan en sitios adecuados al mes	1.5	2.0	2.0	3.0	4.0	1.5	2.30
Número de sistemas de depuración de agua residuales	1.0	2.0	2.0	3.0	4.0	1.0	2.20
% de agua residual tratada que es reutilizada	0.3	0.3	3.0	2.0	4.0	1.5	1.90
Suelo	16.0	10.0	15.0	14.0	10.0	9.3	12.40
Remoción y afectación de la cobertura vegetal	4.0	5.5	2.0	4.0	2.5	3.3	3.60
% Empresas y fábricas instaladas dentro de la cuenca fuente que controlan sus vertidos correctamente	2.0	0.5	3.0	3.0	2.5	2.0	2.20
% de superficie de las cuencas tributarias que son propiedad del abastecimiento	5.0	2.0	5.0	3.0	2.5	2.0	3.30
% de superficie de las cuencas tributarias que son reforestadas anualmente	5.0	2.0	5.0	4.0	2.5	2.0	3.40

Fuente: elaboración propia

Anexo 6. Redistribución de las importancias ponderadas

En el momento que se aplicó la encuesta Delphi para la valoración o distribución de pesos (importancias ponderadas), se determinó que algunos de los indicadores planteados no contribuían al objetivo, por lo que se los eliminó y se realizó una redistribución de los pesos, de manera que la sumatoria de los indicadores den como resultado el valor del subcomponente obtenido en la encuesta. A continuación se presenta los dos componentes en los que se realizó la redistribución de los pesos.

Calidad del servicio	11.80
Población abastecida	1.20
Continuidad del suministro	1.20
Presión adecuada del suministro	1.20
Días con restricción del servicio	1.20
Empleados por conexión	1.00
Conexiones con cloro residual diferente al de la norma	1.00
Usuarios con servicio discontinuo	1.00
Capacitación de técnicos de campo y miembros de planificación	1.00
Educación de clientes	1.00
Campañas de televisión para educar a clientes	1.00
Campañas de radio para educar a clientes	1.00

Infraestructura del abastecimiento	16.00
Densidad de válvulas	2.50
Densidad de distritos hidrométricos	2.50
Densidad de hidrantes	2.00
Densidad de contadores domiciliarios	2.00
Edad de tubería	2.50
Edad de válvulas	2.00
Contadores instalados y funcionando correctamente	2.50

Anexo 7. Encuestas aplicadas a los usuarios del servicio de agua potable

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



ENCUESTA DESTINADA A LOS USUARIOS DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

La siguiente encuesta destinada a los usuarios del servicio de agua potable, tiene como finalidad la recolección de datos acerca de la percepción y realidad respecto al servicio recibido, los cuales permitirán elaborar un banco de indicadores para **proyectar los impactos que causan los cortes o racionamientos del suministro de agua potable**. Dichos resultados serán utilizados para fines académicos.

Fecha: 29-11-2012

Sector: Los Faiques

Presión _____ Coordenadas_N _____ E _____

Datos del entrevistado

Nombres y apellidos: Francisco Javier Palacios Torres

Sexo: (x) M () F

Edad: 63

Instrucción: Superior

1. Ingresos económicos mensuales: \$ 600.00
2. ¿Presenta últimas planillas de pago de agua?
SI (x) mes: Julio NO ()
3. Consumo 0 m³
4. Valor mensual que cancela por el servicio de agua potable (planilla):
 - a) Servicio agua potable 1.52
 - b) Planes maestros 0.30
 - c) Valor C.P.D. 0.22
 - d) Microcuencas 0.00
5. Tipo tarifa de conexión de agua potable (categoría):
 - a) Residencial (x)
 - b) Comercial ()
 - c) Industrial ()
 - d) Institucional ()
 - e) Especial ()
 - f) Municipal ()
 - g) Tercera edad ()
 - h) otros () _____
6. Número de familias que habitan en su domicilio: 1
7. Número de personas que habitan en su domicilio: 2
8. Número de contadores instalados en su domicilio: 1
9. Edad de instalación del contador: 25 años
10. Estado del contador:
Funciona (x) Dañado () Sin Contador ()
11. Volumen acumulado en el contador domiciliario: 601645 m³
12. ¿Cuál es el diámetro de su conexión de servicio (acometida)?
 - a) ½" (15mm) (x) PVC
 - b) ¾" (20mm) () _____
 - c) 1" (25 mm) () _____
 - d) 1 ½" (40mm) () _____
 - e) 2" (50mm) () _____
 - f) 4" (100mm) () _____
 - g) no sabe () _____
13. ¿Cómo califica el servicio de agua potable que proporciona la empresa?
Muy bueno () Regular ()

- Bueno (☒) Malo ()
- ¿Por qué? *Rara vez se va el agua y cuando viene llega sucia con tierra*
14. El flujo de agua que llega a su domicilio es:
 Abundante (☒) Poco ()
 Regular () Casi nada ()
15. La fuerza con la que el suministro de agua llega a su domicilio es:
 Muy fuerte () Débil ()
 Fuerte (☒) Muy débil ()
 Normal ()
16. ¿Existen interrupciones del servicio de agua potable?
 SI (☒) NO ()
 Si su respuesta es afirmativa ¿con qué frecuencia ocurren? *Cada 2 meses*
17. ¿Qué tiempo duran las interrupciones? *Mediodía*
18. ¿En promedio cuántas horas al día dispone del servicio de agua? *24 horas*
19. ¿La empresa gestora informa, previo a realizar un racionamiento o corte del suministro de agua?
 SI (☒) NO ()
 A través de:
 Radio (☒) Televisión () Otros _____
20. ¿En caso de que existan interrupciones del servicio de agua potable, la empresa abastece de agua a su sector?
 SI () Por medio de _____
 NO (☒)
 Si su respuesta es negativa, ¿cómo se abastece de agua?
 a) Almacena (☒) En recipientes
 b) Compra agua embotellada (☒) Volum. 6 litros Frecuencia 3/meses Costo \$ 6.00
 c) Cuenta con cisterna () Capacidad _____
 d) Otros: *pide agua en la cárcel porque ahí es continuo el servicio*
21. ¿Usted hierve el agua potable, antes de consumirla?
 SI (☒) NO ()
 ¿Por qué? *Por prevención e higiene*
22. ¿El uso que le da al agua potable es?
 Doméstico (☒) Agrícola () Ganadero () Industrial ()
23. ¿Realiza alguna actividad comercial o industrial en su vivienda?, en caso de que la respuesta sea afirmativa indicar la actividad.
 SI () NO (☒)

24. En lo referente a la calidad, luego de haber existido un corte en el suministro, el agua que recibe:
 Tiene mucho cloro () Es turbia (☒) es buena ()
 Tiene mal olor () Es Dura () No sabe ()
 Tiene mal sabor () Tiene animales ()

25. ¿Ha padecido alguna enfermedad de origen hídrico?

SI () NO (x)

Si su respuesta es positiva, ¿cuál de las siguientes enfermedades ha padecido?

Cólera () Hepatitis () Gastroenteritis ()

Diarrea () Tuberculosis () De La Piel ()

Otras_____

26. ¿Cuándo solicita algún servicio de instalación o reparación, la empresa actúa de manera rápida y eficiente?

Nunca () Algunas veces () Siempre (x) No ha solicitado ()

27. La empresa recepta sus reclamos a través de:

Cartas (x) Llamadas telefónicas () Internet () No Sabe ()

Otros_____

28. ¿La empresa ha realizado algún tipo de campaña para el ahorro del agua? si la respuesta es positiva, describir lo realizado

SI () NO ()

29. ¿Estaría de acuerdo con un incremento en el costo de las planillas mensuales de agua a cambio de un mejor servicio?

SI (x) NO ()

¿Por qué? [Para que mejore](#)

Si su respuesta es positiva ¿seleccione qué valor adicional (\$) estaría dispuesto a cancelar?

0.50 (x) 0.75 () 1.00 () 1.50 () 2.00 () otro_____

30. ¿Ha tenido algún tipo de problema con su contador domiciliario?, si la respuesta es afirmativa describa el problema:

SI (x) NO ()

[No marcaba](#)

31. ¿Usted realiza algún tipo de detección para control de fugas de agua dentro de su domicilio?

SI (x) NO ()

¿En qué consiste? [Visual](#)



ENCUESTA DESTINADA A LOS USUARIOS DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

La siguiente encuesta destinada a los usuarios del servicio de agua potable, tiene como finalidad la recolección de datos acerca de la percepción y realidad respecto al servicio recibido, los cuales permitirán elaborar un banco de indicadores para **proyectar los impactos que causan los cortes o racionamientos del suministro de agua potable**. Dichos resultados serán utilizados para fines académicos.

Fecha: 29-11-2012

Sector: Los Faiques

Presión _____ Coordenadas_N _____ E _____

Datos del entrevistado

Nombres y apellidos: Lucrecia Sotomayor

Sexo: () M (x) F Edad: 75 Instrucción: Artesana Modista

1. Ingresos económicos mensuales: \$ 295.00
2. ¿Presenta últimas planillas de pago de agua?
SI (x) mes: Agosto NO ()
3. Consumo 16 m³
4. Valor mensual que cancela por el servicio de agua potable (planilla):
 - a) Servicio agua potable 1.39
 - b) Planes maestros 0.28
 - c) Valor c.p.d. 0.22
 - d) Microcuencas 0.48
5. Tipo tarifa de conexión de agua potable (categoría):
 - a) Residencial () e) Especial ()
 - b) Comercial () f) Municipal ()
 - c) Industrial () g) Tercera edad (x)
 - d) Institucional () h) Otros () _____
6. Número de familias que habitan en su domicilio: 1
7. Número de personas que habitan en su domicilio: 2
8. Número de contadores instalados en su domicilio: 1
9. Edad de instalación del contador: 30 años
10. Estado del contador:
Funciona (x) Dañado () Sin contador ()
11. Volumen acumulado en el contador domiciliario: 00791 m³
12. ¿Cuál es el diámetro de su conexión de servicio (acometida)?
 - a) ½" (15mm) (x) PVC d) 1 ½" (40mm) () _____
 - b) ¾" (20mm) () _____ e) 2" (50mm) () _____
 - c) 1" (25 mm) () _____ f) 4" (100mm) () _____
 - g) no sabe () _____
13. ¿Cómo califica el servicio de agua potable que proporciona la empresa?
Muy Bueno () Regular (X)
Bueno () Malo ()
¿Por qué? El servicio no era bueno

14. El flujo de agua que llega a su domicilio es:
 Abundante ☒ POCO ☐
 Regular ☐ Casi Nada ☐
15. La fuerza con la que el suministro de agua llega a su domicilio es:
 Muy Fuerte ☐ Débil ☐
 Fuerte ☒ Muy Débil ☐
 Normal ☐
16. ¿Existen interrupciones del servicio de agua potable?
 SI ☐ NO ☒
 Si su respuesta es afirmativa ¿con qué frecuencia ocurren? _____
17. ¿Qué tiempo duran las interrupciones? _____
18. ¿En promedio cuántas horas al día dispone del servicio de agua? _____
19. ¿La empresa gestora informa, previo a realizar un racionamiento o corte del suministro de agua?
 SI ☐ NO ☐
 A través de:
 Radio ☐ Televisión ☐ Otros _____
20. ¿En caso de que existan interrupciones del servicio de agua potable, la empresa abastece de agua a su sector?
 SI ☐ Por medio de _____
 NO ☐
 Si su respuesta es negativa, ¿cómo se abastece de agua?
 a) Almacena ☐ En _____
 b) Compra agua embotellada ☐ Volum. _____ litros Frecuencia _____ Costo \$ _____
 c) Cuenta con cisterna ☐ capacidad _____
 d) Otros: _____
21. ¿Usted hierve el agua potable, antes de consumirla?
 SI ☐ NO ☒
 ¿Por qué? **No tiene la costumbre de hacerlo**
22. ¿El uso que le da al agua potable es?
 Doméstico ☒ Agrícola ☐ Ganadero ☐ Industrial ☐
23. ¿Realiza alguna actividad comercial o industrial en su vivienda?, en caso de que la respuesta sea afirmativa indicar la actividad.
 SI ☐ NO ☒

24. En lo referente a la calidad, luego de haber existido un corte en el suministro, el agua que recibe:
 Tiene mucho cloro ☒ Es turbia ☒ Es buena ☐
 Tiene mal olor ☐ Es dura ☐ No sabe ☐
 Tiene mal sabor ☐ Tiene animales ☐
25. ¿Ha padecido alguna enfermedad de origen hídrico?
 SI ☐ NO ☒

Si su respuesta es positiva, ¿cuál de las siguientes enfermedades ha padecido?

Cólera () Hepatitis () Gastroenteritis ()

Diarrea () Tuberculosis () De La Piel ()

Otras _____

26. ¿Cuándo solicita algún servicio de instalación o reparación, la empresa actúa de manera rápida y eficiente?

Nunca () Algunas Veces () Siempre (X) No Ha Solicitado ()

27. La empresa recepta sus reclamos a través de:

Cartas () Llamadas telefónicas () Internet () No sabe ()

Otros: [ventanilla](#)

28. ¿La empresa ha realizado algún tipo de campaña para el ahorro del agua? si la respuesta es positiva, describir lo realizado

SI () NO (x)

29. ¿Estaría de acuerdo con un incremento en el costo de las planillas mensuales de agua a cambio de un mejor servicio?

SI () NO (x)

¿Por qué? [Está conforme](#)

Si su respuesta es positiva ¿seleccione qué valor adicional (\$) estaría dispuesto a cancelar?

0.50 () 0.75 () 1.00 () 1.50 () 2.00 () otro _____

30. ¿Ha tenido algún tipo de problema con su contador domiciliario?, si la respuesta es afirmativa describa el problema:

SI () NO (x)

31. ¿Usted realiza algún tipo de detección para control de fugas de agua dentro de su domicilio?

SI () NO (x)

¿En qué consiste? _____



ENCUESTA DESTINADA A LOS USUARIOS DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

La siguiente encuesta destinada a los usuarios del servicio de agua potable, tiene como finalidad la recolección de datos acerca de la percepción y realidad respecto al servicio recibido, los cuales permitirán elaborar un banco de indicadores para **proyectar los impactos que causan los cortes o racionamientos del suministro de agua potable**. Dichos resultados serán utilizados para fines académicos.

Fecha: 29-11-2012

Sector: Rodríguez Witt

Presión _____ Coordenadas_N _____ E _____

Datos del entrevistado

Nombres y apellidos: Zenelia Cumbicus Jaramillo

Sexo: () M (x) F Edad: 42 Instrucción: Primaria

1. Ingresos económicos mensuales: \$ 500.00
2. ¿Presenta últimas planillas de pago de agua?
SI (x) mes: Julio NO ()
3. Consumo 31 m³
4. Valor mensual que cancela por el servicio de agua potable (planilla):
 - a) Servicio agua potable 4.99
 - b) Planes maestros 1.00
 - c) Valor c.p.d. 0.22
 - d) Microcuencas 0.93
5. Tipo tarifa de conexión de agua potable (categoría):
 - a) Residencial (x)
 - b) Comercial ()
 - c) Industrial ()
 - d) Institucional ()
 - e) Especial ()
 - f) Municipal ()
 - g) Tercera edad ()
 - h) Otros () _____
6. Número de familias que habitan en su domicilio: 1
7. Número de personas que habitan en su domicilio: 8
8. Número de contadores instalados en su domicilio: 1
9. Edad de instalación del contador: 8 años
10. Estado del contador:
Funciona (x) Dañado () Sin Contador ()
11. Volumen acumulado en el contador domiciliario: 03889 m³
12. ¿Cuál es el diámetro de su conexión de servicio (acometida)?
 - a) ½" (15mm) (x) PVC
 - b) ¾" (20mm) () _____
 - c) 1" (25 mm) () _____
 - d) 1 ½" (40mm) () _____
 - e) 2" (50mm) () _____
 - f) 4" (100mm) () _____
 - g) no sabe () _____
13. ¿Cómo califica el servicio de agua potable que proporciona la empresa?
Muy Bueno (x) Regular ()

Bueno () malo ()
¿Por qué? No hay interrupciones

14. El flujo de agua que llega a su domicilio es:

Abundante (x) Poco ()
Regular () Casi Nada ()

15. La fuerza con la que el suministro de agua llega a su domicilio es:

Muy Fuerte () Débil ()
Fuerte () Muy Débil ()
Normal (x)

16. ¿Existen interrupciones del servicio de agua potable?

SI () NO (x)

Si su respuesta es afirmativa ¿con qué frecuencia ocurren? _____

17. ¿Qué tiempo duran las interrupciones? _____

18. ¿En promedio cuántas horas al día dispone del servicio de agua? 24 horas

19. ¿La empresa gestora informa, previo a realizar un racionamiento o corte del suministro de agua?

SI () NO ()

A través de:

Radio () Televisión () Otros _____

20. ¿En caso de que existan interrupciones del servicio de agua potable, la empresa abastece de agua a su sector?

SI () Por medio de _____
NO ()

Si su respuesta es negativa, ¿cómo se abastece de agua?

a) Almacena () En _____
b) Compra agua embotellada () Volum. _____ litros Frecuencia _____ Costo \$ _____
c) Cuenta con cisterna () Capacidad _____
d) Otros: _____

21. ¿Usted hierve el agua potable, antes de consumirla?

SI () NO (x)

¿Por qué? Porque el agua que recibe es potable, está bien tratada

22. ¿El uso que le da al agua potable es?

Doméstico (x) Agrícola () Ganadero () Industrial ()

23. ¿Realiza alguna actividad comercial o industrial en su vivienda?, en caso de que la respuesta sea afirmativa indicar la actividad.

SI () NO (x)

24. En lo referente a la calidad, luego de haber existido un corte en el suministro, el agua que recibe:

Tiene mucho cloro () Es turbia () Es buena (x)
Tiene mal olor () Es dura () No sabe ()
Tiene mal sabor () Tiene animales ()

25. ¿Ha padecido alguna enfermedad de origen hídrico?

SI () NO (x)

Si su respuesta es positiva, ¿cuál de las siguientes enfermedades ha padecido?

Cólera () Hepatitis () Gastroenteritis ()

Diarrea () Tuberculosis () De La Piel ()

Otras _____

26. ¿Cuándo solicita algún servicio de instalación o reparación, la empresa actúa de manera rápida y eficiente?

Nunca () Algunas Veces () Siempre () No Ha Solicitado (x)

27. La empresa recepta sus reclamos a través de:

Cartas () Llamadas Telefónicas () Internet () No Sabe ()

Otros: [no se ha presentado](#)

28. ¿La empresa ha realizado algún tipo de campaña para el ahorro del agua? si la respuesta es positiva, describir lo realizado

SI () NO (x)

29. ¿Estaría de acuerdo con un incremento en el costo de las planillas mensuales de agua a cambio de un mejor servicio?

SI () NO (x)

¿Por qué? [Está conforme](#)

Si su respuesta es positiva ¿seleccione qué valor adicional (\$) estaría dispuesto a cancelar?

0.50 () 0.75 () 1.00 () 1.50 () 2.00 () otro _____

30. ¿Ha tenido algún tipo de problema con su contador domiciliario?, si la respuesta es afirmativa describa el problema:

SI () NO (x)

31. ¿Usted realiza algún tipo de detección para control de fugas de agua dentro de su domicilio?

SI () NO (x)

¿En qué consiste? _____



ENCUESTA DESTINADA A LOS USUARIOS DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

La siguiente encuesta destinada a los usuarios del servicio de agua potable, tiene como finalidad la recolección de datos acerca de la percepción y realidad respecto al servicio recibido, los cuales permitirán elaborar un banco de indicadores para **proyectar los impactos que causan los cortes o racionamientos del suministro de agua potable**. Dichos resultados serán utilizados para fines académicos.

Fecha: 30-11-2012

Sector: Rodríguez Witt

Presión _____ Coordenadas_N _____ E _____

Datos del entrevistado

Nombres y apellidos: Walter F. Sánchez Armijos

Sexo: (x) M () F Edad: 39 Instrucción: Superior, Dr. Veterinario

1. Ingresos económicos mensuales: \$ 200.00
2. ¿Presenta últimas planillas de pago de agua?
SI (x) mes: Octubre NO ()
3. Consumo 8.00 m³
4. Valor mensual que cancela por el servicio de agua potable (planilla):
 - a) Servicio agua potable 0.76
 - b) Planes maestros 0.15
 - c) Valor c.p.d. 0.22
 - d) Microcuencas 0.24
5. Tipo tarifa de conexión de agua potable (categoría):
 - a) Residencial () e) Especial ()
 - b) Comercial () f) Municipal ()
 - c) Industrial () g) Tercera edad (x)
 - d) Institucional () h) Otros () _____
6. Número de familias que habitan en su domicilio: 1
7. Número de personas que habitan en su domicilio: 4
8. Número de contadores instalados en su domicilio: 2
9. Edad de instalación del contador: --
10. Estado del contador:
Funciona (x) Dañado () Sin Contador ()
11. Volumen acumulado en el contador domiciliario: 8979'5 m³
12. ¿Cuál es el diámetro de su conexión de servicio (acometida)?
 - a) ½" (15mm) () _____ d) 1 ½" (40mm) () _____
 - b) ¾" (20mm) () _____ e) 2" (50mm) () _____
 - c) 1" (25 mm) () _____ f) 4" (100mm) () _____
 - g) No sabe () _____
13. ¿Cómo califica el servicio de agua potable que proporciona la empresa?

Muy Bueno (x) Regular ()
Bueno () Malo ()

¿Por qué? No hay interrupciones

14. El flujo de agua que llega a su domicilio es:

Abundante (x) Poco ()
Regular () Casi Nada ()

15. La fuerza con la que el suministro de agua llega a su domicilio es:

Muy Fuerte () Débil ()
Fuerte () Muy Débil ()
Normal (x)

16. ¿Existen interrupciones del servicio de agua potable?

SI () NO (x)

Si su respuesta es afirmativa ¿con qué frecuencia ocurren? _____

17. ¿Qué tiempo duran las interrupciones? _____

18. ¿En promedio cuántas horas al día dispone del servicio de agua? 24 horas

19. ¿La empresa gestora informa, previo a realizar un racionamiento o corte del suministro de agua?

SI () NO ()

A través de:

Radio () Televisión () Otros _____

20. ¿En caso de que existan interrupciones del servicio de agua potable, la empresa abastece de agua a su sector?

SI () Por medio de _____
NO ()

Si su respuesta es negativa, ¿cómo se abastece de agua?

a) Almacena () En _____
b) Compra agua embotellada () Volum. ____ litros Frecuencia ____ Costo\$ ____
c) Cuenta con cisterna () Capacidad _____
d) Otros: _____

21. ¿Usted hierve el agua potable, antes de consumirla?

SI () NO (x)

¿Por qué? Piensa comprar un filtro

22. ¿El uso que le da al agua potable es?

Doméstico (x) Agrícola () Ganadero () Industrial ()

23. ¿Realiza alguna actividad comercial o industrial en su vivienda?, en caso de que la respuesta sea afirmativa indicar la actividad.

SI () NO (x)

24. En lo referente a la calidad, luego de haber existido un corte en el suministro, el agua que recibe:

Tiene mucho cloro () Es turbia () Es buena (x)

Tiene mal olor () Es dura () No sabe ()
 Tiene mal sabor () Tiene animales ()

25. ¿Ha padecido alguna enfermedad de origen hídrico?

SI () NO (x)

Si su respuesta es positiva, ¿cuál de las siguientes enfermedades ha padecido?

Cólera () Hepatitis () Gastroenteritis ()

Diarrea () Tuberculosis () De La Piel ()

Otras: _____

26. ¿Cuándo solicita algún servicio de instalación o reparación, la empresa actúa de manera rápida y eficiente?

Nunca () Algunas Veces () Siempre () No Ha Solicitado (x)

27. La empresa recepta sus reclamos a través de:

Cartas () Llamadas telefónicas () Internet () No sabe (x)

Otros: _____

28. ¿La empresa ha realizado algún tipo de campaña para el ahorro del agua? si la respuesta es positiva, describir lo realizado

SI (x) NO ()

A través de campañas radiales pidiendo ahorrar agua, cerrar grifos mientras se lava los dientes, etc.

29. ¿Estaría de acuerdo con un incremento en el costo de las planillas mensuales de agua a cambio de un mejor servicio?

SI (x) NO ()

¿Por qué? Porque el costo es barato

Si su respuesta es positiva ¿seleccione qué valor adicional (\$) estaría dispuesto a cancelar?

0.50 () 0.75 () 1.00 () 1.50 () 2.00 ()

Otro: lo necesario

30. ¿Ha tenido algún tipo de problema con su contador domiciliario?, si la respuesta es afirmativa describa el problema:

SI () NO (x)

31. ¿Usted realiza algún tipo de detección para control de fugas de agua dentro de su domicilio?

SI () NO (x)

¿En qué consiste? Todo es nuevo



ENCUESTA DESTINADA A LOS USUARIOS DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

La siguiente encuesta destinada a los usuarios del servicio de agua potable, tiene como finalidad la recolección de datos acerca de la percepción y realidad respecto al servicio recibido, los cuales permitirán elaborar un banco de indicadores para **proyectar los impactos que causan los cortes o racionamientos del suministro de agua potable**. Dichos resultados serán utilizados para fines académicos.

Fecha: 01-12-2012	Sector: Zamora Huayco
Presión _____	Coordenadas_N _____ E _____

Datos del entrevistado

Nombres y apellidos: Julia Cumandá Pasaca Guartán

Sexo: () M (x) F Edad: 41 Instrucción: Primaria

1. Ingresos económicos mensuales: \$ 200.00
2. ¿Presenta últimas planillas de pago de agua?
SI (x) mes: Octubre NO ()
3. Consumo 18 m³
4. Valor mensual que cancela por el servicio de agua potable (planilla):
 - a) Servicio agua potable 9.12
 - b) Planes maestros 1.82
 - c) Valor c.p.d. 0.22
 - d) Microcuencas 1.26
5. Tipo tarifa de conexión de agua potable (categoría):
 - a) Residencial () e) Especial ()
 - b) Comercial (x) f) Municipal ()
 - c) Industrial () g) Tercera edad ()
 - d) Institucional () h) Otros () _____
6. Número de familias que habitan en su domicilio: 1
7. Número de personas que habitan en su domicilio: 3
8. Número de contadores instalados en su domicilio: 1
9. Edad de instalación del contador: 1 año
10. Estado del contador:
Funciona (x) Dañado () Sin Contador ()
11. Volumen acumulado en el contador domiciliario: 01299 m³
12. ¿Cuál es el diámetro de su conexión de servicio (acometida)?
 - a) ½" (15mm) (x) PVC d) 1 ½" (40mm) () _____
 - b) ¾" (20mm) () _____ e) 2" (50mm) () _____
 - c) 1" (25 mm) () _____ f) 4" (100mm) () _____
 - g) no sabe () _____
13. ¿Cómo califica el servicio de agua potable que proporciona la empresa?
Muy Bueno () Regular ()
Bueno (x) Malo ()
¿Por qué? Se tiene agua constantemente

14. El flujo de agua que llega a su domicilio es:
 Abundante ☒ Poco ☐
 Regular ☐ Casi Nada ☐
15. La fuerza con la que el suministro de agua llega a su domicilio es:
 Muy Fuerte ☐ Débil ☐
 Fuerte ☐ Muy débil ☐
 Normal ☒
16. ¿Existen interrupciones del servicio de agua potable?
 SI ☒ NO ☐
 Si su respuesta es afirmativa ¿con qué frecuencia ocurren? 20/ año, por daños
17. ¿Qué tiempo duran las interrupciones? Mediodía, todo el día
18. ¿En promedio cuántas horas al día dispone del servicio de agua? 24 horas
19. ¿La empresa gestora informa, previo a realizar un racionamiento o corte del suministro de agua?
 SI ☐ NO ☒
 A través de:
 Radio ☐ Televisión ☐ Otros _____
20. ¿En caso de que existan interrupciones del servicio de agua potable, la empresa abastece de agua a su sector?
 SI ☒ por medio de bomberos
 NO ☐
 Si su respuesta es negativa, ¿cómo se abastece de agua?
 a) Almacena ☐ En _____
 b) Compra agua embotellada ☒ Volum. Bidón litros Frecuencia _____ Costo\$ _____
 c) Cuenta con cisterna ☐ capacidad _____
 d) Otros: _____
21. ¿Usted hierve el agua potable, antes de consumirla?
 SI ☐ NO ☒
 ¿Por qué? Consume agua de bidón
22. ¿El uso que le da al agua potable es?
 Doméstico ☒ Agrícola ☐ Ganadero ☐ Industrial ☐
23. ¿Realiza alguna actividad comercial o industrial en su vivienda?, en caso de que la respuesta sea afirmativa indicar la actividad.
 SI ☒ NO ☐
 Tienda
24. En lo referente a la calidad, luego de haber existido un corte en el suministro, el agua que recibe:
 Tiene Mucho Cloro ☒ Es Turbia ☐ Es Buena ☐
 Tiene Mal Olor ☐ Es Dura ☐ No Sabe ☐
 Tiene Mal Sabor ☐ Tiene Animales ☐
25. ¿Ha padecido alguna enfermedad de origen hídrico?
 SI ☐ NO ☒

Si su respuesta es positiva, ¿cuál de las siguientes enfermedades ha padecido?

Cólera () Hepatitis () Gastroenteritis ()

Diarrea () Tuberculosis () De La Piel ()

Otras _____

26. ¿Cuándo solicita algún servicio de instalación o reparación, la empresa actúa de manera rápida y eficiente?

Nunca (x) Algunas Veces () Siempre () No Ha Solicitado ()

27. La empresa recepta sus reclamos a través de:

Cartas () Llamadas telefónicas () Internet () No sabe ()

Otros: [ventanilla](#)

28. ¿La empresa ha realizado algún tipo de campaña para el ahorro del agua? si la respuesta es positiva, describir lo realizado

SI () NO ()

[No sabe](#)

29. ¿Estaría de acuerdo con un incremento en el costo de las planillas mensuales de agua a cambio de un mejor servicio?

SI () NO (x)

¿Por qué? [Con lo que paga es suficiente](#)

Si su respuesta es positiva ¿seleccione qué valor adicional (\$) estaría dispuesto a cancelar?

0.50 () 0.75 () 1.00 () 1.50 () 2.00 () otro _____

30. ¿Ha tenido algún tipo de problema con su contador domiciliario?, si la respuesta es afirmativa describa el problema:

SI () NO (x)

31. ¿Usted realiza algún tipo de detección para control de fugas de agua dentro de su domicilio?

SI (x) NO ()

¿En qué consiste? [Control visual y chequeo de tuberías](#)



ENCUESTA DESTINADA A LOS USUARIOS DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

La siguiente encuesta destinada a los usuarios del servicio de agua potable, tiene como finalidad la recolección de datos acerca de la percepción y realidad respecto al servicio recibido, los cuales permitirán elaborar un banco de indicadores para **proyectar los impactos que causan los cortes o racionamientos del suministro de agua potable**. Dichos resultados serán utilizados para fines académicos.

Fecha: 14-12-2012 Sector: Zamora Huayco (Casa parroquial- Iglesia)
Presión _____ Coordenadas_N _____ E _____

Datos del entrevistado

Nombres y apellidos: P. Javier Urquiza

Sexo: (x) M () F Edad: 45 Instrucción: Superior-Sacerdote

1. Ingresos económicos mensuales: \$ 300.00
2. ¿Presenta últimas planillas de pago de agua?
SI (x) mes: Agosto NO ()
3. Consumo 35 m³
4. Valor mensual que cancela por el servicio de agua potable (planilla):
 - a) Servicio agua potable 5.66
 - b) Planes maestros 1.13
 - c) Valor c.p.d. 0.22
 - d) Microcuencas 1.05
5. Tipo tarifa de conexión de agua potable (categoría):
 - a) Residencial (x)
 - b) Comercial ()
 - c) Industrial ()
 - d) Institucional ()
 - e) Especial ()
 - f) Municipal ()
 - g) Tercera edad ()
 - h) Otros () _____
6. Número de familias que habitan en su domicilio:
7. Número de personas que habitan en su domicilio: 3
8. Número de contadores instalados en su domicilio: 1
9. Edad de instalación del contador: 5 años
10. Estado del contador:
Funciona (x) Dañado () Sin Contador ()
11. Volumen acumulado en el contador domiciliario: 09686 m³
12. ¿Cuál es el diámetro de su conexión de servicio (acometida)?
 - a) ½" (15mm) (x) PVC
 - b) ¾" (20mm) () _____
 - c) 1" (25 mm) () _____
 - d) 1 ½" (40mm) () _____
 - e) 2" (50mm) () _____
 - f) 4" (100mm) () _____
 - g) no sabe () _____
13. ¿Cómo califica el servicio de agua potable que proporciona la empresa?
Muy Bueno () Regular ()
Bueno () Malo (x)

¿Por qué? Hay interrupciones, cuando llueve baja presión de agua

14. El flujo de agua que llega a su domicilio es:
Abundante () Poco ()
Regular (x) Casi Nada ()
15. La fuerza con la que el suministro de agua llega a su domicilio es:
Muy Fuerte () Débil ()
Fuerte () Muy Débil ()
Normal (x)
16. ¿Existen interrupciones del servicio de agua potable?
SI (x) NO ()
Si su respuesta es afirmativa ¿con qué frecuencia ocurren? 10/ años, cuando llueve
17. ¿Qué tiempo duran las interrupciones? 6 – 8 horas
18. ¿En promedio cuántas horas al día dispone del servicio de agua? 24 horas
19. ¿La empresa gestora informa, previo a realizar un racionamiento o corte del suministro de agua?
SI () NO (x)
A través de:
Radio () Televisión () Otros _____
20. ¿En caso de que existan interrupciones del servicio de agua potable, la empresa abastece de agua a su sector?
SI () Por medio de _____
NO (x)
Si su respuesta es negativa, ¿cómo se abastece de agua?
a) Almacena () En _____
b) Compra agua embotellada (x) Volum. 20 litros Frecuencia 8-10 Costo\$ _____
c) Cuenta con cisterna (x) Capacidad _____
d) Otros: _____
21. ¿Usted hierve el agua potable, antes de consumirla?
SI (x) NO ()
¿Por qué? Por la calidad, no es buena el agua.
22. ¿El uso que le da al agua potable es?
Doméstico (x) Agrícola () Ganadero () Industrial ()
23. ¿Realiza alguna actividad comercial o industrial en su vivienda?, en caso de que la respuesta sea afirmativa indicar la actividad.
SI () NO (x)
- Iglesia
24. En lo referente a la calidad, luego de haber existido un corte en el suministro, el agua que recibe:
Tiene Mucho Cloro (x) Es Turbia () Es Buena ()
Tiene Mal Olor () Es Dura () No Sabe (X)
Tiene Mal Sabor () Tiene Animales ()
25. ¿Ha padecido alguna enfermedad de origen hídrico?
SI (x) NO (x)

Si su respuesta es positiva, ¿cuál de las siguientes enfermedades ha padecido?

Cólera () Hepatitis () Gastroenteritis (x)

Diarrea () Tuberculosis () De la piel ()

Otras _____

26. ¿Cuándo solicita algún servicio de instalación o reparación, la empresa actúa de manera rápida y eficiente?

Nunca (x) Algunas veces () Siempre () No ha solicitado ()

27. La empresa recepta sus reclamos a través de:

Cartas () Llamadas telefónicas () Internet () No sabe ()

Otros: [personalmente en las oficinas](#)

28. ¿La empresa ha realizado algún tipo de campaña para el ahorro del agua? si la respuesta es positiva, describir lo realizado

SI (x) NO ()

[A través de la radio](#)

29. ¿Estaría de acuerdo con un incremento en el costo de las planillas mensuales de agua a cambio de un mejor servicio?

SI (x) NO ()

¿Por qué? [Es justo pagar más para tener un mejor servicio](#)

Si su respuesta es positiva ¿seleccione qué valor adicional (\$) estaría dispuesto a cancelar?

0.50 () 0.75 (x) 1.00 () 1.50 () 2.00 () otro _____

30. ¿Ha tenido algún tipo de problema con su contador domiciliario?, si la respuesta es afirmativa describa el problema:

SI () NO (x)

31. ¿Usted realiza algún tipo de detección para control de fugas de agua dentro de su domicilio?

SI () NO (x)

¿En qué consiste? _____

Desde 24/09/2012 Hasta 24/09/2013

Anexo 9. Propuesta de gestión para almacenamiento de agua potable en época de estiaje

En épocas de estiaje, cualquier reducción significativa del caudal de agua puede alterar completamente los procesos ecológicos de las aguas y las orillas.

Lo ideal es que en época de estiaje se consuma hasta un 70% del caudal de los cauces que aportan al Pacífico y hasta un 50% de los que aportan al Amazonas. (Benavides, 2010).

Para evitar el tener que racionar (interrumpir) el servicio de agua en épocas de estiaje, el gestor del servicio debe emprender un programa tanto de concientización a los usuarios así como de incrementar la capacidad de almacenamiento (volumen de regulación).

En la información levantada en campo a través de encuestas en el sector tenemos un promedio de $5.11 \approx 6$ habitantes por conexión. La dotación para la ciudad de Loja está estimada en 210 l/hab/día.

La propuesta es que mediante campañas de educación a los clientes a través de los medios: televisivos, radiales, internet y escritos, acerca de ahorrar agua y utilizar sólo la necesaria, reducir el consumo a 100 -150 l/hab/día. Sumado a lo anterior se propone tomar en cuenta para el cálculo del volumen de regulación (V_{RR}), las pérdidas reales de la red así como el periodo de duración del máximo estiaje, para que dicho volumen logre abastecer a la población en los días de sequía y no se tenga que interrumpir el servicio, ya que los cortes del servicio son prácticas irresponsables, que perjudican al abastecimiento y a los usuarios.

Ecuación para el cálculo del caudal medio diario:

$$CMD = n \times N \times D$$

[Ecuación 128]

Donde

- | | | |
|---|---|---|
| n | - | número de habitantes por conexión (hab/conex) |
| N | - | número de conexiones |
| D | - | Dotación (l/hab/día) |

A la ecuación 128 la afectamos por el porcentaje de pérdidas, que para el caso de estudio, según los datos proporcionados por el departamento de comercialización de la EMAAL-EP, corresponden al 43.8% (ver anexo 10), tomaremos el valor del 45%, además se agrega el factor que corresponde al máximo periodo (en días) estimado de duración del estiaje ($P_{est.}$). Obteniendo la ecuación para el cálculo del volumen de regulación recomendado por cada 1000 conexiones:

$$V_{RR} = \frac{CMD \times P_{pér} \times P_{est.}}{1000}$$

[Ecuación 129]

Donde:

- V_{RR} - Volumen de regulación recomendado (m^3)
- P_{est} - Periodo de máximo estiaje (días)
- $P_{pér}$ - Porcentaje de pérdidas en la red

Con la ecuación 128 se calcula a continuación el volumen de regulación para el sector hidrométrico caso de estudio. El periodo de estiaje se considera de 3 meses (90 días), dicha información se referencia del documento “Estudio de Impacto Ambiental Expost: Montaje del Segundo Circuito de la Línea de Transmisión Cuenca-Loja a 138 kV”, en el mismo se presenta la tabla tomada del INAMI:

Tabla de precipitación media mensual

Tabla 4.13. Precipitación Media Mensual

MES	Precipitación media total (mm)
Ene.	83.0
Feb.	121.4
Mar	148.8
Abr.	115.6
May.	59.9
Jun.	72.8
Jul.	44.5
Ago.	17.3
Sep.	25.2
Oct.	70.6
Nov.	84.5
Dic.	93.5
PROMEDIO ANUAL	917.3

Fuente: INAMHI. Estación Meteorológica La Argelia - Loja (2000-2008)

En la tabla se observa que los meses de menor precipitación, considerando un promedio entre los años 2000 -2008, corresponden a los meses de Julio, Agosto y Septiembre (3 meses).

Con estos antecedentes se procede a calcular el volumen de regulación recomendado, por cada 1000 conexiones.

$$V_{RR} = \frac{CMD \times P_{pér} \times P_{est.}}{1000}$$

$$V_{RR} = \frac{n \times N \times D \times 1.45 \times P_{est.}}{1000}$$

$$V_{RR} = \frac{6 \text{ hab} \times (1000 \text{ conexiones}) \times (150 \text{ Lt/hab/día}) \times 1.45 \times (90 \text{ días})}{1000}$$

$$V_{RR} = 117450 \text{ m}^3 = 0.12 \text{ hm}^3$$

Este volumen se puede almacenar en tanques de reserva, sin embargo por el volumen a almacenar se podría pensar en estanques, piscinas o en embalses de regulación.

**Anexo 10. Datos de facturación, producción y pérdidas del
abastecimiento en el año 2012**

En este anexo se resumen los datos de número de abonados, el consumo en metros cúbicos, el valor en dólares de dichos consumos, el volumen de producción y el porcentaje de pérdidas, correspondientes al año 2012, esta información fue proporcionada por el departamento de Comercialización de la EMAAL-EP.

2012					
Mes	FACTURACIÓN			PRODUCCIÓN m³	FUGAS Y PÉRDIDAS %
	N° Abonados	Consumo m³	Consumo \$		
Enero	35422.0	870101.0	236714.6	1469611.0	40.8
Febrero	35655.0	806501.0	223156.8	1340098.0	39.8
Marzo	35963.0	772474.0	216376.7	1484289.0	48.0
Abril	36197.0	886603.0	250930.7	1561835.0	43.2
Mayo	36309.0	919807.0	261130.4	1591335.0	42.2
Junio	36422.0	837999.0	232428.5	1533999.0	45.4
Julio	37193.0	894253.0	260873.5	1584542.0	43.6
Agosto	36908.0	822048.0	228172.6	1556433.0	47.2
SUMATORIA:	290069.0	6809786.0	1909783.8	12122142.0	350.2
PROMEDIO:	36258.6	851223.3	238723.0	1515267.8	43.8

Fuente: elaboración propia con base en información proporcionada por la EMAAL-EP correspondiente al año 2012.

“Proyección de impactos generados por los racionamientos o cortes del suministro (SS. EE. AA)”

Marlon René Patiño Solano¹, Holger Manuel Benavides Muñoz²

¹Trabajo de fin de titulación. Titulación de Ingeniero Civil. Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). E-mail: mrenecibiris@gmail.com

²Profesor de la Universidad Técnica Particular de Loja. Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil, Sección de Recursos Hídricos, Laboratorio de Hidráulica. San Cayetano Alto, C/París, POBOX: 1101608, Loja, Ecuador. E-mail: hmbenavides@utpl.edu.ec

RESUMEN

Este estudio se enmarca en la gestión urbana de abastecimientos de agua potable, línea de estudio fundamental en la actualidad, debido a la importancia de cuidar y gestionar adecuadamente el recurso agua, a la vez de optimizar el uso del mismo para brindar un servicio eficiente en: calidad, cantidad y presión adecuada. El gestionar adecuadamente un abastecimiento de agua potable significa que dicha gestión debe conducir a que el abastecimiento sea sostenible es decir que exista un equilibrio entre los ejes: social, económico y ambiental. El presente estudio contiene la propuesta de una metodología de Evaluación de Impactos Generados por los Racionamientos o Cortes del Suministro de Agua (EICRA), misma que es una adaptación de métodos conocidos en la Evaluación de Impactos Ambientales (EIA), y que utiliza variables e indicadores para proyectar dichos impactos y proponer medidas correctoras según sea el caso.

Palabras claves: abastecimiento, interrupciones, llenado de red, vaciado de red, impactos, indicadores, medidas correctoras.

ABSTRACT

This study is part of the urban management of drinking water supplies, online fundamental study today, because of the importance of protecting and properly managing water resources, while optimizing the use of it to provide an efficient service in: quality, quantity and proper pressure. The properly manage a water supply means that such management should lead to sustainable supply there is a balance between the axes: social, economic and environmental. This study contains a proposed methodology for Evaluación de los impactos generados por los racionamientos o cortes del suministro (EICRA), which is itself an adaptation of methods known in the Environmental Impact Assessment (EIA), and use variables and indicators to project such impacts and propose corrective measures as appropriate .

KEYWORDS: supply, disruptions, network filling, emptying network, impacts, indicators, corrective measures.

1. Introducción

Gestionar un abastecimiento de agua potable significa realizar un manejo adecuado de los recursos disponibles: humanos, hidráulicos y económicos. De esta manera se puede contar con una red que trabaje en óptimas condiciones.

La disponibilidad del agua es un problema actual y complejo en el que interviene una serie de factores que van más allá del incremento poblacional que demanda cada vez más este recurso, así como para llevar a cabo actividades económicas. El crecimiento urbano-industrial, la sobreexplotación y la contaminación de los recursos hídricos generan conflictos y escasez de agua. (Durán J. & Torres A. 2006).

La distribución intermitente del agua es una solución generalizada para hacer frente a los cortes de agua inesperados causados por sequías o falta de mantenimiento de la red, que puede resultar en fugas (De Marchis M. et al., 2010). Y sin embargo es este un procedimiento a todas luces insalubre e inconveniente. De otra parte, con este proceder el ahorro de agua que se alcanza no es tanto porque los ciudadanos reducen su consumo si no sobre todo porque la red deja de fugar. Y por ello tiene un claro remedio, mejorar el rendimiento de las redes de agua urbanas. (Cabrera M. E. 2006).

De Marchis M. et al. (2010) dicen que cuando un sistema continuo se gestiona como un sistema intermitente, la presión de la red es a menudo incapaz de proporcionar un nivel suficiente de servicio, en consecuencia la distribución del agua no es equitativa y no es homogénea en el tiempo y en el espacio.

La baja presión en las conexiones de servicio también tiene un impacto en

la población, provoca cambios en las actividades típicas, sociales y económicas de los usuarios que se encuentran alejados de los nudos de servicio o en los puntos altos.

En este contexto el presente estudio consiste en adaptar una metodología con el fin de proyectar los impactos que generan los cortes del suministro, mediante la valoración de indicadores, para esto la metodología se basa en métodos conocidos de la evaluación de impactos ambientales, toma en consideración métodos evaluativos de primer nivel como las listas de revisión y diagrama de redes (hasta tercer nivel de causalidad), y de los métodos evaluativos de alto nivel el de Batelle – Columbus, método que fue diseñado para evaluar el impacto de proyectos relacionados con recursos hídricos, aunque también se utiliza en evaluación de proyectos lineales.

2. Materiales y métodos

2.1. Marco conceptual

Para comprender mejor los tópicos aquí presentados es oportuno abordar, brevemente, los conceptos utilizados en el mismo.

Indicador: es un instrumento que sirve para mostrar o indicar algo (expresión numérica, matemática o estadística) de gran utilidad para evaluar dónde estamos y hacia dónde vamos respecto de los valores y objetivos de un proyecto (Galarza, 2007). El objetivo final de un indicador no es una evaluación meramente estadística, sino más bien proporcionar información que ayude en la toma de decisiones (Rana V. et al., 2013).

Cuando ocurre una interrupción del suministro de agua necesariamente se dan las operaciones: de vaciado y

llenado de la red, si dichas operaciones no se las realiza correctamente en la red se da origen a los fenómenos transitorios que pueden dañar las tuberías y estas a su vez dar paso a la intrusión de patógenos.

Vaciado de tuberías

En una red bien proyectada, el vaciado se realiza mediante válvulas de vaciado, colocadas en los puntos bajos.

La operación de vaciado exige la colocación de válvulas de admisión de aire en los puntos más altos de la tubería como mínimo. Una vez abiertas las válvulas de vaciado, el gasto que salga por ellas estará limitado por el gasto de aire que pueda entrar al acueducto por las válvulas de admisión de aire (Guarga, 1995).

Guarga (1995), recomienda que por razones de seguridad, en la tubería no se conformen depresiones mayores que 3 m.c.a. (5 psi) por debajo de la presión atmosférica.

Llenado de tuberías

Esta operación supone la expulsión del aire que se encuentra dentro de la tubería y la sustitución del mismo por agua. La expulsión se realiza mediante el uso de válvulas (expulsión/admisión) de aire.

El Q máximo admisible, a evacuar por dicha válvula será: (Guarga, 1995)

$$Q_{max} = \frac{(P_{ri} - P_{lli})}{\gamma} \times \frac{g \times \left(A_1 + \frac{2 \times A \times a_1}{a} \right)}{2 \times a_1} \quad (1)$$

donde P_{ri} es la presión manométrica que la tubería resiste en el emplazamiento (instalación) de la válvula i ; P_{lli} es la presión manométrica máxima en la válvula durante la operación de llenado; A_1 es el área de sección de la derivación de la conducción en la que se

instala la válvula; a_1 y a son velocidades de propagación de las ondas en la derivación y en la conducción respectivamente; g es la aceleración de la gravedad.

Fenómenos transitorios

Los transitorios hidráulicos son alteraciones en el agua causados durante un cambio de estado, cuando se efectúa una transición de un estado de equilibrio a otro. Los cambios de presión y flujo (caudal) son los principales componentes de las alteraciones. Estos fenómenos tienen lugar cuando se ponen en funcionamiento o paran las bombas de una instalación, al abrir y cerrar válvulas, en los procesos de llenado y vaciado de tuberías.

Golpe de ariete

El fenómeno del golpe de ariete consiste en la alternancia de depresiones y sobrepresiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería. Davis (2004) manifiesta que el golpe de ariete puede degradar la integridad del sistema de transmisión o distribución en una de dos formas: a través de una falla catastrófica o por una falla benigna. La falla catastrófica ocurre cuando las tuberías se rompen, las juntas se mueven, se produce ruido excesivo, etc. La falla benigna puede ocurrir en un periodo de años y puede consistir en la falla de revestimiento y picaduras en las paredes de la tubería.

Ecuaciones

Tiempo de cierre o tiempo de parada (T), tiempo que se demora la presión en subir desde el valor inicial hasta el valor máximo alcanzado. Ecuación propuesta por Mendiluce:

$$T = \frac{K \times L \times V}{g \times H_m} \quad (2)$$

donde L es la longitud de la conducción (m); V es la velocidad del régimen del agua (m/s); H_m es la altura manométrica; C y K son coeficientes de ajustes empíricos.

Celeridad (a): Velocidad de propagación de la onda de presión. Ecuación propuesta por Allievi, cuando el fluido es agua:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \times \frac{D}{e}}} \quad (3)$$

donde D es el diámetro interior de la tubería; e es el espesor de la tubería; K es el coeficiente en función del módulo de elasticidad ε del material de la tubería.

$$K = \frac{10^{10}}{\varepsilon} \quad (4)$$

Tiempo de propagación de la onda (Tp):

$$Tp = \frac{2 \times L}{a} \quad (5)$$

Sobrepresiones

Si T < Tp: El cierre es rápido. Se producirá golpe de ariete, la sobrepresión originada se calcula por medio de la ecuación propuesta por Allievi:

$$\Delta H = \frac{a \times V}{g} \quad (6)$$

Si T ≥ Tp: El cierre es lento, no se producirá golpe de ariete; se aplica la ecuación de Michaud:

$$\Delta H = \frac{2 \times L \times V}{g \times T} \quad (7)$$

donde ΔH es la sobrepresión debida al golpe de ariete (m.c.a); L es la longitud de la tubería (m); V es la velocidad de

régimen del agua (m/s); T es el tiempo de parada o de cierre, según el caso (s) g es la aceleración de la gravedad, 9.81 m/s²

Cavitación

El término cavitación se refiere al fenómeno de la formación y el colapso de las burbujas de gas/vapor dentro de un líquido. Cuando la presión en un fluido desciende por debajo de la presión de vapor, se forman burbujas. Una vez que la presión del líquido se recupera, las burbujas colapsan (Caccese V. et al., 2006). El fenómeno se produce cuando el agua o cualquier otro fluido pasa a gran velocidad por una arista, una descompresión del fluido.

Presión en la garganta (estrangulamiento) (Bernoulli):

$$\frac{P_g}{\gamma} = \frac{P_e}{\gamma} - \frac{v_e^2}{2 \times g} \times \left(\frac{A_e}{A_g} - 1 \right) \quad (8)$$

donde P_g es la presión en la garganta (m.c.a); P_e es la presión a la entrada (manométrica); A_g es la sección de la garganta (estrangulamiento) (m); A_e es la sección de la entrada (m); V_e es la velocidad a la entrada (m/s).

Intrusión patógena

Es el fenómeno mediante el cual se altera la calidad del agua de consumo, se relaciona con la presencia de organismos vivos, ya que el agua potable se puede contaminar durante su transcurso antes de ser entregada a los usuarios.

Caudal de intrusión: (De Marchis M. et al., 2010)

$$Q_i = C_D A_o \sqrt{2g(H_{ext} - H_{int})} \quad (9)$$

donde A_o es la sección del orificio; C_D es el coeficiente de descarga del orificio; H_{ext} es la altura piezométrica

del agua existente en el terreno alrededor de la tubería donde se encuentra el orificio; H_{int} es la altura piezométrica del agua en el interior de la tubería, junto al orificio.

2.2. Metodología EICRA

La Metodología EICRA es una adaptación del método de Batelle – Columbus. Este método que se usa en la Evaluación de Impactos Ambientales, es un tipo de lista de verificación con escalas de ponderación que contempla la descripción de los factores ambientales, la ponderación valórica de cada aspecto y la asignación de unidades de importancia (Espinoza, 2007).

El procedimiento a seguir para la adaptación de la metodología EICRA se resume en los siguientes pasos:

1. Determinar los parámetros (componentes-subcomponentes-indicadores), que permitan medir los impactos generados por los racionamientos del suministro.
2. Realizar el cálculo de los indicadores establecidos.
3. Ponderar la importancia de los parámetros considerados, con base en su significancia respecto al estudio para cumplir con el objetivo planteado.
4. Transformar los indicadores obtenidos en factores de calidad (FC), para determinar el peso relativo de cada parámetro.
5. Una vez obtenidos los factores de calidad (valores isométricos) se procede a calcular los pesos relativos (PR) de cada parámetro a evaluar, los cuales son el resultado de multiplicar cada valor de FC por su respectiva importancia ponderada (IP).

6. Con los resultados de la valoración se determina el parámetro o parámetros afectados (impactos proyectados), para determinar y aplicar las medidas correctoras pertinentes en cada caso.

2.2.1. Determinación de parámetros.

Al referirse a sostenibilidad de un abastecimiento urbano de agua, área en la cual se enmarca este estudio, significa que los tres ejes deben estar en equilibrio, por este motivo se estableció como componentes a evaluar: el social, el económico y el ambiental.

Adicionalmente se realizó un diagrama de redes en el que se consideró una relación de causalidad hasta tercer nivel, para este tema de estudio como es el racionamiento o corte del suministro de agua potable, se identificó a dos como actividades generadoras de los impactos, estas son: el llenado y vaciado de las redes, operaciones que son producto de las interrupciones o cortes del suministro de agua potable.

Mediante la ayuda de una lista de chequeo (check list), se consideró las posibles variables que permitirán configurar los indicadores mediante los cuales se evaluará y proyectará los impactos (SS.EE.AA) que los racionamientos del suministro de agua provocan.

Tabla 1. Desagregación de parámetros propuestos para la metodología EICRA

DESAGREGACIÓN PROPUESTA	NÚMERO DE ELEMENTOS
Componentes	3
Subcomponentes	11
Indicadores	67
Pesos relativos (PR), medidas	100

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 1 se observa la desagregación de los parámetros

propuestos para la aplicación de la metodología EICRA, así tenemos: se configuró sesenta y siete (67) indicadores estructurados en once (11)

subcomponentes y estos a su vez agrupados en tres (3) componentes, la valoración total de estos parámetros debe ser igual a 100 unidades.

Tabla 2. Parámetros establecidos para metodología EICRA

Componentes	Social	Ind	Económico	Ind	Ambiental	Ind
Subcomponentes	Cantidad	11	Operación y mantenimiento	11	Aire	4
	Calidad del Servicio	11	Infraestructura del sistema	7	Agua	5
	Reclamos	4	Gastos, Facturación y recaudación	2	Suelo	4
	Hábitos	5				
	Salud	3				

Fuente: elaboración propia

La Tabla 2 muestra más detalladamente los parámetros determinados que permitirán proyectar los impactos ocasionados por cortes del suministro de agua, los indicadores representan aspectos representativos del tema a evaluar.

2.2.2. Cálculo de indicadores.

Existen algunos organismos internacionales que presentan estructuras de variables e indicadores para gestionar los sistemas de agua potable (Rana V. et al., 2013), para este estudio se consideró algunos de la IBNET (International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities), de la IWA (International Water Association) e ITA (Instituto Tecnológico del Agua) con su software Sigma Lite 2.0, y algunos que se configuraron de acuerdo a los requerimientos.

Los indicadores se configuran al relacionar variables mediante una ecuación, las variables son datos reales que pueden ser medidos o información que puede ser proporcionada en este caso por los gestores del sistema de agua potable.

Es así que los indicadores se calculan realizando las operaciones matemáticas que indican las ecuaciones correspondientes para cada indicador.

2.2.3. Importancias ponderadas.

Las importancias ponderadas son las valoraciones o pesos que se le asigna a cada componente, subcomponente e indicador, conforme a la importancia que ellos representan para cumplir con el objeto del estudio.

El valor de los pesos o importancias ponderadas correspondientes a los subcomponentes e indicadores se obtiene resultado de promediar las valoraciones recogidas al aplicar la encuesta Delphi a profesionales con conocimiento en el área de estudio, las valoraciones son criterios que cada profesional tiene con base a la importancia que el indicador y el subcomponente planteado representan en la proyección de los impactos.

- La suma de los valores (pesos) de los indicadores dan el valor del subcomponente.
- La suma de los valores de los subcomponentes arrojan el valor del componente.

- La suma de los valores de los componentes (SS. EE. AA), debe ser 100 unidades para un abastecimiento correctamente gestionado.

Se considera una valoración de 100 unidades para una situación óptima de un abastecimiento bien gestionado en donde no se contemplen los racionamientos del suministro o por lo menos estos no generen impactos negativos en lo social, económico y ambiental, dicha valoración será gracias a la sumatoria de las situaciones óptimas (importancias ponderadas) de sus componentes: social (33.3), económico (33.4) y ambiental (33.3), que a su vez dependen de la sumatoria de sus subcomponentes y estos a su vez de la sumatoria de cada indicador que lo compone.

2.2.4. Transformación de indicadores a Factores de Calidad (FC).

La metodología establece un sistema mediante el cual todos los parámetros considerados puedan ser evaluados a

través de unidades homologables, es decir convertir dichos valores en isométricos, debido a que al ser medibles físicamente muchos de los indicadores, los valores que tienen son muy variables y a cada uno de ellos les corresponde cierto grado de calidad entre un extremo pésimo (0) y el otro extremo óptimo (1).

Para realizar dicha conversión la metodología utiliza los factores de calidad (FC), asignándole al extremo óptimo el valor de 1 y al pésimo el valor de 0, quedando incluidos entre estos extremos valores intermedios en los que se puede definir distintos estados de calidad para el parámetro (indicador) considerado.

Para la valoración se estableció los siguientes estados de calidad: óptimo, bueno, medio, mínimo y crítico (cualitativamente), y el valor que se le asigne a cada par ordenado (cifra de penalización) será aquel que responda a la pregunta *¿qué valor del indicador representa lo: óptimo, bueno, medio, mínimo y crítico?*

¿Qué es lo	Valores del indicador	FC
Óptimo	X (1.0)	1.0
Bueno	X (0.8)	0.8
Medio	X (0.6)	0.6
Mínimo	X (0.4)	0.4
Crítico	X (0.2)	0.2
	X (0.0)	0.0

Figura 1. Esquema de la distribución de valoraciones
Fuente: elaboración propia, adaptado de Benavides H. (2010)

La valoración cuantitativa de los indicadores se realiza mediante el uso

de la herramienta Delphi, aplicando un cuestionario a profesionales inmersos en la rama hidráulica.

Para comparar y aplicar la penalización respectiva (factores de calidad, FC), se comparó los valores obtenidos de cada indicador, con valores referenciales sustentados en literatura técnica relacionada al estudio, normas, artículos e informes presentados por organismos nacionales e internacionales, y en estudios previos (tesis) relacionados con la gestión de sistemas de agua potable.

Obtenida la valoración de cada indicador, se procede a determinar los promedios (puntos en la gráfica) para luego dibujarlos en un sistema coordinado (x, y), valores del indicador en el eje de las abscisas (x) y FC en el eje de las ordenadas (y). Debido a la variabilidad de los datos, no todos los valores se ajustan a una tendencia determinada por algún modelo de regresión (exponencial, lineal, logarítmica, polinómica o potencial), por tal motivo se realiza tanteos (haciendo uso de la herramienta de excel) hasta

ajustar los pares de datos a un modelo de regresión definido, de manera que el coeficiente de determinación R^2 se aproxime o sea igual a uno.

La metodología además permite establecer la **función de conversión** (método matemático), de un indicador en función de su magnitud a FC, y a través de estas funciones se establece las respectivas **curvas de conversión** (método gráfico), para así mismo convertir un indicador a factor de calidad.

Para comprender mejor este apartado a continuación se presenta un ejemplo que corresponde al indicador Población abastecida (SCL1) que se mide en porcentaje (%), dicho indicador se encuentra dentro del subcomponente: **calidad del servicio** y estos a su vez contenidos en el componente: **social**

(SCL1) Población abastecida [%]

Método matemático:

Función de conversión a factor de calidad:

$$FC_{SCL1} = 1E-07e^{0.1573(SCL1)} \quad (10)$$

Método gráfico:

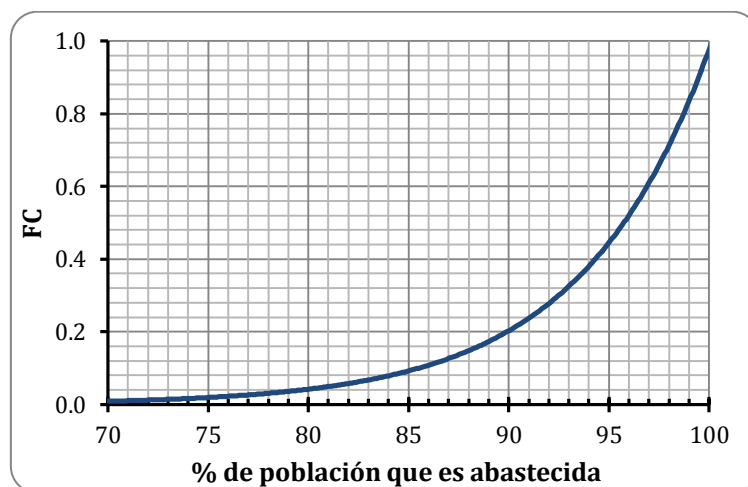


Figura 2. Curva de conversión para: población abastecida
Fuente: elaboración propia

La Figura 2 indica que si se cuenta con un 100% de población que es abastecida, su proyección en el eje de las ordenadas, factor de calidad correspondiente es $FC = 1$, valor óptimo, si se cuenta con un valor de 90% de población que es abastecida, su proyección nos indica un factor de calidad, $FC = 0.2$, valor crítico, para valores menores que 90% de población abastecida, el factor de calidad correspondiente tiende a cero.

En el caso de que dichos indicadores no se hallen en la situación óptima, su contribución a que se cuente con un abastecimiento bien gestionado en lo referente a cortes y racionamientos, disminuirá en la misma tasa que su factor de calidad (cifra de penalización), por lo tanto será importante determinar su peso relativo.

2.2.5. Pesos relativos (PR).

El peso relativo de cada indicador, resulta de multiplicar el factor de calidad con su correspondiente importancia ponderada, mediante la ecuación se puede determinar el peso relativo de cada indicador.

$$PR_i = FC_i \times IP_i \quad (11)$$

donde, PR_i es el peso relativo del indicador; FC_i es el Factor de calidad del indicador; IP_i es la importancia ponderada del indicador.

3. Caso de estudio

3.1. Información del distrito hidrométrico a evaluar

El sector elegido para la aplicación de la metodología propuesta EICRA es el distrito hidrométrico "Zamora Huayco", que está conformado por los barrios: Los Faiques, Zamora Huayco y la ciudadela Rodríguez Witt, ubicados al sur oriente de la ciudad de Loja.

El área a abastecer dentro del distrito es de aproximadamente 0.19 Km², (18.64 Ha). La población proyectada es de 3776 habitantes. La red de distribución tiene una longitud de 9.36 Km (9357.10 m). En la Tabla 3 se observa la disposición de la red, en lo referente a diámetros y material, que la conforman:

Tabla 3. Composición de la red de distribución

DIÁMETRO	LONGITUD	MATERIAL	%
2"	77.68	AC	0.8%
3"	2764.98	AC	29.5%
4"	1927.39	AC	20.6%
6"	1272.69	AC	13.6%
8"	580.27	AC	6.2%
63mm(2.5")	343.33	PVC	3.7%
90mm(3.5")	683.51	PVC	7.3%
100mm(4.0")	1581.10	PVC	16.9%
110mm(4.33")	126.15	PVC	1.3%
TOTAL :	9357.10 m		100.00%
	9.36 Km		

AC: asbesto cemento
Fuente: elaboración propia

3.2. Aplicación de la metodología EICRA

Mediante un ejemplo de cálculo para uno de los indicadores propuestos, se aplica el procedimiento descrito en el apartado anterior necesario para proyectar los impactos generados por los cortes del suministro en un abastecimiento.

a. El indicador elegido se denomina: ***Interrupción del servicio por mantenimiento no planificado*** cuyo código en el presente estudio es **(SC2)**, medido en [Nº/año], pertenece al subcomponente ***cantidad*** mismo que está contenido en el componente ***social***.

b. Su valor es **SC2 = 3** veces/año (cálculo que se realizó en base a información que se obtuvo de la encuesta aplicada a la empresa gestora del servicio)

c. Las importancias ponderadas, resultado de aplicar la metodología Delphi son:

Componente: Social **(33.3)**

Subcomponente: Cantidad **(9.6)**

Indicador: (SC2) Interrupción del servicio por mantenimiento no planificado **(1.2)**

d. El siguiente paso en esta metodología es determinar el factor de calidad (FC) que corresponde al indicador. A continuación se presenta el cálculo:

- Método matemático: se aplica la función de conversión, ecuación (10).

$$\begin{aligned}FC_{CS2} &= 1.3901 \times e^{-0.321(CS2)} \\FC_{CS2} &= 1.3901 \times e^{-0.321(3)} \\FC_{CS2} &= 1.3901 \times 0.3817 \\FC_{CS2} &= 0.53 \approx 0.5\end{aligned}$$

- Método gráfico: se hace uso de la curva de conversión.

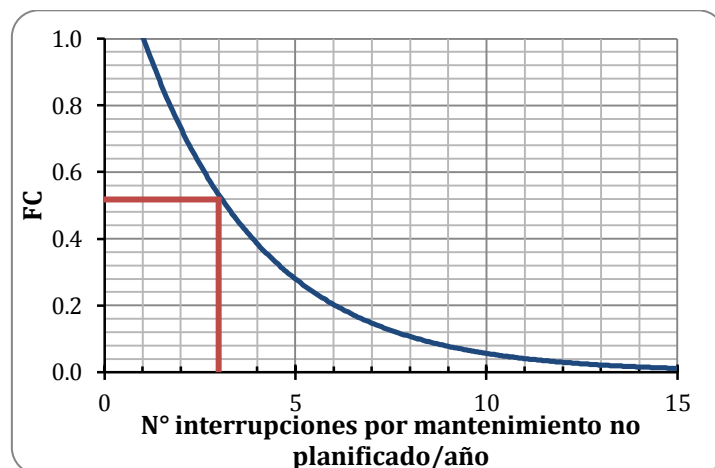


Figura 3 Curva de conversión para: interrupción del servicio por mantenimiento no planificado (ejemplo de cálculo).

Fuente: elaboración propia

La Figura 3 muestra que para un valor de 3 interrupciones por año por mantenimiento no planificado (eje de la

abscisas), al proyectar dicho valor en el eje de las ordenadas, le corresponde un factor de calidad $FC = 0.5$.

e. Se procede a calcular el peso relativo, mediante la ecuación (11)

$$IP_{SC2} = 1.2$$

$$FC_{SC2} = 0.5$$

$$PR_{SC2} = FC_{SC2} \times IP_{SC2}$$

$$PR_{SC2} = 0.5 \times 1.2$$

$$PR_{SC2} = 0.6$$

Luego de realizar este mismo procedimiento para todos los parámetros establecidos se obtuvo:

$$PR_{SOCIAL} = 5.9 / 33.3$$

$$PR_{ECONÓMICO} = 4.6 / 33.4$$

$$PR_{AMBIENTAL} = 0.0 / 33.3$$

$$TOTAL = 10.5 / 100.0$$

Estos valores determinan que se generan impactos sociales y económicos, debido a los racionamientos y cortes del suministro, por la falta de información no se puede determinar en el componente ambiental.

f. Una vez proyectados los impactos es necesario aplicar las correspondientes medidas correctoras, acordes a cada uno de ellos.

4. Resultados y discusión

4.1. De la metodología

En la lista de revisión (check list) se planteó 162 variables de las cuales sólo 79 se utilizó para configurar los indicadores propuestos en el estudio, por lo que la lista de revisión se debe ajustar con el fin que no exista información abundante e innecesaria que puede hacer más tedioso el trabajo.

Para la aplicación de la metodología EICRA propuesta, se configuró 67 indicadores estructurados en 11 subcomponentes y estos a su vez

contenidos en 3 componentes: social, económico y ambiental.

Para el cálculo de los indicadores el periodo de análisis (PA), que se consideró es de 1 año, año de estudio correspondiente al 2012.

La valoración para la ponderación de los indicadores, subcomponentes y componentes se realizó mediante la aplicación de la entrevista Delphi a seis profesionales afines al tema de estudio una vez aplicada la entrevista se eliminó algunos indicadores planteados en los subcomponentes: calidad del servicio e infraestructura del abastecimiento, se consideró que no contribuían para cumplir con el objetivo del estudio, por lo que se realizó una redistribución de las importancias ponderadas de estos subcomponentes e indicadores.

Para obtener el factor de calidad FC de cada indicador propuesto se determinó la función de conversión y su respectiva curva de conversión, con base en la entrevista Delphi, aplicada a seis profesionales inmersos en la rama hidráulica, de los seis profesionales entrevistados, sólo tres aportaron con información valedera, por este motivo es importante reajustar las funciones y curvas aquí generadas, involucrando a más profesionales expertos en el tema de gestión de abastecimientos, ya que de esta forma se contará con más información que permitirá dar mayor fiabilidad a la herramienta de evaluación propuesta.

4.2. De la aplicación al caso de estudio

En el distrito hidrométrico “Zamora Huayco” caso de estudio, que se aplicó la metodología, la empresa aún no cuenta con un catastro completo del mismo, debido a esto no se pudo obtener información completa para

realizar la evaluación de todos los indicadores propuestos, se evaluó sólo los componentes social y económico.

De los 67 indicadores configurados para el presente estudio, se calculó 23 indicadores, debido a la falta de información de algunas variables.

La proyección de los impactos generados por los cortes o racionamientos del suministro, se realizó con base en la valoración de los indicadores y conversión de los mismos en valores isométricos mediante el cálculo de los pesos relativos, de lo que se obtuvo: el peso relativo calculado para el componente social es de 5.9 sobre 33.3, el peso relativo del componente económico es de 4.6 sobre 33.4 y el peso relativo del componente ambiental es de 0 sobre 33.3. Sumados los pesos relativos de los tres componentes se obtiene el valor de 10.5 sobre 100. Así se determina que los cortes o racionamientos, causan impactos negativos principalmente en los componentes social y económico.

Entre los principales impactos sociales proyectados, que generan los racionamientos o cortes del suministro se tiene:

Afectan a la cantidad de agua entregada, debido a las interrupciones principalmente por mantenimiento no planificado y por daños en la red.

Disminuye la calidad del suministro, debido a que existen días con restricción, además el número de empleados no es el recomendado para brindar un servicio adecuado al usuario, existe déficit.

Al momento de realizar las interrupciones del servicio, con las actividades de vaciado y llenado de la red se deteriora el sistema, debido a que se producen fenómenos transitorios que someten la tubería a importantes esfuerzos, al cumplir la red

con su vida útil esta se encuentra más propensa a sufrir, fisuramientos, roturas y hasta el colapso.

Se generan reclamos de parte de los usuarios, por la calidad del suministro recibido.

Se modifica los hábitos de los usuarios o genera nuevos como: comprar agua embotellada, hervir el agua potable antes de consumirla, almacenar agua en recipientes, y proveerse de cisternas (sistemas de almacenamiento). Un impacto positivo generado que los usuarios realizan inspecciones para el control de fugas en sus domicilios.

La salud de los usuarios es afectada, por enfermedades de origen hídrico, y por otro tipo de enfermedades que se le atribuyen al uso o consumo del agua potable de mala calidad.

En lo económico se proyectaron los siguientes impactos:

Se tiene que la edad de los contadores domiciliarios en promedio están alrededor de los 15 años, por arriba de lo recomendado que son 8 años, por lo que se incrementan las actividades de mantenimiento.

La infraestructura de la red en el sector se ve afectada, debido a que no cuenta con el número adecuado de válvulas, no se encuentra correctamente sectorizada, no cuenta con el número necesario de hidrantes y la edad de la tubería ya sobrepasó el tiempo de vida útil recomendado ya que en promedio tiene 40 años, sumado a esto el material que conforma dicha red en mayor parte es de asbesto cemento (70.8%), material que en la actualidad ya no se utiliza debido a los peligros que representa para la salud de los usuarios, por lo que requiere la inmediata renovación, motivo de esto es el alto porcentaje de pérdidas, además la calidad del agua al

transitar por estas se deteriora y puede desencadenar en problemas sanitarios.

Debido a la falta de información (datos), no se pudo realizar la evaluación para determinar los impactos ambientales generados por los racionamientos o cortes del suministro en el sector de estudio.

5. Conclusiones

La metodología propuesta en este trabajo es una herramienta de evaluación, que permite proyectar los impactos sociales, económicos y ambientales que generan los racionamientos o cortes del suministro de agua, en cualquier parcela hidrométrica, mediante la valoración de indicadores y determinación de pesos relativos para cada componente evaluado. La información para dicha evaluación es medida en campo y proporcionada por el gestor.

Se adaptó la metodología EICRA tomando como base métodos conocidos de la EIA cómo son: la lista de revisión y diagrama de redes, métodos evaluativos de primer nivel y el método de Batelle – Columbus, método evaluativo de segundo nivel, para cumplir con este objetivo se configuró 67 indicadores establecidos en 11 subcomponentes y estos a su vez contenidos en 3 componentes: social, económico y ambiental.

Se aplicó la metodología propuesta al distrito hidrométrico “Zamora Huayco”, debido a que aún no se encuentra completamente establecido, no cuenta con catastros completos de la red, ni datos técnicos del distrito, información que es necesaria para el cálculo de los indicadores propuestos, es así que de los 67 indicadores configurados para el presente estudio, se calculó sólo 23. Sin embargo como resultado de esta evaluación se obtuvo

que los cortes del suministro causan impactos negativos en el aspecto social, en lo referente a: cantidad, calidad del servicio, reclamos, hábitos y salud de los usuarios; económicamente en: las actividades de mantenimiento y la infraestructura de la red.

No se logró recabar información para las variables ambientales sugeridas por tal motivo no se proyectó los impactos ambientales que generan los cortes y racionamientos en el distrito estudiado.

REFERENCIAS

- Allen Davis** (2004) Hydraulic transients in transmission and distribution systems, Urban Water Journal, 1:2, 157-166, DOI: 10.1080/15730620412331289968
- Benavides Muñoz H.** (2010). Diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua e identificación de las propuestas que la mejoren. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Cabrera Marcet E.** (2006). Los cortes de agua y el racionamiento racional en épocas de escasez, Universidad Politécnica de Valencia.
- Cátedra de Ingeniería Rural.** Tema 10: El golpe de ariete. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real.
- Durán J. y Torres A.** (2006). Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media. Investigadores del Departamento de Estudios Socio-Urbanos del Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades. Vol. XII No. 36 Mayo / Agosto de 2006. Universidad de Guadalajara. México.

- Espinoza G.** (2007). Gestión y fundamentos de la evaluación de impacto ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo – BID, Centro de Estudios para el Desarrollo – CED. Chile.
- Galarza E.** (2007). http://www.slideshare.net/marcel_galarza/construccion-de-indicadores
- Guarga R.** (1995). Transitorios y oscilaciones en sistemas hidráulicos a presión, Capítulo 8: Llenado, vaciado y evolución del aire atrapado en una conducción de agua a presión. Unidad Docente Mecánica de fluidos. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- IBNET con dirección internet:** <http://www.ib-net.org/>,
- M. De Marchis, C. M. Fontanazza, G. Freni, G. La Loggia, E. Napoli & V. Notaro** (2010) A model of the filling process of an intermittent distribution network, Urban Water Journal, 7:6, 321-333, DOI: 10.1080/1573062X.2010.519776
- Mendiluce E.** (1972). Golpe de ariete. Nueva comprobación analítica y experimental de la fórmula del tiempo de parada en impulsiones. *Revista de obras públicas*, 575-586.
- Software Sigma Lite 2.0 disponible en:** <http://www.sigmalite.com>.
- V. Caccese, K. H. Light & K. A. Berube** (2006) Cavitation erosion resistance of various material systems, Ships and Offshore Structures, 1:4, 309-322, DOI: 10.1533/saos.2006.0136
- Victor Rana Shinde, Nagahisa Hirayama, Ai Mugita & Sadahiko Itoh** (2013) Revising the existing Performance Indicator system for small water supply utilities in Japan, Urban Water Journal, 10:6, 377-393.