



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE, LOS
ENCUENTROS, PATZÚN CHIMALTENANGO**

Dino Fabrisio Canú Itzol

Asesorado por el Ing. Francisco Tzirín Jocholá

Guatemala, noviembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE, LOS ENCUENTROS, PATZÚN CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DINO FABRISIO CANÚ TIZOL
ASESORADO POR EL ING. FRANCISCO TZIRÍN JOCHOLÁ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jorge Luis Pérez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
SECRETARIA	Inga. María Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE, LOS ENCUENTROS, PATZÚN CHIMALTENANGO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 30 de septiembre de 2008.


Dino Fabrisio Canú Itzol

Guatemala, 8 de Abril de 2010

Ingeniero
José Guillermo Bedoya Barrios
Coordinador del Área de Potencia
Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

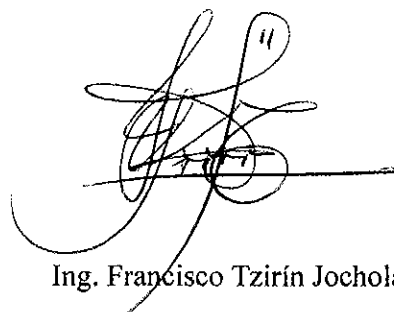
Estimado Ingeniero Bedoya:

De acuerdo con la designación hecha por la Dirección de la Escuela, me permito informarle que he tenido bien asesorar el trabajo de graduación titulado **“Evaluación de alternativas para el abastecimiento de energía eléctrica para el sistema de agua potable, Los Encuentros, Patzún Chimaltenango”** siendo el tema desarrollado por el estudiante **Dino Fabrisio Canú Itzol**, encontrándolo satisfactorio, por lo que resuelvo dar mi aprobación al mismo, remitiéndole a la Coordinación para el trámite pertinente.

Por tanto, el autor de éste trabajo de graduación y, yo, como su asesor, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,



Ing. Francisco Tzirín Jocholá
ASESOR



Ref. EIME 25. 2011
Guatemala, 04 de MAYO 2011.

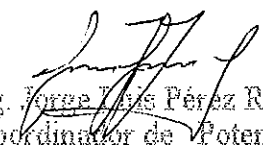
Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

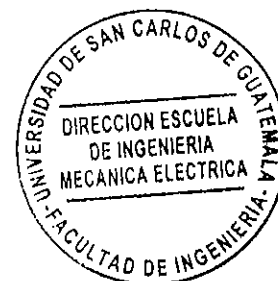
Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
"EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL
ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA EL
SISTEMA DE AGUA POTABLE, LOS ENCUENTROS, PATZÚN
CHIMALTENANGO", del estudiante DINO FABRISIO CANÚ
ITZOL, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
D Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Jorge Luis Pérez Rivera
Coordinador de Potencia

JLPR/sro





REF. EIME 54. 2011.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; DINO FABRISIO CANÚ ITZOL titulado: "EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE, LOS ENCUENTROS, PATZÚN CHIMALTENANGO", procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Fuente Romero



GUATEMALA, 18 DE AGOSTO 2011.



DTG. 504.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE, LOS ENCUENTROS, PATZÚN CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario **Dino Fabrisio Canú Itzol**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 16 de noviembre de 2011.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Ser fuente inagotable de conocimientos y sabiduría, por darme la oportunidad de conocer parte de eso.

Mis padres

Mauro Canú y Ernestina Itzol por darme la vida, tener sus atenciones, ser tolerantes y por su dedicación y esfuerzo hacia mí.

Mi abuelito

Bonifacio Canú Xajpot por enseñarme y ser modelo con su ejemplo intelectual variado.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Porque de Él proviene la sabiduría.
Mis padres	Por su amor y dedicación.
Mi hermana	Corina Eunice, por su compañía en momentos difíciles.
Mi sobrina	Ilse Florissa, por su cariño y aprecio.
Mis tíos y tías	Especialmente a Adinio Baudilio por su ejemplo de carácter y dedicación a la lectura.
Mis abuelitos	Por su legado.
Mis maestros	Por sus enseñanzas.
Mis amigos y compañeros de estudio	Juan Carlos Ajpop, Manuel Per, Carlos Itzol, César Ajpop, Mynor Silvestre, Wilson Bercián, Isabel Iriarte, Eliver Morales, Rubén Rodas, Leonel Sotoj, Herbert Miranda, Efraín Molina, Erick Camey, Doroteo Tzul, por los momentos compartidos y su apoyo incondicional.

Ing. Francisco Tzirín

Por guiarme en la elaboración del trabajo de graduación, por sus consejos y apoyo profesional.

Lic. Aura Mayorga

Por apoyarme en la revisión del trabajo de graduación.

Facultad de Ingeniería

Por darme la oportunidad de estudiar una carrera universitaria para explorar y conocer mis habilidades.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser una ventana al conocimiento universal y serle útil a la sociedad guatemalteca.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. TIPOS DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE.....	1
1.1. Suministro variable o periódico.....	1
1.2. Suministro continuo o permanente.....	2
1.3. Análisis de causas.....	3
1.3.1. Diseño hidráulico.....	3
1.3.2. Demanda y oferta de agua potable.....	10
1.3.3. Déficit en el pago del servicio.....	19
2. OPTIMIZACIÓN DE LA RED EXISTENTE.....	21
2.1. Operación hidráulica.....	21
2.2. Cambio económico del quipo de bombeo.....	27
2.2.1. La eficiencia óptima.....	28
2.2.2. La eficiencia actual.....	28
2.2.3. La eficiencia de cambio.....	29
2.3. Comisión de agua y alcantarillado.....	35
3. COSTOS DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	37
3.1. Inversión inicial.....	37

3.2.	Costos de operación.....	41
3.2.1.	Energía eléctrica.....	45
3.2.1.1.	Energía útil.....	50
3.2.1.2.	Energía suministrada.....	51
3.2.1.3.	Energía específica.....	52
3.2.1.4.	Energía total.....	53
3.2.1.5.	Eficiencia eléctrica.....	54
3.2.1.6.	Energía específica-rendimiento total.....	54
3.2.1.7.	Rendimiento total.....	55
3.2.1.8.	Rendimiento moto-bomba.....	56
3.2.1.9.	Rendimiento hidráulico de impulsión.....	56
3.2.1.10.	Costo útil.....	57
3.2.1.11.	Costo por pérdidas en impulsión.....	58
3.2.1.12.	Costo por pérdidas en equipo moto-bomba.....	59
3.2.1.13.	Costo total.....	60
3.2.1.14.	Costo por unidad de volumen.....	61
3.2.2.	Costos de mantenimiento.....	62
4.	VIDA ÚTIL DEL SISTEMA.....	69
4.1.	Vida útil económica, vida útil técnica y valor actual neto (VAN).....	70
5.	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SUMINISTRO.....	79
5.1.	Suministro subsidiado.....	80
5.2.	Suministro autosostenido.....	81
5.2.1.	Determinación de tarifas de consumo.....	82
5.2.2.	Macromedición y micromedición del agua.....	96

6.	SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD POR GRUPO ELECTRÓGENO.....	101
6.1.	Sistema con grupo electrógeno.....	102
6.1.1.	Grupo electrógeno e infraestructura.....	102
6.1.2.	Cálculo de la potencia de los grupos Electrógenos.....	113
6.1.3.	Red de distribución.....	124
6.2.	Sistema con seis grupos electrógenos.....	124
7.	SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD POR CONTRATOS A TRAVÉS DEL MERCADO MAYORISTA.....	125
7.1.	Mercado de energía eléctrica en Guatemala.....	125
7.1.1.	Mercado regulado.....	125
7.1.2.	Mercado libre o mayorista.....	127
7.2.	Mercado mayorista (MM).....	129
7.3.	Administrador del mercado mayorista (AMM).....	130
7.4.	Agentes del mercado mayorista.....	132
7.4.1.	Generación.....	132
7.4.2.	Transporte.....	134
7.4.3.	Distribución.....	136
7.4.4.	Comercialización.....	138
7.4.5.	Grandes usuarios.....	138
7.5.	Tipos de contratos en el mercado a término.....	140
7.5.1.	Por diferencias con curvas de carga.....	140
7.5.2.	Contrato de potencia sin energía asociada.....	141
7.5.3.	Potencia con energía asociada.....	142
7.5.4.	Contrato por diferencias por la demanda faltante...	143
7.6.	Contrato con la distribuidora regional.....	144

8.	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	147
8.1.	Alternativa de grupo electrógeno.....	148
8.1.1.	Inversión inicial.....	148
8.1.2.	Operación y mantenimiento.....	150
8.1.3.	Vida útil.....	152
8.1.4.	Impacto ambiental.....	153
8.1.5.	Calidad de suministro.....	154
8.1.6.	Cálculo de costos.....	155
8.2.	Alternativa de contratos en el mercado mayorista.....	162
8.2.1.	Inversión inicial.....	164
8.2.2.	Operación y mantenimiento.....	165
8.2.3.	Vida útil.....	166
8.2.4.	Impacto ambiental.....	167
8.2.5.	Calidad de suministro.....	168
8.2.6.	Cálculo de costos.....	170
8.3.	Alternativa de contrato con la distribuidora regional.....	171
8.3.1.	Inversión inicial.....	171
8.3.2.	Operación y mantenimiento.....	172
8.3.3.	Vida útil.....	175
8.3.4.	Impacto ambiental.....	173
8.3.5.	Calidad de suministro.....	174
8.3.6.	Cálculo de costos.....	174
	CONCLUSIONES.....	177
	RECOMENDACIONES.....	179
	BIBLIOGRAFÍA.....	185
	ANEXOS.....	189

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Principales componentes de un sistema de agua potable.....	6
2. Herramientas básicas del programa Watergy.....	23
3. Forma simple del proceso de elevación de agua potable.....	48
4. Esquema típico de una instalación de bombeo.....	49
5. Relación entre energía específica y rendimiento energético.....	55
6. Comportamiento del costo anual equivalente.....	77
7. Alternativas de diseño de tarifas de servicio de agua potable.....	91
8. Ubicación típica de los componentes en los grupos electrógenos.....	107
9. Esquema típico de una caseta para grupos electrógenos.....	111
10. Esquema comparativo del mercado eléctrico guatemalteco.....	126
11. Relación de actividades del mercado eléctrico.....	128
12. Fuentes para la producción de energía eléctrica.....	133
13. Sistema guatemalteco de transmisión eléctrica.....	135
14. Áreas de distribución de electricidad.....	137
15. Demanda real y bloque comprometido.....	141
16. Demanda real y potencia comprometida.....	142
17. Potencia comprometida y demanda real.....	143
18. Demanda real y contratos.....	144

TABLAS

I. Indicadores de demanda.....	13
II. Indicadores de oferta en agua potable y saneamiento.....	14
III. Indicadores de calidad de infraestructura en agua potable.....	16
IV. Elementos de una proyección de la demanda de agua potable y saneamiento	
V. Indicadores de cobertura de población.....	18
VI. Cuadro calendarizado de costos de inversión.....	41
VII. Cuadro calendarizado de costos de operación.....	45
VIII. Régimen de servicio medido.....	93
IX. Elementos del grupo electrógeno.....	108
X. Factor de corrección según el factor de potencia.....	118
XI. Factor de corrección según el aumento de temperatura y la temperatura ambiente.....	121
XII. Factor de corrección según la altura del emplazamiento de Instalación.....	122
XIII. Esquema comparativo gran usuario participante y gran usuario con representación.....	139
XIV. Proyección de la demanda utilizando el índice de crecimiento poblacional urbano de Patzún.....	161

LISTADO DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Hg	Altura geodésica
Hp	Caballos de fuerza
Q	Caudal, quetzal
I	Corriente
C	Costo
E _f	Eficiencia eléctrica
E	Energía
Cos φ	Factor de potencia
GW	Giga Watt hora
t°	Grados del temperatura
GU	Gran usuario
GE	Grupo electrógeno
kVA	Kilo volt amperio
kVA _r	Kilo volt amperio reactivo
kW	Kilo Watt
Ma	Masa de agua
MW	Mega Watt
m ³ , m ³	Metro cúbico
P	Potencia
S	Potencia aparente
%	Porcentaje
P _k	Precio del kilo Watt hora
R	Rendimiento

VA	Valor actual
VAD	Valor Agregado de Distribución
v	Voltios
V	Volumen

GLOSARIO

AMM	Administrador del Mercado Mayorista
Calidad de la energía eléctrica	Conjunto de parámetros y propiedades del voltaje entregado al usuario, el cual está ausente de problemas de estabilidad, continuidad y deterioro de la forma de onda.
Caudal	Volumen de agua que circula por el medidor en un lapso de tiempo determinado.
Comercialización	Actividad consistente en comprar y vender bloques de energía eléctrica con carácter de intermediación.
Contratos	Es el conjunto de transacciones de compra-venta de electricidad pactados a plazo entre agentes del mercado mayorista, mediante contratos documentados.
Costo	Es la suma del valor de los recursos o insumos que un proyecto ocupa durante toda la vida útil del mismo.
Déficit	Es la comparación o diferencia producida entre la demanda proyectada de agua potable versus la oferta resultante de la optimización de la situación actual.

Demanda de agua	Volumen de agua que depende de los grupos de consumidores de características homogéneas considerando el tipo de consumo , expresado en litros/habitante/día.
Demanda firme	Representa parte de la demanda máxima proyectada que le corresponde a cada distribuidor, exportador, gran usuario o comercializador, que demanda potencia y energía en el mercado mayorista.
Distribución de electricidad	Venta local de electricidad usando líneas de baja y media tensión.
Dotación de agua	Cantidad de agua por persona por día.
Eficiencia	Es la relación entre la energía útil y la energía invertida o total.
Energía	Capacidad para realizar un trabajo.
Generación de electricidad	Transformar alguna clase de energía no eléctrica en energía eléctrica.
Grandes usuarios	Son aquellos usuarios que tienen un consumo superior a los 100 kW y son reconocidos por el AMM y el MEM.

Grupo electrógeno	Es un grupo o sistema de máquinas integrado, que tiene como objeto mover un generador de electricidad a través de un motor de combustión interna.
Hidráulica	Estudio de las propiedades mecánicas de los fluidos.
Impacto ambiental	Cualquier alteración significativa, positiva o negativa debido a la intervención humana, de uno o más de los componentes del ambiente.
Macromedición de agua	Sistema de medición de grandes caudales, destinados a totalizar la cantidad de agua y la que está siendo transportada por la red de distribución en diferentes sectores.
Mantenimiento	Incluye todas las actividades en mantener un equipo para que funcione correctamente.
Medición	Actividad que se realiza a través de medidores de agua que utilizan diferentes principios mecánicos o físicos para permitir que un flujo de agua pueda ser contabilizado y así saber el consumo de cada uno de los puntos suministrados.
Mercado mayorista	Es el mercado de agentes que proporcionan o requieren grandes cantidades de energía a través de actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de energía eléctrica dentro del sector eléctrico del país.

MEM	Ministerio de Energía y Minas.
Micromedici3 de agua	Sistema de medici3n de volumen de agua, destinado a conocer la cantidad de agua consumida en un determinado per3odo de tiempo por cada suscriptor de un sistema de acueducto.
MM	Mercado Mayorista.
NCC	Normas de Coordinaci3n Comercial.
NTCSTS	Normas T3cnicas de Calidad del Servicio de Transporte y Sanciones.
NTDOID	Normas T3cnicas de Dise1o y Operaci3n de Instalaciones de Distribuci3n.
O3rta de agua	Incremento del volumen del sistema de abastecimiento de agua potable para hacer frente a la demanda, para lo cual debe invertirse en proyectos de captaci3n, tratamiento o distribuci3n.
Operaci3 de sistema de agua	Funcionamiento del bien o servicio de agua potable que satisfar3 la necesidad identificada o prevista en una regi3n.
Optimizaci3 del sistema de agua	Conjunto de programas de operaci3n y mantenimiento encaminado a obtener el funcionamiento 3ptimo del sistema de agua potable.

Potencia	Cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo.
Presió	Magnitud física que mide la fuerza por unidad de superficie.
RAMM	Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista.
Red de agua	Es el conjunto de obras de captación , tratamiento, conducción, regulación, distribución y suministro de agua potable.
Rendimiento	Cociente entre el trabajo obtenido y el trabajo suministrado
SEN	Sistema Eléctrico Nacional.
SIN	Sistema Nacional Interconectado.
Subsidio	Es la diferencia entre el precio real de un bien o servicio y el precio real cobrado al consumidor de estos bienes y servicios.
Tariá	Precio de los bienes o servicios de consumo colectivos que son fijados por el oferente.
Transporte de electricidad	Transmisión de energía eléctrica a través de líneas de alto voltaje.

Vida útil	Duración estimada que un objeto puede tener, cumpliendo correctamente con la función para la cual ha sido creado.
Volumen medido	Volumen de agua registrado por un instrumento de medición.

RESUMEN

Dentro de los proyectos contemplados por la Municipalidad de Patzún Chimaltenango, se encuentra el proyecto de introducción de agua potable Los Encuentros, que tiene el propósito de mejorar la dotación de agua potable a la población urbana del mismo municipio.

Surge de esta manera la inquietud de conocer opciones para el suministro de energía eléctrica que alimenten al sistema de bombeo del proyecto Los Encuentros, además del contrato normal que oferta la distribuidora regional.

Debido a que en la actualidad los precios de la energía eléctrica en el mercado normal o regulado han tenido un incremento considerable, es necesario conocer las alternativas que pueda ofrecer el mercado libre guatemalteco de electricidad.

Dentro de este mercado existen contratos que pueden ser una opción de suministro de electricidad, pero que no pueden ser analizados detalladamente, debido a que esta información generalmente se maneja con discreción a no ser que se pida como un cliente o en este caso como Gran Usuario.

Debido a la posición geográfica del proyecto Los Encuentros, región aislada, la opción de instalar un Grupo Electrónico para generar electricidad ofrece una solución viable debido a que en estos tiempos la tecnología de grupos electrónicos compite con cualquier forma de generación.

Por lo tanto es necesario evaluar estas dos opciones para elegir una de ellas con base en un estudio preliminar en donde la falta de información no sea un impedimento para la conclusión del mismo. El trabajo preliminar que aquí se presenta puede servir como base para el estudio más detallado.

El proyecto Los Encuentros formará parte del sistema que suministra agua potable a todo el municipio; por esta razón fue necesario incluir apartados que expliquen temas como la optimización de un sistema general de suministro de agua potable, tanto técnica como económica.

OBJETIVOS

General

Evaluar las alternativas de suministro de energía eléctrica para el funcionamiento del proyecto de introducción de agua potable del río Los Encuentros, del municipio de Patzún, Chimaltenango.

ESPECÍFICOS

1. Conocer los costos de operación que son determinantes en un sistema de agua potable.
2. Indicar un procedimiento para la optimización de una red de agua potable ya instalada.
3. Analizar el suministro de electricidad por medio de la instalación de grupos electrógenos para el funcionamiento del proyecto Los Encuentros.
4. Presentar el funcionamiento del Mercado Libre de electricidad en Guatemala.
5. Presentar un estudio preliminar comparativo entre la instalación de grupos electrógenos, participando como Gran Usuario en el Mercado Mayorista o un contrato con el distribuidor regional de electricidad.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de graduación inicia con la exposición de algunos factores que definen el tipo de servicio que presta un suministro de agua potable, tomando en cuenta factores de diseño y de operación. Seguidamente se analiza la posibilidad de optimizar un sistema que ya existe con la modificación de la situación base.

También se definen los costos más importantes de un sistema de agua potable que deben priorizarse para conseguir un funcionamiento adecuado del sistema total. Se analizan los conceptos relacionados con la vida útil de un proyecto para conocer el período de reemplazo de equipos que componen el sistema.

Un análisis económico del suministro de agua potable muestra la importancia de que los proyectos de agua potable sean autosuficientes y no depender de subsidios otorgados la mayoría de veces por entidades gubernamentales o sociales.

En seguida se muestra la alternativa de la instalación de un grupo electrógeno para el suministro de energía eléctrica del proyecto Los Encuentros, indicando factores técnicos, de operación y mantenimiento en general.

Luego se describe la opción de integrar el proyecto Los Encuentros como gran usuario participante dentro del mercado eléctrico libre de Guatemala, exponiendo los mercados existentes y sus contratos.

Finalmente se comparan factores que determinen la selección de una de las dos opciones consideradas para el suministro de energía eléctrica del proyecto Los Encuentros.

1. TIPOS DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE

El suministro de agua potable desde hace años se presta con un servicio insuficiente para la demanda actual en el municipio de Patzún, Chimaltenango.

Algunas de las razones principales que se pueden mencionar son: crecimiento de la demanda, escasa implementación de nuevos proyectos de introducción de agua potable, alto costo de la energía eléctrica para el funcionamiento de los sistemas y poco mantenimiento de la red existente.

Esto trae como consecuencia un servicio deficiente, lo que obliga a las autoridades municipales a prestar un servicio por zonas y horarios. Los horarios promedios que se manejan son períodos de 5 horas cada dos días.

1.1. Suministro variable o periódico

Es un servicio que varía de pequeños períodos de tiempo hasta varias horas de servicio.

En este diseño de sistema se tiene una inversión inicial menor porque no es obligatoria la construcción de grandes tanques de almacenamiento de agua. Esto significa que toda el agua que se bombea llega directamente al sistema de distribución para su consumo.

La ventaja de este tipo de suministro es el bajo costo del pago de la energía eléctrica.

Debido a que no es necesario abastecer grandes tanques, funciona con baja potencia eléctrica contratada y energía. La desventaja es que el servicio que se presta es insuficiente y al llegar a la máxima demanda de agua, algunos de los sectores reciben poco caudal o ninguno. Este tipo de suministro irregular es el más económico y no ofrece grandes costos de inversión inicial y costos mensuales de energía eléctrica, pero en cuanto a la calidad de servicio que presta es completamente deficiente.

1.2. Suministro continuo o permanente

El suministro continuo de agua potable asegura un abastecimiento las 24 horas durante todo el año, claro que esto ocurre muy pocas veces en nuestro medio debido a varias razones.

Un suministro continuo o permanente depende de algunos factores como el diseño del sistema de almacenamiento del agua, sistema de distribución del agua, costo de la energía eléctrica y la demanda del servicio.

Una de las modalidades del diseño del sistema que ofrece algunas ventajas es construir grandes depósitos elevados de agua a partir de los cuales se distribuye a la población en una trayectoria por gravedad. Por lo que el sistema trabajaría de la siguiente manera: en general habría dos trayectorias, la trayectoria de bombeo hasta los grandes depósitos y la trayectoria por gravedad hasta conectarse con el sistema de distribución principal. Con esto se logra que la trayectoria de bombeo trabaje ciertas horas a su máxima capacidad hasta llenar los grandes depósitos de agua potable (programación de bombeo), luego la trayectoria por gravedad trabajaría en forma natural.

Esto por supuesto no es tan sencillo como parece pero ofrece la ventaja que se tienen grandes ahorros en cuanto a mano de obra y costos para el pago de la electricidad, si se compara con un sistema en el cual solo exista trayectoria por bombeo y distribución directa con gran caudal.

1.3. Análisis de causas

Este apartado tiene como objetivo exponer las causas o motivos más importantes que definen un suministro periódico o uno continuo.

Se debe de comprender que la condición ideal para un sistema de suministro de agua potable es prestar un servicio sin interrupción (24 horas). Cuando se piensa en la implementación de un nuevo proyecto o se pretende optimizar la red ya existente, se desea alcanzar la meta que el servicio prestado sea permanente y continuo.

Puede decirse que si un suministro de agua potable es irregular, demuestra que existen uno o varios factores que lo ocasionan; la tarea será detectar y corregir estos factores para poder prestar un servicio como lo requiere la población.

1.3.1. Diseño hidráulico

Se denomina sistema de abastecimiento de agua potable al conjunto de obras de captación, tratamiento, conducción, regulación, distribución y suministro intradomiciliario de agua potable.

Un sistema de abastecimiento de agua potable se puede subdividir en tres subsistemas:

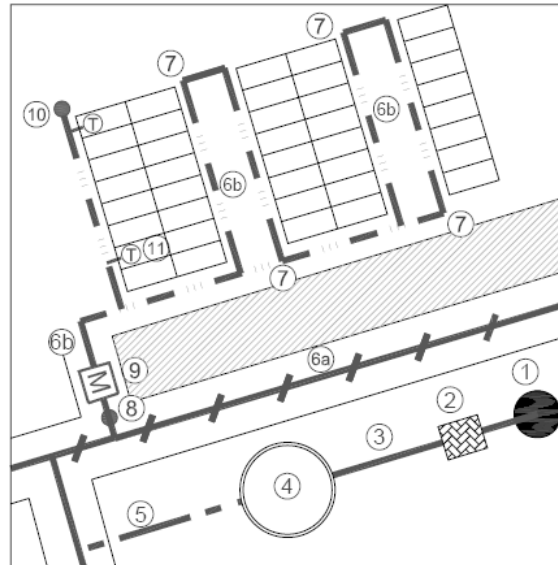
- El subsistema de captación y tratamiento de agua potable, corresponde al sistema de producción y consiste en captar agua cruda desde las fuentes de la naturaleza, sean estas superficiales o subterráneas y conducirla mediante gravedad o impulsión hacia la planta de tratamiento, o directamente al sistema de distribución (estanques de distribución) cuando el agua cruda no requiere tratamiento y sólo cloración. En la planta de tratamiento se realiza el proceso de potabilización del agua cruda mediante procesos mecánicos y químicos, entregando como producto de salida, agua potable.
- El subsistema de distribución de agua potable consiste en portear el agua potable desde la planta de tratamiento o estanques de distribución por medio de conducciones y entregarla en la entrada de la casa o industria del usuario, (antes del medidor) mediante una red de tuberías. Este sistema comprende conducciones, red de tuberías de distinto diámetro, estanques y plantas de elevación, de ser requerida la impulsión.
- El subsistema intradomiciliario, son las obras destinadas a conducir el agua potable desde la entrada de la casa o industria hasta los artefactos sanitarios ubicados en su interior. Se compone del arranque y medidor más todas las instalaciones interiores.

En general, los elementos que componen un sistema de agua potable son los siguientes:

- Captaciones (subterráneas o superficiales)
- Plantas elevadoras
- Plantas de tratamiento
- Conducciones (Impulsiones o aducciones)
- Estanques de regulación
- Matrices
- Redes
- Conexiones domiciliarias

Un panorama general de los elementos de un sistema de agua potable se muestra a continuación en la figura 1, de una forma más clara y detallada.

Figura 1. Principales componentes de un sistema de agua potable



No	Componente
1	Fuente de abastecimiento
2	Estación de bombeo primario
3	Línea de Conducción
4	Tanque de Regulación (Almacenamiento) Superficial o Elevado
5	Línea de Alimentación
6	Red de Distribución
6a	Primaria
6b	Secundaria
7	Crucero
8	Válvula de Seccionamiento
9	Macromedidor
10	Válvula de Desfogue
11	Toma Domiciliaria

Fuente: Comisión Estatal de Aguas Querétaro. Manual para la instalación de agua potable, agua tratada, drenaje sanitario y drenaje pluvial de los fraccionamientos y condominios de las zonas urbanas de Querétaro, p. 8.

Esta vista general será de utilidad para escribir una serie de parámetros que debe de tomarse en cuenta para el cálculo de las variables hidráulicas involucradas en el diseño de un sistema de suministro de agua potable.

Las variables hidráulicas a considerar se pueden analizar en los siguientes segmentos y dividir en otras más detalladas.

Datos para el proyecto:

- Población
- Dotación
- Gastos de diseño
- Gasto medio diario
- Gasto máximo horario
- Vida útil proyectada

Obras civiles:

- Descripción
- Replanteo del terreno
- Excavaciones
- Losa de fondo
- Muros
- Cubierta
- Materiales

Tuberías y accesorios en una estación de bombeo:

- Tuberías y accesorios de interconexión
- Válvulas
- Válvulas de compuerta
- Válvulas de retención o check
- Válvula de control de bomba
- Válvulas flotadoras
- Válvulas de alivio
- Válvula de purga de aire
- Accesorios de control
- Medidores de caudal
- Manómetros

Equipos de bombeo, de los cuales se hace una descripción general, sus condiciones y composición:

- Bomba centrífuga de eje horizontal
- Bombas de turbina de eje vertical
- Motor eléctrico
- Electrobombas sumergibles
- Tableros de control

Línea de conducción:

- Conducción por bombeo
- Conducción por gravedad
- Conducción mixta
- Conceptos a considerar para el diseño
- Gasto de diseño
- Pérdidas de energía por fricción en la conducción
- Pérdidas de energía por fricción en la conducción, en función de “n” (Coeficiente de rugosidad)
- Pérdidas secundarias o menores
- Velocidad del agua en las tuberías
- Cálculo del diámetro de la tubería
- Procedimiento de cálculo de la línea de conducción por bombeo

Tanque de regulación:

- Volumen del tanque
- Valor de “F” (máximo déficit + máximo superávit dividido entre 100) para distintos horarios de bombeo

Redes de distribución:

- Formas de distribución
- Criterio del cálculo hidráulico

El objetivo de la lista anterior no es incluir todas las variables del diseño hidráulico de un sistema de suministro de agua potable sino aclarar y afirmar que un mal cálculo de estas variables puede influir en un mal funcionamiento de todo el sistema y todo esto traiga como consecuencia el aumento de pérdidas de energía dentro de la red y se tenga que pagar al final como un consumo en energía eléctrica en contraposición de un modelo de ahorro de energía eléctrica, que además, traiga también como consecuencia fallas técnicas continuas que paralicen el suministro.

1.3.2. Demanda y oferta de agua potable

Es uno de los elementos más importantes en la formulación de un proyecto, en especial sus aspectos de proyección. No debe olvidarse que la esencia de un proyecto es la creación de un escenario futuro en donde funcionará una situación determinada.

El formulador de proyecto tiene como responsabilidad fundamental reconocer y establecer las variables que actúan alrededor de la idea del mismo. En un proyecto privado se habla de estudio de mercado en donde se analizan comportamientos del consumidor y proyecciones de demanda, competencia y proyecciones de la oferta (comportamiento de los productos y sus sustitutos), y toda la cadena de comercialización.

En un proyecto de inversión pública de agua potable y saneamiento, el estudio de la demanda y de la oferta se centra en identificar las variables relevantes y definir las proyecciones de ellas. El análisis de estas variables se puede realizar en el diagnóstico.

Se define como demanda por agua potable y saneamiento a la población a un área geográfica determinada que no dispone del servicio o, dispone de él en forma deficiente y lo requiere para múltiples usos, como consumo humano, alimentación, higiene personal, lavado de ropa, etc. El contar con agua potable y saneamiento debe ser considerado como una necesidad básica y, dado que no siempre las personas pueden contar con dicho servicio a través de sus propios recursos, es que nace la necesidad de intervención del Estado para apoyar la demanda por estos servicios.

La demanda por agua y saneamiento, para efectos de diagnóstico, puede apreciarse claramente mediante el reconocimiento de ciertas variables y las interrelaciones entre ellas; como la variación en cantidad y valor que ha tenido el agua en el último período de tiempo; las necesidades que se van visualizando en la comunidad por el progreso propio que estas tienen, por la comparación de consumo con otras comunidades de similar nivel socioeconómico, pero que ya cuentan con el servicio en buenas condiciones y forma más cómoda. Para las variables mencionadas es preciso tener información de respaldo y visión de campo.

Sin embargo, la información requerida normalmente se puede trabajar con lo que existe, y hacer las estimaciones y proyecciones (ej. crecimiento poblacional) que sean necesarias para completar el cuadro de indicadores que permita tomar decisiones. Para realizar la comparación con una comunidad similar en que el sistema de agua potable y saneamiento estén funcionando adecuadamente, este debe reflejar de la mejor forma la semejanza en ubicación geográfica (región) y el nivel de ingreso de la localidad.

Con esta información es posible definir parámetros para las elasticidades de demanda por agua potable en la población en estudio, entendiéndose por elasticidad, precio de la demanda y cuánto varía el consumidor su demanda ante las variaciones en el precio.

La dotación de agua, expresada como cantidad de agua por persona por día, está en dependencia de: nivel de servicio adoptado, factores geográficos, factores culturales (para estimar la demanda futura y uso del agua).

Es importante determinar las razones que definen las prioridades para la dotación de agua potable en las comunidades; entre las más importantes se puede mencionar:

- Índices de morbimortalidad ocasionados por enfermedades de origen hídrico
- Tendencias demográficas
- Potencial económico de cada región, provincia y/o localidad
- Protección del medio ambiente y
- Otras variables relacionadas con el crecimiento de la economía

Algunos ejemplos de indicadores de demanda se pueden apreciar en la tabla I que se muestra a continuación.

Tabla I. **Indicadores de demanda**

EJEMPLO DE INDICADORES DE DEMANDA				
INDICADORES	SITUACIÓN ACTUAL	SITUACIÓN HACE 1 AÑO	SITUACIÓN HACE 2 AÑOS	OBSERVACIONES
1. De población general				
Área de diagnóstico				
Hombres				
Mujeres				
Distribución				
Hasta 6 años				
Entre 7 y 12 años				
Entre 13 y 17 años				
Desde 18 años				
2. Indicadores de pobreza área de diagnóstico (indicar número de hogares en cada condición, en la localidad en estudio) - Hogares no pobres - Hogares pobres - Hogares de extrema pobreza				
3. Potencial económico de la localidad, provincia y región (indicar áreas de actividad económica de la zona que permiten asegurar una sustentabilidad mínima a la población.)				
4. Evolución epidemiológica (indicar cómo han evolucionado las enfermedades, especialmente las de origen hídrico en la comunidad)				
6. Otras variables relacionadas con el crecimiento de la economía (indicar posibles actividades económicas que se prevén en la zona)				

Fuente: Nicaragua, Ministerio de Economía, Metodología proyectos de agua. p. 10.

Similarmente, oferta de agua potable se entiende como la disponibilidad de recursos naturales e infraestructura para agua potable y saneamiento, entendiéndose por recursos naturales, cauces de ríos, manantiales, lagos, etc. y su ubicación en la microcuenca, entendiéndose por ésta el almacenamiento de agua que cubre a varias comunidades.

De acuerdo con la ubicación geográfica, el clima, topografía y forestación del área diagnosticada, se debe estudiar y establecer la existencia o inventario de fuentes de aguas y de inversiones en infraestructura relacionada con agua y saneamiento, según corresponda, tratando de generar a partir de ellas los indicadores y relaciones para las diferentes formas de oferta de agua y medios de saneamiento de los cuales se disponga.

En el cuadro siguiente se señalan algunas de estas fuentes naturales o construidas con la salvedad que pueden crearse otras diferentes.

Tabla II. **Indicadores de oferta en agua potable y saneamiento**

RECURSO	POBLACIÓN ATENDIDA	No. DE CASAS
<p>Fuentes naturales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ríos o quebradas • Vertientes • Pozos <p>Infraestructura:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pozo excavado a mano sin bomba • Pozos excavado a mano con bomba • Pozo perforado • Miniacueducto • Puestos públicos • Conexiones domiciliarias 		

Fuente: Nicaragua, Ministerio de Economía, Metodología proyectos de agua. p. 11.

En el cuadro siguiente se hace referencia a la calidad en que se encuentran los servicios de agua potable y saneamiento, en caso de que se disponga de ellos.

Tabla III. **Indicadores de calidad de infraestructura en agua potable**

IDENTIFICACIÓN	CANTIDAD	CALIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA			OBSERVACIONES
		BUENO	REGULAR	MALO	
INFRAESTRUCTURA	TOTAL				
1. Captación de manantial					
2. Pozo excavado a mano					
3. Pozo perforado					
4. Estanques					
5. Puestos públicos					
6. Conexiones domiciliarias					
7. Mini acueducto					
8. Otros					

Fuente: Nicaragua, Ministerio de Economía, Metodología proyectos de agua. p. 11 y 12.

En la Proyección de la Demanda debe establecerse el rango posible de la demanda durante la vida útil del proyecto. Todo proyecto o programa se justifica en la medida que atienda a una población de beneficiarios. Normalmente estos beneficiarios son familias y/o comunidades que requieren servicios sanitarios. Siendo estos beneficiarios los sujetos del proyecto, es necesario conocer su comportamiento en términos de evolución (crecimiento o decrecimiento) en el tiempo, para lo cual se requiere conocer también la vida útil del proyecto. Se indican algunos elementos de proyección de la demanda, en la tabla IV.

Tabla IV. **Elementos de una proyección de la demanda de agua potable y saneamiento**

ELEMENTOS DE UNA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO						
INDICADOR	PROYECCIÓN					
	1	2	3	4	...	n
-- Crecimiento de la población -- Indicadores de pobreza -- Evolución epidemiológica -- Tendencias productivas						

Fuente: Nicaragua, Ministerio de Economía, Metodología proyectos de agua, p. 24.

Para el cálculo de la demanda proyectada se debe utilizar la tasa de crecimiento geométrico de la población total:

$$P_n = P_o (1+r)^n \quad \text{Ec. 1.1}$$

Donde:

- P_n = Población en año “n” (proyectada)
- P_o = Población inicial
- r = Tasa de crecimiento
- n = Número de años para la proyección

En la proyección de la oferta, igual que para la demanda, es necesario establecer los servicios de agua potable y alcantarillado proyectados que permitan atender esa demanda. Se deben establecer dos criterios:

- Conocida la evolución de la demanda o lo que es lo mismo, la tasa de crecimiento (no es común proyectar algo que tenga una tasa de decrecimiento), se debe analizar cómo se está atendiendo esa demanda. Si se ha hecho un análisis global de la demanda para un área determinada, debe considerarse todas las formas y orígenes de esa atención.

- Existen tamaños mínimos de inversión que hacen eficiente el uso de los recursos, al igual que también existen escalas de crecimientos óptimas. Esto se traduce en definir unidades técnicas y administrativas.

Al proyectar la oferta en función de la atención o satisfacción de la demanda, lo que se está haciendo es solucionar la brecha entre oferta y demanda, con lo cual se satisface el cumplimiento del objetivo planteado por el proyecto, con la salvedad de que si en el período proyectado la demanda excede en forma importante a la oferta, se deben establecer las inversiones de ampliaciones que sean necesarias, ya que no es posible generar inversiones ociosas por mucho tiempo.

El déficit actual corresponde a la diferencia producida entre la demanda por la existencia de una población que requiere de los servicios de agua potable y saneamiento y la disponibilidad de infraestructura para servirla.

El área pertinente para el análisis del abastecimiento de la población que se estudia, corresponde a la diferencia producida entre la demanda por servicios sanitarios determinada por la existencia de poblaciones rurales dispersas y por la disponibilidad de fuentes de agua, pozos, redes e infraestructura en general, conformando el déficit del área.

El cuadro de oferta muestra las principales fuentes que permitirían atender a la población.

Esto permite visualizar, en términos generales para el área de diagnóstico, si existe infraestructura y recursos acuíferos disponibles para atender esa población.

Los indicadores que se calculan para cada recurso son: población total, población servida, demanda insatisfecha y déficit; estos se presentan en la tabla V.

Tabla V. **Indicadores de cobertura de población**

INDICADORES DE COBERTURA DE POBLACIÓN				
CONCEPTO	POBLACIÓN TOTAL	POBLACIÓN SERVIDA	DEMANDA INSATISFECHA	DÉFICIT
1. RECURSOS NATURALES				
Río o quebrada				
Manantial				
Lago o laguna				
2. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE				
Pozo perforado				
Pozo excavado				
Mini acueducto				

Fuente: Nicaragua, Ministerio de Economía, Metodología proyectos de agua. p. 12.

Con la información solicitada se obtendrán los datos necesarios sobre la forma en que la población se abastece de agua y el déficit existente. Esto permite visualizar en términos generales para el área de diagnóstico si existe infraestructura y recursos humanos (u otros) para atender a esa población.

1.3.3. Déficit en el pago del servicio

Se debe de realizar un balance entre los gastos totales (considerar todos los costos adicionales) frente a los ingresos obtenidos por el servicio (Balance de ingresos y gastos), si al realizar este balance los ingresos obtenidos son menores que los gastos totales, entonces se supone un déficit real del servicio. Naturalmente, el déficit en los ingresos se acumula año tras año en tanto no se actualizan las tarifas, y repercute de forma directa sobre las amortizaciones técnicas, de modo que finalmente existirá una subvención indirecta al servicio en forma de inversiones, para la actualización y mantenimiento del sistema de abastecimiento.

La estructura de la tarifa de agua potable contempla de forma adecuada los principios de eficiencia, tanto económica en la asignación de recursos, como funcional por trasladar al usuario la señal-precio correcta para fomentar un uso racional y eficiente del agua.

La actualización de la tarifa, pese a su impacto neto en el bolsillo de los abonados, se puede establecer de forma correcta con el objeto de poder mantener el nivel y la calidad de servicio de los abastecimientos, tratando de dirigir el cobro a los usuarios finales, y no a los contribuyentes en general.

Si existe la posibilidad y el interés de incrementar anualmente las tarifas, se puede hacer siguiendo el ritmo anual del IPC (Índice de Precios al Consumo, medida de la evolución de los precios de bienes y servicios de consumo), más un diferencial entre un 1 o 2%, porcentaje que sin resultar excesivamente gravoso al usuario, permite la recuperación progresiva del equilibrio entre ingresos y gastos derivados del servicio de aguas.

2. OPTIMIZACIÓN DE LA RED EXISTENTE

2.1. Operación hidráulica

Los temas principales que debe contemplar una optimización de red de suministro de agua existente son:

- Redistribución de caudales y presiones en la red para incrementar la eficiencia hidráulica y energética
- Continuidad en el servicio de agua a los usuarios en 24 horas
- Sectorización de red de distribución

En un sistema de abastecimiento de agua potable de cualquier ciudad se tiene como meta lograr la continuidad del servicio durante las 24 horas del día a todos los usuarios de la red de distribución de agua, con una inversión total, que incluya la planeación, diseño, construcción, materiales, equipamiento, asesoría y capacitación, y ahorros de energía resultantes de la optimización en la operación hidráulica.

Una metodología utilizada en proyectos de eficiencia ha sido la propuesta en el programa *Watergy*, con el apoyo de USAID (Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos, por sus siglas en inglés), consistente en la aplicación de medidas enfocadas a proporcionar al consumidor con efectividad de costos los servicios deseados relacionados con el agua; al mismo tiempo que se utiliza la menor cantidad posible de agua y energía.

El programa *Watergy* propone realizar proyectos de agua potable para el incremento de eficiencia electromecánica, física e hidráulica que cumplan con las cuatro condiciones siguientes:

- Deben basarse en información y datos disponibles (generar información complementaria mínima)
- Que aprovechen al máximo la infraestructura hidráulica existente
- Con soluciones prácticas, económicas y de implantación a corto plazo
- Que garanticen mejor calidad del servicio de agua a los usuarios (cero tanteos)

Las herramientas básicas para la aplicación del programa *Watergy* son las que se muestran en la figura siguiente:

Figura 2. **Herramientas básicas del programa *Watergy***



Fuente: Programa Watergy en México, Proyecto de eficiencia hidráulica y energética del sistema de agua potable de Zihuatanejo, Guerrero. p. 2.

El consumo energético en los sistemas de agua potable está estrechamente ligado con la distribución hidráulica de las conducciones y redes, el volumen de agua que se pierde por fugas y el bajo rendimiento de los equipos de bombeo.

El programa *Watergy Efficiency* tiene su enfoque técnico en las siguientes ecuaciones de potencia de los equipos de bombeo y costo de energía eléctrica:

$$Potencia = \frac{9.8 \gamma QH_b}{\eta} \quad \text{Ec. 2.1}$$

$$\text{Costo de Bombeo anual} = C_{kw} \times Potencia \times \text{No. horas anuales} \quad \text{Ec. 2.2}$$

Donde γ es el peso específico del agua en kg/m^3 , Q el gasto en m^3/s ; H_b es la carga dinámica de la bomba en metros y η es la eficiencia de la potencia entregada al fluido y la potencia del motor; C_{kw} es el costo del kilowatt-hora; en este caso la potencia está dada en kilowatt-hora.

De las ecuaciones se deduce que un sistema de agua potable o saneamiento consume energía eléctrica en primer lugar por la utilización de equipos de bombeo. Cuando estos equipos se desgastan por el uso continuo, disminuyen su rendimiento η y por lo tanto aumentan la potencia y el consumo de energía.

Se observa también en la ecuación que existen otros dos factores que impactan directamente en el consumo de energía eléctrica, la carga dinámica de bombeo H_b y el caudal Q .

La carga dinámica H_b , depende de cada sistema hidráulico y de las condiciones particulares, como la profundidad del acuífero, desniveles topográficos y capacidad de conducción de las tuberías. El exceso de la carga dinámica puede ser provocado directamente por el deterioro interno de las tuberías por donde es conducida el agua bombeada.

El envejecimiento de las tuberías, la calidad del agua y el funcionamiento en condiciones cambiantes de presión y caudal, aumentan su rugosidad interna y con ello sus coeficientes hidráulicos de cortante (Darcy-Weisbach o Hazen Williams), trayendo como consecuencia este aumento de la carga dinámica de operación de las bombas y entonces el incremento de consumo de energía eléctrica.

Sumado a lo anterior, si el diseño del sistema hidráulico es deficiente o si se presentan obstrucciones como válvulas parcialmente cerradas, aire atrapado, o si hay fugas en las tuberías, se tendrán enormes pérdidas de carga hidráulica, con el consecuente incremento de la carga dinámica del bombeo y el alto consumo de energía eléctrica.

Por último, el caudal bombeado, Q , es el otro factor susceptible a generar desperdicio de energía eléctrica. Cada litro de agua potable o residual bombeada hacia las tuberías, ha requerido de un consumo de energía y por ende representa un costo para el organismo operador. Si después de ser bombeada el agua se pierde en la fugas o es derrochada por los usuarios, entonces también la energía eléctrica utilizada es desperdiciada.

Las fugas incrementan la demanda de agua potable, lo que se refleja en un mayor caudal de bombeo y por lo tanto en un mayor consumo de la energía eléctrica. Por lo general, nadie utiliza el agua de las fugas, lo que significa una pérdida de dinero para la empresa de agua y escasez para los pobladores de la localidad.

Un proyecto de optimización se puede desarrollar con base en una recopilación y análisis de datos estadísticos del organismo operador y con la generación de información complementaria siguiente: a) Descripción del funcionamiento general del sistema, b) Actualización de los planos de la red y conducciones, c) Campaña de mediciones de caudal y presión, y d) Elaboración de un modelo de simulación hidráulica en el programa de cómputo *Epanet V 2.0* en español (o programa similar), que es un programa de ordenador que realiza simulaciones en el período extendido (o cuasi estático) del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de tuberías a presión.

Con estos datos se puede constatar que un sistema de agua potable se encuentra o no desequilibrado.

Si está desequilibrado, esta situación con el paso del tiempo, de manera empírica, genera una serie de servicio discontinuo y bajas presiones en varias zonas de la red.

Ante esta situación, se definen zonas naturales de abastecimiento o cuasi-sectorizadas en la red de distribución existente. Y a cada una de estas zonas se les asigna un caudal medio requerido, en función de una dotación media (incluidas las pérdidas) y de la disponibilidad del agua suministrada.

Esta propuesta de sectorización de la red de distribución, obliga a modificar la distribución primaria, con la primicia de aprovechar al máximo los tanques existentes y sacar de operación a la mayoría de los rebombes (si es que existen).

El control de los caudales se recomienda hacerlo mediante válvulas automáticas limitadoras de caudal. Una vez definida la estrategia de distribución y sectorización, se procede a realizar balances hidráulicos para estimar fugas y a simular hidráulicamente con el programa *Epanet* (o cualquier otro programa similar), tanto de las líneas de conducción, como cada uno de los sectores, para hacer la redistribución de caudales y presiones.

Debido a que se simulan todos los tramos de la red, se optimiza el funcionamiento hidráulico de los sectores, interconectando algunos tramos, cerrando o abriendo válvulas, sustituyendo tramos cortos y regulando presiones con válvulas automáticas.

Las adecuaciones al sistema deben ser entregadas en un plano al personal de mantenimiento y operación para su inmediata aplicación en la red existente.

2.2. Cambio económico del equipo de bombeo

Gestionar los recursos financieros involucrados en el equipo de bombeo, implica determinar el momento preciso del cambio. Para determinar este momento de cambio se compara la situación actual con una situación con proyecto; el mismo consiste en emular el funcionamiento de un equipo nuevo durante su vida útil, comparando sus costos operacionales con el equipo actual. Esto implica que el cambio debe financiarse con la economía en energía eléctrica, resultante de funcionar con el nuevo equipo. Por lo tanto, el control operacional en una instalación debe estar orientado a realizar periódicamente mediciones en terreno de los distintos parámetros y con base en estas mediciones, determinar si el cambio resulta económicamente rentable.

2.2.1. La eficiencia óptima

La eficiencia eléctrica (Ef), es la energía gastada en elevar un volumen de agua a la altura geodésica de la instalación.

En un equipo de bombeo, la Ef aumenta progresivamente durante su vida útil, desde un valor inicial óptimo, hasta un valor de cambio, que es la Ef a la cual debe reemplazarse el equipo de bombeo.

La Ef óptima se define como el mejor valor posible de obtener en una instalación, al reemplazar el equipo de bombeo actual por uno nuevo.

Su valor se calcula por:

$$\boxed{Ef \text{ opt} = \frac{Hm}{367 * Ro}} \quad \text{Ec. 2.3}$$

Donde :

Ro : Rendimiento del equipo Motobomba nuevo, [p.u.]. (Catálogo).

Hm : Altura de impulsión. [m]

2.2.2. La eficiencia actual

La eficiencia actual (Ef actual) de la instalación de bombeo corresponde al valor determinado por la medición de parámetros en terreno y calculado por la siguiente fórmula:

$$\mathbf{Ef Actual} = \frac{Pa}{QO}$$

Ec. 2.4

Donde :

QO : Caudal medido a la salida del equipo [m³/h].

Pa : Potencia activa [kW]

2.2.3. La eficiencia de cambio

Eficiencia de cambio (Ef cambio), se determina, evaluando económicamente la situación actual, frente a la situación con proyecto.

Luego, la Ef de cambio corresponde al límite máximo de la Ef calculada con el compromiso de hacer que la inversión inicial al reemplazarlo, resulte económicamente rentable, frente al sobregasto de energía eléctrica del equipo de bombeo actual, durante el periodo de evaluación.

Volumen inicial (Vr). Un equipo de bombeo se diseña para elevar un determinado volumen de agua durante el primer año, este volumen inicial a elevar, aumenta de acuerdo con la demanda; demanda que es directamente proporcional a la tasa de crecimiento poblacional (td).

Los volúmenes de agua que debe elevar un equipo de bombeo desde el año uno hasta el año N, están definidos por:

Año	Volumen anual [m ³]
n=1	$Vr \cdot (1 + td)^{(1 - 1)}$
n=2	$Vr \cdot (1 + td)^{(2 - 1)}$
n=3	$Vr \cdot (1 + td)^{(3 - 1)}$
.	
n=N	$Vr \cdot (1 + td)^{(N - 1)}$

Vr : Volumen a elevar durante el primer año. [m³]
 td : Tasa de crecimiento poblacional. [p.u.]

Ec. 2.5

Cálculo de horas por años:

El equipo de bombeo nuevo, para elevar la cantidad de m³ requeridos, debe funcionar durante el primer año una determinada cantidad de horas (h1), aumentando esta cantidad durante los años posteriores, ya sea por la mayor demanda requerida y/o por la disminución de caudal del equipo motobomba producto de la pérdida de eficiencia.

La sumatoria de las horas anuales debe ser igual a la vida útil del equipo motobomba.

Ecs. 2.6

$$\begin{aligned}
 \text{Año 1.-} \quad h_1 &= \frac{Va * (1 + Td)^0 * Q_0}{Q_0 * QE} \\
 \text{Año 2.-} \quad h_2 &= \frac{Va * (1 + Td)^1 * Q_0 / QE}{(Q_0 - Q_0 * h_1 * (Ro - Rn) / (Vu * Ro))} \\
 \text{Año 3.-} \quad h_3 &= \frac{Va * (1 + Td)^2 * Q_0 / QE}{(Q_0 - Q_0 * (h_1 + h_2) * (Ro - Rn) / (Vu * Ro))} \\
 & * \\
 & * \\
 & * \\
 \text{Año n.-} \quad h_n &= \frac{Va * (1 + Td)^{(n-1)} * Q_0 / QE}{(Q_0 - Q_0 * (h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_{(n-1)}) * (Ro - Rn) / (Vu * Ro))}
 \end{aligned}$$

$$h_1 + h_2 + h_3 \dots + h_n = Vu$$

$h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ = Horas anuales.

Ro : Rendimiento al inicial equipo nuevo. [p.u.]

Rn : Rendimiento al finalizar vida útil. [p.u.]

Vu : Vida útil equipo nuevo.

Ec. 2.7

Cálculo de caudal a través de los “N” años. El equipo de bombeo, a medida que cumple su vida útil pierde eficiencia hidráulica; pérdida que se manifiesta por la disminución de caudal.

El modelo que se ha adoptado para calcular la disminución de caudal, es un modelo lineal.

Año uno	$Q1 = Q0$	
Año dos	$Q2 = Q0 - \frac{Q0 * h1 * (Ro - Rn)}{Vu * Ro}$	
Año tres	$Q2 = Q0 - \frac{Q0 * (h1 + h2) * (Ro - Rn)}{Vu * Ro}$	Ecs. 2.8
*		
*		
Año n	$Qn = Q0 - \frac{Q0 * (h1 + h2 + \dots + h(n - 1)) * (Ro - Rn)}{Vu * Ro}$	

Cálculo de eficiencia por año, equipo nuevo. La disminución de caudal instantáneo trae consigo un aumento del costo de elevación por cada metro cúbico de agua potable.

Año uno	$Ef1 = \frac{Hm}{367 * Ro}$	
Año dos	$Ef2 = \frac{Hm * Q0}{Ro * Q1 * 367}$	
Año tres	$Ef3 = \frac{Hm * Q0}{Ro * Q2 * 367}$	Ecs. 2.9
*		
*		
Año n	$Efn = \frac{Hm * Q0}{Ro * Q(n - 1) * 367}$	

Ahora, se está en condiciones de construir los flujos de caja anuales. El cálculo del índice de eficiencia eléctrica de cambio (Ef cambio), resulta de igualar los flujos de caja de la situación actual y la solución con proyecto. Además se considera que la situación con proyecto debe financiar total o parcialmente el costo de capital de inversión. Luego:

$$\text{Ef cambio} = \frac{Ce - Pr - Vl * Im - Ve * [1 - Im] - z1 + z2 + z3 + z4 + z5}{t1}$$

Ec. 2.10

Donde :

$$z1 = Ce / N * Im * \sum_{n=1}^{n=N} \{1 / (1 + Ic)^n\}$$

$$z2 = Va * (Q0 / QE) * Pk * [1 - Im] * \sum_{n=1}^{n=N} \{(1 + Td)^{(n-1)} * Ef(n-1) / (1 + Ic)^n\}$$

$$z3 = \sum_{n=1}^{n=N} \{Amm / (1 + Ic)^n\}$$

$$z4 = \frac{Ma}{(1 + Ic)^{An}}$$

$$z5 = [1 - Im] * \sum_{n=1}^{n=N} \{It_n / (1 + Ic)^n\}$$

Ecs. 2.11

$$t1 = Va * Pk * (Q0 / QE) * [1 - Im] * \sum_{n=1}^{n=N} \{(1 + Td)^{(n-1)} / (1 + Ic)^n\}$$

Donde :

- Ce : Costo equipo nuevo. [\$]
- Vu : Vida útil equipo nuevo. [Horas]
- Ro : Rendimiento inicial equipo nuevo. [p.u.]
- Rn : Rendimiento equipo nuevo al terminar vida útil. [p.u.]
- Td : Tasa de crecimiento anual demanda de agua. [p.u.]
- Ic : Tasa de descuento capital anual. [p.u.]
- Ve : Valor de venta equipo en funcionamiento. [\$]
- Vl : Valor libro equipo en funcionamiento. [\$]
- Im : Tasa de impuesto tributario. [p.u.]
- Pr : Monto de inversión a financiar con préstamo. [\$]
- Ip : Interés de préstamo anual. [p.u.]
- Ma : Costo de mantención a realizar durante la vida útil equipo nuevo. [\$]
- An : Año en que se realiza la mantención. [\$]
- Amm: Amortización anual del préstamo. [\$]
- It_n : Monto anual intereses. [\$]

La decisión de realizar el cambio del equipo de bombeo, se deberá tomar si la E_f actual, es mayor que la E_f de cambio.

Se devela la importancia de cuantificar los costos de explotación en un sistema de bombeo, ya que al tener conocimiento de ellos, se puede gestionar su optimización, ahorrando recursos por concepto de energía eléctrica o destinando los recursos financieros a proyectos alternativos dentro de la empresa que sea de mayor rentabilidad.

La propuesta, está orientada a gestionar los costos por energía eléctrica variable (kWh); optimizando los costos de explotación en impulsión y/o equipos de bombeo. Además permite sistematizar el análisis, control operacional y manejo de información en una instalación de bombeo.

El índice de unidades de E_e (Energía específica, Ec. 3.4), es característico de cada instalación y refleja la cantidad de energía útil que gasta la instalación en elevar un metro cúbico de agua a la altura geodésica de la misma. El límite óptimo de E_e es igual a uno, (1), por lo tanto mientras más cerca del límite se encuentra el valor de E_e de una instalación, es más eficiente su elevación.

La prioridad de funcionamiento de los distintos equipos de bombeo pertenecientes a una planta de agua potable, lo entrega el índice C_{uv} (Costo por Unidad de Volumen, Ec. 3.16). Correspondiendo la primera prioridad al equipo que presente un menor C_{uv} .

2.3. Comisión de agua y alcantarillado

En la mayoría de lugares no existe una organización encargada exclusivamente de la administración del agua y saneamiento; la necesidad de poseer niveles óptimos y eficientes de la administración del agua puede obligar a la creación de una institución que tenga la función de trabajar el área de aguas. Esta institución tendrá a su cargo la función primordial de brindar un servicio de agua potable confiable y eficiente para suplir las necesidades de la población.

En el anexo A se muestra un ejemplo de una institución similar y algunas funciones primordiales y responsabilidades que podría tener esta institución.

3. COSTOS DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE

Como cualquier proyecto planificado y ejecutado, los sistemas de introducción de agua potable presentan costos; los más usuales son: costos de diseño, de inversión inicial o ejecución del proyecto y de operación y mantenimiento.

El conocimiento y cálculo de los costos de un proyecto de agua potable es importante porque ofrece un panorama claro y completo de la inversión necesaria que servirá para suplir una de las necesidades básicas de la población y también de base para el cálculo de la recuperación de la inversión por medio del cobro del canon de agua para que el proyecto sea independiente de pagos o donaciones provenientes de otras organizaciones, principalmente gubernamentales.

En este trabajo se desarrollarán algunos temas de costos más que otros, debido al enfoque dado al mismo.

3.1. Inversión inicial

La inversión inicial son gastos que se hacen para planificar y ejecutar un proyecto. En el proyecto Los Encuentros se tuvo que planificar para poder concretar el diseño final del sistema. Por lo tanto los gastos de planificación pudieron haber sido los de consultoría y diseño del sistema.

Claro que para llegar a un diseño final se tuvo que haber recorrido un camino muy largo con actividades tales como asesoría profesional, visitas de campo, cálculos y diseño.

La otra parte de la inversión inicial es la ejecución del diseño aceptado. Este trabajo se lleva a cabo exclusivamente en el lugar de instalación del proyecto.

Con planos en mano y siguiendo la ruta y cálculos hechos, se marca en campo el lugar exacto de la instalación de infraestructura. Se puede mencionar la construcción de los tanques de succión y almacenamiento, la caseta de bombeo, la red de tuberías y sus accesorios, la instalación de las bombas centrífugas y todas las conexiones y tableros correspondientes, las acometidas eléctricas y la instalación de la red de media tensión.

Es decir que los gastos de inversión inicial abarcan la totalidad de los gastos que se hacen para que el proyecto esté listo para operar. Como en cualquier proyecto, los gastos de inversión inicial son grandes comparados con los gastos de operación del sistema; por lo tanto se debe de tener sumo cuidado en elegir el diseño correcto para que la compra e instalación de los materiales no aumente el valor total del sistema de bombeo, almacenamiento y distribución del agua potable.

Los costos de inversión son todos aquellos que se aplican para armar o implementar el proyecto. Normalmente tienen una vida útil mayor a un año. En dicho concepto se incluyen los costos de construcción, instalaciones, diseño organizacional, capacitación de personal, y cualquier otro que sea previo al funcionamiento propiamente tal.

A modo de ejemplo, se puede decir que en un proyecto de agua potable, los costos de inversión surgen de la aplicación de los siguientes recursos:

- Terrenos
- Preparación o habilitación del terreno
- Construcción de estaciones de bombeo
- Construcción de tanques elevadores de almacenamiento
- Redes de distribución compuestas por tuberías de PVC
- Conexiones de tipo domiciliar o puestos públicos

El período de inversión o ejecución de un proyecto, puede variar de acuerdo con las características propias de cada uno.

Además debe considerarse que en la práctica siempre surgen problemas o imprevistos que hacen alargar los tiempos estimados.

Todo bien considerado de inversión tiene una vida útil determinada, propia de su esencia misma. Así por ejemplo, un edificio de concreto puede tener una vida de 40 años, una máquina computadora de 5 años, un mueble escritorio de 10 años. Al respecto se han fabricado tablas de vida útil para efectos contables o tributarios y también para efectos de formulación de proyectos, dada la multiplicidad de variables que inciden en la duración de un bien.

Si la necesidad de un bien de inversión ha sido establecida para toda la vida útil del proyecto (30 años por ejemplo) y si la vida útil de un bien del proyecto es de 10 años, ello quiere decir que este bien debe ser comprado tres veces: al inicio, al décimo año y al vigésimo año.

La compra del año 10 y 20 se denomina reposición y sigue teniendo el mismo concepto de un bien de inversión que el primero y debe ser incluido en el flujo de caja correspondiente.

Es necesario efectuar “gastos defensivos” para evitar, prevenir o reducir los efectos negativos ambientales.

Como se señala más adelante, los daños ambientales, son a veces, difíciles de cuantificar, pero los gastos defensivos pueden ser determinados más fácilmente en términos monetarios y a precios de mercado que el bien ambiental en sí mismo.

Por lo tanto en los diferentes rubros de costo en que sean necesarios estos gastos, habrá que valorarlos e incluirlos como un costo mínimo del proyecto para atenuar la degradación de la calidad del ambiente.

Al incluirse como costo, en cierta medida se castiga (aún desde el punto de vista financiero), a los proyectos con mayores efectos ambientales. En realidad se trata de un costo directo de una actividad que requiere trabajo y capital.

Un formato tipo de un cuadro de costos de inversión se muestra a continuación, donde se establecen las principales categorías de costos, el valor asignado a cada uno, tanto en moneda nacional (Q) como en divisas (US\$), y finalmente los períodos cuando se aplican los pagos por los recursos.

Los períodos pueden ser definidos de acuerdo con las características del proyecto y pueden ser representativos de meses, trimestres u otro lapso.

Tabla VI. Cuadro calendarizado de costos de inversión

CATEGORIA DE COSTOS DE INVERSION	BS. NO TRANSAB		BS. TRANSABLES		PERIODOS (bimestres/trimestres/semestre/ otro)							
	NETO	BRUTO	NETO	BRUTO	1	2	3	4	5	6	7	
BIENES EXISTENTES Y USADOS												
Terreno												
Otros bienes preexistentes												
EJECUCION OBRAS POR CONTRATOS												
Diseños												
Supervisión												
Construcciones												
Resumen Ejecución Obras:												
• Bs. y servicios												
• M.O. Calificada												
• M.O. No Calificada												
MAQUINARIA Y EQUIPO												
Maquinaria												
Equipo												
OTROS												
TOTAL												

Fuente: Nicaragua, Ministerio de Economía, Metodología proyectos de agua. p. 40.

3.2. Costos de operación

Los costos de operación de un sistema de agua potable se deben de cubrir para el funcionamiento correcto. Inicialmente es necesario invertir para su diseño y ejecución física; al dar por finalizada la implementación física se tiene la infraestructura necesaria para las diferentes partes del sistema.

En el caso propiamente dicho del proyecto Los Encuentros se tienen dos partes principales: la trayectoria por bombeo y la trayectoria por gravedad.

En la trayectoria por bombeo se tienen seis estaciones, las cuales a su vez constan de un tanque de almacenamiento y la caseta de bombeo cada uno.

En el tanque de almacenamiento se encuentra instalada una bomba centrífuga sumergible conectada eléctricamente a la caseta de bombeo por medio de cables eléctricos; en la caseta de bombeo se encuentra el tablero automatizado que gobierna a la bomba centrífuga sumergible. Las diferentes estaciones de bombeo son enlazadas mediante tuberías de hierro galvanizado y PVC, intercalados por las diferentes válvulas necesarias para protección y control del caudal.

También es necesario aclarar que el diseño del tramo de bombeo de este proyecto es de bombas en serie, es decir una tras otra y que manejan un caudal único de 79,66 litros por segundo, según los planos del proyecto.

Al final de la trayectoria de bombeo se encuentra un tanque de almacenamiento que a su vez se encuentra en la mayor altitud de todo el sistema; a partir de este tanque de almacenamiento da inicio la trayectoria por gravedad por la cual fluye naturalmente el caudal hasta otro tanque de almacenamiento, hacia donde se conecta el sistema de distribución.

Fue necesaria una breve descripción general del sistema para comprender los costos en los cuales se incurre para el funcionamiento correcto del proyecto, desde la captación del líquido hasta finalizar en el tanque de almacenamiento de distribución.

El trabajo principal de una bomba es entregarle al fluido o líquido la energía en forma de presión y velocidad, para que el agua pueda circular por el sistema de tuberías y vencer la diferencia de altitud y pérdidas dentro del sistema. Para que esto suceda, es necesario contar con una energía primaria que haga que la bomba funcione, esto se logra utilizando la energía eléctrica necesaria para que el motor eléctrico provea la energía mecánica a la bomba.

Por lo que se ve, para que todo el sistema de bombeo funcione, es forzosamente necesario considerar el uso de energía eléctrica para el funcionamiento del motor eléctrico que a su vez active a la bomba. Si se evalúa el funcionamiento de la trayectoria de bombeo, se encontrará que la energía eléctrica es el mayor de los costos para que se traslade el agua desde el tanque de captación hasta entregarla en el tanque del almacenamiento al final de la trayectoria de bombeo. Si se dividen los costos del proyecto se ve que existe inversión inicial, costos de operación y de mantenimiento. En los costos de operación, el mayor rubro es el pago del consumo de energía eléctrica.

Terminado el período de ejecución de la inversión, que en el ejemplo de las obras de agua potable correspondería a tenerla terminada y lista para su funcionamiento, comienzan a hacerse presentes los costos de operación que son los que permiten que el proyecto cumpla en forma directa con los objetivos para los cuales fue formulado el proyecto.

De la misma forma en que se agrupan los costos de inversión, también se hace lo mismo con los costos de operación. El período durante el cual se generan los costos de operación es equivalente a la vida útil del proyecto, es decir, durante todo el período en que se generan los beneficios e impactos directos del proyecto.

El formulador del proyecto debe tener la suficiente capacidad para diseñar el funcionamiento de las obras de agua y saneamiento y por lo tanto estimar los costos en que se incurrirá cada año. Obviamente que mientras más lejano en el horizonte se encuentre el costo a estimar, más débil es la exactitud de dicha estimación. Una forma de simplificar las estimaciones es considerar un perfil parejo de costos para el futuro (entendiéndose como promedios), sin perjuicio que debe tenerse presente que, para los proyectos de inversión es aplicable el concepto de “ley de la vida” en donde todo ente nace, crece, madura, envejece y muere.

Un formato para estimar los costos de operación de un proyecto durante su vida útil se presenta en el cuadro siguiente. Cabe recordar que en este cuadro se anotan en forma agrupada los costos que corresponden a cada categoría, ya definidas en el cuadro general de costos de los insumos, separando los que correspondan a bienes o servicios no transables y transables, y dentro de cada uno de estos, el valor neto (sin impuestos) y el valor bruto (con impuestos y aranceles cuando corresponda).

La vida útil del proyecto debe ser definida por el formulador del proyecto y por tal motivo el período a considerar es variable. En todo caso, dada la dificultad de estimación a más de 10 años, es recomendable trabajar a precios reales.

Tabla VII. Cuadro calendarizado de costos de operación

CATEGORÍA DE COSTOS DE OPERACIÓN	BS. DEL PAÍS		BS. IMPORTADOS		PERÍODOS (AÑOS)									
	NETO	BRUTO	NETO	BRUTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
SERVICIOS PERSONALES														
Personal calificado														
Personal no calificado														
SERVICIOS NO PERSONALES														
Servicios básicos														
Mantenimiento, reparación y limpieza														
Servicios técnicos														
Servicios comerciales														
MATERIALES Y SUMINISTROS														
Productos químicos (cloro)														
Otros materiales y suministros														
OTROS COSTOS DE OPERACIÓN														
TOTAL														

Fuente: Nicaragua, Ministerio de Economía, Metodología proyectos de agua. p. 42.

3.2.1. Energía eléctrica

Sin energía eléctrica el sistema de agua potable Los Encuentros no puede funcionar, ya que es necesario consumir esta fuente de energía primaria para poder utilizar la energía mecánica que provean los motores eléctricos.

Por medio de un diagrama de flujo se puede representar la conversión de energía necesaria para el funcionamiento de un sistema de bombeo de agua potable.

La energía primaria utilizada es la energía eléctrica que es recibida en el punto de alimentación a través de líneas de transmisión de energía eléctrica de transmisión y distribución; esta energía eléctrica es consumida en los motores eléctricos los cuales la convierten en energía mecánica por medio de fenómenos electromagnéticos; finalmente esta energía mecánica es transmitida por medio de un eje a los alabes de la bomba que transmite su energía al fluido, que en este caso es agua potable, la que absorbe esta energía en forma de presión y velocidad.

Por la descripción anterior se nota que es necesario consumir energía eléctrica para poner en funcionamiento el sistema de agua potable Los Encuentros. Sabiendo ahora que la energía eléctrica es necesaria, puede decirse que el costo del consumo de energía eléctrica últimamente ha tomado importancia, debido al alto costo de la generación de la energía eléctrica, sea la misma hidráulica, térmica, por motores de combustión interna, etc.

En este punto del análisis es necesario cuantificar la potencia consumida por el proyecto Los Encuentros. El proyecto Los Encuentros contará con seis bombas centrífugas de 75 Hp, $75 \text{ Hp} \times 6 = 450 \text{ Hp}$. Según el resultado, el consumo general del sistema del proyecto Los Encuentros es de 450 Hp. Como 1 Hp es igual a 0,760 kW entonces $450 \text{ Hp} \times 0,760 \text{ kW} = 342 \text{ kW}$. Por los cálculos hechos, se puede decir que la potencia mínima requerida por el proyecto Los Encuentros es de 342kW.

Para poder calcular el costo directo del consumo de energía eléctrica es necesario conocer el consumo de energía eléctrica en unidades de kW/hora y el precio de cada kW/hora.

Las tres variables necesarias conocer para el cálculo del costo directo del consumo de energía eléctrica son: la demanda de potencia en Kw, la energía consumida en Kw/hora y el costo en quetzales (o en otra moneda) por cada kw.

La exigencia actual de competitividad en las empresas de agua potable, obliga a los encargados de administrar los distintos procesos a buscar la excelencia técnica y económica, gestionando para ello eficientemente los recursos financieros. En este contexto se debe considerar el recurso de energía eléctrica, sobre todo en aquellas empresas en que su proceso de producción está basado en la elevación de agua a través de equipos electromecánicos, desde fuentes subterráneas y/o superficiales.

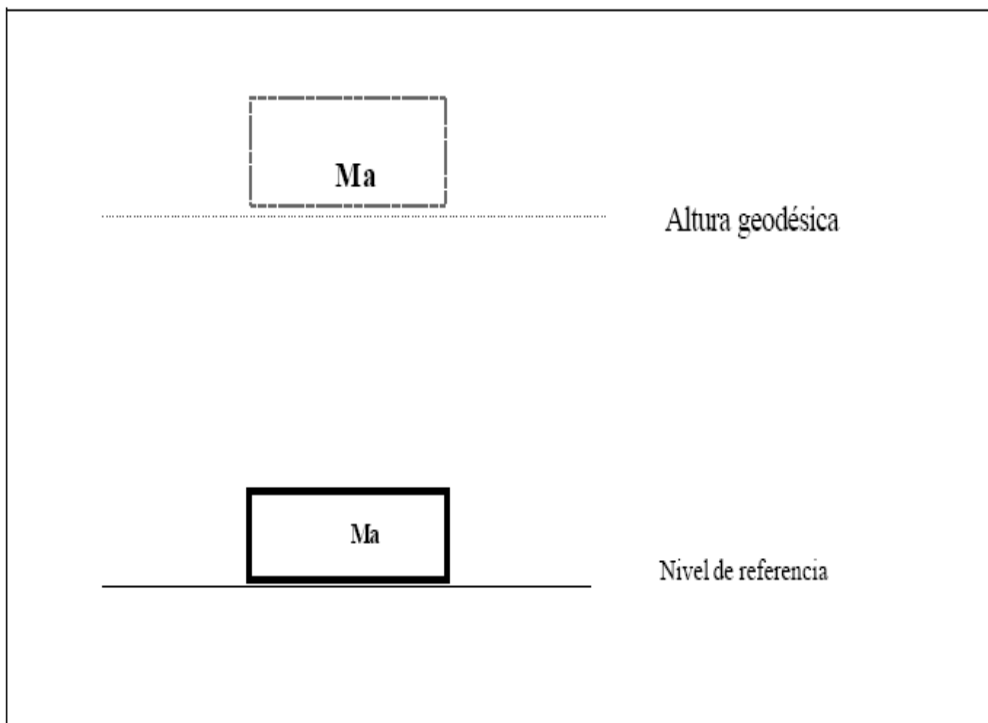
La dificultad para gestionar oportunamente el insumo “Energía Eléctrica” radica en que no existe una metodología clara y precisa, que permita a los encargados de administrar la explotación y operación de un sistema de bombeo, sistematizar el análisis y control operacional de su instalación.

Básicamente, porque la literatura de hidráulica está orientada a entregar los fundamentos teóricos desde el punto de vista del diseño de la instalación; y que si bien estos fundamentos contienen implícitamente la solución a la problemática planteada, el análisis postconstrucción y control operacional se relega a un segundo plano.

Se pretende entregar a los operadores de los sistemas de producción, una metodología práctica y sencilla para que mediante un chequeo rutinario de su instalación, puedan mantener bajo control el rendimiento energético y la explotación económica de su sistema.

El proceso de elevación de agua potable en su forma más simple, consiste en trasladar una masa de agua desde un nivel inferior (nivel de referencia), hasta un nivel de altura superior (altura geodésica), según se muestra en la siguiente figura.

Figura 3. **Forma simple del proceso de elevación de agua potable**



Fuente: Fernández, Jaime. Análisis y control de gestión en instalaciones de bombeo de agua potable. p. 3.

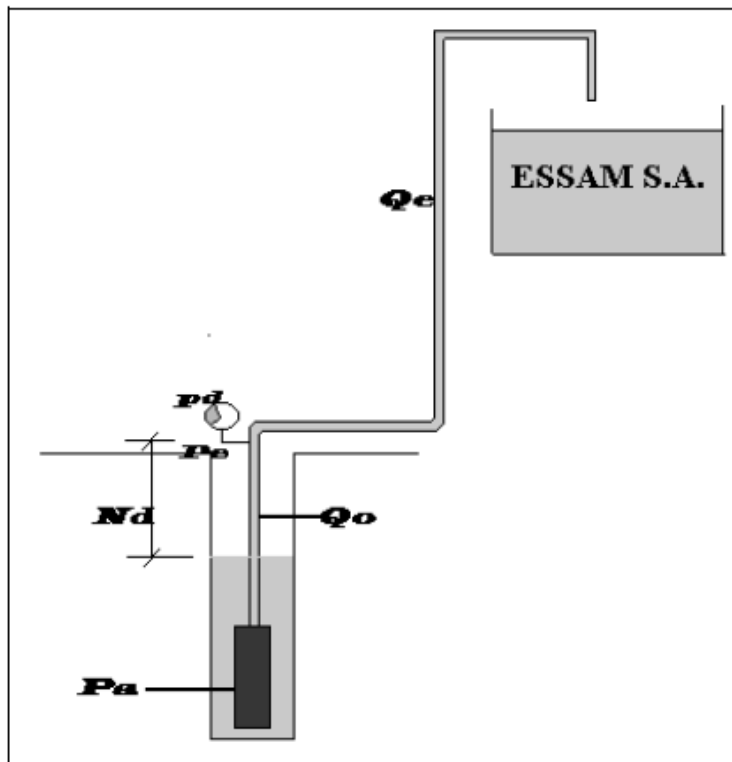
Para efectuar el traslado de la masa de agua (Ma) hasta el nivel de altura geodésica, se necesita aplicar energía en una de sus diferentes formas. Esta energía se transforma en energía potencial.

Un esquema típico de la instalación de bombeo que interesa analizar, está compuesto por:

- Una fuente variable de agua
- Un equipo electromecánico de bombeo
- Una conducción hidráulica
- Un estanque de regulación

Como se muestra en la figura 4, para este tipo de instalación se considera que no existe diferencia de presiones entre las superficies del líquido de aspiración e impulsión y además que la diferencia de altura dinámica entre la salida y entrada de la bomba es mínima.

Figura 4. Esquema típico de una instalación de bombeo



Donde :

- P_a : Potencia activa.
- N_d : Nivel dinámico.
- P_d : Presión dinámica.
- P_e : Presión estática.
- Q_o : Caudal de salida.
- Q_e : Caudal de llegada estanque.

Fuente: Fernández, Jaime. Análisis y control de gestión en instalaciones de bombeo de agua potable. p. 4.

En la instalación de la figura, el proceso de elevación se realiza mediante la aplicación de energía eléctrica al equipo motobomba, la cual es transformada en energía hidráulica para hacer el traslado de la masa de agua hasta la altura geodésica de la instalación, a través de la conducción hidráulica. Luego, para esta instalación tipo, el proceso de elevación de agua se define como:

La acción de transformar energía eléctrica en energía potencial:

Energía eléctrica = Energía potencial

$$(E_e) = (E_p)$$

La masa de agua al ser trasladada hasta la altura geodésica de la instalación, se transforma en energía potencial. Esta energía potencial es la energía útil (E_u) del proceso de elevación de agua potable.

3.2.1.1 Energía útil

Se calcula por la siguiente expresión:

$$E_u = [H_g * M_a] \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde:

E_u : Energía útil.

H_g : Altura Geodésica.

M_a : Masa de Agua.

La ecuación anterior representa la transformación de energía para una instalación sin pérdidas, es decir la totalidad de la energía eléctrica suministrada se transforma en energía útil. (Energía potencial).

La energía potencial de un metro cúbico de agua a la altura geodésica de un metro, es igual a:

$$\mathbf{Eu/m = 2,275 [Watt/m^3*m]} \quad \text{Ec. 3.2}$$

3.2.1.2. Energía suministrada

En una instalación de bombeo real como la mostrada en figura 4, existen pérdidas de energía en cada una de sus distintas etapas y son inherentes al proceso de elevación.

Estas pérdidas de energía presentes, afectan directamente el rendimiento energético de la instalación.

Realizar el control de gestión en instalaciones de bombeo, implica medir la instalación bajo un parámetro que sea propio de ella y a su vez permita comparar las distintas instalaciones.

El parámetro que se propone para estos efectos es el de energía específica (E_e), parámetro que relaciona la energía suministrada (E_s) v/s la energía útil (E_u).

Luego:

$$Es = [Eu + perd] = [Hg * Ma + perd] \quad \text{Ec. 3.3}$$

Donde :

Es : Energía suministrada.

Eu : Energía útil.

Perd : Pérdidas de la instalación.

Hg : Altura geodésica de la instalación.

Ma : Masa de Agua elevada.

3.2.1.3. Energía específica

La energía específica se define como la relación entre la energía suministrada y la energía útil.

Es decir:

$$Ee = \frac{Es}{Eu} \quad \text{Ec. 3.4}$$

Donde :

Es : Energía Suministrada.

Eu : Energía Útil.

Para la instalación típica en análisis, se calcula por:

$$\mathbf{Ee = \frac{367 * Pa}{QE * Hg}} \quad \text{Ec. 3.5}$$

Donde :

Pa : Potencia Activa [kW]

QE : Caudal llegada Estanque [m³/h]

Hg : Altura Geodésica [m]

El parámetro de energía específica de una instalación, representa las unidades de energía útil gastadas en elevar una masa de agua potable a la altura geodésica. Por lo tanto, la Ee está directamente relacionada con la capacidad de transformar energía que tiene el sistema.

3.2.1.4. Energía total

Si se quiere calcular la energía gastada en elevar un volumen de agua V a una altura geodésica Hg, Energía total (Eg), se deberá aplicar la siguiente expresión:

$$\mathbf{Eg = Ee * 2,275 * V * Hg * 10^3} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Donde :

E_g : Energía [kWh]

E_e : Energía Específica [unidades]

V : Volumen a elevar [m³]

H_g : Altura geodésica [m]

3.2.1.5. Eficiencia eléctrica

En una instalación de bombeo, la eficiencia eléctrica (E_f) corresponde a la energía en kWh gastada en elevar a la altura geodésica, un metro cúbico de agua. Se encuentra en la siguiente ecuación:

$$E_f = \frac{E_g}{V} = E_e * 2,275 * H_g * 10^{-3} \quad [\text{kWh/m}^3] \quad \text{Ec. 3.7}$$

3.2.1.6. Energía específica-rendimiento total

La energía específica es inversamente proporcional al rendimiento energético de la instalación.

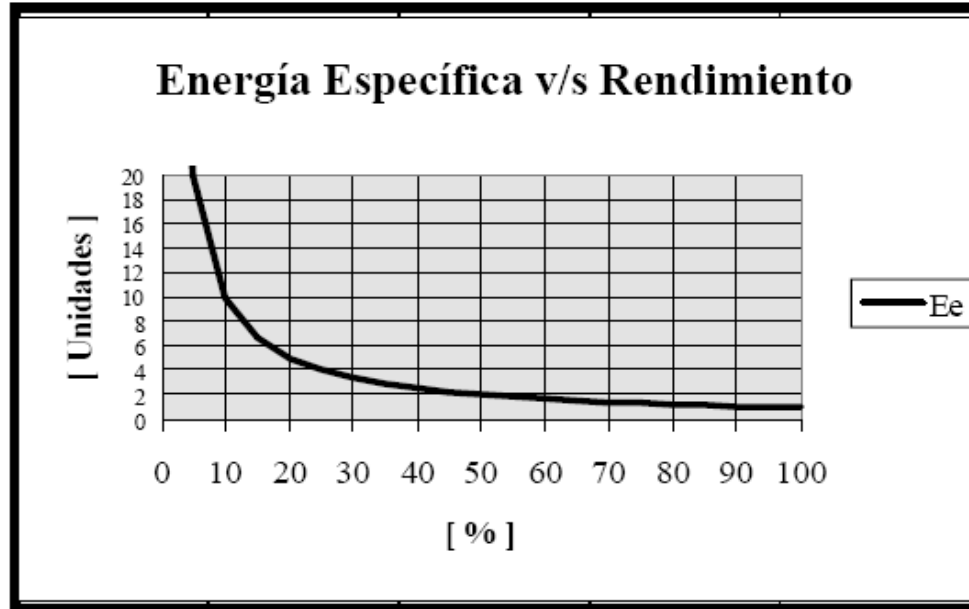
$$E_e = \frac{1}{R_t} \quad \text{Ec. 3.8}$$

Donde :

R_t : Rendimiento total de la instalación.

Esta relación se muestra en la figura 5.

Figura 5. Relación entre energía específica y rendimiento energético



Fuente: Fernández, Jaime. Análisis y control de gestión en instalaciones de bombeo de agua potable. p. 8.

3.2.1.7. Rendimiento total

En la instalación tipo, en estudio, las pérdidas inherentes al proceso de elevación afectan el rendimiento energético de la instalación. Este rendimiento total (R_t) se determina por la siguiente expresión:

$$R_t = \frac{1}{E_e} = \frac{Q_E * H_g}{367 * P_a} \quad \text{Ec. 3.9}$$

Donde:

Q_E : Caudal de llegada estanque [m³/h]

H_g : Altura Geodésica [m]

P_a : Potencia Activa [kW]

La aplicación de la ecuación anterior considera:

- Despreciables las pérdidas de carga en el tramo comprendido entre la motobomba y la ubicación del manómetro.
- El rendimiento total de la instalación, el cual está compuesto por el rendimiento del equipo motobomba y el rendimiento hidráulico de la instalación.

3.2.1.8. Rendimiento moto-bomba

El rendimiento energético del equipo motobomba, se calcula por:

$$\mathbf{Rmb} = \frac{QO * Hm}{367 * Pa} \quad \text{Ec. 3.10}$$

Donde :

Rmb: Rendimiento Moto-Bomba. [p.u.]

QO : Caudal salida Bomba [m³/h].

Hm : Altura de impulsión de la instalación [m].

Pa : Potencia Activa suministrada [kW].

3.2.1.9. Rendimiento hidráulico de impulsión

Corresponde al rendimiento energético de la impulsión, Rendimiento hidráulico de impulsión (Ri), determinado básicamente por las pérdidas de carga en la conducción hidráulica, pérdidas por fricción y filtraciones.

Se calcula de la siguiente manera:

$$Ri = \frac{Hg * Qe}{Hm * Qo} \quad \text{Ec. 3.11}$$

Donde :

Hg : Altura Geodésica [m]

QE : Caudal de llegada estanque [m³/h]

QO : Caudal de salida bomba [m³/h]

Hm : Altura de impulsión de la instalación [m]

La Ee, como la determinación de los rendimientos en las distintas etapas, permite calcular la distribución de los costos involucrados en cada una de ellas.

Cuantificar la distribución de costos en cada una de las etapas del sistema de elevación, permite gestionar los recursos económicos, ya sea como costo variable por concepto de consumo de energía eléctrica y/o como recursos de inversión en infraestructura (conducciones hidráulicas o equipos de bombeo). Los siguientes son los costos de cada etapa:

3.2.1.10. Costo útil

El costo útil (Cu) se obtiene por el agua que es conducida hasta la altura geodésica de la instalación.

Si se considera un volumen V_a a elevar durante un determinado tiempo y un gasto de energía en kWh a un precio P_k , el costo aprovechado como energía útil o potencial del agua elevada, se determina por:

$$C_u = \frac{H_g * V_a * P_k}{367} \quad \text{Ec. 3.12}$$

Donde :

H_g : Altura Geodésica [m]

V_a : Volumen de agua [m³]

P_k : Precio del kWh [\$]

C_u : Costo útil. [\$]

3.2.1.11. Costo por pérdidas en impulsión

En la impulsión se producen pérdidas por fricción del agua en las paredes internas del ducto, y en las piezas especiales. Estas pérdidas, quedan determinadas por la diferencia entre su altura geodésica y de impulsión.

Además, se producen pérdidas de agua, por filtraciones de la impulsión; estas se miden por la diferencia entre el caudal de salida de la bomba y el caudal de llegada al estanque.

Los costos por pérdidas en impulsión (Cim) se calculan por:

$$\mathbf{Cim} = \frac{(Hm - Hg) * Va * Pk * Pa}{QO} + \frac{(QO - QE) * Hm * Va * Pk * Pa}{QO * Hm * QE}$$

Ec. 3.13

Donde :

Hm : Presión dinámica. [m.c.a.]

Hg : Presión estática. [m.c.a.]

Va : Volumen a elevar. [m³]

Pk : Precio del kWh. [\$]

Pa : Potencia activa. [kW]

QO: Caudal salida bomba. [m³/h]

QE : Caudal llegada estanque. [m³/h]

Cim : Costos en impulsión. [\$]

3.2.1.12. Costo por pérdidas en equipo motobomba

El equipo motobomba en su proceso de transformación de energía eléctrica en energía hidráulica, disipa energía:

- Mecánica por roce en bomba y motor
- Hidráulica por recirculación de agua en bomba
- Eléctrica por disipación de calor en el motor

Los costos por pérdidas en equipo motobomba (Cm-b) se calculan por:

$$\text{Costo M-B (\$)} = \frac{Hg * Pa * Va * Pk}{QO * Hm} - \frac{Hg * Va * Pk}{367}$$

Donde :

Hg : Altura geodésica. [m.c.a.]

Pa : Potencia activa. [kW]

Va : Volumen a elevar. [m³]

Pk : Precio de kWh. [\$]

QO : Caudal de salida bomba. [m³/h]

QE : Caudal de llegada estanque. [m³/h]

Hm : Altura de impulsión. [m.c.a.]

Ec. 3.14

3.2.1.13. Costo total

El costo total (Ct) corresponde a la suma de los costos parciales (Cu, Cm-b, Ci), o en su defecto se puede calcular por la siguiente expresión:

$$\text{Ct (\$)} = \frac{Hg * Va * Pk}{367}$$

Ec. 3.15

Donde :

Hg : Altura geodésica [m]

Va : Volumen de agua [m³]

Pk : Precio del kWh [\$]

3.2.1.14. Costo por unidad de volumen

El costo por unidad de volumen (Cuv), corresponde al costo por trasladar un metro cúbico de agua a la altura geodésica de elevación.

La importancia de este índice en el control operacional, radica en que se puede priorizar el funcionamiento de los equipos motobombas de acuerdo con su Cuv.

Se calcula por:

Ec. 3.16

$$\text{Cuv} = \frac{Pk * Pa}{QE}$$

Donde :

Pk : Precio del kWh [\$]

Pa : Potencia activa [kW]

QE : Caudal de llegada estanque [m³/h]

3.2.2. Costos de mantenimiento

En los costos de mantenimiento se consideran gastos incurridos para evitar o corregir problemas que debido a su complejidad no pueden ser efectuados por personal no especializado.

Generalmente los equipos que necesitan de mantenimiento periódico son los que constantemente están ligados a movimientos mecánicos. Uno de ellos es la bomba centrífuga, que consta de dos partes, la parte en donde se aloja el motor eléctrico y la otra donde se encuentra el impulsor.

Para esto se debe de tener a la mano la información de los períodos de trabajo y mantenimiento de las bombas centrífugas que siempre deben ser proporcionadas por el proveedor o fabricante del equipo. Debido al diseño utilizado en el sistema de bombeo del proyecto Los Encuentros, es muy importante que ninguna de las bombas presente un problema, ya que la configuración de bombas en serie posee esta desventaja, que si una sola de las seis bombas presenta dificultades de operación, todo el sistema queda fuera de funcionamiento; por esto es importante que se lleve un control permanente de los períodos de mantenimiento para las seis bombas simultáneamente.

Para mantener las seis bombas centrífugas en buen funcionamiento, se deben de respetar todas las indicaciones proporcionadas por el fabricante y darle el mantenimiento respectivo con el personal que conoce de este tipo de trabajo. Este mantenimiento también requiere del pago del servicio, por lo que no se puede descartar de los gastos que se necesitan erogar para que esto se traduzca en proporcionar un buen servicio al usuario.

El nivel de automatización que se pueda alcanzar en cualquier proyecto de agua potable no descarta el necesario trabajo de operarios, técnicos y el personal para poner en funcionamiento cualquier sistema de bombeo de agua potable.

Aunque el diseño y la ejecución física de cualquier proyecto de agua potable hayan sido realizados con las normas correctas, existen varios factores que pueden dar como resultado problemas en el funcionamiento normal del sistema de bombeo y distribución de agua potable.

La cantidad de personal utilizado y los costos para atender las funciones de operación y mantenimiento menor están directamente relacionados con el diseño físico de las instalaciones y la forma de trabajo utilizado para el bombeo del agua (programación de bombeo).

Los operadores y/o técnicos encargados del sistema pueden tener las siguientes funciones: verificar e informar el suministro de energía eléctrica, puesta en marcha y fin de las bombas por medio de los tableros de mando, comprobar los valores normales o nominales de operación, realizar la inspección física del sistema de tuberías e informar sobre cualquier anomalía encontrada.

Los operarios y/o técnicos también deben de cumplir funciones menores de mantenimiento ya que con esto se asegura con mayor probabilidad un buen funcionamiento del bombeo y distribución de agua potable. Los problemas que se pueden atender y resolver dependen del nivel de instrucción que el personal tenga o las funciones asignadas.

También no se puede descartar la función de vigilancia por vandalismo ya que si una parte del sistema no trabaja adecuadamente el servicio prestado será deficiente.

La suma de todas las funciones y la complejidad de los trabajos se traducen en costos de operación y mantenimientos menores, que se deben de contemplar tanto por los costos como los beneficios que dejan.

El mantenimiento en los sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado consiste en el conjunto de actividades que es necesario desarrollar para:

- Corregir oportunamente las fallas que lleguen a presentarse en sus estructuras.
- Conseguir que estas se encuentren continuamente en condiciones de poderse operar adecuadamente.

De acuerdo con la definición anterior, en los sistemas de agua potable y alcantarillado se debe considerar principalmente dos clases de mantenimiento:

- Correctivo: constituido por las actividades destinadas a reparar oportunamente cualquier falla que se presente en las estructuras físicas.
- Preventivo: que corresponde a los que se destinan a garantizar, por medio de programas de ejecución permanente, el funcionamiento adecuado y la integridad de todas las estructuras físicas.

Además conviene considerar un tercer tipo de mantenimiento, el de renovación, que consiste en desarmar completamente los equipos y cambiarles las piezas que sea necesaria, para dejarlos en un estado similar al de las unidades nuevas.

Para desarrollar las actividades correctivas (mantenimiento correctivo) se requiere: información sobre la falla observada, revisión y diagnóstico de la unidad en referencia, labores de reparación y reporte para efectos de control y estadística.

La información necesita un agente que puede ser: el público, a base de comunicaciones personales, telefónicas o escritas; los operadores que observan la presencia de una falla y los encargados de un programa de revisión, que detectan la falla.

Dada la característica que tiene el mantenimiento correctivo de originarse en una información, las actividades correspondientes deben considerarse siempre de emergencia. La forma como se lleva a cabo y la urgencia de su ejecución dependen de: el tipo de unidad en cuestión, la magnitud de ella y el número de habitantes cuyo servicio se afecte. Por lo tanto, los programas diarios de trabajo deben contemplar prioridades basadas en estas consideraciones.

El personal que interviene es de cuatro tipos: obreros no calificados que trabajan en las labores manuales, obreros calificados en plomería y albañilería para los trabajos de tuberías y colectores, técnicos, mecánicos, electricistas y electrónicos para la reparación de equipos de varios tipos, y operarios de equipos tales como palas mecánicas, bulldozers, grúas, camiones, camionetas, plantas eléctricas, bombas portátiles y compresores.

A diferencia del correctivo, el mantenimiento preventivo se inicia con un programa, sigue con una revisión y termina con un informe que puede originar una actividad de reparación. Para su formulación y desarrollo es indispensable: una lista de equipos, establecer procedimientos, hacer la programación, organizar y llevar a cabo un registro de datos y producir la información.

Para programar la frecuencia entre revisiones, existen tres criterios diferentes: uno considera que un equipo no debe trabajar períodos muy largos sin someterse a una revisión, este fija por tanto el tiempo máximo (número de horas, días, meses o años, según el caso) entre revisiones; el otro establece que el desgaste es función del trabajo realizado y así define los períodos, por el número de horas trabajadas o por el de unidades que han intervenido (m^3 de agua, km recorridos, etc.); el tercero adopta los dos criterios y fija como período, lo primero que se pretende, por ejemplo, revisar un automotor cada dos meses o cada 4 000 km.

Cualquiera que sea el criterio adoptado, la programación del mantenimiento preventivo debe considerarse como un problema económico.

Los costos anuales por concepto de mantenimiento preventivo disminuyen a medida que la duración de los períodos entre revisiones aumenta y cómo los correspondientes al correctivo, a la depreciación y a otros varios, aumentan. Los costos totales, que son la suma de los dos, presentan un valor mínimo cuyo período constituirá la frecuencia óptima.

En el caso de los sistemas de distribución de agua potable los principales programas de mantenimiento preventivo que se pueden formular son:

- Válvulas
- Hidrantes o grifos
- Fuentes públicas
- Ventosas y purgas
- Reductores de presión
- Reservorios
- Fugas y desperdicios
- Presiones
- Flujos y rugosidades de las tuberías
- Calidad del agua en la red

Comparando las actividades del mantenimiento correctivo con las del preventivo se aprecia entre otras cosas que: a) el correctivo se inicia con un informe, el preventivo termina en un informe y con la corrección de una falla y se inicia con un programa; b) el mantenimiento preventivo requiere la existencia previa de una organización para el correctivo; c) las actividades del mantenimiento preventivo reducen las del correctivo; d) aparentemente en las redes de alcantarillado las actividades preventivas tienen mayor trascendencia que en las de acueducto.

Las relaciones entre la operación y el mantenimiento, difieren básicamente en que, con las de operación, se accionan las estructuras y, con las de mantenimiento, se hace que estas se encuentren permanentemente en condiciones de funcionar adecuadamente.

Se considera que las primeras son acciones externas y las segundas, internas. Es decir, constituyen dos áreas distintas que necesitan cada una de recursos específicos y una organización conveniente.

En la práctica esas actividades, sin embargo, están íntimamente ligadas. Los principales aspectos que se conjugan son los siguientes:

- El operador de una unidad o de un equipo funciona como un agente para el mantenimiento correctivo produciendo los informes necesarios para corregir las fallas que se presenten.
- La programación del mantenimiento preventivo y en algunos casos la que demande el correctivo, no puede hacerse sin tener en cuenta la operación de las estructuras correspondientes.
- Para el mantenimiento se requiere, muchas veces, determinadas operaciones que exigen la intervención del personal que tenga a su cargo esas funciones. Por ejemplo, puede ser necesario parar la planta de tratamiento para una reparación dada.
- Existen varias actividades que es difícil determinar a cuál de las dos áreas pertenecen y que pueden considerarse como de “mantenimiento operativo”. En estos casos ayuda mucho el criterio de dividir las acciones externas e internas.
- A medida que la operación se automatiza, el mantenimiento es de mayor importancia.

4. VIDA ÚTIL DEL SISTEMA

La vida útil es la duración estimada que un objeto puede tener cumpliendo correctamente con la función para la cual ha sido creado. Normalmente se calcula en horas de duración.

Cuando se refiere a obras de ingeniería, como carreteras, puentes, represas, etc., se calcula en años, sobre todo para efectos de su amortización, ya que en general estas obras continúan prestando utilidad mucho más allá del tiempo estimado como vida útil para el análisis de factibilidad económica.

La vida útil económica es el período de tiempo, expresado en años, en el que un bien funcionará hasta antes de alcanzar una condición donde ya no es redituable su operación.

La vida útil física es el período de tiempo total, expresado en años, que se estima un bien durará hasta su reconstrucción, usando mantenimiento preventivo normal.

La vida útil normal es el período de tiempo, expresado en años, en el cual puede esperarse razonablemente que un bien realice la función para la cual fue construido, a partir de la fecha en que fue puesto en servicio. Puede medirse independientemente en relación con un inmueble, maquinaria, mobiliario o vehículo, en la medida en que existen componentes que difieren, en cuanto a que algunos tienen una vida corta y otros una vida económicamente larga.

La vida útil remanente es el período de tiempo probable, expresado en años, que se estima funcionará un bien en el futuro, a partir de una determinada fecha, dentro de los límites de eficiencia productiva, útil y económica para el propietario o poseedor.

Los proyectos, desde el punto de vista integral, al sufrir modificaciones prácticamente pierden su propósito original y es aquí donde se debe de asignar un tiempo de servicio al proyecto. Se deben de considerar factores de diseño al momento de asignar el tiempo de servicio a cualquier proyecto.

4.1. Vida útil económica, vida útil técnica y valor actual neto (VAN)

La vida útil tiene una relación directa con el funcionamiento correcto de los elementos del sistema y de su reemplazo si fuera necesario.

La siguiente teoría tiene como objetivo entregar los elementos necesarios para tomar la decisión de adquirir equipos nuevos o para reemplazar equipos usados, ya sea porque estos últimos están presentando fallas en su operación o que aún no presenten fallas significativas.

Se pueden definir tres tipologías de proyectos:

- **Proyectos de reposición:** implican la renovación total o parcial de un equipo ya existente, sin cambios de la capacidad y calidad de los servicios de dicho equipo, o con cambios que signifiquen mejorías pequeñas de la capacidad y calidad del servicio.

- Proyectos de equipamiento: consisten en la adquisición y/o instalación de nuevos equipos para algún servicio o proceso existente, estos equipos no reemplazan a ningún otro, ya que se adquieren para labores o tareas a ser dotadas de equipamiento por primera vez.
- Proyectos de ampliación: consisten en el aumento de la capacidad del servicio por medio de la adquisición de equipamiento adicional o por medio del cambio tecnológico.

Los beneficios de estos proyectos provienen de dos fuentes. En primer lugar, el nuevo equipo puede entregar una mayor cantidad de bienes y servicios producidos, mejor calidad, continuidad en la entrega, seguridad en términos de programación de producción, etc. Por otra parte, la adquisición de nuevo equipamiento genera un ahorro de costos, ya que lo normal es que los equipos nuevos tengan menores costos de operación, mantenimiento y por falla del equipo.

Los costos corresponden principalmente a los ítems de adquisición del equipo (inversión) y sus costos de operación y mantenimiento. Dentro de los costos de inversión deben considerarse tanto el costo de adquisición del equipo, como también los costos en que se debe incurrir para dejar el equipo en condiciones de funcionar, tales como: inversiones adicionales en infraestructura, instalaciones eléctricas y otros.

Se denomina costos de operación a los que se requieren para que el equipo funcione y produzca o entregue los bienes y servicios previstos, como insumos y materiales, remuneraciones del personal y gastos generales (agua, energía, etc.).

Los costos de mantenimiento son aquellos en que se debe incurrir periódicamente a efectos de mantener el equipo en buen estado de funcionamiento.

Para la evaluación del proyecto, se deben estimar los costos y beneficios adicionales que el nuevo equipo implica, respecto de la situación actual o situación base.

La diferencia entre los costos y beneficios que se generan bajo la alternativa de adquirir un nuevo equipo, y los que se generarían si se continúa con la situación base, permitirá determinar la conveniencia o no de adquirir un nuevo equipo.

El criterio de decisión más general aplicable los proyectos de adquisición de equipamiento es el valor actual neto (VAN). De acuerdo con este indicador, un proyecto cualquiera es conveniente si su VAN es positivo y la alternativa más conveniente entre reemplazar o no reemplazar será aquella que tenga mayor VAN.

El VAN permite sumar costos y beneficios que se producen en distintos períodos de tiempo, los cuales no pueden ser sumados directamente debido a que el valor del dinero varía en el tiempo, es decir, no tiene el mismo valor dinero de hoy que dinero futuro. Para corregir esto, el VAN "actualiza" los flujos futuros de costos y beneficios mediante una tasa de descuento, transformándolos en flujos expresados en dinero de hoy, para luego sumarlos sobre una base común.

La tasa de descuento o costo del capital corresponde a la rentabilidad de la mejor alternativa de inversión de la empresa o el inversionista que evalúa el proyecto. A modo de ejemplo, si la mejor alternativa de inversión para la empresa o el inversionista es comprar bonos del banco central que ofrecen una cierta tasa de interés, entonces esa tasa de interés será el costo del capital y la tasa de descuento relevante para calcular el VAN.

El VAN puede determinarse con la siguiente expresión:

$$VAN = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{B_i - C_i}{(1+r)^i} \quad \text{Ec. 4.1}$$

Donde: "r" es la tasa de descuento, "n" es el horizonte de evaluación del proyecto (número de períodos de tiempo a considerar en el análisis) y Bi y Ci son los beneficios y costos del período "i".

Cuando se comparan alternativas de proyectos que tienen iguales beneficios y que por lo tanto se diferenciarán solamente por los costos, puede usarse el valor actual de costos (VAC), indicador que sirve para seleccionar la alternativa de mínimo costo, es decir, la que consume menos recursos. El VAC se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$VAC = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{C_i}{(1+r)^i} \quad \text{Ec. 4.2}$$

Cuando se están evaluando alternativas de equipos de distinta vida útil, se utilizan los indicadores valor anual equivalente (VAE) y el costo anual equivalente (CAE), este último, cuando las alternativas producen los mismos beneficios. Estos indicadores calculan un flujo de costo y beneficio anual constante para todos los períodos de la vida útil, tal que al actualizar dicho flujo al año cero, se obtenga como resultado el VAN y el VAC, respectivamente.

El VAE se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$VAE = VAN \cdot \left[\frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1} \right] \quad \text{Ec. 4.3}$$

El término entre corchetes se denomina Factor de Recuperación del Capital.

Esta fórmula “reparte” el VAN en montos iguales, a lo largo de la vida útil del proyecto.

El CAE se calcula de forma similar, pero en este caso lo que se anualiza es el VAC.

$$CAE = VAC \cdot \left[\frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1} \right] \quad \text{Ec. 4.4}$$

Para los proyectos de reemplazo de equipos interesa comparar las alternativas de seguir con el equipo antiguo versus adquirir uno nuevo, las cuales son de distinta vida útil, por lo tanto, se debe usar para comparar el VAE o el CAE, el primero cuando el equipo nuevo proporciona mayores beneficios que el antiguo (proyectos de equipamiento con aumento de capacidad o proyectos de ampliación) y el segundo, cuando el nuevo equipo proporciona los mismo beneficios que el antiguo pero a un costo menor (caso de proyectos de reposición o de equipamiento sin aumento de capacidad).

La vida útil económica de estos proyectos siempre es menor que su vida útil técnica. En términos generales, la vida útil económica de un equipo finaliza cuando los beneficios que proporciona al operar un período adicional son menores que los costos que involucra mantenerlo operando un período más.

Ese momento representa el momento óptimo de reemplazo del equipo, es decir, el momento en que culmina la vida útil económica determina el momento óptimo de reemplazo.

Los beneficios netos adicionales que puede proporcionar un equipo entre la vida útil económica y su vida útil técnica, quedan incorporados a los flujos mediante el valor residual económico.

Para conocer la vida útil económica del equipo nuevo se realiza el siguiente proceso iterativo: en la fórmula del CAE antes descrita, se deja como variable a determinar el "n", es decir el horizonte o período de evaluación.

Se deberá calcular el CAE para $n=1, 2, 3, \dots$ etc. En general, se obtienen valores cada vez menores para el CAE cuando aumenta "n", hasta que llegado un punto, el CAE comenzará a aumentar. Aquel período para el cual el CAE es mínimo, corresponderá al que fija la vida útil económica del equipo y también el momento óptimo de reemplazo.

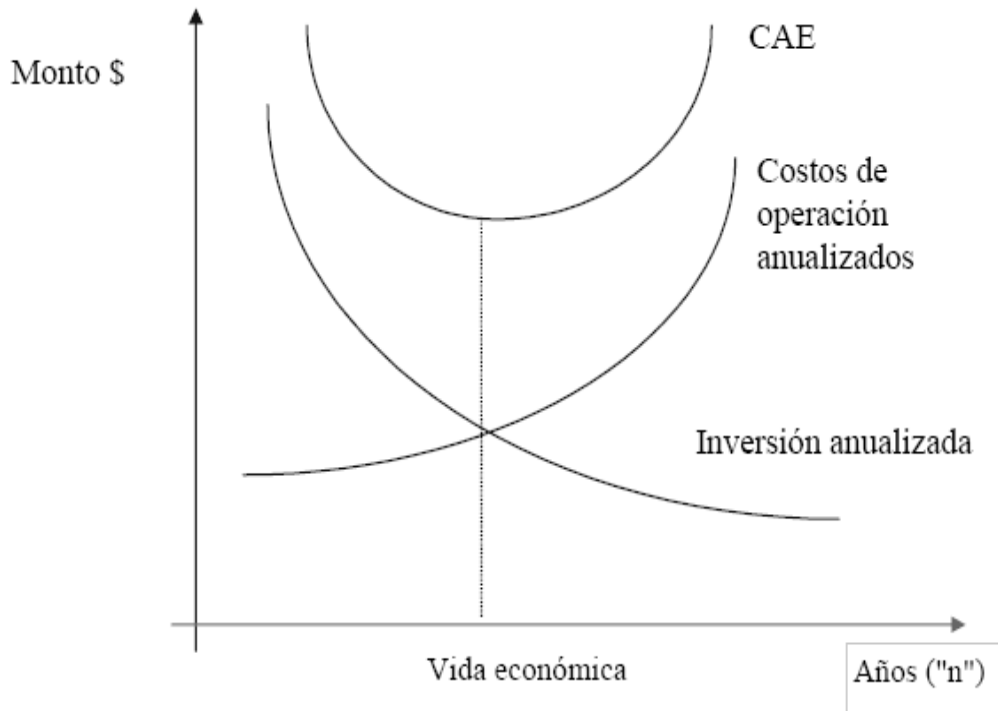
Este comportamiento del CAE, decreciente y luego creciente en función del horizonte de evaluación "n", obedece a que este indicador anualiza dos términos de comportamiento opuesto: por un lado se tienen los costos totales de operación (la sumatoria de los C_j) que crecen a medida que transcurre el tiempo, ya que se agregan más términos a la sumatoria, y por otro lado está la inversión anualizada, que tiende a disminuir, ya que es el producto del valor de adquisición en el año cero (I_0) por el Factor de Recuperación del Capital, el cual es decreciente con el tiempo.

La fórmula del CAE antes calculada, queda más claramente especificada al separar como costo del año cero al valor de adquisición y al restar de los costos el beneficio que significa el valor de reventa del equipo al final de su vida útil (valor residual), de esta manera:

$$CAE = \left(I_0 - \frac{VR}{(1+r)^n} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i}{(1+r)^i} \right) \cdot \left[\frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1} \right] \quad \text{Ec. 4.5}$$

Al conjugar ambos términos se obtiene la curva de CAE decreciente y luego creciente tal como se presenta en el siguiente gráfico.

Figura 6. **Comportamiento del CAE (costo anual equivalente)**



Fuente: Mideplan. Metodología reemplazo de equipos. p. 6.

5. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SUMINISTRO

Cualquier proyecto que se implemente tiene un costo de inversión total que se hace para que este se ejecute y finalice. Por lo tanto es necesario que dicho proyecto sea autosostenible, esto quiere decir que se debe de recuperar el dinero invertido en el proyecto y también que cualquier gasto de funcionamiento del mismo se cubra con los ingresos que este genere.

Lo referente al servicio de agua potable no es la excepción, ya que para hacer posible la finalización de la instalación de un proyecto de agua potable se necesita una inversión inicial y además contar con los recursos económicos para la operación del sistema. Existen opiniones encontradas en cuanto a este factor de autofinanciamiento o autosostenibilidad, y esto con mucha razón, debido a que se cataloga al suministro de agua potable como un servicio básico de una población.

Esto obliga a prestarle la importancia necesaria para opinar y llegar a la conclusión más aceptable tanto desde el punto de vista del Proyecto como de la población de Patzún quien es al final la que aporta el dinero necesario para cubrir los gastos del servicio de agua potable como lo hace con otros servicios básicos (electricidad, telefonía, transporte).

Por lo tanto es de suma importancia que se preste especial atención a que los vecinos de la localidad estén conscientes de la necesidad de pagar el precio justo por el servicio de agua potable (no del precio del agua, que es invaluable) y con esto la Municipalidad de Patzún se comprometería a prestar un mejor servicio de suministro de agua potable.

5.1. Suministro subsidiado

Cuando se utiliza este tipo de financiamiento en un proyecto se cubre parcialmente el costo total de la inversión realizada.

El subsidio implica que la mayor parte del costo económico de un proyecto lo realiza alguna organización que cumple con la función social de ayuda o también lo que es más generalizado es que el gobierno a través de la municipalidad lo haga efectivo como parte de una obligación inherente.

Cuando se cuenta con un suministro de agua potable subsidiado la población en general se muestra satisfecho por la implementación del proyecto. Pero esto acarrea aspectos negativos que se reflejan principalmente en la prestación de un servicio mínimo, irregular y no confiable, debido a que el costo cubierto por el pago del canon de agua es insuficiente para cubrir los gastos de inversión y operación del sistema de distribución de agua.

Por lo tanto se hace necesario hacer un cálculo del déficit en el que se incurre al aceptar un suministro de agua potable de forma subsidiada.

Además que la ganancia, si se puede llamar así, que pueda surgir en este tipo de servicios puede ser de utilidad para planificar y concretar otros proyectos nuevos de introducción de agua potable (gestión de sistemas de abastecimiento de agua potable).

5.2. Suministro autosostenido

Este tipo de financiamiento es el más adecuado para este tipo de proyectos ya que implica que todo lo invertido en el funcionamiento del proyecto sea recuperado con el canon de agua calculado de antemano. El cálculo del canon de agua adecuado debe de cubrir gastos de inversión y operación del sistema de introducción de agua y generar cierta ganancia, el cual obligadamente debe de ser bien administrado para que ello sirva en la inversión de nuevos proyectos análogos.

La principal ventaja de este tipo de financiamiento es que no se dependa del subsidio otorgado para continuar con el funcionamiento del sistema de distribución de agua potable y también que los recursos económicos recaudados mediante la prestación del servicio de agua potable puedan ser utilizados en otros proyectos nuevos.

En necesario hacer cálculos del nuevo precio de canon del agua con base en los costos de inversión realizados, el crecimiento de la población y cubrir el porcentaje de domicilios que no cuentan actualmente con el servicio de distribución de agua potable.

Pero lo expuesto anteriormente, debe también cumplir con los requerimientos que la ley exija (por ejemplo el código municipal) para evitar conflictos con la población y no ser punto de discordia, por quedar al margen de la ley que regula este tipo de servicio.

La sostenibilidad del proyecto se centra en el hecho que los beneficiarios del sistema pueden cubrir los costos de operación del mismo de una forma realista si se considera los ingresos de los mismos.

5.2.1. Determinación de tarifas de consumo

La forma más simple de calcular un precio es adicionando un porcentaje a los costos unitarios totales. Para ello, se calcula un margen, ya sea sobre los precios o sobre los costos.

El precio, tarifa, canon o contribución que se defina, la promoción elegida y los canales de distribución seleccionados, dependerán directamente de las características del producto o servicio.

En el caso de los proyectos de infraestructura económica y social (agua potable y saneamiento, electricidad, mercados municipales, etc.) la definición de la tarifa, canon de arriendo, deberá permitir cubrir los gastos de operación y mantenimiento de los proyectos considerados. En el estudio de caso relacionado a proyectos de agua y saneamiento se profundiza sobre estos aspectos.

En el estudio de mercado de un proyecto se analizan los precios de los bienes o servicios a ofrecer.

En los proyectos sociales hay diferentes modalidades de fijación de los precios:

- Los fijados por el sector público
- Los estimados en función del costo de producción
- Los precios de subsidio fijados en función del nivel de ingreso y tamaño del grupo familiar

En el caso de los proyectos del sector público que financian su producción sobre la base de tarifas, puede implicar la fijación de tarifas diferenciadas por tipo de consumidor o usuario, con el consiguiente impacto sobre el volumen de demanda futura, por lo tanto el análisis de la estructura tarifaria es de importancia fundamental para obtener buenas estimaciones del tamaño y de las características del mercado futuro.

El establecimiento de las tarifas para el servicio de abastecimiento de agua tiene un doble objetivo: por un lado, pretende cubrir los gastos derivados de la disponibilidad y adecuación del servicio, y por otro, puede servir como un instrumento para gestionar adecuadamente la demanda de agua, habida cuenta de que se trata de un bien escaso y a la vez, necesario. Por este último motivo el servicio del agua no puede ser tratado como cualquier otro bien económico, cuyas fluctuaciones de mercado están únicamente gobernadas por leyes de la oferta y la demanda.

A continuación se indican algunas ideas comunes y generales que afectan de forma significativa al entorno de los servicios de abastecimiento de agua:

- El agua es un bien común y público, y no puede imputarse un coste a su consumo.
- El agua es un recurso necesario y limitado, y por tanto debe ser adecuadamente gestionado para evitar su derroche, pero precisamente por su carácter de recurso vital, la demanda de agua presenta muy poca elasticidad, especialmente en estadio de consumo cercano a los mínimos.

- Los sistemas de abastecimiento, que incluyen la potabilización, el transporte y distribución del agua, así como los sistemas de saneamiento, que permiten el retorno del agua al medio natural una vez depurada, representan costes que deben ser imputados a los usuarios del servicio del agua.
- Quien contamina, paga. Este principio está consagrado en diversas legislaciones y representa un principio de responsabilidad directa sobre los consumidores. Por extensión, una tendencia general es que cada usuario pague su cuota en función de la intensidad del uso del servicio, aunque se trate de un servicio vital.
- El precio del servicio del agua debe de permitir la sostenibilidad económica del servicio, además de constituir un instrumento económico para la adecuada gestión de la demanda.

Aún con grandes diferencias entre países y regiones, se puede decir que en ningún caso se recuperan al 100 % los costes del servicio en forma directa. En este apartado se hará referencia a los sistemas tarifarios aplicados en el abastecimiento de agua, si bien existen otros instrumentos tales como la fiscalidad que se impone sobre el servicio.

La definición del sistema tarifario de un servicio público consiste en determinar el nivel y estructura de tarifas que maximice el bienestar social y que tenga en cuenta las restricciones económicas, financieras y sociales que existan en un momento dado. Además del objetivo citado habría que añadir otros dos como la eficiencia económica en la asignación y la autofinanciación del servicio, consistente en recuperar vía ingresos todos los costes que supone la prestación del servicio.

El sistema de tarificación de los servicios queda reflejado en la tarifa de abastecimiento o suministro y en la tasa de saneamiento o depuración. Existe una gran diversidad de estructuras tarifarias de estos servicios, cuya complejidad y grado de desarrollo suele ir en consonancia con el tamaño de la población servida.

Aparte de las tarifas de abastecimiento y depuración, las facturas del agua pueden incluir conceptos como el alquiler del contador, o los recargos, cánones o complementos que algunos municipios cobran para sufragar los gastos de infraestructuras en la red de abastecimiento y depuración durante periodos anteriores, por causa de la sequía.

Algunos municipios tienen tarifas especiales bonificadas para ciertos tipos de usuarios: para familias numerosas, o aquellas con ingresos inferiores a un umbral, pensionistas, desempleados, etc.

Para la definición de las tarifas anuales en los sistemas tarifarios volumétricos se estima, en primer lugar, el coste total del servicio para ese año (compuesto por el coste del agua en alta, las amortizaciones y los gastos de funcionamiento).

En los casos con tarifas lineales, se divide este coste entre el volumen estimado de m^3 a facturar y se obtiene la tarifa por m^3 abastecido.

En los sistemas con cuota fija y tarifa variable, la cuota fija se calcula como el cociente entre el coste total que hace referencia a gastos fijos (costes de conexión) y el número de usuarios del servicio; de esta forma se obtiene una cuota media que se aplica directamente a cada usuario o se corrige en función del diámetro de la acometida.

Para el cálculo de la parte variable o volumétrica de la tarifa se divide la parte del coste total restante (después de sustraer la parte correspondiente a la cuota fija) entre una estimación de los m³ a facturar.

De esta forma se obtiene la tarifa media que se aplica directamente en los sistemas de tarifas constantes, o bien se le aplican unos coeficientes ponderadores crecientes por bloques de consumo en los sistemas de bloques crecientes, y por tipo de usuario (industrial, doméstico, municipal y servicios) en los sistemas con discriminación sectorial, y se obtiene la estructura tarifaria definitiva.

La definición de la estructura tarifaria de la tasa de saneamiento se realiza de forma análoga a la definición de la tarifa de abastecimiento, utilizando el volumen de agua a facturar por el servicio de abastecimiento, como indicador del volumen de agua vertida a la red de alcantarillado para su depuración, sin tener en cuenta la carga contaminante.

Los sistemas tarifarios gratuitos, y los de tarifa plana o no volumétricas no incentivan el uso eficiente y racional del agua.

Los sistemas tarifarios volumétricos incentivan un uso más eficiente del recurso que los sistemas no volumétricos. Entre estos, los más eficientes son los sistemas con cuota fija en función del diámetro de la acometida y con tarifas volumétricas crecientes por bloques de consumo. Para ello es necesario que los distintos bloques y sus correspondientes tarifas se definan en función de la elasticidad precio de los distintos usuarios. Sin embargo, en la práctica, los coeficientes ponderadores se establecen sin un criterio técnico.

Un estudio sobre el precio del agua en las distintas capitales de provincia españolas realizado por la Organización de Consumidores y Usuarios-OCU (1997) revela que, en promedio, se observa que a medida que aumenta el consumo de agua aumenta el precio del m³ del recurso, lo que supone un incentivo al ahorro de agua (esto es fruto de los sistemas tarifarios por bloques crecientes).

De acuerdo con un estudio realizado por la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento, AEAS (1996), únicamente el 16% de los municipios españoles, principalmente núcleos de población pequeños y con gestión municipal del agua, subvencionan los servicios del agua. Es decir, de acuerdo con el estudio, el 84% de los municipios recuperan, vía tarifas, los costes que supone la prestación de los servicios del agua.

También pueden existir diferencias de costos en la prestación de los servicios, por las distintas condiciones orográficas o climáticas de las zonas, o el distinto grado de complejidad del sistema de potabilización y transporte de agua, pero también es evidente que otra parte muy importante debe atribuirse a un sistema de subvenciones implícitas al consumo de agua, en especial cuando la gestión de los servicios es directa por parte de las municipalidades. De hecho, el estudio revela diferencias en el precio del agua en función del tipo de gestión de los servicios.

Cuando la gestión corresponde a una empresa, ya sea municipal, mixta o privada, el precio del agua es un 30% más elevado que cuando la gestión la realiza el propio ayuntamiento.

En este sentido, estos resultados parecen indicar que el grado de autofinanciación de los servicios vía tarifas es considerablemente menor que el estimado por la AEAS, o dicho de otro modo, la no existencia de subvenciones directas no significa que se recupere la totalidad del coste del servicio vía tarifas, lo que significa que existe una subvención indirecta sobre el mismo.

A la luz de los principios de la Directiva Marco Europea, DMA, se puede encontrar varias categorías de costos implicados en el abastecimiento de agua potable, como:

- Costos de operación y mantenimiento: incluyen todos los costos implicados en la operación corriente del sistema durante el período contable. Hay que diferenciarlo de la depreciación, que formaría parte de los costos de capital. Pueden dividirse en cuatro categorías principales: costos funcionales (electricidad, salarios, suministros, productos químicos), costos indirectos (contabilidad, gestión y administración), costos singulares (aquellos que no se producen periódicamente) y costos de adquisición (equipamiento, mobiliario, vehículo, etc.).
- Costos de capital (costos fijos): incluyen las inversiones en la infraestructura del sistema, los costos financieros derivados de la amortización de préstamos, y la amortización técnica de las infraestructuras necesarias para el servicio. La amortización técnica representa el coste imputable por las infraestructuras utilizadas, y se computa en el período contable.
- Costos de oportunidad: están relacionados con el derecho a recibir agua como bien social (mercado de derechos).

- Costos del recurso: se imputarían en condiciones de escasez del agua. En algunos países, el agua está considerada como un bien público, pero con valor económico en sí mismo.
- Costos sociales: es el costo que se deriva cuando un uso determinado del agua impone costos a otros usuarios.
- Costos marginales: se trata del costo derivado de la consideración del agua servida como un bien de mercado. Es el costo imputable a una unidad adicional producida.
- Costos ambientales: valoración del efecto (impacto) ambiental del servicio. Aunque habitualmente está asociado al costo de los sistemas de captación, depuración y evacuación de aguas residuales, puede incluir también los costes inducidos por la explotación del recurso (reducción de caudal en cauces fluviales, sobreexplotación de acuíferos, etc.).

De todas las categorías expuestas, los dos apartados iniciales son relativamente sencillos de estimar, el resto de apartados pueden resultar bastante más complejos.

Todos los principios que anteceden carecen de contenido o aplicabilidad si no existe la capacidad de conocer el consumo real de agua por parte de los abonados. La instalación de contadores domiciliarios y su conservación es un elemento capital para desarrollar una gestión adecuada del servicio, y debe ser considerada prioritaria para la estrategia de gestión adecuada del abastecimiento.

Existen diversas posibilidades a la hora de diseñar una tarifa del servicio de agua potable.

La elección del tipo de tarifa y su desarrollo suele ir pareja con el tamaño de la población servida.

Por ejemplo, los sistemas de tarifa plana (independientes del volumen consumido) tan solo subsisten en municipios de tamaño muy reducido.

Los sistemas tarifarios volumétricos lineales son característicos en pequeños pueblos y ciudades; los sistemas con cuota de entrada y tarifa volumétrica lineal con el volumen consumido, los sistemas con cuota fija y tarifa de bloques crecientes y los sistemas con cuota fija y tarifa de bloques crecientes con discriminación entre distintos tipos de usuarios, que son característicos de los grandes núcleos de población.

En la figura 7 que se muestra a continuación se comparan los diferentes sistemas de tarifas.

Figura 7. **Alternativas de diseño de tarifas del servicio de agua potable**

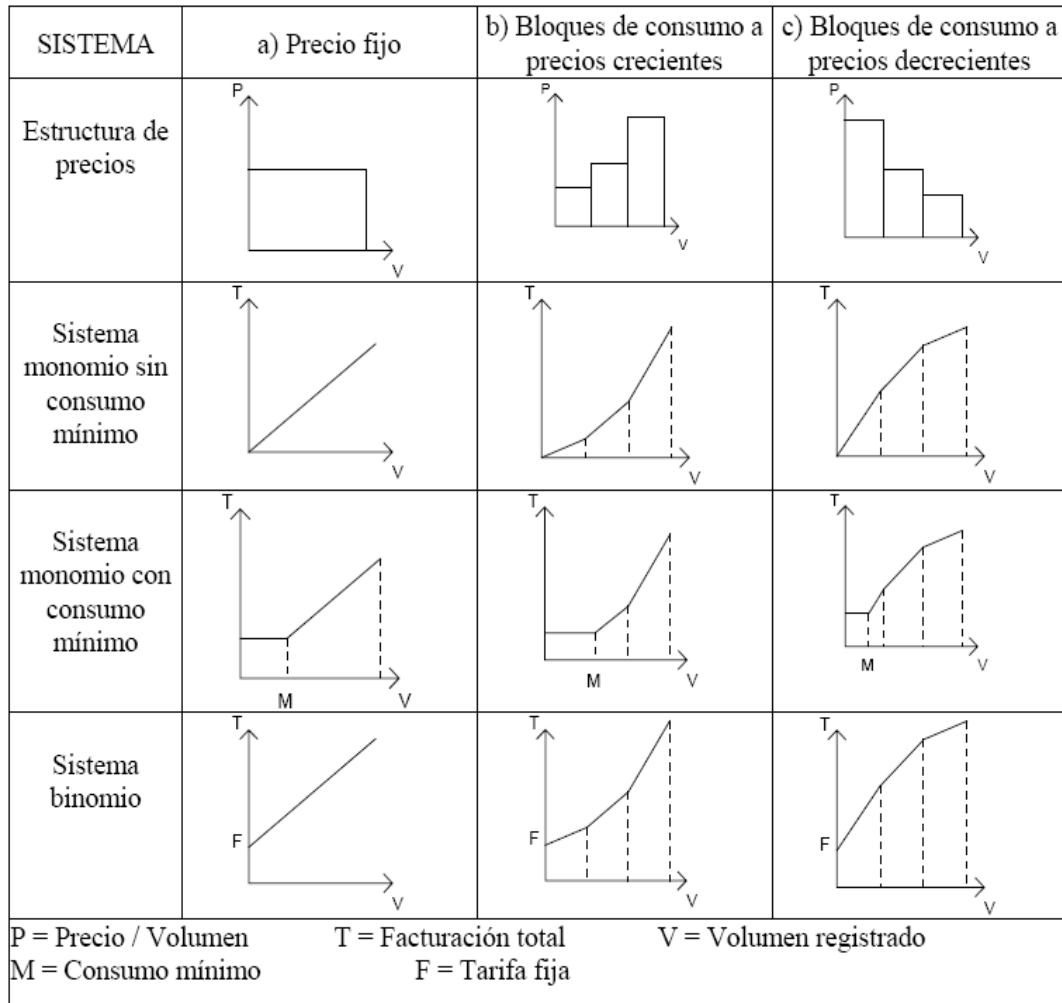


Figura. – Comparación de los diferentes sistemas de tarifas.

Fuente: Pérez, Rafael. Establecimiento de tarifas del servicio de agua potable bajo un enfoque de sostenibilidad económica. p. 6.

Aparte de las mencionadas suelen incluir conceptos como el alquiler o la conservación del contador y diversos recargos, cánones o complementos destinados a fines específicos relacionados con el abastecimiento.

En este caso, el sistema escogido puede ser el de cuota fija y tarifa de bloques crecientes, que es el sistema que mejor recoge los objetivos de eficiencia económica en el uso por parte del abonado, pues éste último percibe de forma muy clara el impacto en la factura de su consumo, y como consecuencia de los bloques de costo creciente, orienta su consumo de una forma más eficiente y conservadora del recurso. Esto puede parecer un contrasentido desde el punto de vista empresarial, puesto que suponemos que la compañía de aguas estará interesada en vender la mayor cantidad de m³ de agua, pero volvemos a insistir que lo que está suministrando es un servicio y no un volumen de agua.

Para la definición de las tarifas anuales, en los sistemas tarifarios volumétricos, se estima, en primer lugar, el costo total del servicio para ese año (compuesto por el costo del agua en alta, los gastos de funcionamiento y las amortizaciones). La cuota fija se calcula como el cociente entre el costo total que hace referencia a gastos fijos y el número de usuarios del servicio; de esta forma se obtiene una cuota media que se aplica directamente a cada usuario o se corrige en función del diámetro de la acometida (se supone que un mayor diámetro supone un mayor caudal y por tanto, un mayor uso de las instalaciones).

Para el cálculo de la parte variable o volumétrica, se dividirá la parte del costo total restante entre una estimación de los m³ a facturar, lo que nos proporciona una tarifa media que posteriormente se corrige mediante coeficientes de bloque. A continuación se presenta un modelo de clasificación que se podría seguir para aplicar tarifas a los usuarios del suministro de agua potable, aunque no se presente en forma detallada puede servir de guía para el inicio de un proyecto que pretenda cambiar tipo y tarifas vigentes.

El régimen de cuota fija se clasifica en:

- Popular habitacional unifamiliar: en este se hace un tabulado que contenga los aspectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- Popular: se toman en cuenta las casas abandonadas y lotes solos.

El régimen de servicio medido se puede clasificar como en la tabla VIII.

Tabla VIII. Régimen de servicio medido

RANGOS DE CONSUMO EN METROS CÚBICOS	IMPORTE POR METRO CÚBICO DE AGUA POTABLE	ALCANTARILLADO	SANEAMIENTO	TOTAL	
De 0,00 a 10,00					Cuota mínima
De 10,01 a 20,00					
De 20,01 a 30,00					
De 30,01 a 40,00					
De 40,01 a 50,00					
De 50,01 a 60,00					
De 60,01 a 70,00					
De 70,01 a 80,00					
De 80,01 a 90,00					
De 90,01 a 100,00					
De 100,01 en Adelante					

Fuente: Congreso Constitucional de Colima. Ley de cuotas y tarifas de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento del municipio de Armería. p. 3.

Por el servicio comercial de agua potable, alcantarillado y saneamiento se pagarán los derechos de acuerdo con las siguientes categorías:

- Los comercios que se describen como “comercial bajo consumo”
- Los comercios que se describen como “comercial consumo medio”
- Los comercios que se describen como “comercial consumo alto”
- Edificios públicos, que comprenden las dependencias públicas del gobierno o municipal, con las excepciones previstas en ley
- Instituciones de beneficencia pública y/o social, mismas que comprenden a los hospitales públicos, asilos, protección civil, clubes, bomberos, centros comunitarios o de recreación
- Por el servicio industrial de agua potable, alcantarillado y saneamiento
- Por el servicio de uso mixto de agua potable
- Por el servicio de agua potable destinado para otros usos
- Metro cúbico de agua vendida a pipas particulares.

Los usuarios de los servicios de agua potable, pagarán los derechos por la conexión a la red, de conformidad con:

- Contratación individual tratándose de tomas de media pulgada de diámetro:
 - Uso doméstico
 - Uso comercial consumo bajo
 - Uso comercial consumo medio
 - Uso comercial consumo alto
 - Uso industrial

- Contratación individual tratándose de tomas de más de media pulgada de diámetro:

- Tres cuartos de pulgada
- Una pulgada
- Una pulgada y media

Otra clasificación para la imposición de tarifas puede observarse en los siguientes bloques.

Los particulares a quienes el municipio suministre agua potable satisfarán las tasas con arreglo a la siguiente tarifa de casco de la población, consumos trimestrales:

Domésticos:

Bloque 1º.- de 0 a 15 m³..... Q/m³
Bloque 2º.- de 15 a 42 m³..... Q/m³
Bloque 3º.- más de 42 m³..... Q/m³
Cuota de servicio..... Q

Especiales:

Bloque 1º.- de 0 a 50 m³..... Q/m³
Bloque 2º.- más de 50 m³..... Q/m³
Cuota de servicio..... Q

Industriales:

Bloque 1º.- de 0 a 100 m³..... Q/m³
Bloque 2º.- más de 100 m³..... Q/m³
Cuota de servicio..... Q

Tasa por instalación de contadores:

Uso doméstico y contador comunitario..... Q

Uso industrial..... Q

5.2.2. Macromedición y micromedición del agua

La importancia de la medición se debe a que el agua es un recurso escaso y un bien esencial.

Para la medición se usa el medidor; las distintas funciones del medidor son:

- Vigilante del usuario
- Racionalizador del consumo
- Herramienta para una buena administración
- Posibilita un reparto equitativo del agua

En relación con lo anterior puede afirmarse que las tarifas fijas incentivan el desperdicio de este recurso esencial.

La medición es definir y poner en práctica un conjunto de normas y procedimientos que permitan calcular, controlar, uniformar y gestionar un abastecimiento de agua.

El objetivo principal de la medición es lograr un equilibrio entre la macromedición y micromedición.

Macromedición es medir el agua producida y aportada a la red. Micromedición es medir el agua utilizada y facturada a los usuarios.

Para considerar a la medición como un sistema correcto se deben tomar en cuenta algunos factores como:

- Elección de los medidores
- Instalación
- Lectura
- Mantenimiento
- Estudios de optimización de gestión

Cuando se implementa la utilización de medidores de agua en las ciudades se logra reducir un buen porcentaje del consumo total, debido a que los consumidores lograron determinar su propio consumo y establecer su gasto mensual. El ente regulador mantiene un bajo porcentaje de quejas o reclamos por las mediciones en el consumo de agua potable, sin embargo es necesario optimizar los sistemas de facturación para que los usuarios puedan conocer con regularidad su consumo reciente.

A menudo se confunde medir, con instalar medidores, ya sean estos para cuantificar el agua suministrada a una ciudad, o para determinar los volúmenes utilizados por los usuarios.

Se deben establecer apoyos e instrumentos específicos para instalar, operar, mantener y utilizar la información de la medición.

Estos apoyos se traducen específicamente en:

- Manuales y recomendaciones para un equipamiento adecuado y la adquisición e instalación correctas.
- Apoyos tecnológicos para evaluar e instalar solo aparatos de calidad.

La situación nacional de escasez de control y conocimiento de los volúmenes suministrados y utilizados, es reflejo de la poca importancia que se le da al proceso de medición del agua en un buen número de organismos operadores.

La política en apoyo a la consolidación de los organismos operadores de los sistemas de agua potable y alcantarillado, está orientada entre otras cosas, a fortalecer su autonomía, capacidad de gestión y asegurar que las empresas sean autosuficientes técnica y financieramente.

Para esto, es fundamental la aplicación de tarifas bien diseñadas y un proceso eficaz y eficiente de medición, tanto en fuentes de abastecimiento (macromedición) como en tomas domiciliarias (micromedición).

Recuperar los rezagos en la medición es tarea de los organismos operadores, deben fomentar el desarrollo de experiencias e instrumentos para apoyar las tareas de selección, adquisición, instalación de medidores, así como la medición propiamente dicha y verificación de lecturas.

Es importante y necesario instalar equipo de pitometría para apoyar y capacitar en campo a los organismos operadores y así multiplicar las acciones de medición.

La realización de estos trabajos permite generar términos de referencia para la selección, adecuación, instalación y calibración de macromedidores y micromedidores; por otra parte, los criterios y recomendaciones para la selección, adquisición e instalación de medidores en conductos.

Para que los organismos operadores establezcan programas de medición permanente y control de la operación en sus sistemas de abastecimiento, se debe brindar apoyo a organismos operadores en asesoría para la instalación de medidores de caudal del tipo de presión diferencial, aforos y manejo de equipo, revisión e instalación de estaciones de medición, y verificación de medidores. Es fundamental realizar cursos de capacitación teórico práctico, en el que se den las directrices y procedimientos para ejecutar los trabajos básicos de medición.

Todos los resultados se difunden entre los organismos operadores para su revisión y comentarios, de tal forma que después de corregidos y ampliados, sirvan de apoyo a sus acciones de macromedición y micromedición.

Las experiencias en medición de fuentes señalan una baja utilización de la información de volúmenes extraídos con fines de operación y distribución; su uso se reduce a fines estadísticos.

En la medida en que el organismo operador necesite incrementar sus ingresos y mejorar mejor su sistema, deberá dar a la macromedición y micromedición su primera importancia.

Los fabricantes y proveedores de equipos de medición deben apoyar a los organismos operadores con información técnica accesible y con calidad en sus productos, integrando a sus ofertas el apoyo de repuestos, mantenimiento y garantías explícitas.

Por su parte, los organismos operadores deberán especificar adecuadamente las condiciones de trabajo de los medidores en lo que se refiere a calidad del agua, presión, precisión deseada, pérdidas de carga máximas permisibles, rangos de operación y otras características necesarias para hacer una buena adquisición.

Los apoyos institucionales que se brindan a los organismos operadores tienden a motivarlos no solo para que incrementen sus niveles de medición más allá de lo que significaría solo instalar aparatos, sino para que encuentren la utilidad de la información para lograr mayores ingresos.

La medición es una actividad multidisciplinaria y requiere esfuerzos sistemáticos.

El oficio de la medición involucra una respuesta integral a través del tiempo, seleccionando una adecuada tecnología de la medición, optimizando los recursos técnicos y humanos que la hacen posible.

6. SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD POR GRUPO ELECTRÓGENO

El proyecto Los Encuentros se ubica en el caserío Los Encuentros del municipio de Patzún en el departamento de Chimaltenango.

Este caserío dista aproximadamente a 10 km de Patzún: el camino que comunica a estos dos lugares actualmente es de tierra, se tiene contemplado un proyecto de pavimentación que aunque no abarque la totalidad del trayecto beneficiará una buena parte de la misma.

Parte del camino que comunica Patzún y Los Encuentros es un camino más amplio y transitable que el que comunica el desvío de esta camino hasta Los Encuentros.

El trayecto de bombeo desde el nacimiento de agua o los tanques de succión y el tanque de almacenamiento al final del camino de bombeo es un terreno elevado y montañoso.

Esta es una razón grande para poder pensar en la alternativa de alimentación de energía eléctrica del proyecto Los Encuentros por medio de la instalación de generadores eléctricos a través de motores de combustión interna, que a la vez es alimentada por medio de combustible.

6.1. Sistema con grupo electrógeno

Una de las configuraciones que se puede aplicar es la que utilice un grupo electrógeno que alimente a la red de distribución de electricidad y lleve la energía eléctrica a cada una de las seis casetas de bombeo del sistema que a su vez alimentará a cada bomba centrífuga. Esto significa que toda la potencia y energía que demanda el sistema la proporcionará un grupo electrógeno; se había calculado anteriormente una potencia de 342kw para la alimentación de las bombas.

Este cálculo sirve de referencia para conocer que 342 kw (valor mínimo) es el valor que la moto generadora debe de proporcionar para poner en funcionamiento las seis bombas.

Pero no solamente basta con tener el grupo electrógeno apropiado sino que el sistema es complementado con infraestructura y equipo que harán posible la transmisión y distribución de la electricidad generada. También otro factor muy importante es todo lo que se refiere a la compra, transporte, almacenamiento y uso del combustible necesario para hacer funcionar el motor de combustión interna. Sin dejar a un lado también el rendimiento y mantenimiento del grupo electrógeno.

6.1.1. Grupo electrógeno e infraestructura

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador de electricidad a través de un motor de combustión interna. Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico.

Una de las utilidades más comunes es la de generar electricidad en aquellos lugares donde no hay suministro eléctrico, generalmente son zonas apartadas con pocas infraestructuras y muy poco habitadas.

Otro caso sería en locales de pública concurrencia, hospitales, fábricas, etc., que a falta de energía eléctrica de red, necesiten de otra fuente de energía alterna para abastecerse.

Las ventajas del uso de la electricidad mediante esta forma son:

- Generar energía eléctrica en el momento oportuno
- Facilidad de transporte, aún a grandes distancias
- Conexión simple
- Manejo de equipo en forma confiable y segura

Los grupos electrógenos (GE) son equipos electromecánicos proyectados como unidades autónomas para suministrar energía eléctrica. En servicio cumplen como unidades generadoras permanentes, de soporte temporal o de soporte en emergencia para suplir al suministro normal durante cortes eventuales o programados.

El GE diesel básico consta de un motor diesel acoplado con precisión a un generador síncrono, ambos componentes se montan sobre un bastidor de acero que también soporta al tablero de control y protección. El desarrollo tecnológico, ha permitido que los actuales GE comerciales sean unidades compactas de fácil operación, altamente confiables y de buen rendimiento, capaces de cumplir con los requerimientos de conservación ambiental y con generación de la energía eléctrica con calidad.

Un grupo electrógeno consta de las siguientes partes:

- Motor. El motor representa la fuente de energía mecánica para que el alternador gire y genere electricidad. Existe dos tipos de motores: Motores de gasolina y de gasoil (diesel). Generalmente los motores diesel son los más utilizados en los grupos electrógenos por sus prestaciones mecánicas, ecológicas y económicas.
- Regulación del motor. El regulador del motor es un dispositivo mecánico diseñado para mantener una velocidad constante del motor en relación con los requisitos de carga. La velocidad del motor está directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la velocidad del motor afectará a la frecuencia de la potencia de salida.
- Sistema eléctrico del motor. El sistema eléctrico del motor es de 12 VC, excepto aquellos motores que son alimentados a 24 VCC, negativo a masa. El sistema incluye un motor de arranque eléctrico, una/s batería/s libre/s de mantenimiento (acumuladores de plomo), sin embargo, se pueden instalar otros tipos de baterías si así se especifica, y los sensores y dispositivos de alarmas de los que disponga el motor. Normalmente, un motor dispone de un manocontacto de presión de aceite, un termocontacto de temperatura y de un contacto en el alternador de carga del motor para detectar un fallo de carga en la batería.
- Sistema de refrigeración. El sistema de refrigeración del motor puede ser por medio de agua, aceite o aire. El sistema de refrigeración por aire consiste en un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor para enfriarlo. El sistema de refrigeración por

agua/aceite consta de un radiador y un ventilador interior para enfriar sus propios componentes.

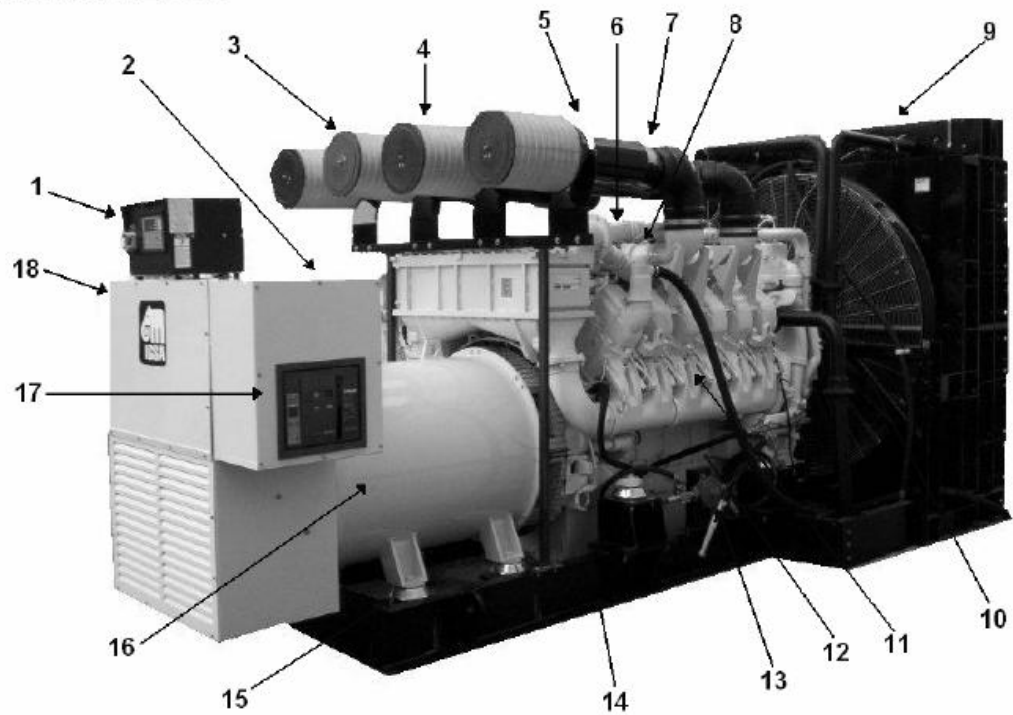
- Alternador. La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, auto excitado, autoregulado y sin escobillas, acoplado con precisión al motor; aunque también se pueden acoplar alternadores con escobillas para aquellos grupos cuyo funcionamiento vaya a ser limitado y, en ninguna circunstancia, forzado a regímenes mayores.
- Depósito de combustible y bancada. El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero de gran resistencia. La bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de 8 horas de funcionamiento a plena carga. El tiempo que funcionará el grupo electrógeno con un depósito de combustible depende del tamaño del depósito, de la cantidad de tiempo que se ha usado dicho grupo y de la carga que tiene que generar. Generalmente están diseñados para funcionar ocho horas a pleno rendimiento.
- Aislamiento de la vibración. El grupo electrógeno está dotado de tacos antivibrantes diseñados para reducir las vibraciones transmitidas por el grupo motor-alternador. Estos aisladores están colocados entre la base del motor, del alternador, del cuadro de mando y la bancada.
- Silenciador y sistema de escape. El silenciador de escape va instalado en el grupo electrógeno. El silenciador y el sistema de escape reducen la emisión de ruidos producidos por el motor. Todos los grupos electrógenos emiten ruidos debido al tubo de escape, al motor y al flujo de aire. La mayoría de los grupos electrógenos están diseñados para controlar el ruido al máximo y se someten a ensayos de nivel de ruido.

- Sistema de control. Se puede instalar uno de los diferentes tipos de paneles y sistemas de control para controlar el funcionamiento y salida del grupo y para protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento. El manual del sistema de control proporciona información detallada del sistema que está instalado en el grupo electrógeno.
- Interruptor automático de salida. Para proteger al alternador, se suministra un interruptor automático de salida adecuado para el modelo y régimen de salida del grupo electrógeno con control manual. Para grupos electrógenos con control automático se protege el alternador mediante contactores adecuados para el modelo adecuado y régimen de salida.

En la figura 8 y tabla IX se muestra la ubicación típica de los componentes y los elementos, respectivamente, de un grupo electrógeno típico.

Figura 8. **Ubicación típica de los componentes en los grupos electrógenos**

4.7 UBICACIÓN TÍPICA DE LOS COMPONENTES EN LOS GRUPOS ELECTROGENOS.



Fuente: Igsa. Manual de operación y mantenimiento de las plantas eléctricas. p. 10.

Tabla IX. **Elementos del grupo electrógeno**

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	Panel de control
2	Placa de datos montada en generador (situado en la parte posterior de la figura)
3	Filtros de aire
4	Soporte de baterías y baterías (situado en la parte posterior de la figura)
5	Motor/es de arranque (situado en la parte posterior de la figura)
6	Alternador (situado en la parte posterior de la figura)
7	Bomba de combustible (situada en la parte posterior de la figura)
8	Turbo
9	Radiador
10	Guarda del ventilador
11	Motor de combustión interna
12	Carter
13	Bomba para drenar el aceite del carter
14	Base estructural
15	Amortiguador
16	Generador
17	Interruptor
18	Regulador de voltaje automático (situado en la parte posterior de la figura)

Fuente: Igsa. Manual de operación y mantenimiento de las plantas eléctricas. p. 10.

Se debe tener en cuenta lo siguiente si se piensa en instalar un grupo electrógeno:

- Ubicación: deberá pensarse qué lugar se instalará el grupo electrógeno, lo ideal es ubicarlo en un lugar de fácil acceso e iluminado para facilitar las operaciones de mantenimiento. Los grupos electrógenos se pueden instalar fuera o en el interior del local.
- Montaje: los grupos electrógenos deberían montarse sobre superficies niveladas, utilizando soportes antivibratorios si fuera necesario. La mayoría de las superficies niveladas son idóneas, aunque debería consultarse con un ingeniero civil para montajes sobre tierra o techo.

- Ventilación y refrigeración: es importante asegurarse de que el grupo electrógeno disponga de suficiente ventilación para mantenerlo refrigerado y eliminar el exceso de emanaciones gaseosas y de calor producidas por la combustión del motor.
- Sistema de alimentación de combustible: deberá pensar en la modalidad de aprovisionamiento de combustible para su grupo electrógeno. Existen varias opciones de aprovisionamiento de combustible, desde las bombas manuales, hasta los sistemas completamente automáticos. En general, los grupos electrógenos pequeños tienen una bomba manual que funciona mecánica o eléctricamente, y puede llenar el depósito de la unidad desde una cisterna de combustible.

El tipo de grupo electrógeno que necesita, dependerá de sus exigencias energéticas, del lugar donde se ubicará y funcionará de forma continua, o bien solo cuando haya interrupciones de suministro eléctrico.

El tamaño del grupo electrógeno dependerá de varios factores individuales. Para asegurarse de que se ha calculado bien el tamaño de su grupo electrógeno debe definir la potencia kVA o voltaje para cubrir las necesidades de todo el equipo o instalación de su local.

Esto ayudará a facilitar información acerca del tamaño y del tipo de grupo electrógeno más adecuado para cada necesidad.

Generalmente, se producen grupos electrógenos sin protección y con cubierta. Si el grupo electrógeno se instala al aire libre, se aconseja que adquiera la opción con cubierta. Esto significa que no necesita construir una caseta a su alrededor.

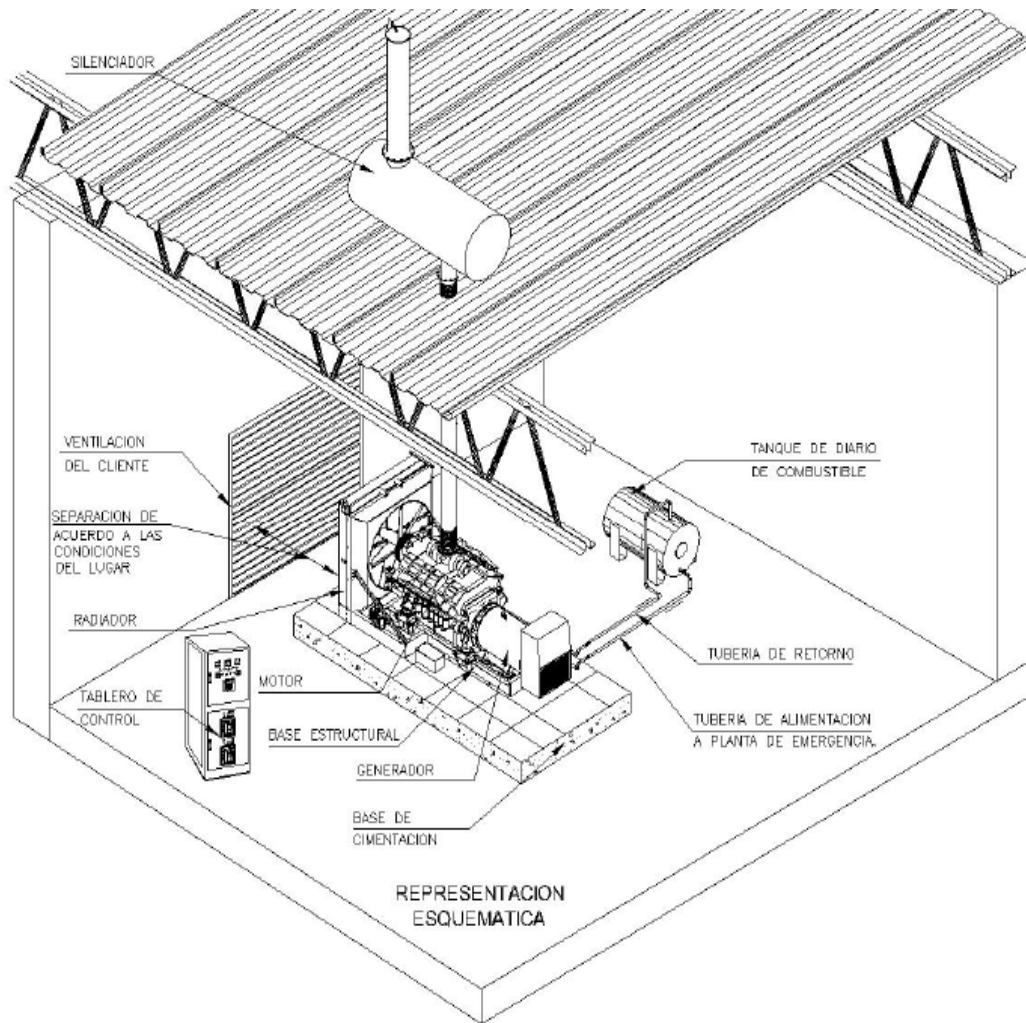
Los grupos electrógenos necesitan que el aire circule para que se puedan refrigerar algunos componentes como, por ejemplo, el motor.

Es necesario que el aire circule constantemente cuando el grupo electrógeno está funcionando y esto resulta difícil en una caseta de construcción casera.

Los grupos electrógenos con cubierta, incluyen adecuados sistemas de refrigeración con rejillas que permiten la circulación del aire en torno a los diferentes componentes.

En las casetas mal construidas puede haber una excesiva circulación de aire, con la consiguiente entrada de polvo y humedad de lluvia y la aparición de averías anticipadas.

Figura 9. Esquema típico de una caseta para grupo electrógeno



Fuente: Igsa. Manual de operación y mantenimiento de las plantas eléctricas. p. 5.

Los grupos electrógenos bien diseñados están en condiciones para funcionar en ambientes desfavorables y bajo condiciones meteorológicas extremas. Para alargar la vida útil de un grupo electrógeno y evitar, por ejemplo, que ocurra un cortocircuito o se oxide, se aconseja protegerlo de la intemperie, como se mostró en la figura 9.

La frecuencia y el tipo de mantenimiento necesario en un grupo electrógeno dependerán de una serie de factores, incluidos el uso del grupo electrógeno, el ambiente donde funciona y la carga porcentual que lleva.

Deberá realizar frecuentes inspecciones visuales cada dos o tres meses para verificar que todo funciona bien.

Un mantenimiento completo, con cambio de filtros y de aceite lubricante, debería efectuarse cada doce meses. La mayoría de las averías se deben a grupos electrógenos no controlados con regularidad. Se aconseja inspeccionar el grupo electrógeno una vez a la semana.

El mantenimiento general rutinario que se le puede hacer a un grupo electrógeno depende de las horas de funcionamiento, y abarca los siguientes cambios:

- de aceite
- de líquido refrigerante
- de electrolito de la batería
- de filtro del aceite
- de filtro del combustible

Un mantenimiento más específico puede darse también dependiendo de las horas de trabajo del grupo electrógeno y por personal más especializado.

6.1.2. Cálculo de la potencia de los grupos electrógenos

En muchas zonas del mundo, las instalaciones locales o nacionales están conectadas formando una red. Esta red de conexiones permite que la electricidad generada en un área se comparta con otras zonas. Cada región aumenta su capacidad de reserva y comparte el riesgo de apagones.

Estas redes son enormes y complejos sistemas formados por grupos generadores diversos. Representan una gran ventaja económica en muchos aspectos pero aumentan el riesgo de dejar sin suministro de energía eléctrica instantáneamente a grandes zonas. En esto pueden influir factores imprevistos como la ocurrencia de fallas o sobrecargas en algún punto del sistema, pero el aspecto más común es la deficiencia en la generación en relación con la demanda.

El uso de fuentes alternativas propias de suministro de energía eléctrica garantiza la continuidad de procesos productivos, de servicios o la dinámica social diaria de núcleos poblacionales, ante la posibilidad, cada vez más creciente, de ocurrencia de un apagón.

Los grupos electrógenos se desempeñan como proveedores de energía de reserva, suplementaria o de emergencia.

Estos sistemas presentan una diversidad de exigencias en cuanto a la escala de las potencias involucradas, a la curva de carga, al retardo admisible en la incorporación del suministro, a la duración del mismo y a su confiabilidad, dando lugar a una gran cantidad de modelos que combinan múltiples tecnologías.

La selección del grupo electrógeno a instalar y su potencia nominal de generación es el momento más importante, a partir del cual se deriva el resto de las etapas: instalación, puesta en marcha y mantenimiento.

Se introduce un método de cálculo de la potencia necesaria de los grupos electrógenos al alcance de los ingenieros proyectistas y que contempla coeficientes de corrección del factor de potencia del grupo para cubrir la demanda real en kVA de los consumidores.

La necesidad de una fuente suplementaria de energía eléctrica raras veces se considera en la etapa de inversiones. Solo se prioriza el uso de una fuente alternativa durante el diseño ingeniero de la obra, en aquellos servicios prioritarios, que ante la ocurrencia de una falla eléctrica pueden poner en peligro las vidas humanas (hospitales), un proceso productivo de gran importancia económica (refinerías) o puntos neurálgicos que garantizan la defensa.

¿Por qué es necesario hacer el cálculo de la potencia necesaria del grupo electrógeno?

Existen dos situaciones cuando la potencia calculada no es la correcta:

- Insuficiente potencia para cubrir la carga
- Exceso de potencia nominal de generación en relación con la necesaria

Si la potencia que entrega el generador es inferior a la demanda, provocará efectos desagradables rápidamente detectables porque se observan durante su funcionamiento molestas caídas de voltaje, pudiendo provocar el accionamiento de los dispositivos de protección del generador o en el peor de los casos su desconexión.

En caso de sobredimensionamiento el funcionamiento aparenta ser correcto y no se observan interrupciones o algún otro efecto alarmante. Los motores diesel alcanzan su mayor eficiencia cuando desarrollan entre el 70 y el 80% de su rango de potencia; que es cuando se mantiene la temperatura necesaria para que se produzca la explosión uniforme de todo el combustible que esta accediendo a la cámara.

Si la máquina trabaja por prolongados periodos de tiempo por debajo del 40% de su capacidad máxima, comienza el llamado *over fueling* o *wet stacking*, efecto que produce acumulación de combustible sin quemar en la cámara (que puede pasar al sistema de escape), carbonizando los inyectores y rompiendo el patrón de rociado de combustible. Esto se revierte en mal aprovechamiento de la capacidad energética del combustible y la baja eficiencia del motor.

La acumulación del combustible crea una resina en los asientos de las válvulas de la cámara de combustión que provoca el descenso paulatino de las mismas, llegando a golpear la cabeza del pistón y por consiguiente el deterioro del sistema mecánico. La única forma de resolver esta situación es la de cargar el generador a su máxima capacidad por espacio no menor de dos horas aproximadamente, para quemar el exceso de combustible y limpiar la cámara de explosión del motor diesel.

A pesar de los avances tecnológicos alcanzados y que algunos motores son controlados electrónicamente o poseen sistemas de inyección avanzados, ningún motor diesel escapa a este fenómeno y si la capacidad calculada no es la adecuada y se logra detectar el fenómeno antes descrito, se tendrá que invertir dinero adicional en un banco de carga que podrá conectarse automáticamente, para lograr que la potencia de salida del motor alcance como mínimo el 75% de su capacidad de diseño.

La ventaja que ofrece la instalación del grupo electrógeno posterior a la puesta en marcha es contar con un estudio práctico y real del comportamiento de las cargas de toda la instalación, demanda máxima, simultaneidad de trabajo y las características de arranque de los equipos conectados.

La potencia nominal a instalar para cada grupo resulta de la suma de las potencias absorbidas por los receptores a alimentar durante la falta de energía de red, multiplicada por un factor de simultaneidad y previendo un futuro aumento del consumo de hasta un 10%. Para las cargas con extracorrientes iniciales, deben tomarse las debidas precauciones que eviten la aparición de caídas de tensión durante el arranque o el funcionamiento.

La experiencia considera además otros parámetros importantes y se aplican coeficientes de corrección para cada uno de ellos.

Es muy importante tener definido si la utilización de esta fuente de suministro cubrirá la carga de la instalación completa o si abarcará solo una parte de los circuitos que serán indispensables para mantener las funciones más perentorias.

Esta definición decide cómo valorar las cargas a la hora de efectuar el cálculo:

- Si se realiza la transferencia de conexión solo para un pequeño grupo de cargas (definidas como cargas en emergencia), será necesario considerar en el cálculo la máxima demanda de las mismas, que en la mayoría de los casos será igual a la suma de la potencia de todas estas cargas conectadas.
- Si se conectan al generador del grupo electrógeno todas las cargas presentes en la instalación, habrá que considerar la demanda máxima y el factor de diversidad tal como si se estuviera trabajando con el suministro de la red de distribución.

En ambos casos, si existen cargas muy grandes y/o de arranque pesado, hay que valorar el escalonamiento en la entrada de estas para lograr que el grupo electrógeno funcione, en su régimen nominal, entre el 70 y 80% de su capacidad de generación.

Durante el proceso de cálculo, las cargas con factor de potencia estable y cercana a la unidad (cargas resistivas y la iluminación fluorescente e incandescente, con un factor de potencia por encima de 0,9) se separan de las cargas motrices que pueden presentar un factor de potencia variable por la inestabilidad de la potencia útil requerida en el eje.

Las cargas con factor de potencia cercano a la unidad se definen por la siguiente expresión

$$S_{1g} = \sum_{i=1}^n \frac{P_{ci}}{k_{\phi i} \times \cos \phi_i} \quad \text{Ec. 6.1}$$

Donde:

S_{1g} ----- Potencia necesaria del generador para alimentar las cargas
con factor de potencia cercano a la unidad, en KVA.
 P_{ci} ----- Carga conectada en el circuito i, en KW.
 $k_{\phi i}$ ----- Factor de corrección que depende del factor de potencia.
(Ver tabla 1)
 $\cos \phi_i$ ----- Factor de potencia de la carga en el circuito i.
 n ----- Número de circuitos a considerar.

Tabla X. **Factor de corrección según el factor de potencia**

Valor del $\cos \phi$	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
Valor de k_{ϕ}	0,88	0,94	1,00	1,06	1,13	1,19	1,25

Fuente: Melo, Lázaro. Cálculo de la potencia de los grupos electrógenos. p. 6.

Este factor de corrección para el factor de potencia (tabla X) se introduce porque el factor de potencia típico de los generadores trifásicos es de 0,8 hasta 1, permitiendo cargar el generador hasta el límite de su potencia activa máxima; por lo que las desviaciones por defecto del factor de potencia de las cargas motivarán un incremento en el cálculo de la potencia del generador. La desviación por exceso dará mejores condiciones de explotación y por consiguiente el empleo de un grupo de menor capacidad.

Los motores se analizan para dos condiciones diferentes:

- Funcionamiento normal o nominal
- Período de arranque

Como funcionamiento normal se define el trabajo las cargas motrices que operan en regímenes estables y están sujetas a procesos muy poco frecuentes de arranque parada, considerándose como una carga ya alimentada por el grupo electrógeno; por lo que se utiliza el valor de potencia realmente demandada y no el valor nominal. Se calcula por la siguiente expresión:

$$S_{2g} = \sum_{j=1}^n \frac{P_{c_j}}{k_{\phi_j} \times R_j \times \cos \phi_j} \quad \text{Ec. 6.2}$$

Donde:

S_{2g} -----	Potencia necesaria del generador para alimentar las cargas motrices en funcionamiento normal, en KVA.
P_{c-j} -----	Potencia del motor, en Kw. (se toma el valor real práctico demandado por el motor; si se desconoce se toma el valor de la potencia nominal de chapa)
$k_{\phi-j}$ -----	Factor de corrección dependiente del factor de potencia (Ver tabla 1)
$\cos \phi_j$ -----	Factor de potencia de la carga en el circuito j.
R_j -----	Rendimiento del motor.
n -----	Número de circuitos a considerar.

El tratamiento a las cargas motrices con periodos de conexión y desconexión frecuentes y breves periodos de trabajo, es diferente y hay que tener determinado, sea de forma práctica o a través de los parámetros de cada motor, la relación entre la corriente de arranque y la corriente nominal:

$$S_{aM} = \frac{P_{nM}}{\cos \phi_M \times R_M} \times \frac{I_{aM}}{I_{nM}} \quad \text{Ec. 6.3}$$

Donde:

SaM ----- Potencia máxima de arranque del motor, en KVA.
PnM ----- Potencia nominal del motor, en Kw.
Kø-j ----- Factor de corrección dependiente del factor de potencia
(Ver tabla 1)
cosøM ----- Factor de potencia nominal del motor.
RM ----- Rendimiento del motor.

$\frac{I_{aM}}{I_{nM}}$ ----- Relación entre las corrientes de arranque y nominal del motor.

Los valores hallados en KVA, para la potencia máxima de arranque (SaM) de cada motor en la expresión (6.3), no pueden sumarse algebraicamente para aquellos que puedan tener un arranque simultáneo. Durante el proceso de arranque, el factor de potencia es muy diferente al factor de potencia nominal en condiciones normales, variando según la potencia y la carga del motor.

Para sumar los valores de SaM, hay que tener en cuenta el factor de potencia de cada motor durante el arranque, por lo que la suma de las potencias de arranque ha de ser vectorial. Para esto es necesario descomponer cada valor de la SaM en sus componentes activo (KW) y reactivo (KVAr). La suma algebraica solo se realizará cuando los motores que estén arrancando simultáneamente tengan el mismo factor de potencia durante el proceso de arranque.

El cálculo del reactivo para cada una de estas cargas será:

$$KVAr = SaM \times \text{sen}\alpha \quad \text{Ec. 6.4}$$

Partiendo siempre de las condiciones de arranque.

El generador tiene que ser capaz de responder ante la demanda de los motores que arrancan simultáneamente y con alta frecuencia. Esta potencia necesaria para cubrir la demanda de todas las cargas en periodo de arranque, se definirá como S3g.

Potencia total del generador:

La potencia total del generador, expresada en kVA, será igual a la suma vectorial de las potencias P1g, P2g y P3g porque cada resultado obtenido tiene factores de potencia diferentes.

$$\overline{S_g} = \overline{S_{1g}} + \overline{S_{2g}} + \overline{S_{3g}} \quad \text{Ec. 6.5}$$

O sea:

$$(S_g)^2 = (\sum KW)^2 + (\sum KVAR)^2 \quad \text{Ec. 6.6}$$

Tanto la temperatura del medio ambiente como la altura de instalación, inciden en la potencia del generador y del motor, por lo que es necesario incluir factores de corrección a partir de las condiciones de operación, tabla XI y XII:

Tabla XI. Factor de corrección según el aumento de la temperatura y la temperatura ambiente

t° del ambiente	Hasta 30°	40°	45°	50°	55°
Aumento de t°	110°	110°	95°	90°	85°
Valores de kt	1.05	1	0.97	0.94	0.92

Fuente: Melo, Lázaro. Cálculo de la potencia de los grupos electrógenos. p. 8.

Tabla XII. **Factor de corrección según la altura del emplazamiento de instalación**

Altura, metros	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Kh para t° ambiente 30° < t°a < 40°	1	0.97	0.95	0.92	0.89	0.86	0.83
Kh para t° ambiente t°a < 30°	1.05	1.025	1	0.975	0.95	0.92	0.895

Fuente: Melo, Lázaro. Cálculo de la potencia de los grupos electrógenos. p. 8.

(Para instalaciones ubicadas a alturas menores de 1000 m, el valor de kh será igual a 1.)

El valor S_g de la expresión (6.6) se divide por los factores que corresponda de las tablas XI y XII, obteniendo como potencia final del generador:

$$S_{g \text{ (final)}} = \frac{S_g}{k_t \times k_h} \quad \text{Ec. 6.7}$$

Se muestra un método de cálculo rápido y efectivo que contempla los parámetros eléctricos fundamentales a considerar y que incluye coeficiente de corrección del factor de potencia para las condiciones eléctricas del sistema que garantiza la correcta selección de la potencia del grupo electrógeno.

Se demuestra que el cálculo de la potencia del generador tiene una incidencia extraordinaria en la eliminación de las afectaciones por una mala selección de la capacidad de generación que se resumen en:

- Por exceso
 - Desaprovechamiento de la capacidad total de generación
 - Costo excesivo de inversión (adquisición y montaje)
 - Bajo rendimiento del combustible a quemar por el grupo por cada kW de electricidad generado
 - Gasto imprevisto por la colocación de un banco de carga adicional
 - Posible rotura total o parcial de la parte motriz con gastos de reparación prevenibles.

- Por defecto
 - Inestabilidad en la generación con continuas caídas de voltaje
 - Posible desconexión del generador ante sobrecargas.
 - Necesidad de reconectar manualmente cada consumidor ante la presencia de un fallo de energía.

La aplicación de este método con la inclusión del factor de corrección de la potencia de las cargas a instalar ha dado buenos resultados en la selección correcta de la potencia necesaria de los grupos electrógenos.

6.1.3. Red de distribución

La red de distribución propiamente dicha consta de todos los elementos que sirven para distribuir el suministro de energía eléctrica a cada una de las bombas que forman el sistema de bombeo (postes, conductos, conductores, cables, herrajes, acometidas, etc.). El diseño específico de esta red depende de factores propios del proyecto.

Debido a que se debe de mantener el criterio que el centro de distribución tiene que estar cerca de la carga de más alto valor y sabiendo que los centros de carga en este diseño son seis y de la misma capacidad de consumo, entonces lo correcto es colocar el grupo electrógeno a una distancia igual entre la estación de succión y el tanque de almacenamiento; esto se hace para compensar las pérdidas que hubiera en la red de distribución.

6.2. Sistema con seis grupos electrógenos

Otro diseño que se puede considerar es trabajar el sistema de impulsión con 6 grupos electrógenos, es decir uno por cada estación de bombeo. Esto significa que las seis estaciones de bombeo deben de contar cada una con su propio grupo electrógeno. Este diseño ofrece la ventaja que se elimina la necesidad de construir una red de distribución de energía eléctrica, ya que cada etapa de impulsión es independiente en el sentido de proveer el suministro de energía eléctrica requerida en cada bomba. La desventaja es que se debe diseñar una red y/o un sistema de control exclusivo para que cumpla con la sincronización de encendido de los grupos electrógenos y las bombas.

7. SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD POR CONTRATOS A TRAVÉS DEL MERCADO MAYORISTA

7.1. Mercado de energía eléctrica en Guatemala

La Ley General de Electricidad, determina que el mercado de energía está constituido por el mercado regulado y el mercado mayorista (mercado libre).

7.1.1. Mercado regulado

Por el lado de la oferta: por las distribuidoras autorizadas que tienen definidas la zona de autorización y el área obligatoria de servicio (franja no mayor de 200 metros en torno a sus instalaciones).

Por el lado de la demanda: por todos los usuarios del servicio eléctrico con una demanda de potencia menor a 100 kW, situados dentro del área obligatoria de servicio de un distribuidor. Estas expresiones tienen dos consecuencias:

- Todos los usuarios con las características indicadas forman parte del “mercado cautivo” del distribuidor.
- Todos los interesados en el servicio de energía eléctrica, situados dentro del área obligatoria de servicio de un distribuidor, tienen derecho a que éste se lo suministre. Dicho derecho existe, asimismo para el interesado que estando ubicado fuera del área obligatoria de servicio, llegue al límite de dicha área mediante líneas propias o de terceros.

La figura 10 compara el mercado libre y el mercado regulado.

Figura 10. **Esquema comparativo del mercado eléctrico guatemalteco**



Fuente: Ministerio de Energía y Minas Guatemala. Mercado de energía en Guatemala. p. 1.

7.1.2. Mercado libre o mayorista

Las principales características del mercado mayorista, son las siguientes: agentes y participantes de mercado mayorista, aquellos que cumplen con las siguientes condiciones:

- Los generadores que tengan una potencia mayor de 5 MW
- Los distribuidores que tengan un mínimo de 15000 usuarios
- Los transportistas que tengan una capacidad de transporte mínima de 10 MW
- Los comercializadores, incluyendo importadores y exportadores, que compren o vendan bloques de energía asociados a una oferta firme eficiente o demanda firme de por lo menos 2 MW
- Los grandes usuarios que tengan una demanda máxima de potencia que exceda 100 de kW podrán realizar transacciones en el mercado mayorista

Los distribuidores, comercializadores y grandes usuarios deberán contar con contrato de potencia, que les permita cubrir sus requerimientos de demanda firme. Los agentes gozan de los derechos y obligaciones establecidas en el reglamento del Administrador del Mercado Mayorista y sus reformas.

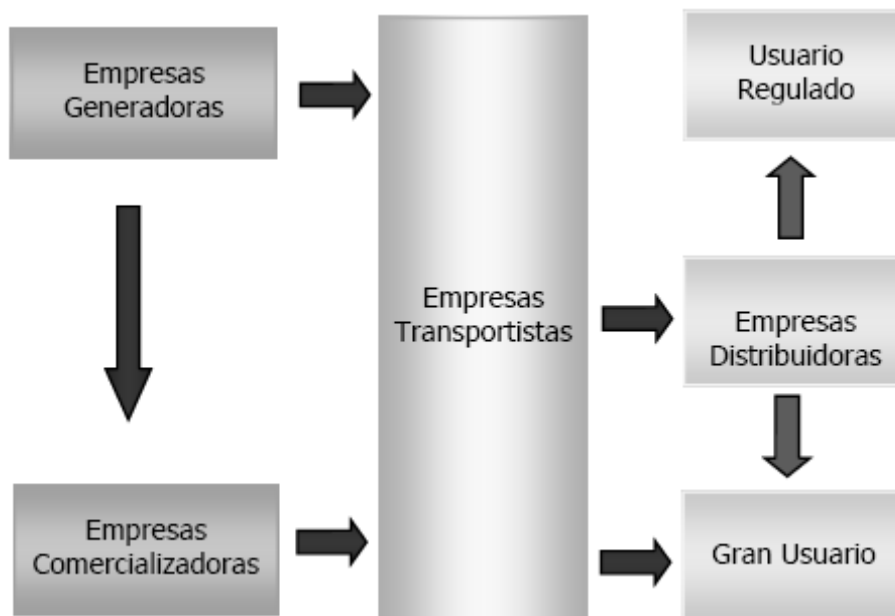
El desarrollo simultáneo de las actividades del mercado eléctrico es desarrollado a través de empresas o personas jurídicas diferentes.

Este esquema que es independiente del régimen de propiedad de las empresas del subsector, permite la operación de empresas en un ambiente de total libertad, competencia y sin privilegios, con un marco regulatorio y normativo bien claro y definido; en el cual es básico el libre acceso de todos los agentes al sistema de transporte.

Los distribuidores pueden contratar el suministro con cualquier generador o comercializador; mientras que los grandes usuarios pueden realizarlo con un generador, un distribuidor o un comercializador. En este ambiente de libertad de contratación, únicamente están excluidos los usuarios regulados, que están ligados a las empresas distribuidoras en su zona de autorización.

La figura 11 ofrece un panorama de la relación de actividades de los agentes dentro del mercado eléctrico guatemalteco.

Figura 11. **Relación de actividades del mercado eléctrico**



Fuente: Ministerio de Energía y Minas Guatemala. Mercado de Energía en Guatemala. p.2.

7.2. Mercado Mayorista (MM)

El Mercado Mayorista – MM – es el conjunto de actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de energía eléctrica dentro del sector eléctrico del país.

Los productos que se compran y se venden en el mercado mayorista son:

- Potencia
- Energía
- Servicios de transporte
- Servicios complementarios

Existen tres tipos de mercado:

- Mercado de oportunidad de la energía
- Mercado a término (contratos)
- Mercado de desvíos de potencia

En el mercado de oportunidad se realizan transacciones de energía al precio de oportunidad de la energía, que es el máximo costo variable en que se incurre cada hora para abastecer un kWh adicional (costo marginal de corto plazo).

En el mercado a término, los participantes pueden pactar libremente las condiciones de compraventa de potencia y energía través de contratos. Poseer un contrato en el mercado a término, implica operar en el mercado de oportunidad para transar los saldos.

En el mercado de desvíos de potencia se compran los faltantes de los participantes productores que no puedan suministrar la potencia que tienen comprometida. Asimismo, en este mercado se compran los faltantes de los participantes consumidores que tienen una demanda mayor que la cubierta por contratos.

7.3. Administrador del Mercado Mayorista (AMM)

El Administrador del Mercado Mayorista – AMM – es el ente encargado de administrar el MM y tiene como funciones primordiales el garantizar la seguridad y abastecimiento de energía eléctrica, a través de mecanismos de operación técnica y comercial.

Es una entidad privada sin fines de lucro, que coordina las transacciones entre los participantes del Mercado Mayorista, cuyas funciones son:

- La coordinación de la operación de centrales generadoras, interconexiones internacionales y línea de transporte al mínimo costo para el conjunto de operaciones del mercado mayorista, es un marco de libre contratación de energía eléctrica entre agentes del mercado mayorista.
- Establecer precios de mercado a corto plazo para las transferencias de potencia y energía entre generadores, comercializadores, distribuidores, importadores y exportadores; específicamente cuando no correspondan a contratos libremente pactados.
- Garantizar la seguridad y el abastecimiento de energía eléctrica en Guatemala.

Además realiza diferentes actividades, las cuales son:

- Programación de la operación: es el responsable de planificar anualmente la forma en que se cubrirán las necesidades de potencia y energía del sistema, tratando de optimizar el uso de los recursos energéticos disponibles. La programación anual es revisada y ajustada semanal y diariamente.
- Supervisión de la operación en tiempo real: el AMM debe vigilar el comportamiento de la demanda y la operación del parque generador, así como del sistema de transporte. Asimismo, debe mantener la seguridad del suministro verificando constantemente las variables eléctricas del sistema y respetando las limitaciones de equipos e instalaciones asociadas.
- Administración de las transacciones: el AMM debe cuantificar los intercambios de potencia y energía entre las participantes del MM y valorizarlos utilizando el precio de oportunidad de la energía y el precio de referencia de la potencia. Para ello, el AMM debe diseñar e implementar un sistema de medición que permita conocer en forma horaria la energía y potencia producida y/o consumida. Además, administrará los fondos que surgen de las transacciones entre los agentes que operan en el Mercado Mayorista.

7.4. Agentes del mercado mayorista

7.4.1. Generación

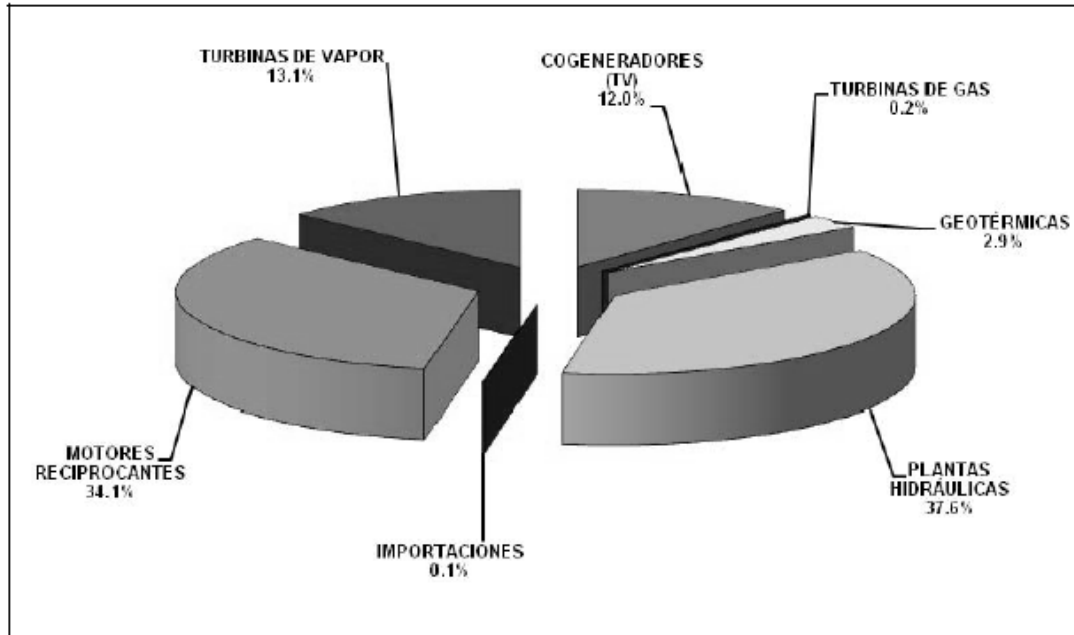
La generación de energía eléctrica, en términos generales, consiste en transformar alguna clase de energía no eléctrica, sea esta química, mecánica, térmica, luminosa, etcétera, en energía eléctrica. Para la generación industrial de energía eléctrica se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas, las cuales ejecutan alguna de las transformaciones citadas y constituyen el primer escalón del sistema de suministro eléctrico.

La mayor parte de la energía eléctrica generada en Guatemala proviene de las hidroeléctricas, geotérmicas y térmicas, ya sean estas últimas por combustibles fósiles o por biomasa.

Durante los últimos seis años, la generación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) ha tenido una tendencia positiva mostrando una tasa de crecimiento del 28.4%, al pasar de una generación de 6 164,01 GWh en 2001 a 7 916,27 GWh en 2006.

Según reporta el administrador de mercado mayorista a la presente fecha, existe un total de 56 generadores los cuales están divididos en plantas hidráulicas, plantas térmicas de vapor, geotérmicas, co-generadores, motores de combustión interna y turbinas de gas.

Figura 12. Fuentes para la producción de energía eléctrica



Fuente: Batres, Luis. Beneficios económicos de instalar una planta co-generadora de energía en Guatemala, p. 15.

Como se puede apreciar en la grafica anterior la principal fuente para la producción de energía eléctrica es la energía hidráulica con un 37,6% siguiendo el *fuel oil* con 34,1%.

Tomando en cuenta el comportamiento por tipo de central generadora presupone que las hidroeléctricas presentan un auge del 37,6%, los motores de combustión interna con los 34,1%, seguidas por las turbinas de vapor con el 13,1 %, mientras que las turbinas de gas y las geotérmicas redujeron su participación en un 86,0% y 26,4%, respectivamente.

Según un estudio realizado por el Ministerio de Energía y Minas, la generación con recursos renovables se incrementó en un 39,8% y la generación de energía con recursos no renovables únicamente aumento en un 17,8%.

Con base en los resultados, se puede decir que la política energética ha sido fundamental para la modificación del desarrollo de la matriz energética lo cual ha arrojado resultados positivos.

También, en este estudio se llego a concluir que no se ha llegado a satisfacer los niveles necesarios de generación con recursos renovables, en especial aquellos que tienen una mayor potencia y factor de carga como las hidroeléctricas y la geotermia. Según la gráfica anterior, la hidro energía es la principal fuente de generación, seguida por el *fuel oil*, el carbón mineral y el bagazo de caña, el cual es utilizado por los ingenios azucareros para la producción tanto de energía térmica para sus procesos, como también para la generación de energía eléctrica para consumo interno o para venta al mercado.

7.4.2. Transporte

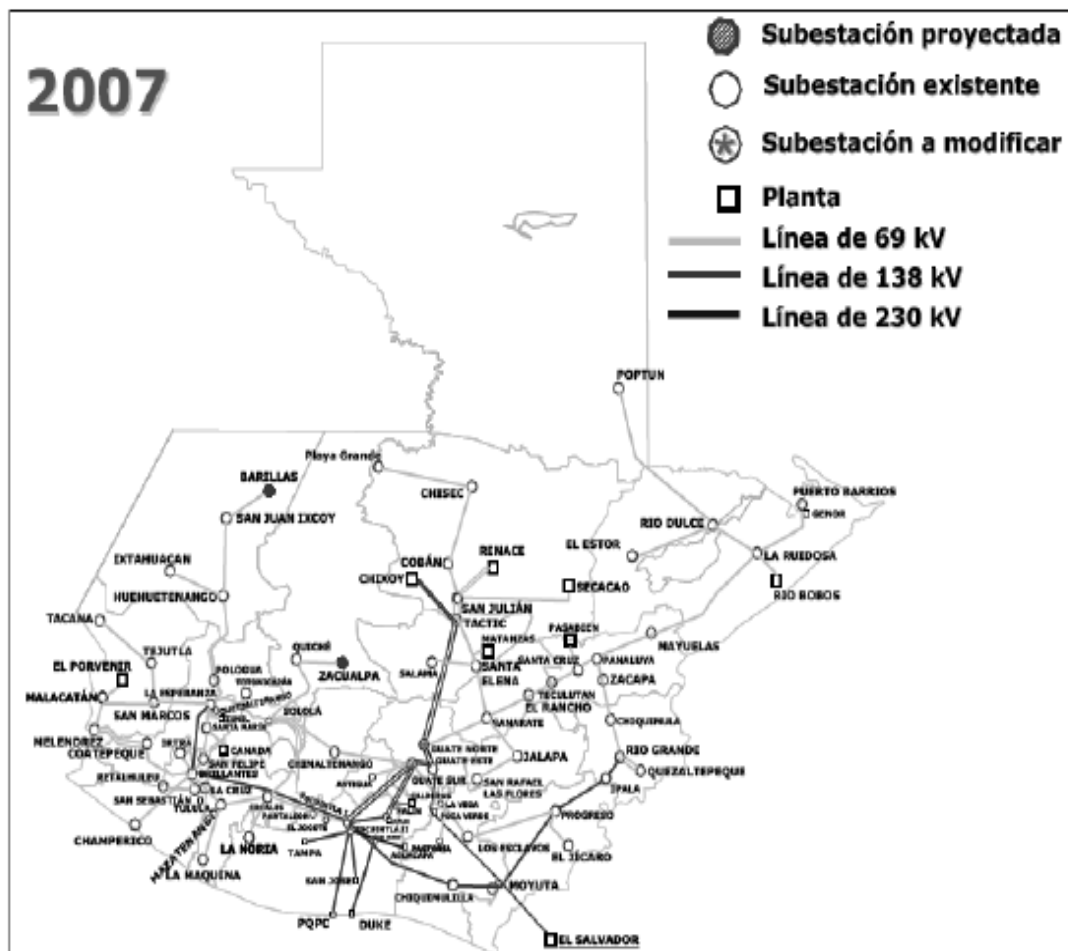
El transporte de la energía eléctrica desde las centrales generadoras hasta los centros de consumo, se hace a través de las líneas de transmisión de alto voltaje a las estaciones transformadoras, estas lo convierten a medio voltaje y son propiedad de las compañías locales de distribución del área.

En Guatemala hay aproximadamente 664 kilómetros de líneas de transmisión de alto voltaje en 230kV y 1850 kilómetros de líneas de transmisión medio voltaje en 69kV. El sistema guatemalteco de transmisión es sobre todo propiedad del gobierno y es administrado por la Empresa de Transporte y Control del Instituto Nacional de Electrificación (ETCEE, INDE).

Como se puede ver en el mapa siguiente, actualmente existe una cobertura de transmisión de más del 80% del país y se proyecta para el 2014 que esta cobertura llegue alrededor del 90%.

Figura 13. Sistema guatemalteco de transmisión eléctrica

SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO DE TRANSPORTE



Fuente: Batres, Luis. Beneficios económicos de instalar una planta co-generadora de energía en Guatemala, p. 17.

7.4.3. Distribución

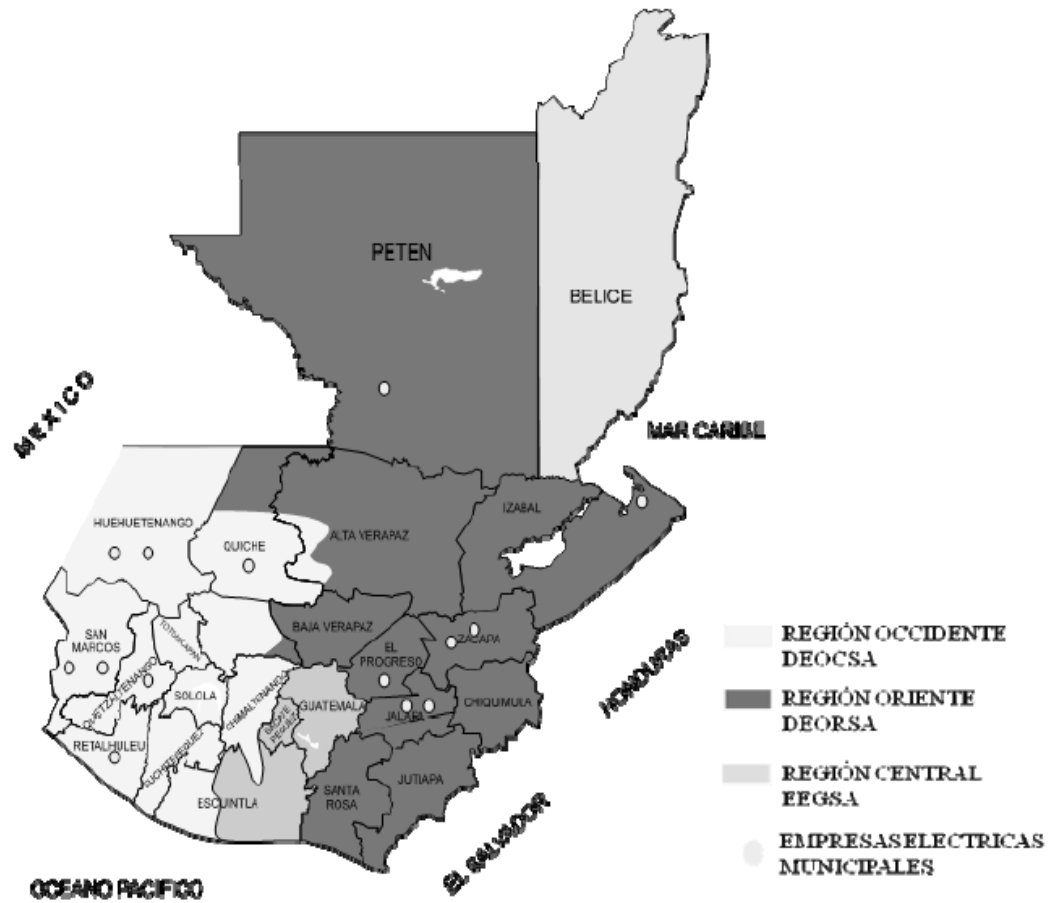
En 1996, al realizarse las reformas del sector eléctrico, se crean tres empresas de distribución: Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. (EEGSA) que pertenece a la española Iberdrola, Distribuidora de Oriente S.A. (DEORSA) y Distribuidora de Occidente (DEOCSA) que pertenecen a Unión Fenosa, así como empresas municipales.

La venta local de electricidad a los hogares, negocios e industria se realiza usando líneas de distribución de energía de baja y media tensión.

Las empresas distribuidoras abarcan tres grandes áreas del país.

En el distrito central opera la EEGSA; en Occidente DEOCSA y en el Oriente y Norte DEORSA como se puede apreciar en el mapa adjunto.

Figura 14. Áreas de distribución de electricidad en el país



Fuente: Batres, Luis. Beneficios económicos de instalar una planta co-generadora de energía en Guatemala, p. 18.

Estas empresas de distribución, son las que suministran la energía eléctrica a todos los consumidores regulados, consumidores que tienen una demanda inferior a los 100kW. La calidad de agente distribuidor se le asigna a una compañía que tiene por lo menos 20000 usuarios conectados a su red. A estos usuarios regularmente la energía les llega en bajo voltaje (120/240 voltios). Para lo que usan transformadores de distribución que reducen el voltaje de distribución de 13,8 kV al bajo voltaje.

7.4.4. Comercialización

Según la Ley General de Electricidad, un comercializador “es la persona, individual o jurídica, cuya actividad consiste en comprar y vender bloques de energía eléctrica con carácter de intermediación y sin participación en la generación, transporte, distribución y consumo” y para que una empresa posea la calidad de comercializadora eléctrica, debe de tener contratos firmados de por lo menos 2MW con grandes usuarios que consuman mas de 100KW de potencia.

7.4.5. Grandes usuarios

Como su nombre lo dice, los grandes usuarios son aquellos que tienen un consumo superior a los 100Kw, para ello deben de demostrar ante el Administrador del Mercado Mayorista e Inscribirse en el Ministerio de Energía y Minas, para que se les reconozca como grandes usuarios. Los grandes usuarios pueden comprar energía a los comercializadores y firmar con ellos contratos de energía a corto y/o largo plazo. Están afectos al pago de las regulaciones emitidas por el Administrador del Mercado Mayorista, tales como: pago de peajes primarios y secundarios, desvíos de potencia, servicios complementarios y valores agregados de distribución.

El gran usuario puede realizar transacciones en el Mercado Mayorista bajo los dos siguientes esquemas (Art. 1 RAMM): gran usuario participante, quien es el que participa directamente en el Mercado Mayorista realizando sus compras de potencia y energía; gran usuario con representación, quien es el que tiene un contrato de comercialización con un comercializador.

En la tabla XIII, se hace una comparación de ambos esquemas.

Tabla XIII. **Esquema comparativo gran usuario participante y gran usuario con representación**

	Esquema de Participación del Gran Usuario en el Mercado Mayorista	
	GU Participante	GU con Representación
Participación en el MM	Directa	A través de un Contrato de Comercialización con un Comercializador
Suministro	Por medio de Contratos a Término y en el Mercado de Oportunidad	A través de Comercializador
Cobertura de Demanda Firme	Obligatoria con contratos de potencia	Obligatoria con contratos de potencia
Garantía de pago	Contar con una garantía de pago, a través de una Línea de Crédito en el Banco Liquidador, por un monto inicial establecido por el AMM de acuerdo a lo indicado en la NCC-12	El comercializador debe presentar una garantía de pago
Acceso al sistema informático del AMM	Acceso completo mediante "TOKEN", el cual es un dispositivo electrónico necesario para acceder al sistema Direct@mm, por medio del cual se presentan al AMM las Planillas de Contratos e información para la coordinación de la operación	Para el Gran Usuario Representado, solicitar el código de acceso al Direct@mm para ingresar las Planillas correspondientes
Pago Cuota por Administración y Operación, para financiar presupuesto Anual AMM	Pagadera de forma directa.	Pagadera por su comercializador y trasladada según acuerdo privado...
Planillas a presentar	Planilla 1.8 "Representantes y Delegados ante el AMM"	Planilla 1.8 "Representantes y Delegados ante el AMM"
	Planilla 5 "Demandas máximas proyectadas por mes y curvas típicas" debidamente llena y firmada	Planilla 5 "Demandas máximas proyectadas por mes y curvas típicas" debidamente llena y firmada
	Planilla 4: Contrato del Mercado a Término que cubra el valor de Demanda Firme asignada	Planilla 4: Contrato de Comercialización, presentarla conjuntamente con su suministrador.

Fuente: Administrador del Mercado Mayorista. Guía para grandes usuarios. p. 5.

7.5. Tipos de contratos en el mercado a término

Dentro del mercado a término los contratos podrán tomar las siguientes modalidades:

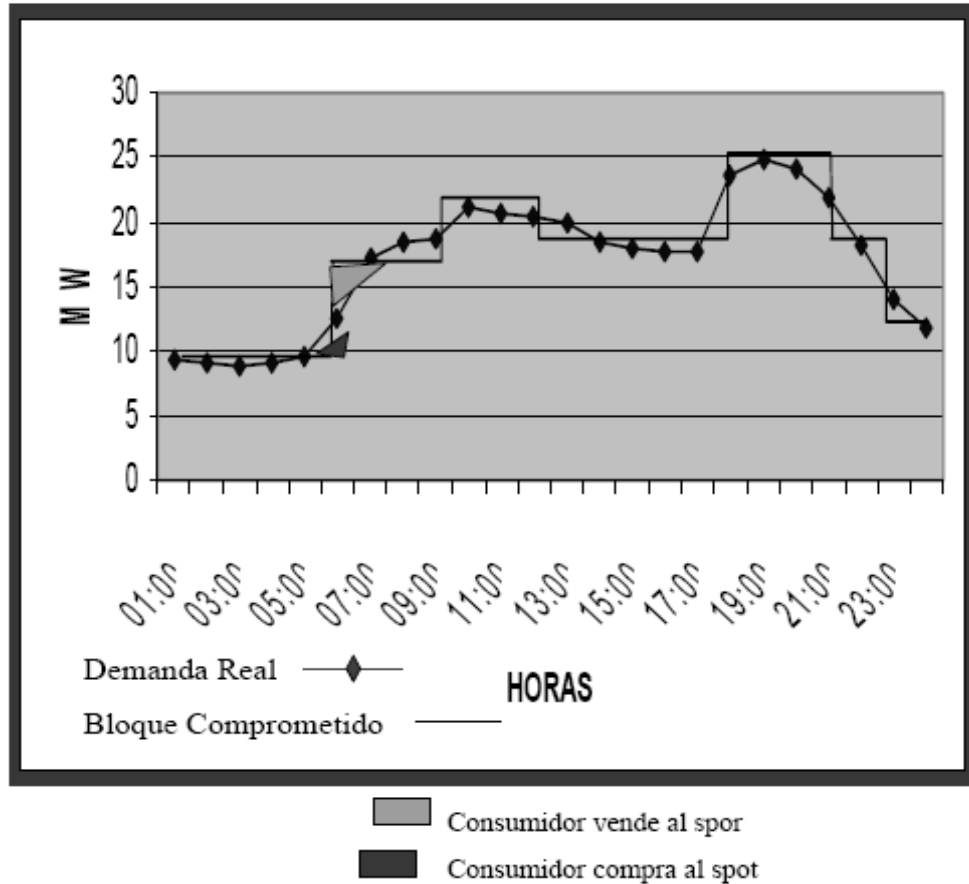
7.5.1. Por diferencias con curva de carga

Es un contrato de potencia y energía en el que un participante productor compromete el abastecimiento de una demanda de potencia y energía, a través de una curva de demanda horaria previamente definida.

El generador solo puede comprometerse hasta su oferta firme, y puede respaldarse en otros generadores y en el mercado de oportunidad, comprando o vendiendo la potencia y energía faltante; el generador cobra del contrato el bloque de energía contratada; el generador se despacha por costo variable.

La siguiente figura puede dar una mejor idea de este tipo de contrato.

Figura 15. **Demanda real y bloque comprometido**



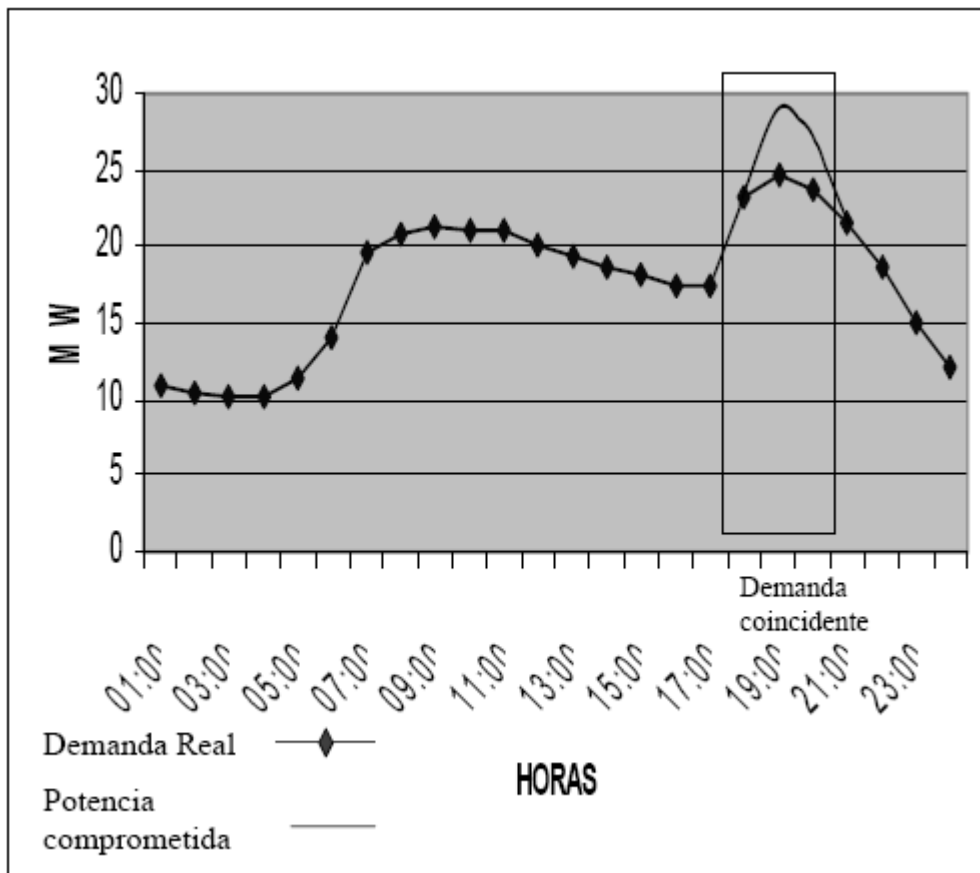
Fuente: Administrador del mercado mayorista Guatemala, Tipos de contrato, p. 1.

7.5.2. **Contrato de potencia sin energía asociada**

El participante consumidor contrata con un generador o un comercializador su demanda firme, y compra la energía en el mercado de oportunidad (la demanda coincidente con la demanda máxima del sistema).

Esto se puede observar en la figura 16.

Figura 16. Demanda real y potencia comprometida



Fuente: Administrador del Mercado Mayorista Guatemala. Tipos de contrato, p. 2.

7.5.3. Potencia con energía asociada

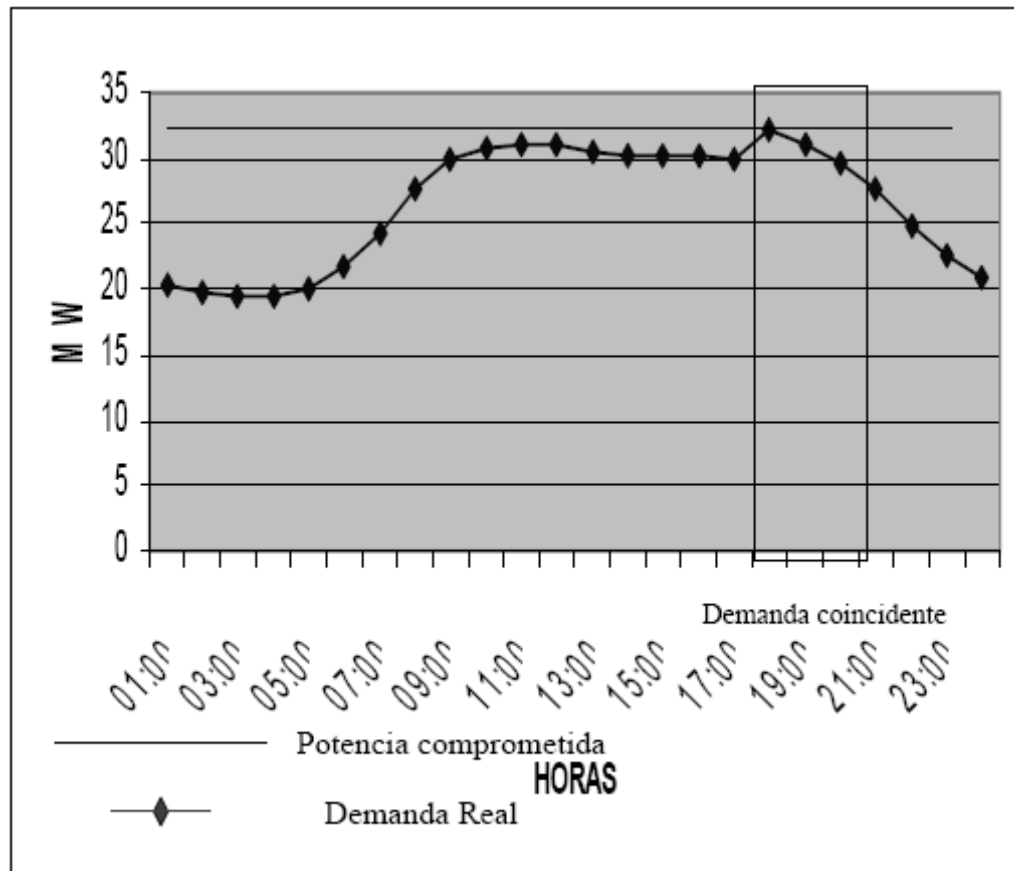
Se establece la potencia comprometida y un precio de ejercicio para la compra de energía. El cliente tiene dos opciones:

Si el precio del contrato es menor que el precio *spot*, compra al contrato.

Si el precio del contrato es mayor que el precio *spot*, compra al *spot*.

El generador se despacha por el precio del contrato, según se aprecia en la siguiente figura.

Figura 17. **Potencia comprometida y demanda real**



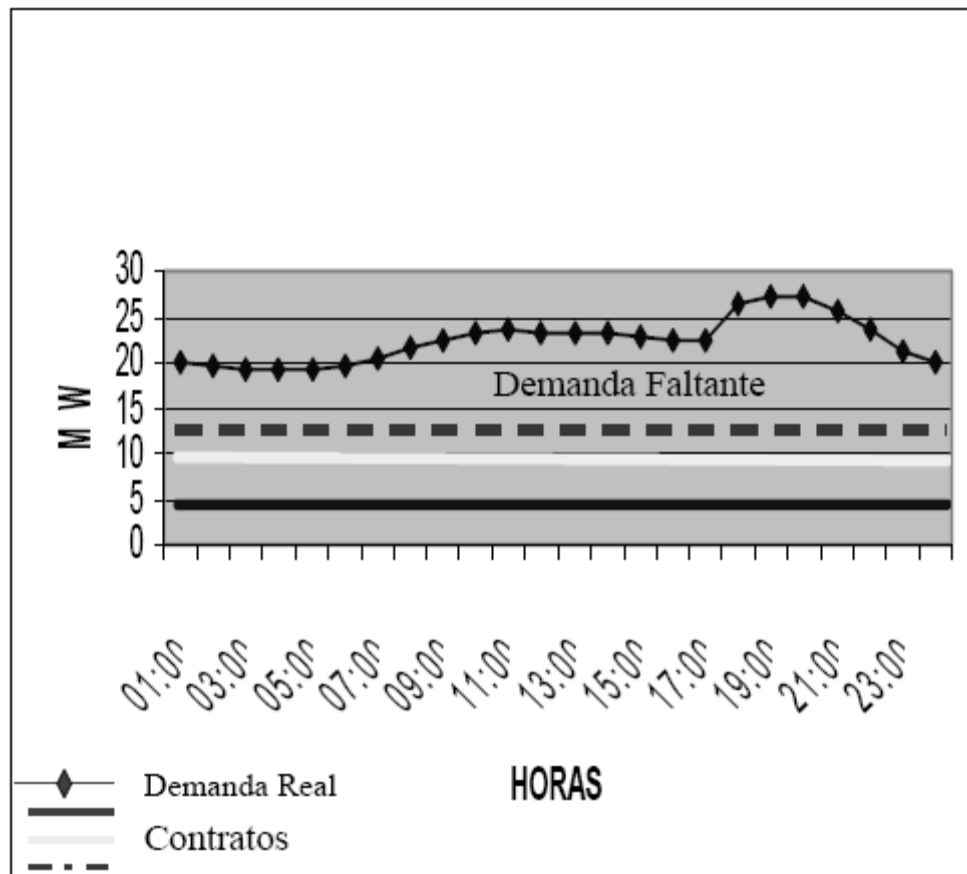
Fuente: Administrador del Mercado Mayorista, Guatemala. Tipos de contrato. p. 3.

7.5.4. **Contrato por diferencias por la demanda faltante**

El generador se compromete a cubrir la demanda de potencia y energía del consumidor, hasta la potencia comprometida. El consumidor le paga al generador todo el consumo que no es abastecido por otros contratos.

El generador se despacha por costo variable, como lo muestra la figura 18.

Figura 18. **Demanda real y contratos**



Fuente: Administrador del Mercado Mayorista, Guatemala. Tipos de contrato. p. 4.

7.6. Contrato con la distribuidora regional

La distribuidora regional de electricidad (Deocsa) opera en el área del proyecto Los Encuentros; debido a esta condición, se han presentado los presupuestos que corresponden a la implementación de la infraestructura y la facturación o consumo de electricidad de este proyecto.

La presentación de estos costos se pueden agrupar en: construcción de la línea trifásica, instalación de los equipos de medición y el costo mensual del consumo de energía eléctrica.

La construcción de la línea trifásica de 34,5kV abarca una distancia de 5 kilómetros, el cual alimenta a 6 bancos de transformación de 112,5kVA (3 transformadores de 37,5kVA) y tiene un costo aproximado de Q1 451 194,3.

La medición puede presentar dos opciones: en media tensión y en baja tensión. La instalación de medición en media tensión es una medición primaria en 34,5kV y tiene un costo aproximado de Q129 760,15. La instalación de medición en baja tensión es una medición secundaria y su costo aproximado es de Q102 434,91.

El cálculo del consumo mensual de energía eléctrica se presentó con base en un régimen de operación de las bombas de 12 horas diarias y 31 días con una potencia total de 450kW (6 bancos de transformación de 75kW cada uno). La facturación total por consumo de energía eléctrica incluye la potencia contratada y el consumo de energía, y tiene un costo total aproximado de Q275 340,41 mensuales

Algunos presupuestos presentados por la distribuidora pueden variar debido a la fecha en que fueron elaborados y a los costos incluidos. La presentación de los presupuestos anteriores facilita un análisis cuantitativo de las dimensiones del proyecto Los Encuentros; esto puede servir para la toma de algunas decisiones que se tomen relacionadas con este proyecto.

8. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Todo problema puede tener más de una forma de ser solucionado, en este sentido, quien trabaja en la formulación de un proyecto debe tener la preocupación de identificar cuáles podrían ser estas alternativas a las que se puede recurrir para dar solución a la problemática existente.

Las opciones de solución identificadas, se sustentan con información cuantitativa relacionada especialmente con sus costos, Cuando se realizan estudios a nivel de perfil, es recomendable escoger la alternativa más rentable considerando entre otros criterios: la inversión, vida útil, costo eficiencia (proyectos sociales), los costos de operación y mantenimiento.

Hasta este punto, los elementos aportados por el análisis son más prometedores para seleccionar la alternativa más viable para la solución del problema planteado. La selección se realiza en función de parámetros ligados a las ventajas y desventajas de una alternativa en relación con la otra. Lo anterior permite justificar por qué se escogió específicamente esa alternativa de solución. Es sobre la alternativa que se desarrolla la propuesta de proyecto.

Finalmente, debe destacarse que en el proceso de formulación del diagnóstico, se ha estado trabajando con la identificación del problema o problemas; en cambio a partir de la alternativa seleccionada, se trabaja directamente en la formulación y preparación del proyecto.

El presente trabajo posee un formato de estudio preliminar y por consiguiente se plantean dos opciones para el suministro de energía eléctrica del sistema de agua potable Los Encuentros: Instalación de un grupo electrógeno y contrato en el mercado libre o mayorista.

Por lo tanto es necesario efectuar una comparación de esta alternativa con base en el análisis general de los siguientes parámetros: inversión inicial, operación y mantenimiento, vida útil, impacto ambiental y calidad de suministro.

8.1. Alternativa de grupo electrógeno

8.1.1. Inversión inicial

Los grupos electrógenos están diseñados generalmente de una forma compacta, por lo tanto al adquirir el grupo electrógeno no es necesario obtener los accesorios por separado, sino que estos forman una sola unidad; los componentes principales de los grupos electrógenos en general son:

- Motor de combustión interna
- Un generador de corriente alterna
- Una unidad de transferencia
- Un circuito de control de transferencia
- Un circuito de control de arranque y paro
- Instrumentos de medición
- Control electrónico basado en un microprocesador
- Tanque de combustible
- Silenciador

Los grupos electrógenos necesitan ser protegidos principalmente de las inclemencias del tiempo para alargar o conservar su vida útil; por lo tanto es necesaria la construcción de las instalaciones necesarias de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

También se debe de nivelar, anclar y montar el grupo electrógeno de acuerdo con los detalles ofrecidos por el fabricante (bases de concreto, anclas, amortiguadores, etc.).

Por condiciones de seguridad, también se sugiere la instalación de un muro perimetral o malla para contrarrestar actividades de robo o vandalismo.

Para distribuir la energía generada por el grupo electrógeno se necesita la construcción de un sistema de distribución de energía eléctrica (considerar en el diseño las pérdidas por distancia) desde el centro de carga del sistema a cada una de las bombas que necesitan esta energía para su funcionamiento; en el sistema de distribución se pueden considerar las siguientes partes principales:

- Cableado
- Postes
- Anclajes
- Herrajes
- Sistemas de protección eléctrica
- Sistemas de medición de electricidad
- Acometidas
- Sistemas de control
- Sistemas de iluminación, etc.

Además de las instalaciones mencionadas también debe de considerarse la construcción de un depósito de combustible que sea compatible y respalde el consumo que haga el grupo electrógeno de acuerdo con el régimen de trabajo de horas que funcione el sistema de impulsión del proyecto. En relación con lo anterior, considerar una ruta de acceso fácil para descargar el combustible que se utilice para el almacenamiento y gasto del grupo electrógeno.

Debido a lo anterior, la inversión inicial que se debe de hacer en esta alternativa es principalmente:

- Compra del grupo electrógeno
- Montaje del grupo electrógeno
- Pruebas de funcionamiento
- Construcción del local para el grupo electrógeno
- Construcción del sistema de distribución, medición, protección y control
- Construcción del almacén de combustible
- Construcción de camino o ruta de acceso
- Transporte de equipos y recursos

8.1.2. Operación y mantenimiento

Uno de los factores básicos para la operación de esta alternativa de grupo electrógeno es lo referente al combustible; la mayor parte de los grupos electrógenos están diseñados para trabajar con combustibles como diesel, gasolina y gas, que son extraídos o fabricados de materias primas fósiles.

Es innegable la tendencia al aumento de los precios de los combustibles derivados de estas materias a causa de la escasez de ellos, que además son influenciados por la inestabilidad política de los países productores; esto indica que los combustibles empleados en los grupos electrógenos mantienen o aumentan su precio conforme transcurre el tiempo.

Parte esencial de cualquier motor de combustión interna es la lubricación; esto se logra con base en diferentes tipos de aceites lubricantes, que desafortunadamente también son productos derivados del petróleo y no se pueden dejar de mencionar; también los materiales que sirven para refrigerar el grupo electrógeno (aunque algunos utilizan agua o aire, por diseño). Estos dos productos se especifican por el fabricante y son parte importante para el correcto funcionamiento del grupo electrógeno.

Una parte importante para la correcta operación de los grupos electrógenos es el control y supervisión humana; los operadores de grupos electrógenos deben de ser personas que posean el conocimiento necesario para trabajar con este tipo de equipos; esto para evitar inconvenientes y fallas debido a manipulaciones incorrectas por parte del personal a cargo de la operación del grupo electrógeno.

En acciones de mantenimiento, el personal a cargo de este trabajo es más especializado respecto del personal de operación; esto es entendible por el hecho que el personal a cargo del mantenimiento tanto del grupo electrógeno como los demás sistemas involucrados en esta alternativa, son personas especialistas en su rama y generalmente son enviadas por la marca comercial que proveyó el equipo.

Las actividades de mantenimiento involucran no solo al personal sino tienen el respaldo suficiente de los repuestos e insumos necesarios para dar el mantenimiento respectivo en los plazos requeridos.

En consecuencia, los incisos que se deben de tomar en cuenta por operación y mantenimiento son principalmente:

- Combustible
- Lubricación
- Salario de los operadores
- Control de períodos de mantenimiento
- Pagos por mantenimiento y diversos servicios

8.1.3. Vida útil

Primero se debe de considerar la vida útil del proyecto global, es decir para cuánto tiempo se ha especificado el proyecto con los objetivos iniciales y sin alterar su diseño original.

Se pueden considerar algunas variables como potencia eléctrica entregada, energía eléctrica consumida, ritmo de gasto de combustible, caudal, presiones de trabajo y horas de trabajo del sistema.

Por otro lado, también se debe de considerar la vida útil de cada componente más importante del sistema (motor, generador, red de distribución); en este caso el equipo y los materiales utilizados en cada parte física del sistema de grupo electrógeno.

En resumen se debe de considerar la vida útil de:

- Sistema del grupo electrógeno
- Grupo electrógeno
- Infraestructura civil
- Equipos de los sistemas de distribución, medición, protección y control

8.1.4. Impacto ambiental

El proyecto de suministro de agua potable Los Encuentros, geográficamente se ubica durante todo su recorrido en áreas boscosas, lo que agrega un factor más que puede ser determinante para su implementación (alternativa de grupo electrógeno); aunque no se ha declarado reserva natural, esta área se considera desde hace mucho tiempo como una región que guarda diversas especies vegetales y animales.

La flora y la fauna regionales son importantes para conservar el ecosistema del cual dependemos todos; esto debe conducir a conocer las normas, reglas o leyes mínimas para evitar impactar de una manera considerable cualquier proyecto que pueda contaminar nuestro ambiente.

Se pueden mencionar en este caso la reducción de emisiones contaminantes, evitar el deterioro de los suelos, reducir la contaminación hídrica, conservación de los bosques, minimizar la emisión de ruido y vibraciones, la conservación y protección de los sistemas bióticos (o de la vida para los animales y las plantas).

Para lograr el objetivo de minimizar el impacto ambiental por la implementación de la alternativa de instalación del grupo electrógeno se deben de consultar y tomar en cuenta las disposiciones de legislación ambiental como: la ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Ley de Áreas Protegidas, Ley Forestal y Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental.

En resumen se debe, en lo posible, reducir lo siguiente:

- Emisión de ruido
- Emisión de vibraciones
- Emisión de gases y contaminantes químicos
- Impacto negativo en los sistemas bióticos

8.1.5. Calidad del suministro

La calidad del suministro, si se utiliza la alternativa del grupo electrógeno, está relacionada directamente con la calidad de energía que entrega el grupo electrógeno; esto da a entender que es muy importante seleccionar el grupo electrógeno que cumpla con los requisitos mínimos que respalde el funcionamiento correcto del sistema de impulsión del proyecto Los Encuentros.

Los factores más sobresalientes y a los que se les debe de poner mayor énfasis son los siguientes:

- Continuidad del servicio
- Regulación de voltaje
- Control de la frecuencia

- Contenido de armónicas
- Desbalance de voltaje

La alternativa del grupo electrógeno se considera un sistema aislado, ya que solamente interactúa el generador y la carga, es decir que el grupo electrógeno entrega la potencia y la energía que necesita la carga; en este caso la carga se trata de las seis bombas que trabajan en el sistema de impulsión del proyecto. Es por esto que el grupo electrógeno y las bombas que se utilicen deben de coincidir en parámetros básicos como: el voltaje, la frecuencia y la potencia del sistema.

8.1.6. Cálculo de costos

Los proyectos de introducción de agua potable se consideran sociales y aquí en Guatemala la inversión inicial de los mismos se cataloga como costos no recuperables, ya que son absorbidos generalmente por una entidad estatal o por cooperación internacional.

Los datos poblacionales utilizados a continuación, se basan en la información recabada por el INE (Instituto Nacional de Estadística) en el año 2002 y publicados en 2006.

El proyecto Los Encuentros dará servicio a la población urbana de Patzún que cuenta con 17 346 habitantes. El total de viviendas en Patzún es de 8 134 de las cuales el 25,69% no están conectadas a la red de distribución de agua potable. Haciendo el cálculo respectivo:

$$(8\ 134)(0,2569) = 2\ 090 \quad \text{y}$$

$$8\ 134 - 2\ 090 = 6\ 044$$

Las viviendas conectadas a la red de distribución de agua potable son 6 044. Esta cantidad se puede considerar con la cantidad de abonados que tiene el servicio de agua potable.

Para cálculos que se harán más adelante solo se contemplarán los costos que los grupos electrógenos efectúen mediante el consumo de combustible que cada uno de ellos utilice, como costo principal de operación.

En un diseño de un grupo electrógeno por cada bomba, seis en total; se estima que en el mercado, un grupo electrógeno diesel de 83 kw tiene un costo de \$10 500 (sin considerar ningún costo de transporte ni instalación). Utilizando el tipo de cambio actual, que un dólar es igual a Q7,99527 (según el Banco de Guatemala), se calcula que este grupo electrógeno tendrá un costo de Q83 950,34.

Según informaciones del fabricante, cada grupo electrógeno tiene un consumo de combustible diesel de 20 l/h que es igual a 5,2834 gal/h. Por el diseño del sistema de seis grupos electrógenos se calcula:

$$(5,2834\text{gal/h})(6) = 31,7 \text{ gal/h}$$

El caudal que trabajan las bombas es de 420 gal/min; haciendo la conversión, da un resultado de 95,4 m³/h, con un régimen de trabajo de 12 horas diarias; mensualmente, las bombas trabajarían 372 horas.

Haciendo el cálculo de los metros cúbicos:

$$(95,4 \text{ m}^3/\text{h})(372 \text{ h}) = 35 488 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Como el régimen de trabajo es de 372 horas al mes, se calcula:

$$(31,7 \text{ gal/h})(372 \text{ h}) = 11\,792,4 \text{ gal/mes}$$

El costo actual comercial del galón de diesel es Q. 23,82; se puede calcular:

$$(11\,792,4 \text{ gal/mes})(23,82 \text{ Q/gal}) = \text{Q}280\,894,97$$

El valor calculado anteriormente es el costo mensual por combustible que consumen los seis grupos electrógenos. Si a este costo se le agrega el de los sueldos del personal a cargo de la operación del sistema, que pueden ser 3 empleados (estimado, aunque la cantidad de empleados puede variar) percibiendo un salario promedio de Q2000. Dará un total de Q286 894,97. Si hacemos el siguiente cálculo:

$$(\text{Q}286\,894,97) / (6\,044) = 47,46 \text{ Q/vivienda}$$

El cálculo anterior es la cantidad de quetzales que cada abonado debe pagar mensualmente si se aplica el diseño de 6 grupos electrógenos para mover las bombas en el tramo de impulsión. Haciendo el siguiente cálculo:

$$(\text{Q}286\,894,97) / (35\,488\text{m}^3) = 8,08 \text{ Q/m}^3$$

El costo anterior es el que se debe de pagar por cada metro cúbico de agua servida mediante el diseño de 6 grupos electrógenos.

En un diseño con un solo grupo electrógeno, el costo estimado comercialmente de uno de 350 kw es de € 45 000 (sin considerar ningún costo de transporte ni instalación); el tipo de cambio dice que 1€ es igual a 10,2544 quetzales; haciendo la conversión, este grupo electrógeno tiene un costo de Q461 448.

El consumo de combustible diesel del grupo anterior, según informaciones del fabricante, es de 98 l/h, que corresponde a un consumo de 25,88 gal/h. Si se tiene un régimen de trabajo de 372 horas al mes, se puede calcular:

$$(25,88 \text{ gal/h})(372 \text{ h}) = 9 627,36 \text{ gal/mes}$$

Si el costo del galón de diesel comercial es de Q23,82, se puede calcular lo siguiente:

$$(9 627,36 \text{ gal/mes})(Q23,82) = Q229 323,72/\text{mes}$$

El cálculo anterior es el costo que se debe pagar mensualmente por el combustible consumido mensualmente con el diseño de un solo grupo electrógeno. Si a esto se le agrega el sueldo de los tres trabajadores mencionados en el caso de seis grupos electrógenos, da un resultado de Q235 323,72.

Tomando el resultado anterior y distribuyéndolo dentro de la cantidad de abonados resulta:

$$(Q235 323,72) / (6 044) = 38,94 \text{ Q/vivienda}$$

El dato anterior es la cantidad de quetzales que cada abonado debe pagar mensualmente solo por concepto de gasto de combustible, para que el sistema con un grupo electrógeno funcione.

Se hace el siguiente cálculo:

$$(235\,323,72) / (35\,488\text{ m}^3) = 6,63\text{ Q/m}^3$$

El resultado obtenido es el costo en quetzales que se debe de pagar mensualmente por cada metro cúbico bombeado, utilizando el sistema con un solo grupo electrógeno.

Existen dos problemas principales con el diseño de impulsión por medio de grupos electrógenos. El primero es que el diesel, que es un derivado del petróleo, exhibe precios tendientes al aumento y que también depende del mercado internacional.

No se tiene un indicador promedio por medio del cual se pueda hacer una proyección; también según estimaciones de algunos economistas a nivel mundial la oferta del petróleo está llegando a un máximo y que muy pronto decaerá lo que provocará un aumento desmedido del precio de todos sus derivados. El segundo es que el carácter mecánico de los grupos electrógenos origina un presupuesto mayor asignado al mantenimiento preventivo y correctivo.

Existirán otras variables no consideradas, pero las mencionadas anteriormente son las que provocan mayores gastos de operación y mantenimiento conforme transcurre el tiempo.

Sería ideal poder evaluar los costos de esta opción para algunos años hacia el futuro, pero no existe un índice promedio de aumento de los precios del diesel, ya que este fluctúa de acuerdo con los precios internacionales y la producción del petróleo. El Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección General de Hidrocarburos, solamente presenta un historial gráfico de los precios de los combustibles, pero no detalla algún índice promedio que se pueda utilizar para efectuar cálculos hacia costos futuros.

Se puede hacer cálculos de demanda utilizando el índice de crecimiento poblacional del casco urbano de Patzún; según información proporcionada por la municipalidad de este municipio, el índice de crecimiento poblacional es de 3,4% y se cuenta actualmente con una población de 22 220 habitantes.

Utilizando la fórmula de la demanda proyectada:

$$P_n = P_o (1+r)^n$$

Donde:

P_n = población en año "n" (proyectada)

P_o = población inicial

R= tasa de crecimiento

n= número de años para la proyección

Por ejemplo: para el año 5, $P_5 = 22\ 220(1+0,034)^5 = 26\ 263$. A continuación se muestra una tabla para un cálculo de hasta 15 años.

Tabla XIV. **Proyección de la demanda utilizando el índice de crecimiento poblacional urbana de Patzún.**

Año proyectado	Cálculo	Resultado No. habitantes
1	$P_1=22\ 220(1,034)^1$	22 975
2	$P_2=22\ 220(1,034)^2$	23 757
3	$P_3=22\ 220(1,034)^3$	24 564
4	$P_4=22\ 220(1,034)^4$	25 400
5	$P_5=22\ 220(1,034)^5$	26 263
6	$P_6=22\ 220(1,034)^6$	27 156
7	$P_7=22\ 220(1,034)^7$	28 079
8	$P_8=22\ 220(1,034)^8$	29 034
9	$P_9=22\ 220(1,034)^9$	30 021
10	$P_{10}=22\ 220(1,034)^{10}$	31 042
11	$P_{11}=22\ 220(1,034)^{11}$	32 097
12	$P_{12}=22\ 220(1,034)^{12}$	33 189
13	$P_{13}=22\ 220(1,034)^{13}$	34 317
14	$P_{14}=22\ 220(1,034)^{14}$	35 484
15	$P_{15}=22\ 220(1,034)^{15}$	36 690

Fuente: elaboración propia.

Para esta opción de la utilización de grupo electrógeno y relacionado con la demanda, tomando como base el índice de crecimiento poblacional al aumentar la explotación debido a la demanda, también aumentan los costos de operación y mantenimiento. Esto sugiere que a más explotación, mayor es el costo general.

8.2. Alternativa de contratos en el Mercado Mayorista

Un gran usuario se ha definido como el que tiene una demanda superior a 100 kw; los grandes usuarios operan en el mercado libre, aparte del mercado regulado que rige sobre los usuarios, con una demanda menor o igual a 100kw.

En estos tiempos es importante conocer cualquier ventaja que se tenga dentro del mercado eléctrico ya que se persigue el objetivo de la reducción de costos de operación dentro de cualquier tipo de proyecto.

La energía eléctrica no es la excepción porque se puede participar en un mercado de libre competencia y aprovechar dicho mercado, que es regulado por las leyes de nuestro país.

Debido a la cantidad de potencia demandada del proyecto Los Encuentros, otra de las alternativas para el suministro de energía eléctrica es formar parte dentro del Mercado Libre o Mercado Mayorista como gran usuario, sea este directamente o con representación.

El gran usuario participante no trabaja a través de ningún intermediario sino que participa en forma directa y el suministro de energía eléctrica que necesita es negociado por medio de contratos a término y también en el mercado de oportunidad.

Cualquier trámite o informe solicitado por el AMM debe ser elaborado y presentado en forma directa.

Por otro lado el gran usuario con representación, participa en el mercado libre o mercado mayorista a través de un contrato de comercialización y el suministro de energía eléctrica es pactado a través del comercializador.

Cualquier trámite o informe solicitado por el AMM se hace por medio del comercializador contratado.

Es primordial tener claro que algunos de los agentes productores (generadores), transportistas y distribuidores, poseen comercializadores que los representan; lo que significa que para el gran usuario puede ser beneficioso tener varias opciones para seleccionar la que más le convenga.

En los anexos B y C se puede ver una guía para grandes usuarios y también un procedimiento de registro de gran usuario con contrato de comercialización ante el AMM, respectivamente, para que un nuevo gran usuario tenga una mejor idea de algunos procedimientos por realizar.

Debido a que este trabajo tiene carácter preliminar, es importante que cada gran usuario que quiera participar en el Mercado Mayorista, solicite información más detallada directamente en el AMM o con los diferentes comercializadores que hay en nuestro país.

En el anexo B se presenta una guía que puede servir de orientación para los nuevos grandes usuarios, para tener una idea clara sobre cómo participar en el mercado libre guatemalteco.

8.2.1. Inversión inicial

En esta alternativa de suministro de energía eléctrica es necesaria la construcción del sistema de distribución de la energía que considera elementos tales como:

- Postes
- Líneas eléctricas aéreas de media tensión y baja tensión
- Centros de transformación
- Armados de media tensión y baja tensión
- Aislamientos
- Conductores
- Protecciones
- Mediciones
- Iluminación
- Acometidas
- Retenidas
- Cimentaciones

La diferencia es que este sistema de distribución, a diferencia del grupo electrógeno, debe conectarse a la red de distribución del distribuidor regional (esto dependerá del diseño del sistema de distribución y de la legislación eléctrica); esto aumenta la longitud de la red de distribución respecto de la anterior, debido al punto de conexión entre la red de distribución del proyecto Los Encuentros y la red de distribución de Deocsa.

En esta alternativa, debido a que el AMM controla todas las transacciones realizadas en tiempo real, es necesario que entre el gran usuario y el AMM exista un sistema de medición y comunicación que se especifica en la Norma de Coordinación Comercial No. 14 (NCC14), que trata sobre la Habilitación Comercial para operar en el Mercado Mayorista y Sistema de Medición Comercial.

En esta norma se obliga al gran usuario a instalar los equipos de medición y comunicación, para que sirva de enlace entre el gran usuario y el AMM.

También hay que tomar en cuenta los pagos específicos que exija el AMM y/o Comercializador (estos pagos dependen del tipo de participación que se utilice) para tener derecho a efectuar transacciones en el Mercado Mayorista (ej. peaje, VAD, etc.).

Entonces en la inversión inicial se puede considerar lo siguiente:

- Construcción de la red de distribución, protección, control e iluminación
- Construcción de la red de medición y comunicación
- Pagos ante el AMM y/o comercializador.

8.2.2. Operación y mantenimiento

En esta alternativa de suministro, para su operación se necesita más que controlar la red de distribución, poseer el personal para efectuar los trabajos de control, medición y comunicación, tanto en campo como en oficina. La cantidad de trabajo y personal puede depender mucho de la forma de participación concertada dentro del Mercado Mayorista.

Siempre hay que recordar que para una operación normal del suministro de energía eléctrica, en esta alternativa es muy importante estar al día con los pagos ante el AMM y/o comercializador, para tener el derecho de exigir un servicio adecuado.

El mantenimiento que se realizará en la red de distribución debe ser de acuerdo con el tipo de terreno en que se trabaje y considerar factores como: suelo, cantidad de árboles, velocidad del viento, incidencia solar, etc.

Todo lo anterior se puede resumir como:

- Pagos a operadores del sistema
- Pagos ante el AMM y/o comercializador
- Mantenimiento de la red en general

8.2.3. Vida útil

Siempre hay que considerar primero la vida útil del proyecto global, esto significa que esta alternativa posee una cantidad de tiempo de vida útil antes que se le hagan modificaciones de cualquier tipo. Luego se encuentra la vida útil de cada componente de los equipos utilizados; en esta alternativa se puede decir que la mayoría de componentes trabaja en forma estática y esto puede ayudar a conservar la vida útil promedio de los mismos. Por tanto, debe considerarse lo siguiente:

- Vida útil del sistema total
- Vida útil de los equipos componentes del sistema

8.2.4. Impacto ambiental

Comparado con la alternativa del grupo electrógeno la alternativa de contratos en el Mercado Mayorista va un poco más allá, en el sentido que se debe de analizar quién es el productor o generador al cual se le está comprando la demanda firme que utiliza el proyecto Los Encuentros, si se puede elegir considerar un agente productor contaminante a un no contaminante, es necesario inclinarse a comprar energía a un productor no contaminante (ej. plantas hidráulicas, plantas geotérmicas) que a un contaminante (ej. motores reciprocantes, turbinas de vapor, cogeneradores o turbinas de gas). Esto no debe tomarse como una exageración, ya que mientras se pueda colaborar en reducir impactos negativos ambientales, es necesario hacerlo.

No hay que olvidar que el trayecto en el que se construye la red de distribución para el proyecto Los Encuentros, que como ya se mencionó en la alternativa anterior, posee una diversidad de fauna y flora.

En este apartado tomar en cuenta lo siguiente:

- Forma de producción de energía del agente generador
- Legislación ambiental guatemalteca: Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, Ley de áreas protegidas, Ley forestal, Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental.

8.2.5. Calidad de suministro

El término calidad de la energía se utiliza para describir el comportamiento de los parámetros eléctricos de la red (tensión, corriente, frecuencia, factor de potencia, distorsión armónica, etc.), con el fin de monitorear las variaciones que estos presentan respecto de los valores recomendados o permitidos.

Los problemas eléctricos relacionados con la calidad de la energía, pueden ocasionar:

- Daños en los equipos
- Reducción en la confiabilidad
- Disminución en la producción
- Penalizaciones y multas por parte de la distribuidora de la energía

Ignorar estos problemas puede aumentar significativamente los costos de operación y mantenimiento de una empresa, además de poner en peligro la seguridad del personal.

Se pueden resumir algunas consecuencias de obtener, mantener y no corregir una mala calidad de energía:

- Tiempo improductivo
- Costos innecesarios de reparación o reemplazo de equipos
- Pérdida de ingresos por interrupción del servicio
- Penalizaciones y multas

En esta alternativa de contrato en el mercado libre, el suministro de energía eléctrica es proporcionado de la red del distribuidor regional (aunque dependerá del diseño final del proyecto), Deocsa; no importando la modalidad adoptada como gran usuario.

Esto indica que la calidad del servicio de energía eléctrica prestada al proyecto Los Encuentros se ve influenciada por la calidad en la generación, en el transporte y en la distribución. Quiere decir que la calidad del servicio recibida depende de la calidad del servicio dado, por el resto de agentes dentro del Mercado Mayorista.

El AMM es legalmente el encargado de velar por que en el Sistema Nacional Interconectado y los agentes dentro del Mercado Mayorista entreguen o reciban, según sea el caso, la calidad del servicio de acuerdo con los índices de calidad que se manejan dentro del sistema nacional.

En lo que respecta al tema que se está abordando, la alternativa de suministro de energía por medio del mercado libre, se espera que la calidad de energía recibida en el punto de conexión entre la red de Distribución de Deocsa y la del proyecto Los Encuentros, cumpla con los índices de calidad dictaminados en las normas por el Administrador del Mercado Mayorista (NTCSTS, Normas Técnicas de Calidad del Servicio de Transporte y Sanciones, NTDOID, Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución, etc.).

Como gran usuario se deben de monitorear los siguientes factores de calidad:

- Continuidad del servicio
- Regulación de voltaje
- Control de la frecuencia
- Contenido de armónicas
- Desbalance de voltaje

8.2.6. Cálculo de costos

Según las investigaciones realizadas en la región occidental de Guatemala existen dos comercializadoras que prestan sus servicios: *Excelergy* S.A. y la Comercializadora de Energía Eléctrica S.A. Estas dos prestan sus servicios en la región sur-occidental y trabajan con tres empresas que forman un consorcio: La Licorera Nacional, Pepsi y el Ingenio Palo Gordo.

Las anteriores comercializadoras son las únicas que prestan sus servicios en el área occidental de Guatemala y lo hacen debido a que también poseen clientes en el área oriental del país que pertenecen al mismo consorcio mencionado con anterioridad. Por lo tanto, se puede concluir que no existe ninguna comercializadora que preste sus servicios en la región occidental y que la única empresa que pudiera dar sus servicios y además precios competitivos de electricidad, es la distribuidora regional Deocsa.

Debido a lo anterior no se pueden incluir otras empresas que operen dentro del Mercado Mayorista de Energía Eléctrica en Guatemala; esto significa que no existe competencia en la región occidental más que la empresa distribuidora Deocsa y solo esta podría prestar el servicio de suministro de energía eléctrica proveniente de la red nacional interconectada al Proyecto Los Encuentros.

No se pueden calcular costos de otras comercializadoras porque no existe competencia en la región occidental guatemalteca.

8.3. Alternativa de contrato con la distribuidora regional

8.3.1. Inversión inicial

La presentación de estos costos se puede agrupar en: construcción de la línea trifásica, instalación de los equipos de medición y el costo mensual del consumo de la energía eléctrica. La construcción de la línea trifásica de 34,5kV abarca una distancia de 5 kilómetros, la cual alimenta a 6 bancos de transformación de 112,5kVA (3 transformadores de 37,5kVA) y tiene un costo aproximado de Q1 451 194,30.

La medición puede presentar dos opciones: en media tensión y en baja tensión. La instalación de medición en media tensión es una medición primaria en 34,5kV y tiene un costo aproximado de Q129 760,15. La instalación de medición en baja tensión es una medición secundaria y su costo aproximado es de Q102 434,91.

El cálculo del consumo mensual de energía eléctrica se presenta con base en un régimen de operación de las bombas de 12 horas diarias y 31 días con una potencia total de 450kW (6 bancos de transformación de 75kW cada uno). La facturación total por consumo de energía eléctrica incluye la potencia contratada y el consumo de energía, y tiene un costo total aproximado de Q275 340,41 mensuales.

8.3.2. Operación y mantenimiento

Para un correcto funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua Los Encuentros, el costo más significativo es el pago mensual de electricidad que asciende a Q275 340,41 mensualmente. Esto sin considerar otros costos de operación y mantenimiento.

La única manera viable para hacer funcional este proyecto es reajustar las tarifas de los usuarios.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el sistema de impulsión trabajará 12 horas diarias, igual régimen se aplicaría para la red de distribución de energía eléctrica y los centros de transformación.

Conforme a esto, se deben de ejecutar las labores de mantenimiento respectivas, aunque esto tiene relación directa con los términos pactados en el contrato con la distribuidora, principalmente sobre el derecho que se tiene sobre la red trifásica construida; ya que de esto depende quién sea el responsable del mantenimiento de la red y también puede influir que más adelante se pueda contratar con algún otro comercializador, el abastecimiento de energía eléctrica.

8.3.3. Vida útil

Relacionado directamente con el mantenimiento y la operación está la vida útil de cada componente de la red, principalmente porque el área geográfica de este proyecto es montañosa, se deben considerar factores tales como: humedad, viento y zona boscosa (crecimiento acelerado de árboles).

Utilizar materiales de larga vida útil asegura un buen funcionamiento de todo el sistema, además que evita reparaciones imprevistas, ya que el acceso a esta red por lo escabroso del área, hace las tareas más difíciles.

8.3.4. Impacto ambiental

Como cualquier obra por realizar, hay que tomar en cuenta que el impacto hacia el ambiente debe de ser nulo o mínimo. La construcción de la línea trifásica de 5 kilómetros que suministra energía eléctrica al proyecto Los Encuentros no es la excepción.

Los responsables de la construcción de la red eléctrica deben estar conscientes que del trabajo de ellos depende la magnitud del impacto que reciba esta área; ya que como ya se mencionó en los párrafos anteriores se considera a ésta región como una reserva natural de Patzún.

Por lo tanto, se deben de tomar en cuenta las normas o leyes correspondientes, para impactar en lo más mínimo el ecosistema regional.

8.3.5. Calidad de suministro

Como el suministro de electricidad será proporcionada por la distribuidora regional, la calidad del mismo también será responsabilidad del distribuidor; aunque también depende de los términos del contrato que se convenga y no hay que olvidar que uno de los factores que influye también en la calidad de suministro es mantener el factor de potencia a un nivel adecuado.

En la evaluación de la alternativa de suministro de electricidad por medio de contratos en el mercado mayorista (sección 8.2), se describen características que también son aplicables para la alternativa de suministro de electricidad a través de un contrato con la distribuidora regional y se puede utilizar como referencia y aplicarla a esta opción.

8.3.6. Cálculo de costos

Los proyectos de inversión social como de introducción de agua potable en nuestro país se catalogan como proyectos sociales y la inversión inicial se considera como costos no recuperables, siendo estos costos generalmente cubiertos por entidades gubernamentales o donaciones extranjeras.

El proyecto los encuentros no es la excepción, la construcción de la obra física del proyecto Los Encuentros tuvo un costo total de Q1 752 132,50 en la que el Consejo Departamental de Desarrollo aportó una cantidad de Q1 000 000 y la Municipalidad de Patzún aportó una cantidad de Q752 132,50.

Para el cálculo del precio que cada abonado debe de pagar por el servicio de agua potable se incluirán los costos de pago de la facturación mensual de la energía eléctrica, primordialmente, aunque también se deben de tomar en cuenta costos adicionales como mantenimiento del sistema completo.

Las viviendas conectadas a la red de distribución de agua potable son de 6,044. Esta cantidad se puede considerar con la cantidad de abonados que tiene el servicio de agua potable. La facturación mensual por el servicio de energía eléctrica del proyecto Los Encuentros asciende a Q275 340,41, y si a esto se le agregan los sueldos de tres operadores del sistema con un sueldo promedio de Q2 000 y si la cantidad de abonados es de 6 044, se puede hacer el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned} & (Q281\ 340,41) / (6\ 044\ \text{viviendas}) = \\ & = 46,55\ \text{Q/vivienda} \end{aligned}$$

El cálculo anterior de 46,55 Q/abonado es lo mínimo que cada abonado conectado a la red deberá pagar mensualmente por el servicio de agua potable en la población urbana de Patzún.

Haciendo el cálculo de los metros cúbicos:

$$(95,4\ \text{m}^3/\text{h})(372\ \text{h}) = 35\ 488\ \text{m}^3/\text{mes}$$

Para conocer el valor de los metros cúbicos servidos al mes, se calcula:

$$(Q281\ 340,41) / (35\ 488\ \text{m}^3) = 7,93\ \text{Q/m}^3$$

El valor de 7,93 Q/m³ es el precio por cada metro cúbico servido en un mes a través de la alternativa de contrato con la distribuidora regional.

Al igual que el caso del combustible diesel, no existe una tasa promedio de aumento del precio de la electricidad en Guatemala, información proporcionada por la CNEE, pues en sus reportes anuales de Estadísticas del Mercado Mayorista y Departamento de Monitoreo y Vigilancia solo presentan la variación histórica de las tarifas y las precios de los combustibles. Por lo tanto, tampoco se puede evaluar los costos de electricidad hacia el futuro.

Con esta opción de contrato con la distribuidora regional el precio promedio de los diferentes tipos de generación utilizados en la compra y venta de electricidad (según gráficas de la CNEE) son más estables.

Tomando como base lo anterior y relacionando con la demanda y la forma de explotación, esta opción de contrato con la distribuidora regional presenta mayor estabilidad; el ritmo de aumento de costos es menor y a mayor demanda de agua, mayor consumo de energía; pero mayor también es la potencia demandada y en este punto el precio de la electricidad se reduce para usuarios no regulados.

Descartando la opción de seis grupos electrógenos y comparando los costos de uno solo, y el contrato con la distribuidora regional, no existe diferencia significativa en los costos de ambos.

Esta opción de contrato con la distribuidora regional representa la mejor alternativa principalmente en lo referente a aspectos como: costos de operación y mantenimiento, demanda, forma de explotación y posibles acuerdos entre proveedor y cliente

CONCLUSIONES

1. Un nuevo proyecto de sistema de agua potable debe relacionar factores de diseño, instalación, operación y mantenimiento para ofrecer un servicio continuo, eficiente y autosostenible financiera, ambiental y socialmente.
2. Para una población urbana con más de 20 000 habitantes, es necesaria la creación de una Comisión del Agua o Empresa Municipal de Agua, que administre correctamente todo lo relacionado con el tema.
3. Se puede optimizar un sistema de agua potable ya instalado, para brindar caudales y presiones específicas a cada usuario.
4. La instalación de grupos electrógenos no es una opción viable técnica y económicamente para el suministro de energía eléctrica del Proyecto Los Encuentros.
5. La participación del proyecto Los Encuentros en el Mercado Mayorista como gran usuario no es posible, debido a que en la región occidental no existen comercializadoras que puedan competir con la distribuidora de electricidad de Occidente S.A.
6. Considerando los factores más importantes, la mejor alternativa para el suministro de energía eléctrica del Proyecto Los Encuentros es pactar un contrato con la distribuidora de electricidad de Occidente S.A.

RECOMENDACIONES

1. La Municipalidad de Patzún debe de crear una institución u organización para la correcta administración del suministro de agua potable e involucrar a grupos organizados como sociedad civil, al considerar factores sociales y financieras.
2. Realizar un contrato con la distribuidora regional de acuerdo con la cantidad de energía consumida y la demanda de potencia del proyecto Los Encuentros, en beneficio del Municipio de Patzún.
3. Que las autoridades edilicias adecúen las tarifas actuales para tener sostenibilidad financiera con base en segmentos de consumidores y gestionar nuevos proyectos, tomando en consideración las leyes existentes.
4. Realizar ajustes en el sistema general de suministro de agua potable para que cada usuario obtenga el servicio adecuado conforme a sus necesidades.
5. Fomentar dentro de la comunidad, programas de uso racional del agua y su relación directa con el cuidado del medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMM. *Administrador del mercado mayorista* [en línea]. Actualizada: 19 julio 2011. [ref.: 05 de agosto de 2011]. Disponible en Web: <http://www.amm.org.gt/>
2. ASENER. *Calidad de energía* [en línea]. Actualizada: 2009. [ref.: 20 enero 2010]. Disponible en Web: http://www.asenersa.com/files/Calidad_de_energia.pdf
3. BATRES LEHNOFF, Luís Pedro. *Beneficios económicos de instalar una planta co-generadora de energía en Guatemala* [en línea]. Actualizada: septiembre 2008. [ref.: 5 septiembre 2009]. Disponible en Web: <http://www.iit.upcomillas.es/docs/TM-08-106.pdf>
4. CAPAZ. Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Zihuatanejo. *Proyecto de eficiencia hidráulica y energética del sistema de agua potable de Zihuatanejo, Guerrero* [en línea]. Actualizada: marzo 2006. [ref.: 23 julio de 2009]. Disponible en Web: <http://www.waterymex.org/contenidos/pdf/Zihuatanejo.pdf>
5. CEAQ. Comisión Estatal de Aguas, Querétaro. *Manual para las instalaciones de agua potable, agua tratada, drenaje sanitario y drenaje pluvial de los fraccionamientos y condominios de las zonas urbanas del estado de Querétaro* [en línea]. Actualizada: 2010. [ref.: 23 julio 2011]. Disponible en Web: <http://www.ceaqueretaro.gob.mx/index/ManualTec>
6. COCENTAINA. *Ordenanza fiscal reguladora de la tasa por el servicio de agua potable a domicilio* [en línea]. Actualizada: 2009. [ref.: 10 octubre 2009]. Disponible en Web: <http://va.cocentaina.es/bd/archivos/archivo519.pdf>

7. Colima Congreso Constitucional. *Ley de cuotas y tarifas de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento del municipio de Armería* [en línea]. Actualizada: 29 abril 2009. [ref.: 10 agosto 2009]. Disponible en Web: http://www.congresocol.gob.mx/leyes/tarifas_minatitlan.doc

8. COMEGSA. *Procedimiento, registro de gran usuario con contrato de comercialización ante el AMM* [en línea]. Actualizada: julio de 2009. [ref.: 4 noviembre 2009]. Disponible en Web: <http://www.comegsa.com.gt/comegsa/files/Procedimiento.pdf>

9. CNEE. *Grandes usuarios* [en línea]. Actualizada: 3 diciembre 2009. [ref.: 9 de octubre de 2010]. Disponible en Web: <http://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Grandes%20Usuarios.html>

10. CHAPMAN, Stephen J. *Máquinas eléctricas*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 746 p.

11. Chile Ministerio de Planificación, gobierno. *Metodología de preparación y evaluación de proyectos de agua potable* [en línea]. Actualizada: diciembre 2008. [ref.: 16 enero 2010]. Disponible en Web: http://sni.mideplan.cl/documentos/Metodologias/me_agua_potable.pdf

12. Chile Ministerio de Planificación, gobierno. *Metodología de preparación y evaluación de proyectos de reemplazo de equipos* [en línea]. Actualizada: diciembre de 2006. [ref.: 23 octubre 2009]. Disponible en Web: http://www.cepep.gob.mx/documentos/guias/guia_proyectos_agua_potable_urbana.doc

13. EASA Electrificación y aplicación de sistemas de automatización. *Grupos electrógenos* [en línea]. Actualizada: 8 mayo 2009. [ref.: 4 noviembre 2009]. Disponible en Web: <http://www.easasistemas.com/division-de-electricidad/10-grupos-electrogenos/20-gruposelectrogenos.html>

14. FERNÁNDEZ ESPINOSA, Jaime Ariel. *Análisis y control de gestión en instalaciones de bombeo de agua potable* [en línea]. Actualizada: 2009. [ref.: 13 febrero 2009]. Disponible en Web: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/peru/chiapa017.pdf>

15. GÓMEZ, Bernardo. *Generalidades sobre operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado* [en línea]. Actualizada: 2009. [ref.: 10 agosto 2009]. Disponible en Web: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/scan2/011985/011985-02.pdf>

16. Guatemala CNEE. *Comisión Nacional de Energía Eléctrica* [en línea]. Actualizada: 19 de julio de 2011. [ref.: 3 de agosto 2011]. Disponible en Web: <http://www.cnee.gob.gt/>

17. Guatemala Congreso de la República. *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente* [en línea]. Actualizada: 2010. [ref.: 20 enero 2011]. Disponible en Web: <http://www.ccad.ws/documentos/legislacion/GT/DL-68-86.pdf>

18. Guatemala Congreso de la República. *Ley General de Electricidad* [en línea]. Actualizada: 21 marzo 1997. [ref.: 5 septiembre de 2008]. Disponible en Web: <http://www.inde.gob.gt/images/descargas/Leyreglamentoscnee.pdf>

19. Guatemala Ministerio de Energía y Minas. *Mercado de energía* [en línea]. Actualizada: 2009. [ref.: 4 noviembre 2010]. Disponible en Web: <http://www.mem.gob.gt/Portal/Documents/ImgLinks/200910/1365/Mercado%20de%20Energ%C3%ADa%20en%20Guatemala.pdf>.

20. IGSA. *Manual de operación y mantenimiento de las plantas eléctricas* [en línea]. Actualizada: 2009. [ref.: 14 enero 2010]. Disponible en Web: <http://www.igsa.com.mx/manualpla/Manual.pdf>

21. Junta Municipal de Culiacán Sinaloa. *Decreto que crea la junta municipal de agua potable y alcantarillado de Culiacán, Sinaloa* [en línea]. Actualizada: enero de 2009. [ref.: 10 de agosto 2009]. Disponible en Web:
http://culiacan.gob.mx/archivos/normatividad/16_Decreto_JAPAC.pdf.

22. MELO Crespo, Lázaro. *Cálculo de la potencia de los grupos electrógenos* [en línea]. Actualizada: 12 de octubre de 2007. [ref.: 25 de octubre de 2009]. Disponible en Web:
<http://www.copimerainternacional.org/congreso07/Conferencias/CONFRENCIAS/MECANICA/MEC-1-002/MEC-1-002.pdf>

23. Nicaragua Ministerio de Economía. *Metodología de proyectos de agua* [en línea]. Actualizada: septiembre de 2010. [ref.: 19 de enero de 2011]. Disponible en Web:
<http://www.snip.gob.ni/docs/files/MetodologiaProyectosdeAgua.doc>

24. OPS. Organización panamericana de la salud. *Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable* [en línea]. Actualizada: enero de 2010. [ref.: 16 enero 2011]. Disponible en Web:
<http://www.cepis.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/161esp-diseno-estbombeo.pdf>

25. PÉREZ GARCÍA, Rafael. *Establecimiento de tarifas del servicio de agua potable bajo un enfoque de sostenibilidad económica* [en línea]. Actualizada: 7 junio 2006. [ref.: 10 agosto 2009]. Disponible en Web:
<http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoE.pdf>

26. SCHLUMBERGER. *Medición de agua potable* [en línea]. Actualizada: 2009. [ref.: 23 octubre 2009]. Disponible en Web:
http://apr.moptt.cl/capacitacion/documentos/2009/Micromedicion_Agua_Potable_Schlumberger.pdf

27. VIEJO Zubicaray, Manuel. *Bombas: teoría, diseño y aplicaciones*. 2a ed. México: Limusa, 1979. 290 p.

ANEXO A

Decreto de Creación Japac DECRETO QUE CREA LA JUNTA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE CULIACAN, SINALOA

CAPÍTULO I DE LA PERSONALIDAD Y DEL OBJETO

ARTÍCULO 1.- Se establece la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, Sinaloa, como un organismo público descentralizado de la Administración Municipal, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

ARTÍCULO 2.- El domicilio social de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, Sinaloa, estará en la ciudad de Culiacán, Rosales, Sinaloa, y podrá establecer dependencias, oficinas e instalaciones en cualquier otro lugar o población del municipio de Culiacán, Sinaloa.

ARTÍCULO 3.- El organismo instituido por el presente decreto, tendrá por objeto:

I.- Administrar, operar, mantener, ampliar y mejorar los sistemas y servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de los centros poblados de su jurisdicción;

II.- Facturar y recaudar el importe de los servicios conforme a las tarifas y cuotas en vigor, así como los adeudos generados por el incumplimiento del pago oportuno;

III.- Tener la administración general de los bienes muebles e inmuebles de su propiedad;

IV.- Programar en coordinación con el Ayuntamiento, las obras necesarias de construcción, conservación, mantenimiento, rehabilitación y ampliación de los sistemas de su jurisdicción y, en su caso, llevar a cabo la ejecución de las mismas;

V.- Recibir las obras de agua potable, alcantarillado y saneamiento que se construyan en su jurisdicción.

VI.- Formular y mantener el padrón de usuarios;

VII.- Contratar los servicios con los usuarios, cobrar las tarifas y cuotas correspondientes y realizar las instalaciones necesarias;

VIII.- Atender las quejas y los recursos interpuestos por los usuarios;

- IX.-** Solicitar a las autoridades municipales el apoyo o coordinación para la cobranza de adeudos que deriven de los derechos de cooperación que se fijen para cubrir el costo de las obras de construcción, rehabilitación y ampliación de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento, mediante el ejercicio de la facultad económica coactiva;
- X.-** Vigilar que todos los ingresos que se recauden se inviertan en los objetivos señalados por la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sinaloa y en ningún caso podrán ser afectados a otro fin;
- XI.-** Aplicar las sanciones que establece la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sinaloa por las infracciones que se cometan;
- XII.-** Formular los proyectos de tarifas para el cobro de los servicios;
- XIII.-** Solicitar a las autoridades correspondientes las expropiaciones, ocupaciones temporales, totales o parciales de obras hidráulicas y bienes privada para el logro de sus atribuciones.
- XIV.-** Celebrar los convenios y los contratos necesarios para el cumplimiento de sus objetivos;
- XV.-** Establecer las oficinas y dependencias necesarias dentro de su jurisdicción;
- XVI.-** Formular su presupuesto anual y sus estados financieros conforme a los lineamientos que se establezcan;
- XVII.-** Practicar el control de calidad de agua potable, desde las fuentes mismas de abastecimiento, zonas de protección, estructuras de captación, sistemas de conducción, de regularización y distribución, así como en las instalaciones de tratamiento y operación de los sistemas y de los equipos, en los términos de las disposiciones legales aplicables;
- XVIII.-** Desarrollar programas de capacitación y adiestramiento para su personal en coordinación con la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado de Sinaloa;
- XIX.-** Formular y mantener actualizado el inventario de bienes y recursos que integran el patrimonio;
- XX.-** Formular y mantener actualizado el inventario de sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento del municipio y remitir copia del mismo a la Comisión;
- XXI.-** Gestionar la obtención y contratación de créditos necesarios, a fin de destinarlos a la planeación, construcción, ampliación, rehabilitación y mantenimiento de las obras y servicios para la operación de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento del municipio de Culiacán, Sinaloa. En garantía de los créditos que se obtengan, la junta podrá efectuar las tarifas, cuotas, rentas y cualquier ingreso que perciban por la explotación del sistema.

XXII.- Prohibir el avenamiento, hacia sus sistemas de alcantarillado de descargas que impidan o dificulten el tratamiento de las aguas residuales. La Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, estará facultada para establecer cuotas especiales según el volumen y calidad de las descargas que ocasionaren gastos extraordinarios de tratamiento;

XXIII.- Determinar las condiciones particulares de descarga domiciliaria al sistema de alcantarillado;

XXIV.- Contratar los servicios de particulares, cuando sea necesario, para el cumplimiento de las funciones y atribuciones consignadas en este artículo; y

XXV.- Las demás que le confieren las leyes, reglamentos y decretos.

CAPÍTULO II

DE LOS ORGANOS DE LA JUNTA

ARTÍCULO 4.- Son órganos de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán:

I.- El Consejo Directivo; y

II.- El Gerente General

ARTÍCULO 5.- La junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, será administrada por un Consejo Directivo integrado por un Presidente, un Secretario, un Representante de la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado de Sinaloa, el Tesorero Municipal y hasta siete vocales propietarios, que deberán ser representantes de los sectores público y privado. El Presidente del Consejo será el Presidente Municipal o quien lo sustituya en su cargo.

El Secretario será el Gerente General de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán. Sinaloa.

El representante de la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado de Sinaloa, será el vocal ejecutivo de la Comisión o quien este designe, quien participara con voz pero sin derecho a voto.

Los vocales serán nombrados y removidos libremente por el Ayuntamiento. Por cada vocal propietario, se designará un suplente, El suplente de cada vocal propietario, podrá sustituirlo con las atribuciones de éste, cuando no pueda asistir a las sesiones del Consejo Directivo.

ARTÍCULO 6.- El Consejo Directivo de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, tendrá las siguientes atribuciones:

I.- Nombrar y remover libremente al Gerente General de la Junta, quien se encargará de su administración.

II.- Resolver los recursos que se interpongan en contra de la actuación y resoluciones del Gerente General de la Junta;

III.- Analizar, discutir y autorizar las tarifas y cuotas para el cobro de los servicios;

IV.- Tomar las resoluciones, dictar los acuerdos y realizar los actos necesarios para el cumplimiento de las funciones que correspondan a la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán;

V.- Aprobar previamente los convenios y contratos que deba suscribir el Gerente General;

VI.- Examinar y aprobar los estados financieros, los balances y los informes, generales y especiales, que deba presentar el Gerente General; y

VII.- Las demás que sean congruentes con las funciones y atribuciones de los organismos.

ARTÍCULO 7.- El Consejo Directivo celebrará sesiones ordinarias cada mes en el lugar que para tal efecto se señale y extraordinariamente cuantas veces sea necesario.

El Consejo Directivo funcionará válidamente con la concurrencia de la mayoría de sus miembros, entre los cuales deberán estar el Presidente respectivo o quien haga sus veces. Los acuerdos y resoluciones se tomarán por mayoría de votos de los asistentes y el Presidente tendrá voto de calidad.

ARTÍCULO 8.- El cargo de integrante del Consejo Directivo de la Junta no será retribuido con sueldo o emolumento alguno.

ARTÍCULO 9.- Son atribuciones del Presidente del Consejo Directivo:

I.- Representar en todos los actos al Consejo;

II.- Presidir sus sesiones;

III.- Vigilar que se cumplan los acuerdos tomados en el Pleno; y

IV.- Ejercer las funciones que se deriven de las anteriores, de las leyes y de otras disposiciones del Consejo.

ARTÍCULO 10.- Son atribuciones del Gerente General de la Junta, las siguientes:

I.- Actuar con el carácter de Apoderado General con todas las facultades generales y especiales que requieran cláusula especial conforme a la Ley, sin limitación alguna, en los términos del artículo 2435 del Código Civil para el Estado de Sinaloa y en los términos de los tres primeros párrafos del artículo 2554 del Código Civil para el Distrito Federal.

Tendrá facultades para actos de administración y dominio, para pleitos y cobranzas; para otorgar y suscribir títulos de crédito en los términos del artículo 9° de la Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito, pero para ceder, vender, enajenar o gravar los bienes inmuebles que formen el patrimonio de la junta, será necesario el acuerdo previo de su respectivo Consejo Directivo, autorizándolo para realizar tales casos de delitos o denuncias de hechos, así como otorgar el perdón extintivo de la acción penal y para representar a la Junta ante toda clase de autoridades, organismos e instituciones, inclusive en los términos de los artículos 11,875,876 y demás relativos de la Ley Federal del Trabajo y para articular y absolver posiciones y promover y desistirse del juicio de amparo. Podrá sustituir, reservándose su ejercicio, el mandato en todo o en parte, dando cuenta al Consejo Directivo de la Junta.

II.- Convocar a sesión a los integrantes del Consejo Directivo de la Junta.

III.- Nombrar y remover libremente al personal administrativo y técnico del organismo, señalando sus adscripciones y remuneraciones correspondientes;

IV.- Ejecutar acuerdos de su Consejo Directivo;

V.- Atender y resolver los recursos de reclamación en contra de los cobros por servicios e imposición de sanciones;

VI.- Someter a la consideración y aprobación del Consejo Directivo la designación o remoción de funcionarios;

VII.- Formular los programas de trabajo y operación, así como los estados financieros, balances e informes generales y especiales, para someterlos a la consideración y aprobación del Consejo Directivo; y

VIII.- Las demás que señale el Consejo Directivo.

ARTICULO 11.- El patrimonio de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, estará integrado por:

I.- Los bienes muebles e inmuebles que le pertenezcan;

II.- Las tarifas, cuotas, rentas y cualquier ingreso que perciba por la operación del sistema de agua potable, alcantarillado y saneamiento;

III.- Las donaciones, aportaciones, subsidios y cualquiera liberalidad que reciba en el futuro y los bienes inmuebles que adquiera por cualquier título legal, ya sea en bienes o en valores;

IV.- Los derechos, obligaciones, equipos, instalaciones, bienes muebles e inmuebles, propiedad de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la Federación, del Estado, de los municipio de Sinaloa o de organismos públicos descentralizados i paraestatales que le sean entregados para su operación y administración.

TRANSITORIOS

ARTÍCULO PRIMERO.- El presente decreto entrará en vigor el día siguiente de su publicación el Periódico Oficial “El Estado de Sinaloa”.

ARTÍCULO SEGUNDO.- Se ratificará en todas sus partes las resoluciones y acuerdos asentados en la escritura pública número 1388, volumen V (quinto) de fecha 27 de Julio de 1989, del protocolo a cargo del Notario Público Lic. Francisco Xavier García Félix, inscrita ante el Registro Público de la Propiedad y del Comercio del municipio de Culiacán, Estado de Sinaloa, bajo el número 176, del libro 174, de la Sección Segundo Auxiliar de Comercio.

ARTÍCULO TERCERO.- Se reconocen como actos de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, todos aquellos que se hubieren ejercido a nombre de la misma desde la fecha que aparece en el artículo que antecede, celebrados por el Gerente General de la Junta encargada en su momento, por lo que éstos se convalidan.

ARTÍCULO CUARTO.- Se derogan todas las disposiciones que se opongan al contenido del presente decreto.

(PUBLICADO EN EL PERIÓDICO OFICIAL “EL ESTADO DE SINALOA” No. 115, DEL DÍA VIERNES 25 DE SEPTIEMBRE DE 1998)

ANEXO B

GUÍA PARA GRANDES USUARIOS

A. CONCEPTOS ÚTILES

Usuario: es el titular o poseedor del bien inmueble que recibe el suministro de energía eléctrica.

Usuario de servicio de distribución final: es aquel cuya demanda de potencia no excede el límite inferior establecido por el MEM, para acceder a hacer transacciones en el Mercado Mayorista; el precio del servicio de la energía eléctrica que consume es fijado mediante tarifas aprobadas por la CNEE.

Gran usuario: es el consumidor de energía cuya demanda de potencia excede 100 KW, o el límite inferior fijado por el MEM en el futuro, en virtud de lo cual puede pactar libremente el precio y demás condiciones de servicio de energía eléctrica con su suministrador.

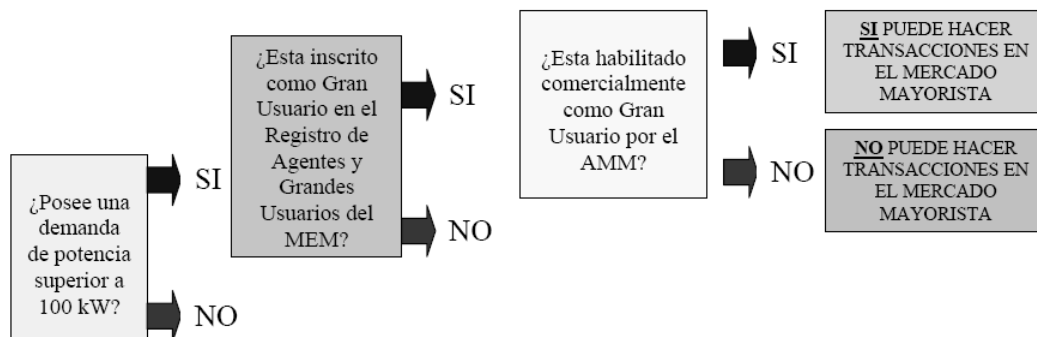
Gran usuario con representación: es el que tiene un contrato de comercialización con un comercializador.

Gran usuario participante: es el que participa directamente en el mercado mayorista, realizando directamente sus compras de potencia y energía.

B. GUÍA PARA EL GRAN USUARIO NUEVO

B.1 ¿Qué requisitos se debe cumplir para ser gran usuario y participar en el Mercado Mayorista?

1. Tener una demanda de potencia superior a 100 kW (o el límite mínimo fijado por el Ministerio de Energía y Minas en el futuro).
2. Estar Inscrito como gran usuario en el Registro de Agentes y Grandes Usuarios del Ministerio de Energía y Minas –MEM-
3. Ser habilitado comercialmente por el Administrador del Mercado Mayorista –AMM- para participar en el Mercado Mayorista como gran usuario.



B.2 ¿Cuál es el proceso a seguir para ser Inscrito como gran usuario en el Registro de Agentes y Grandes Usuarios del MEM?

Inscripción en el MEM: para obtener la Inscripción en el Registro de Agentes y Grandes Usuarios del MEM, se deberá cumplir ante la Dirección General de Energía del MEM (24 calle 21-12 zona 12) los requisitos vigentes requeridos por el MEM.

B.3 ¿Cuál es el proceso a seguir para ser habilitado comercialmente por el AMM para participar en el Mercado Mayorista como Gran Usuario?

Habilitación comercial por el AMM: el segundo paso a seguir, luego de haber sido Inscrito como Gran Usuario en el Registro de Agentes y Grandes Usuarios del MEM, es solicitar al Administrador del Mercado Mayorista la habilitación comercial para participar en el Mercado Mayorista como Gran Usuario, para lo cual se debe dirigir su solicitud a la Diagonal 6, 10-65 Zona 10, Centro Gerencial Las Margaritas, Torre 1, Nivel 15 y cumplir con lo siguiente:

1. Presentar solicitud para operar en el Mercado Mayorista de Electricidad de Guatemala como Gran Usuario.
2. Presentar certificación de la Inscripción en el Registro del Ministerio de Energía y Minas, haciendo constar en la misma el requisito señalado en el Artículo 5 del Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista. La certificación debe estar actualizada a un plazo no mayor de seis meses.
3. Presentar copia legalizada de la escritura de constitución de la entidad, copia de la patente de comercio, y documentación de la representación legal.
4. Acta notarial de Declaración Jurada, en la cual se compromete al pago del monto adeudado por su participación en el Mercado Mayorista cuando finalice la misma.

Adicionalmente debe comprometerse a permitir el acceso a sus equipos de medición.

5. Contar con una garantía, a través de una línea de crédito en el Banco Liquidador, por un monto inicial establecido por el AMM de acuerdo a lo indicado en la NCC-12. El Banco Liquidador deberá informar al AMM sobre la habilitación de la Línea de Crédito, así como una cuenta bancaria para la administración de los abonos y créditos que surjan de las transacciones económicas en el Mercado Mayorista. Los Grandes Usuarios representados no deben presentar este requisito.

6. Presentar la Planilla 1.8 "*Representantes y Delegados ante el AMM*".

7. Presentar acuerdo de conexión y servicio de transporte con todos y cada uno de los Transportistas y Distribuidores involucrados en el suministro.

8. Si las instalaciones del gran usuario se conectarán al sistema de Transporte, presentar la resolución de autorización de acceso al Sistema de Transporte, emitida por la CNEE.

Adicionalmente, deberán informar que cuentan con los equipos necesarios para participar en el esquema de desconexión automática de baja frecuencia y en el esquema de desconexión manual de carga.

9. Si las instalaciones del gran usuario se conectarán al sistema de Transporte, debe contar con los equipamientos necesarios para los sistemas de comunicaciones (voz operativa y datos del control supervisorio en tiempo real) que permitan satisfacer el envío de la información requerida.

10. Presentar la planilla 5 "Demandas máximas proyectadas por mes y curvas típicas" debidamente llena y firmada. Este requisito lo deben presentar los Grandes Usuarios que no cuentan con un valor de demanda firme asignado. El AMM informará el valor de demanda firme correspondiente.

Después de presentar la documentación anterior se deberá proceder de la siguiente manera:

11. Solicitar al Departamento de Medición del AMM la inspección para la habilitación del equipo de medición comercial del gran usuario. Para ser habilitado el sistema de medición comercial deberá cumplir los requisitos establecidos en la NCC-14 y entregar la documentación establecida en el inciso 14.19 de la citada norma.

12. Para el gran usuario Participante, solicitar al Departamento de Informática del AMM la adquisición de un "TOKEN", el cual es un dispositivo electrónico necesario para acceder al sistema Direct@mm, por medio del cual se presentan al AMM las Planillas de Contratos e información para la coordinación de la operación.

13. Para el gran usuario representado, solicitar el código de acceso al Direct@mm para ingresar las planillas correspondientes.

14. Para el gran usuario participante, presentar una planilla de contrato del mercado a término que cubra el valor de demanda firme asignada.

15. Para el gran usuario representado, presentar conjuntamente con su suministrador la planilla del contrato de comercialización.

C. GUÍA PARA GRAN USUARIO HABILITADO COMERCIALMENTE

Una vez habilitado comercialmente para participar en el Mercado Mayorista como Gran Usuario ¿Cuáles son los derechos que se pueden ejercer y las obligaciones que se deben cumplir?

C.1 Derechos de los Agentes y Grandes Usuarios:

1. Operar libremente en el Mercado Mayorista, de conformidad con la ley y sus reglamentos.
2. Acceso a la información sobre los modelos y metodología utilizados por el Administrador del Mercado Mayorista para la programación y el Despacho.
3. Recibir del Administrador del Mercado Mayorista información sobre la programación de la operación y despacho, y sobre los resultados de la operación.
4. Cualquier otro derecho que conforme a la Ley y sus Reglamentos le corresponda.

C.2 Obligaciones de los Agentes y Grandes Usuarios:

1. No realizar actos contrarios a la libre competencia o contrarios a los principios establecidos en la Ley y sus Reglamentos
2. Cumplir con las normas emitidas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica y normas emitidas por el Mercado Mayorista; así como mantenerse dentro de la operación programada por el Administrador del Mercado Mayorista y obedecer sus instrucciones de operación.
3. Cumplir con la implementación, instrumentación y mantenimiento de los sistemas necesarios para la operación confiable y con calidad del sistema eléctrico.
4. Cumplir en tiempo y forma con los pagos que surjan en el Mercado Mayorista como resultado de las transacciones comerciales, cargos y cuotas que se definen en el Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista y las Normas de Coordinación.
5. Cumplir los racionamientos programados, incluyendo servicios de desconexión automática de cargas, dentro de los límites técnicos establecidos en las Normas Técnicas.
6. Contar con contrato de Potencia, que les permita cubrir sus requerimientos de Demanda Firme.
7. Cumplir con los requisitos mínimos de su inscripción inicial [demanda mínima de 100 kW] por lo menos en 2 meses de cada trimestre consecutivo dentro del año estacional vigente para mantener vigente su inscripción en el Registro de Agentes y Grandes Usuarios del Mercado Mayorista del MEM y conservar la calidad de Gran Usuario (Art. 6 AG 244- 2003).
8. Según su esquema de participación en el Mercado Mayorista cumplir con lo mostrado en la *Tabla 1 “Esquema de Participación del Gran Usuario en el Mercado Mayorista”*.

	Esquema de Participación del Gran Usuario en el Mercado Mayorista	
	GU Participante	GU con Representación
Participación en el MM	Directa	A través de un Contrato de Comercialización con un Comercializador
Suministro	Por medio de Contratos a Término y en el Mercado de Oportunidad	A través de Comercializador
Cobertura de Demanda Firme	Obligatoria con contratos de potencia	Obligatoria con contratos de potencia
Garantía de pago	Contar con una garantía de pago, a través de una Línea de Crédito en el Banco Liquidador, por un monto inicial establecido por el AMM de acuerdo a lo indicado en la NCC-12	El comercializador debe presentar una garantía de pago
Acceso al sistema informático del AMM	Acceso completo mediante "TOKEN", el cual es un dispositivo electrónico necesario para acceder al sistema Direct@mm, por medio del cual se presentan al AMM las Planillas de Contratos e información para la coordinación de la operación	Para el Gran Usuario Representado, solicitar el código de acceso al Direct@mm para ingresar las Planillas correspondientes
Pago Cuota por Administración y Operación, para financiar presupuesto Anual AMM	Pagadera de forma directa.	Pagadera por su comercializador y trasladada según acuerdo privado...
Planillas a presentar	Planilla 1.8 "Representantes y Delegados ante el AMM"	Planilla 1.8 "Representantes y Delegados ante el AMM"
	Planilla 5 "Demandas máximas proyectadas por mes y curvas típicas" debidamente llena y firmada	Planilla 5 "Demandas máximas proyectadas por mes y curvas típicas" debidamente llena y firmada
	Planilla 4: Contrato del Mercado a Término que cubra el valor de Demanda Firme asignada	Planilla 4: Contrato de Comercialización , presentarla conjuntamente con su suministrador.

9. Antes de finalizar la segunda semana de enero de cada año, efectuar y entregar al AMM lo siguiente (NCC 2.6.1):

Declaración de su proyección de demanda, Metodología de proyección, Valores proyectados de energía y potencia por banda horaria, Curvas de carga típicas para los días laborales, sábados, domingo y feriados.

Condiciones previstas en sus instalaciones para la programación de largo plazo, de acuerdo a lo establecido en la Norma de Coordinación Comercial Número 1.

Todo Gran Usuario tiene la obligación de cubrir la totalidad de su Demanda Firme mediante contratos de potencia. El no cumplir con esta obligación es considerado como falta grave sujeta a sanción.

En el caso del Gran Usuario con Representación, el Comercializador con quien tiene su contrato, asume todas las responsabilidades y obligaciones del Gran Usuario, por lo tanto deberá cubrir en todo momento la Demanda Firme de su cliente. (Art. 72 del RAMM, NCC-13 numeral 13.1)

D. DIRECTORIO DE INSTITUCIONES DEL SUBSECTOR ELÉCTRICO

Ministerio de Energía y Minas –MEM-, Dirección General de Energía

Dirección: 24 calle 21-12, Zona 12, Guatemala, C.A.

Teléfono (502) PBX1: 2477-0746, PBX2: 2477-0747

Fax: (502) 2476-2007

Correo electrónico: diredge@mem.gob.gt

Sitio web www.mem.gob.gt

Comisión Nacional de Energía Eléctrica –CNEE Dirección:

4ª Avenida 15-70, Zona 10, Edificio Paladium, nivel 12, Guatemala, C.A.

Teléfono (502) 2366-4218

Fax: (502) 2366-4202

Correo electrónico: cnee@cnee.gob.gt infograndesusuarios@cnee.gob.gt

Sitio web www.cnee.gob.gt

Administrador del Mercado Mayorista –AMM Dirección:

Diagonal 6, 10-65 zona 10. Centro Gerencial Las Margaritas, Torre 1, Nivel 15, Guatemala, C.A.

Teléfono: (502) PBX1: 2382-9100, PBX2: 2327-3900

Fax: (502) 2327-3907, 23829107

Correo electrónico: amm@amm.org.gt

Sitio web: www.amm.org.gt

Nota: Este documento es una guía que facilita la comprensión de la normativa aplicable, en ningún momento la reemplaza.

ANEXO C

PROCEDIMIENTO REGISTRO DE GRAN USUARIO CON CONTRATO DE COMERCIALIZACIÓN ANTE EL AMM

1) Preparación Documentación para Registro:

Preparar para presentar ante el AMM en hoja con membrete de su empresa, firmada y sellada por el representante legal el formato establecido –Ver Formato 1- con la siguiente documentación adjunta:

- Copia de la certificación de inscripción de Gran Usuario en el Registro de Energía y Minas extendida por el Ministerio recientemente (plazo no mayor de seis meses)
- Acta Notarial de Declaración Jurada en la que el Gran Usuario se compromete al pago del monto adeudado por su participación en el Mercado Mayorista en el caso de cambio de proveedor. –Es importante indicar que en el plazo que el contrato está vigente con COMEGSA ésta es quien adquiere este compromiso-
- Copia legalizada de la escritura de constitución de la empresa, copia de la patente de comercio y documentación del representante legal.

2) Registro Gran Usuario en sistema del AMM

Con la recepción de la información indicada en el numeral anterior, el AMM establecerá:

- El acreditamiento del Gran Usuario en el sistema del AMM designándole un código, usuario y clave de acceso.
- Creación de la relación entre el Gran usuario y COMEGSA en el AMM

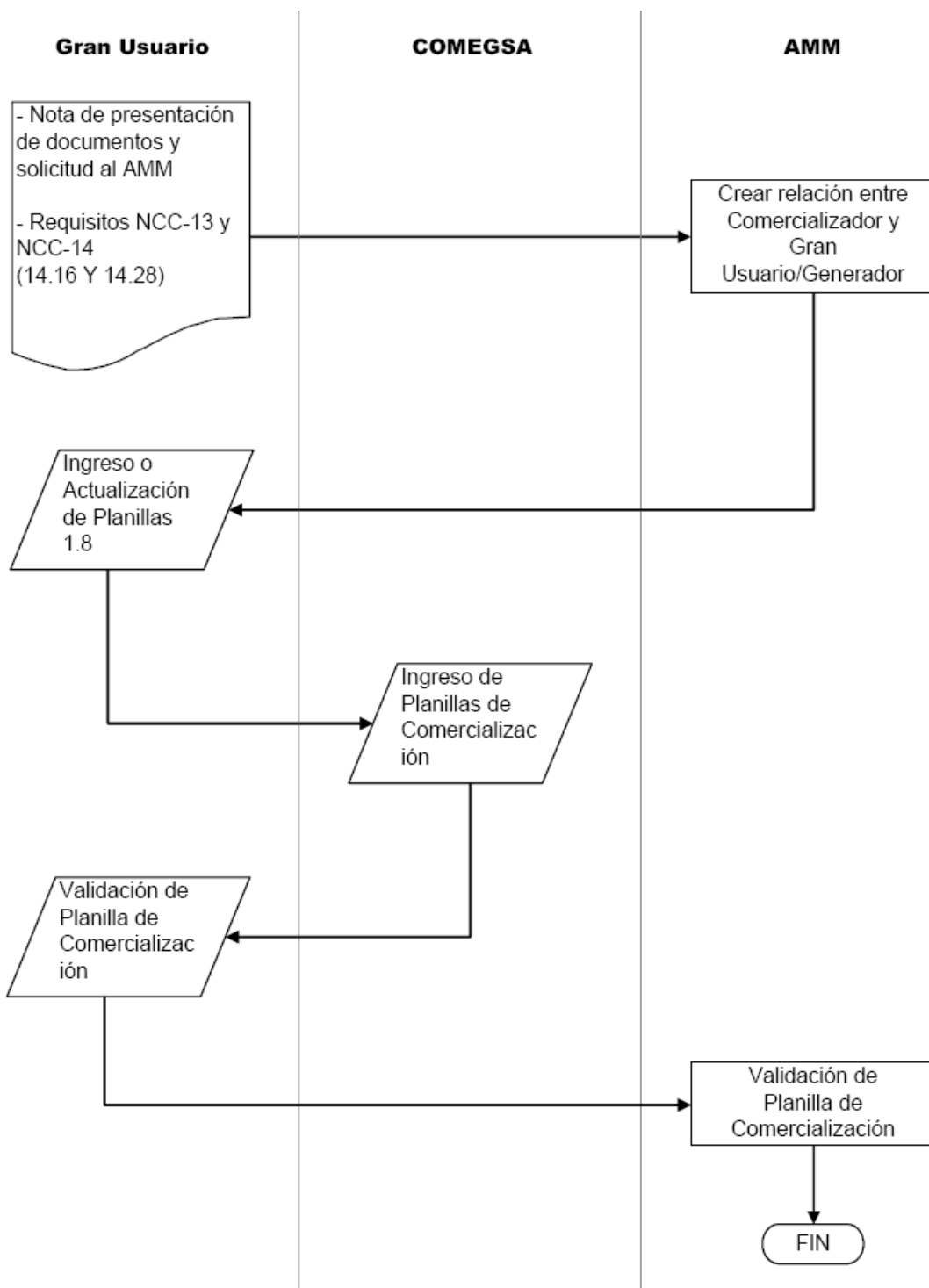
3) Gestión de validación planillas de comercialización

Completado el acreditamiento el AMM este entregará la clave de acceso, código y usuario a la persona que designada por escrito por el representante legal del Gran Usuario.

El gran usuario o quien delegue deberá ingresar en el Sistema del AMM para completar la información correspondiente a la planilla 1.8 que identifican al representante y delegado ante el AMM conforme a la Norma de Coordinación Operativa No. 1

Una vez completado el punto anterior COMEGSA ingresará la planilla de comercialización que soporta el suministro al cliente la cual debe ser validada posteriormente por el Gran Usuario.

Es importante indicar que si no se completa el procedimiento anterior no se creará la relación entre COMEGSA y el Gran Usuario



**NORMA DE COORDINACIÓN
OPERATIVA No. 1**

Planilla No. 1.8

REPRESENTANTES Y DELEGADOS ANTE EL AMM

La información indicada a continuación deberá ser actualizada cuando la Empresa Participante decida el cambio de un representante o delegado ante el AMM.

No.	Descripción	Forma de Presentación
8.1	Datos generales de la Empresa	
8.1.1	Nombre o razón social	Texto
8.1.2	Dirección	Texto
8.1.3	Número de Identificación Tributaria	Texto
8.1.4	Teléfonos	Texto
8.1.5	Fax	Texto
8.1.6	Dirección de correo electrónico	Texto
8.1.7	Dirección de página en Internet	Texto
8.1.8	Organigrama de la empresa	Diagrama
8.2	Representante legal de la Empresa	
8.2.1	Nombre	Texto
8.2.2	Cargo	Texto
8.2.3	Teléfono	Texto
8.2.4	Fax	Texto
8.2.5	Teléfono Móvil	Texto
8.2.6	Localizador	Texto
8.2.7	Firma	Formato .gif o .jpg
8.3	Representante de asuntos comerciales y financieros	
8.3.1	Nombre	Texto
8.3.2	Cargo	Texto
8.3.3	Teléfono	Texto
8.3.4	Fax	Texto
8.3.5	Teléfono Móvil	Texto
8.3.6	Localizador	Texto
8.3.7	Firma	Formato .gif o .jpg
8.4	Representante de asuntos técnicos y operativos	
8.4.1	Nombre	Texto
8.4.2	Cargo	Texto
8.4.3	Teléfono	Texto
8.4.4	Fax	Texto
8.4.5	Teléfono	Texto
8.4.6	Localizador	Texto
8.4.7	Firma	Formato .gif o .jpg

Guatemala, DD de MMMM de YYYY

REFERENCIA

COMITÉ DE REVISIÓN DE DECLARACIONES Y CONTRATOS
ADMINISTRADOR DEL MERCADO MAYORISTA

Estimados Señores:

Por medio de la presente y en cumplimiento de lo establecido en la reglamentación vigente, me permito informarles que “NOMBRE DEL GRAN USUARIO” cuenta con un Contrato de Comercialización con “COMERCIALIZADORA ELÉCTRICA DE GUATEMALA”, por lo que solicito al Administrador del Mercado Mayorista que incluya dicha relación comercial dentro de sus registros.

Adicionalmente y de conformidad con lo establecido en las Normas de Coordinación Comercial 13 y 14, adjunto a la presente la siguiente información:

- Copia de la Certificación actualizada de Inscripción en el Registro del Ministerio de Energía y Minas.
- Acta Notarial de Declaración Jurada en la que “NOMBRE DEL GRAN USUARIO” se compromete al pago del monto adeudado por su participación en el Mercado Mayorista.
- Copia legalizada de la Escritura de Constitución de “NOMBRE DEL GRAN USUARIO”, copia de la Patente de Comercio y documentación del Representante Legal.

Atentamente,

REPRESENTANTE LEGAL
“NOMBRE DEL GRAN USUARIO”