

APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN AGUA POTABLE Y ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA EPMAPS

Ing. Antonio Villagómez Salazar

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Alcantarillado EPMAPS

RESUMEN

El agua pese a ser un recurso renovable, es un bien escaso que se lo debe preservar y optimizar. Las particulares condiciones topográficas de la ciudad de Quito que acoge al Sistema de Distribución de agua tratada de la EPMAPS, permite desarrollar proyectos de micro generación de energía que pueden permitir que la empresa tenga una autosuficiencia energética.

La infraestructura hidráulica, de control y comunicaciones disponible en los tanques de distribución, plantas de tratamiento y captaciones, viabilizan este tipo los proyectos, produciendo elevadas tasas internas de retorno y cortos períodos de recuperación de la inversión. El desarrollo de este tipo proyectos genera adicionalmente una rentabilidad social y ambiental.

1. ANTECEDENTES

El desarrollo del proyecto "Micro centrales Eléctricas" para la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, EPMAPS, se sustenta en tres aspectos fundamentales:

- La optimización del recurso hidráulico disponible por la empresa para un doble aprovechamiento: micro generación y consumo humano.
- La infraestructura existente en una zona con particulares condiciones topográficas para este tipo de desarrollos.
- La consecución de nuevos recursos económicos; ya sea por la sustitución del pago de planillas de consumo a la EEQSA o venta de la energía producida.

La disponibilidad en el mercado especializado de una tecnología adecuada para micro centrales hidráulicas, así como el desarrollo de sistemas de automatización y control, viabilizan la ejecución de este tipo de proyectos y optimizan la gestión de operación y mantenimiento.

Ha transcurrido algún tiempo desde que la EPMAPS consideró esta posibilidad de aprovechamiento energético, en su Sistema de Distribución de agua, lo cual tiene ventajas significativas como la generación con agua limpia, ubicación de las instalaciones dentro de la ciudad y disponibilidad de una infraestructura eléctrica cercana para utilización de la energía.

Los ingresos económicos que se pueden obtener con este proceso son significativos, ya que la meta inicial sería el autoabastecimiento de energía a todas las instalaciones de la empresa y posteriormente la comercialización de los excedentes.

2. DETALLES DEL PROYECTO

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este trabajo es desarrollar un proyecto a nivel de factibilidad para la instalación de micro turbinas hidráulicas en los sistemas existentes de la EPMAPS.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los sitios donde se pueden instalar micro turbinas y calcular la potencia y energía brutas en cada uno de ellos.
- Presentar información del consumo energético actual de la EPMAPS para un análisis de sustitución mediante la micro generación
- Realizar una evaluación financiera preliminar del proyecto
- Describir brevemente el equipamiento electromecánico, automatización y control a ser utilizados.

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS SITIOS DONDE SE PUEDEN INSTALAR MICRO CENTRALES DE GENERACIÓN

Con la tecnología actual disponible para micro centrales, basta disponer de caídas de agua de pocos metros y caudales tan bajos como decenas de litros para producir potencia y energía eléctrica.

La ecuación fundamental para determinar la potencia eléctrica de un aprovechamiento hidráulico es:

$$P = 9,8 \cdot H_n \cdot Q \cdot \eta_t \cdot \eta_g$$

donde:

- P = Potencia eléctrica en bornes del generador (kW)
H_n = Altura neta al ingreso a la central (m) (Altura bruta – pérdidas)
Q = Caudal nominal (m³/s)
η_t = eficiencia de la turbina
η_g = eficiencia del generador

La infraestructura de la EPMAPS en la cual se pueden instalar micro centrales es variada. Se lo puede

hacer en la entrada a los tanques de distribución de agua tratada, plantas de tratamiento, salidas de las líneas de transmisión y captaciones de agua cruda. El sistema de distribución actual de la empresa es muy extenso; el número de tanques supera los 200 en toda el área de influencia y la gran mayoría de ellos son sitios potenciales para instalar equipos de generación.

Se ha fijado como alcance de este Estudio de Factibilidad para la instalación de micro centrales, los tanques de distribución del área urbana asociados a las líneas de transmisión de agua, que se desarrollan a partir de las plantas de tratamiento, en lo que se denomina distribución primaria del agua, y sitios periféricos como plantas de tratamiento y captaciones de agua cruda.

En varios de los ingresos a los tanques de distribución, es usual observar la presencia de válvulas reductoras de presión o de otro tipo, que a más de ciertas funciones específicas, también cumplen ese papel. Esta función hidráulica de las válvulas, a más de la regulación del caudal de ingreso a los tanques, sería ejecutada por las micro turbinas. Por asuntos operativos y para actividades de mantenimiento de las micro turbinas, las válvulas existentes quedarían como by pass de éstas.

En la Tabla 1 se presenta el detalle de los sitios considerados para la instalación de las micro centrales, tanto en el Sistema de Distribución como en las instalaciones periféricas.

De la matriz original que consideraba todos los puntos potencialmente aprovechables para la generación, para la presente fase del proyecto no se han considerado los lugares donde la potencia bruta es inferior a los 10 kW.

Un estudio posterior del proyecto puede determinar la "potencia económica" de los equipos a instalarse; sin embargo, se debe mencionar que la tecnología actual permite contar con grupos de generación tan pequeños, con valores de potencia desde los 0.5 kW.

La potencia bruta total que se puede instalar en los Sistemas de Distribución alcanza un valor de 2 161.5 kW, los cuales producen una energía anual de 16 807 680 kWh. En el caso de las instalaciones que se implementarían en las denominadas zonas periféricas, la potencia bruta total instalada sería de 7 170.7 kW y una producción anual de energía de 55 757 528 kWh. Para el cálculo de la energía bruta se ha considerado una operación de las micro centrales de 360 días al año y un factor de planta de 0.9, determinado por los registros históricos del ingreso de agua a los tanques de distribución, plantas de tratamiento y aportes de los sistemas de captación de agua cruda.

Considerando el total de las instalaciones, se tiene una potencia bruta total de 9 931.9 kW y una producción anual de energía de 7 2564 854 kWh, que supera a los requerimientos de energía de todas las instalaciones de la EPMAPS, sin considerar el Sistema de Bombeo Papallacta y sus instalaciones asociadas, lo cual es parte de otro esquema operativo que se desarrolla en el marco del Mercado Eléctrico Ecuatoriano (MEE), del cual la EPMAPS es agente desde el inicio del mismo, en el año 2001.

4. CONSUMO DE ENERGÍA EN LAS INSTALACIONES DE LA EPMAPS

La EPMAPS tiene dos grandes bloques de consumo de energía; la una es muy significativa y corresponde al Sistema de Bombeo Papallacta, que en condiciones nominales de operación (3 m³/s), requiere de una potencia igual a 24 000 kW; mucho más que algunas de las provincias pequeñas de nuestro país. El otro bloque está compuesto por el resto de instalaciones: plantas de tratamiento, pozos, estaciones de bombeo de distribución, edificios, bodegas, etc. La potencia requerida por estas instalaciones está alrededor de los 8 000 kW y tienen un consumo anual de 21 800 000 kWh, de acuerdo al registro histórico de consumos del año 2009 y lo que va del año 2010.

En la tabla 2 se presentan los históricos de los consumos de energía del año 2009 y el detalle del año 2010 hasta el mes de julio. Para cada mes se presenta también la potencia requerida, la planilla mensual que se paga a la EEQSA y el precio medio de la energía.

A parte de las ventajas ya mencionadas del proyecto, la fortaleza económica del mismo radica en la sustitución prevista de la energía consumida por la EPMAPS y consecuente ahorro de las planillas mensuales. Basta mencionar que el costo de producción de energía con las micro centrales no superaría los 0.02 US\$/kWh; de este modo el ahorro neto para la empresa sería de US\$ 1 417 000 anuales, considerando el consumo anual de energía de acuerdo al registro histórico del año 2009 y el precio medio, descontados los costos de operación y mantenimiento de las micro centrales. En el análisis de la viabilidad financiera del proyecto y los detalles técnicos de la incorporación de esta red de micro centrales al sistema eléctrico que se presenta más adelante, se profundizará en el tema.

5. ANÁLISIS DE VIABILIDAD FINANCIERA

Para la evaluación financiera del proyecto se ha creado un modelo que se presenta en la Tabla 3. El primer escenario considera la potencia total a instalarse, la energía producida con un factor de planta igual a 0.8, un costo de la energía a valor de sustitución (US\$ 0.065/ kWh) ; es decir los US\$ 0.085 obtenidos

del histórico de los años 2009 y 2010, descontados los costos de producción.

Los resultados que se obtienen son de alguna manera los esperados, considerando el valor de la energía a nivel de productor; los bajos costos de operación y mantenimiento por el tipo de equipamiento

y la filosofía de control considerados; la inversión que no requiere de infraestructura especial para el sistema hidráulico y la evacuación de energía; la disponibilidad de una gran red de control y comunicaciones, que será instalada para el Proyecto de Telemetría que está desarrollando la EPMAPS.

Tabla 1 Ubicación de Microcentrales en Tanques de Distribución y Cálculo de la Potencia Bruta

PROYECTO MICROCENTRALES ELÉCTRICAS								
IDENTIFICACION DEL POTENCIAL DE GENERACION HIDROELECTRICA - TANQUES DE DISTRIBUCION								
No.	SITIO DE UBICACIÓN MICROCENTRAL	INFRAESTRUCTURA ANTERIOR	INFRAESTRUCTURA POSTERIOR	DIAMETRO TUBERIA (p/g)	Q PROMEDIO INGRESO (m3 / s)	ALTURA BRUTA (m)	POTENCIA BRUTA (kW)	ENERGIA ANUAL (kWh)
1	TANQUE BELLAVISTA ALTO	PLANTA TRATAMIENTO BELLAVISTA	TANQUE BELLAVISTA MEDIO	36"	0,66	70	361,7	2.812.262
2	TANQUE BELLAVISTA MEDIO	TANQUE BELLAVISTA ALTO	TANQUE BELLAVISTA MEDIO	20"	0,30	25	58,6	465.705
3	TANQUE BELLAVISTA BAJO	TANQUE BELLAVISTA MEDIO	RED DE DISTRIBUCION	20"	0,12	54	50,4	391.754
4	TANQUE CHAUPICRUZ 1	PLANTA TRATAMIENTO BELLAVISTA	RED DE DISTRIBUCION	12"	0,08	70	41,7	324.328
5	TANQUE CHAUPICRUZ 2	PLANTA TRATAMIENTO BELLAVISTA	RED DE DISTRIBUCION	22"	0,11	58	50,9	396.021
6	CANGAHUA BAJO	CAMARA REPARTIDORA CARCELEN ALTO	RED DE DISTRIBUCION	8"	0,01	184	10,4	80.765
7	ROLDOS BAJO	CAMARA REPARTIDORA CARCELEN ALTO	RED DE DISTRIBUCION	10"	0,02	100	12,6	98.152
8	ROLDOS MEDIO	CAMARA REPARTIDORA CARCELEN ALTO	RED DE DISTRIBUCION	18"	0,02	70	10,9	84.496
9	29 DE ABRIL	TANQUE CARCELEN MEDIO	RED DE DISTRIBUCION	8"	0,02	95	14,6	113.515
10	CARCELENING. TANQUE CUADRADO	CAMARA REPARTIDORA CARCELEN ALTO	TANQUE CARCELEN ALTO	10"	0,06	175	85,0	661.031
11	CARCELENING. TANQUE REDONDO	CAMARA REPARTIDORA CARCELEN ALTO	TANQUE CARCELEN INV	8"	0,04	160	45,0	350.079
12	CARCELEN- SALIDA SAN ANTONIO	CAMARA REPARTIDORA CARCELEN ALTO	TANQUE WILSON MONGE	12"	0,09	175	124,0	964.448
13	COLLALOMA BAJO 1	PLANTA TRATAMIENTO BELLAVISTA	RED DE DISTRIBUCION	20"	0,08	45	28,1	218.235
14	COLLALOMA BAJO 2	PLANTA TRATAMIENTO BELLAVISTA	RED DE DISTRIBUCION	20"	0,25	45	88,0	684.197
15	COLLALOMA MEDIO	PLANTA TRATAMIENTO BELLAVISTA	A TANQUES COMIT. PUEBLO, COLLALOMA ALTO Y RED DE DISTRIBUCION	20"	0,12	15	13,5	105.163
16	COTOCOLLAO ALTO	TANQUE BELLAVISTA MEDIO	RED DE DISTRIBUCION	14"	0,08	56	36,6	284.726
17	COTOCOLLAO BAJO	TANQUE COTOCOLLAO ALTO	RED DE DISTRIBUCION	10"	0,06	34	14,9	116.054
18	PONCIANO ALTO 1 (No. 10)	PLANTA TRATAMIENTO BELLAVISTA	RED DE DISTRIBUCION	10"	0,18	25	35,7	277.568
19	MONTESERRIN	PLANTA TRATAMIENTO BELLAVISTA	RED DE DISTRIBUCION Y NAYON	18"	0,14	35	39,6	308.154
20	COCHAPAMBA ALTO	TANQUE DE CARGA COCHAPAMBA	RED DE DISTRIBUCION	8"	0,02	93	15,7	122.464
21	CAROLINA MEDIO	PLANTA TRATAMIENTO BELLAVISTA	A TANQUE CAROLINA BAJO Y RED DE DISTRIBUCION	22"	0,29	107	244,1	1.898.231
22	CAROLINA ALTO	PLANTA TRATAMIENTO BELLAVISTA	BOMBEO Y RED DE DISTRIBUCION	14"	0,07	84	46,8	363.588
23	GUAPULO 1	PLANTA TRATAMIENTO BELLAVISTA	RED DE DISTRIBUCION	8"	0,02	173	24,4	189.841
24	ITCHIMBIA BAJO	TANQUE ITCHIMBIA ALTO	RED DE DISTRIBUCION	8"	0,15	58	66,8	519.778
25	EDEN DEL VALLE	PLANTA TRATAMIENTO PUENGASI	RED DE DISTRIBUCION	10"	0,07	57	31,1	241.508
26	SAN BARTOLO	PLANTA TRATAMIENTO PUENGASI	RED DE DISTRIBUCION	20"	0,17	72	98,2	763.755
27	ALPAHUASI	PLANTA TRATAMIENTO PUENGASI	RED DE DISTRIBUCION	12"	0,14	123	134,0	1.042.299
28	CHIRYACU BAJO	PLANTA TRATAMIENTO PUENGASI	RED DE DISTRIBUCION	12"	0,03	67	14,3	111.019
29	CHILLOGALLO MEDIO	PLANTA TRATAMIENTO PUENGASI	RED DE DISTRIBUCION	20"	0,95	27	201,1	1.563.722
30	CHILLOGALLO BAJO	PLANTA TRATAMIENTO PUENGASI	RED DE DISTRIBUCION	34"	0,16	57	71,4	555.295
31	SOLANDA	PLANTA TRATAMIENTO PUENGASI	RED DE DISTRIBUCION	24"	0,16	55	70,7	549.559
32	ARGELIA BAJA	PLANTA TRATAMIENTO PUENGASI	RED DE DISTRIBUCION Y BOMBEO FERROVIARIA ALTO	24"	0,08	32	20,6	159.959
FUENTE: Registros de la Unidad de Agua No Contabilizada EPMAPS - Año 2009				S U B T O T A L N o. 1	2.161,5	16.807.680		

NOTAS:

1. Se ha considerado una eficiencia para el grupo turbina - generador de 0.8
2. La energía anual se ha calculado con un Factor de Planta de 0.9 y una operación de 360 días / año

PROYECTO MICROCENTRALES ELÉCTRICAS								
IDENTIFICACION DEL POTENCIAL DE GENERACION HIDROELECTRICA - SITIOS PERIFERICOS								
No.	SITIO DE UBICACIÓN MICROCENTRAL	INFRAESTRUCTURA ANTERIOR	INFRAESTRUCTURA POSTERIOR	DIAMETRO TUBERIA (p/g)	Q PROMEDIO INGRESO (m3 / s)	ALTURA BRUTA (m)	POTENCIA BRUTA (kW)	ENERGIA ANUAL (kWh)
1	PLANTA TRATAMIENTO BELLAVISTA	PILETA AGUA CRUDA	TANQUE DISTRIBUCION BELLAVISTA	N/D	2,80	20	439,0	3.413.975
2	PLANTA TRATAMIENTO CONOCOTO	CANAL PITA	TANQUES DE DISTRIBUCION	N/D	0,20	100	156,8	1.219.277
	DESCARGA EL TROJE - CANAL PITA	PLANTA TRATAMIENTO EL TROJE	CANAL PITA	-	0,80	100	627,2	4.877.107
3	ESTACION ELEVADORA-PAPALLACTA	CAPTACION TUMINGUINA	CONDUCCION SISTEMA BOMBEO	N/D	2,50	60	1.176,0	9.144.576
4	CENTRAL RECUPERADORA - SPI	TUNEL QUITO	CONDUCCION INFERIOR S.P.I.	42"	1,00	550	4.312,0	33.530.112
5	SISTEMA DE CONDUCCION ATACAZO	SISTEMAS ATACAZO - LLOA	PLANTA DE TRATAMIENTO EL PLACER	20"	0,20	293	459,4	3.572.481
FUENTE: Estudios realizados por el SEGAD de la EPN y registros del Departamento de Captaciones y Conduccion				S U B T O T A L N o. 2	7.170,5	55.757.528		
				TOTAL GENERAL	9.331,9	72.565.208		

NOTAS:

1. Se ha considerado una eficiencia para el grupo turbina - generador de 0.8
2. La energía anual se ha calculado con un Factor de Planta de 0.9 y una operación de 360 días / año

Tabla 2 Consumo de energía, potencia y planillas mensuales de la EPMAPS

PROYECTO MICROCENTRALES ELECTRICAS REGISTRO MENSUAL DEL CONSUMO DE ENERGIA DE LA EPMAPS - AÑO 2009				
MES	ENERGIA (kWh)	POTENCIA (kW)	PLANILLA (US \$)	PRECIO MEDIO (US \$ / kWh)
Enero	1.871.361	11.212	178.268	0,095
Febrero	1.676.520	8.164	140.966	0,084
Marzo	1.494.411	7.686	124.618	0,083
Abril	1.632.661	7.749	146.969	0,090
Mayo	2.230.015	7.836	136.638	0,061
Junio	1.762.669	7.668	158.683	0,090
Julio	1.626.491	7.816	137.760	0,085
Agosto	1.984.366	7.545	167.677	0,084
Septiembre	2.012.803	7.669	186.635	0,093
Octubre	1.955.545	7.868	165.309	0,085
Noviembre	1.833.911	7.865	159.995	0,087
Diciembre	1.703.225	7.963	143.141	0,084
TOTAL	21.783.977	-	1.846.658	0,085
FUENTE Planillas de consumo de energía de la EEQSA, procesadas en el Dpto. Captaciones - GO				
Energía promedio mensual	1.815.331 kWh			
Potencia promedio mensual	8.087 kW			
Planilla promedio mensual	153.888,16 US\$			

PROYECTO MICROCENTRALES ELECTRICAS REGISTRO MENSUAL DEL CONSUMO DE ENERGIA DE LA EPMAPS - AÑO 2010				
MES	ENERGIA (kWh)	POTENCIA (kW)	PLANILLA (US \$)	PRECIO MEDIO (US \$ / kWh)
Enero	1.718.619	7.920	143.458,63	0,083
Febrero	1.887.126	7.922	155.880,06	0,083
Marzo	1.871.589	7.898	158.922,96	0,085
Abril	1.728.660	7.789	150.268,68	0,087
Mayo	1.504.201	5.939	131.175,96	0,087
Junio	1.457.252	7.680	139.195,71	0,096
Julio	1.598.685	7.742	137.278,43	0,086
TOTAL	11.766.132	-	1.016.180	0,086
FUENTE Planillas de consumo de energía de la EEQSA, procesadas en el Dpto. Captaciones - GO				
Energía promedio mensual	1.680.876 kWh			
Potencia promedio mensual	7.556 kW			
Planilla promedio mensual	145.168,63 US\$			

El valor del kW de potencia instalada en micro centrales puede variar, eventualmente hacia los precios menores, ya que el mercado especializado en este segmento tiene un rango significativo de precios cuando se trata de proveedores asiáticos, particularmente chinos; sin embargo por experiencia y calidad en los productos, la tendencia es utilizar equipamiento europeo.

El valor considerado para el kW instalado en el modelo de evaluación financiera, ha sido obtenido de proyectos de esa magnitud desarrollados en el país últimamente. Este modelo permite variar prácticamente todos los parámetros y obtener resultados en todos los escenarios que se deseen analizar.

Una TIR del 73.8 %, un VPN positivo de US \$ 17.737, 83 y un Índice de Rentabilidad de 3.16, determinan una viabilidad financiera excelente del proyecto, aún cuando se trata de una etapa de factibilidad del proyecto, en un escenario de sustitución de la energía requerida por la EPMAPS.

En la Tabla 3a, se plantea una situación más real; se consideran como ingresos los valores de las planillas de energía que se pagan actualmente a la EEQSA, los cuales se pretende sustituir con una potencia instalada de 8 000 kW. La energía generada con la potencia excedente a los 8 000 kW, se comercializaría al valor que la EPMAPS lo hace actualmente en el MEE, es decir, US\$ 0.04 / kWh aproximadamente. Es importante considerar además una TREMA (Tasa de

Recuperación Mínima Atractiva) más real; siendo un proyecto de desarrollo en el ámbito del sector público de servicios, un crédito para inversión no debería estar por sobre el 8% como costo del dinero.

Para las condiciones antes mencionadas, el modelo determina una TIR de 38.2 %, un VPN positivo de US\$ 8 845.46 y un Índice de Rentabilidad igual a 1.58. Los períodos de recuperación de la Inversión, sin valor del dinero en el tiempo y con este, determinan períodos de 2.6 y 3.0 años respectivamente.

Los resultados obtenidos de esta Evaluación Financiera, claramente demuestran que el proyecto de instalación de micro centrales eléctricas para la EPMAPS, es totalmente rentable y tiene períodos de recuperación de la inversión sumamente cortos.

6. EL EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO Y LOS SISTEMAS DE CONTROL Y COMUNICACIONES

Es importante en esta parte del proyecto, describir brevemente el equipamiento electromecánico a utilizarse y las filosofías de control que este tipo de desarrollos deben considerar.

La tendencia mundial en este momento es desarrollar pequeños y medianos proyectos de generación hidroeléctrica, en sitios donde se desea optimizar un recurso como el agua, que se va volviendo más escaso cada día. Los grandes proyectos, pese a que se los sigue desarrollando, son relativamente pocos respecto a los pequeños y dentro de estos, aquellos para la micro generación están teniendo mucho auge entre los fabricantes de estos equipos.

Sin que sea una regla que así lo determine, la micro generación puede ser considerada aquella en la que los grupos turbina generador desarrollan potencias que alcanza las decenas y centenas de kW hasta el límite superior de 1 MW.

Analizando las Tablas 1 y 1a se observa que pocos proyectos tienen una caída bruta superior a los 100 m; la mayoría se ubican en el rango medio de los 50 a 60 m, teniendo para el rango bajo entre 20 y 30 m.

En el caso de los caudales disponibles en los diferentes sitios identificados, son pocos los que superan el rango de los 100 a 300 l/s; la mayoría de los puntos localizados tienen un caudal entre los 20 y 40 l/s.

En base al nomograma establecido para este rango de micro turbinas, presentado en la figura 1, se puede determinar que todos los puntos pre seleccionados, se encuentran en el rango de aplicación de turbinas tipo Pelton, Turgo y Kaplan.

Los estudios de factibilidad avanzada, conocidos también como de diseño definitivo, determinarán exactamente el tipo de turbina a ser aplicado en cada punto, en base a las condiciones hidráulicas, infraestructura existente y ciertas condiciones de regulación que se requiera.

Un aspecto importante que se lo debe mencionar es la forma como se evacuará la energía generada. Mayoritariamente la potencia demandada por las instalaciones de la EPMAPS donde se instalarán las micro centrales, son menores a las producidas; se exceptúan las plantas de tratamiento donde existe una demanda de potencia y energía que en cambio superará la potencia de generación instalada.

Para uno u otro caso, se ha previsto una operación de las micro centrales “en paralelo” con la red de baja tensión de la EEQSA. Con esta modalidad de operación se consigue una importante flexibilidad operativa, se mejora ostensiblemente la confiabilidad, ya que la carga estará alimentada desde dos fuentes. El flujo de potencia resultante de la generación, por un lado se utilizará para satisfacer la demanda de la carga eléctrica y si es el caso, los excedentes ingresarán al sistema eléctrico de distribución de la EEQSA.

En el caso que la micro generación no satisfaga la demanda del sitio donde se ha instalado, la operación en paralelo de las unidades con la red pública, permitirá que desde ésta ingrese la potencia faltante, de manera automática. En cualquiera de las opciones operativas que se determinen, la energía será cuantificada mediante contadores de energía “direccionales”, los cuales permiten realizar un balance mensual de energía y las respectivas liquidaciones económicas.

6.1 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN Y CONTROL

El proyecto de micro centrales de generación para la EPMAPS, se ha reactivado en base al proyecto de Telemetría y Telecontrol para el Sistema de Distribución que actualmente se lleva adelante. Sin duda que la micro generación será el valor agregado para este proyecto que en esencia dispondrá de una gran red de telecomunicaciones para integrar los denominados Centros Distritales de Control y el Centro Máster que se ubicará en el área que ocupa la Planta de Tratamiento de Bellavista, en el sector del parque Metropolitano.

En cada uno de los puntos que formarán la Red de Control y Comunicaciones para el Proyecto de Telemetría, particularmente en los tanques de distribución donde mayoritariamente se instalarán las micro turbinas, existirán Redes Locales de Control (LAN) a las cuales se integrará el control operativo y monitoreo de las micro centrales

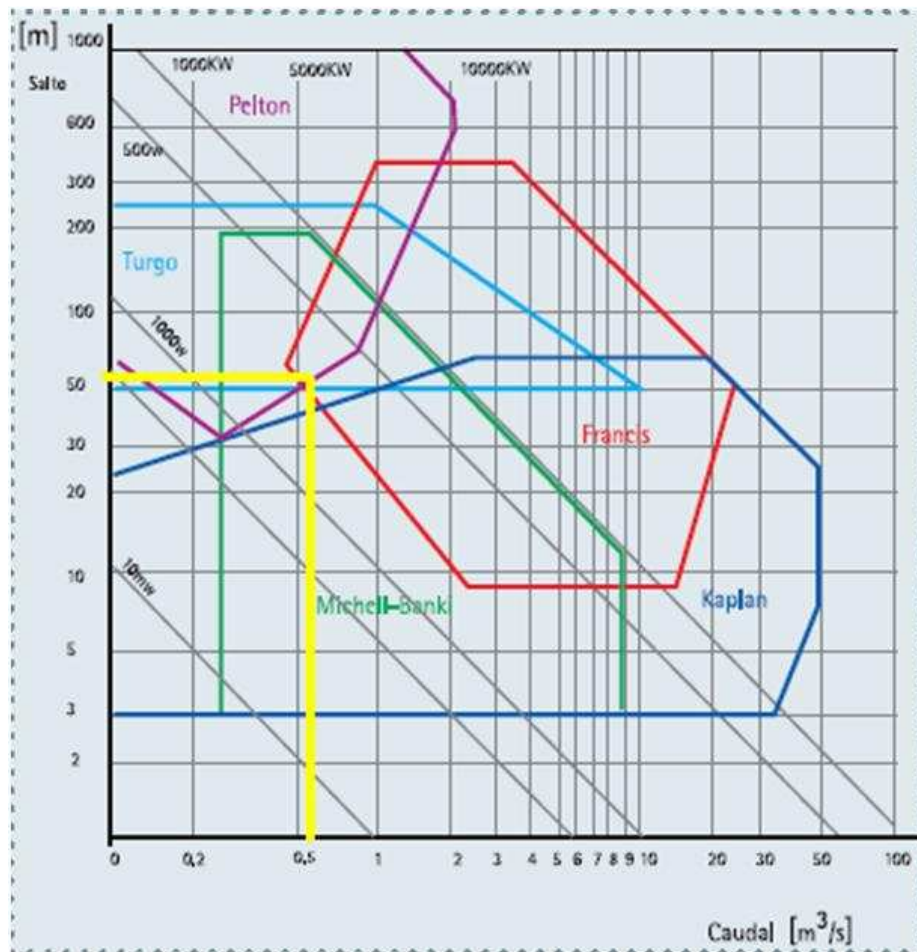


Figura 1 Nomograma para la selección del tipo de turbinas

6.2 FILOSOFÍA DE CONTROL

Las micro centrales que se instalen en los diferentes tanques de distribución, plantas de tratamiento u otros sitios, tendrán un “Grado de Automatización Alto” ya que serán “No Atendidas”; es decir que no existirá un personal permanente de operación.

Deberán disponer de Modos de operación: Manual y Automático; entendiéndose que Manual significa una operación “paso a paso” del grupo turbina generador y sus elementos asociados, desde una pantalla táctil dispuesta en el tablero de control de la Red Local o desde la Interfase Hombre-Máquina instalada en las Estaciones de Trabajo e Ingeniería de los Centros Distritales o el Centro Máster de Control, hasta lograr la operación en paralelo de la micro central con la red eléctrica externa de la EEQSA o la interna de los sistemas de fuerza de las Plantas de Tratamiento.

En el Modo Automático, las micro centrales responderán a los diferentes tipos de regulación que el sistema hidráulico lo prevea; es decir, regulación por Nivel, Caudal, Nivel + Caudal, Posición o Curva programada.

El Mando de operación será Local y Remoto; Local para una operación desde los respectivos tableros de la Red Local de Control en el sitio de instalación de los equipos y Remota desde los Centros Distritales o el Centro Máster de Control.

7. CONCLUSIONES

- Para que un proyecto en general pueda realizarse, debe existir viabilidad técnica, financiera, social y ambiental. Los análisis a nivel de factibilidad realizados con el proyecto de micro centrales han evidenciado la viabilidad técnica y financiera. La viabilidad social se sustenta en la optimización de un recurso cada vez más escaso como el agua que es fundamental para la población y la ambiental en el aprovechamiento de un recurso para la generación de energía limpia, continuamente renovable por la energías del sol que crea y sostiene el ciclo hidrológico; es un proceso que no ocasiona polución y no desplaza calor.
- El paso inmediato para la realización de este proyecto es la definición de especificaciones técnicas de todo el equipamiento requerido y

acondicionamiento de las instalaciones existentes, en los sitios donde se haya determinado que se instalarán micro centrales, en base a un análisis de priorización.

- Los potenciales oferentes del equipamiento electromecánico, escogidos dentro del segmento, recibirán la información necesaria que les permita realizar su propuesta técnica-económica, de acuerdo sus tecnologías disponibles. Estos tendrán la libertad de presentar sus ofertas con parámetros que garanticen la calidad de sus productos, la eficiencia de los mismos y los procedimientos constructivos en base a la normativa respectiva.
- Existen varios proveedores especialmente europeos y asiáticos de equipo para micro centrales. Muchos de ellos cuentan con representantes locales lo cual facilita la obtención de información y requerimientos propios del proyecto. Últimamente se conoce también de algún proveedor local en este mercado especializado.
- La ejecución del proyecto de Telemetría y Telecontrol que está desarrollando la EPMAPS, es fundamental para garantizar la operación y monitoreo en tiempo real y de manera remota de las micro centrales a instalarse, debido a la infraestructura de comunicaciones y Redes Locales de Control (LAN) que se dispondrán en los diferentes sitios donde se instalarían las micro centrales.
- La nueva legislación vigente para las empresas que operan en el sector público, faculta las asociaciones, búsqueda de socios estratégicos, convenios, etc. situación que debe explorarse para el desarrollo de este proyecto.

8. BIBLIOGRAFÍA

INE. Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. Quito, agosto 1980

ITM. Seminario en Gestión Profesional de Proyectos. Quito, agosto 2010

Van Horne. Análisis Financiero. Prentice Hall. XI Edición

GEGAD-EPN. Convenio de Coop. y Asistencia Técnica Interinstitucional. Noviembre 2003

Manuales y Catálogos. Equipos de generación hidroeléctrica.

BIOGRAFÍA

Antonio Villagómez Salazar: Ingeniero eléctrico graduado en la EPN en el año 1990. Egresado MBA en Dirección de Empresas de la UASB en el año 2009.

Director de Hidroelectricidad de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito. Consultor en proyectos de Automatización y Generación de energía. Cursos de especialización en EEUU, Japón, Israel y Venezuela..

Tabla 3 Evaluación Financiera del Proyecto para un Escenario en el que se Comercializa toda la Producción de Energía (Sustitución de Consumos y Venta de Excedentes) al Mismo Precio

PROYECTO MICROCENTRALES ELECTRICAS EVALUACION FINANCIERA DEL PROYECTO																	
DATOS DEL PROYECTO		RESULTADOS															
INVERSION	5.599,14 MUS\$	TREMA	12%	VPN	\$ 17.737,83	TIR	73,8%	PRI S V D T	1,35 años	PRI C V D T	1,6 años	VPN/INV	3,17				
n (Vida Util Proyecto)	15 años																
TREMA	12%																
TASA Impuestos	0%																
DEPRECIACION LINEAL	15 AÑOS																
VALOR RESIDUAL	0 MUS\$																
COSTO kW Instalado	0,6 MUS \$ / kW																
Precio medio energía	0,065 US \$ / kWh																
Potencia Instalada	9.331,90 kW																
Factor de Planta	0,8																
Horas al año Operación	8.640 Horas																
		VPN	Valor Presente Neto	TIR	Tasa Interna de Retorno	TREMA	Tasa de Recuperación Mínima Atractiva	PRI SVDT	Período de Recuperación de la Inversión sin valor del costo del dinero en el tiempo	PRI CVDT	Período de Recuperación de la Inversión con valor del costo del dinero en el tiempo	VPN / INV	Indice de Rentabilidad o razón Costo-beneficio				
AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
INGRESOS		4.193	4.193	4.193	4.193	4.193	4.193	4.193	4.193	4.193	4.193	4.193	4.193	4.193	4.193	4.193	
EGRESOS		60	60	60	60	75	60	60	60	60	75	60	60	60	60	75	
UTIL OPERATIVA		4.133	4.133	4.133	4.133	4.118	4.133	4.133	4.133	4.133	4.133	4.118	4.133	4.133	4.133	4.118	
DEPRECIACION		373	373	373	373	373	373	373	373	373	373	373	373	373	373	373	
UTIL ANT. DE IMPUEST.		3.759	3.759	3.759	3.759	3.744	3.759	3.759	3.759	3.759	3.744	3.759	3.759	3.759	3.759	3.744	
IMPUESTOS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
UTILIDAD NETA		3.759	3.759	3.759	3.759	3.744	3.759	3.759	3.759	3.759	3.744	3.759	3.759	3.759	3.759	3.744	
FEN P = UT. NETA + DEP		4.133	4.133	4.133	4.133	4.118	4.133	4.133	4.133	4.133	4.118	4.133	4.133	4.133	4.133	4.118	
INVERSION	-5.599,1																
FEN (Flujo Efec. Neto)	-5.599,1	4.133	4.133	4.133	4.133	4.118	4.133	4.133	4.133	4.133	4.118	4.133	4.133	4.133	4.133	4.118	
FEN ACUM	-5.599,1	-1.467	2.666	6.799	10.931	15.049	19.182	23.314	27.447	31.580	35.697	39.830	43.962	48.095	52.228	56.345	
FEN DESCONTADO	-5.599,1	3689,8536	3294,51214	2941,5287	2626,36491	2336,45727	2093,72208	1869,39467	1669,10238	1490,26998	1325,7686	1188,03411	1060,74474	947,093516	845,61921	752,276708	
FEN DESC. ACUMULADO	-5.599,1	-1.909	1.385	4.327	6.953	9.290	11.383	13.253	14.922	16.412	17.738	18.926	19.987	20.934	21.779	22.532	
NOTAS:																	
1. En los Egresos se consideran los costos mensuales de operación y mantenimiento y un overhaul de los equipos cada 5 años																	
2. Se considera un factor de Planta para la operación de las centrales igual a 0,8, en base a las condiciones operativas actuales del Sistema de Distribución																	
3. Por la potencia de las micro centrales, no se necesita Subestación de Elevación para interconectarse a la red externa. Esta se la haría en baja tensión, utilizando sistema de sincronización																	
4. Las micro centrales se instalarán en sitios donde existirá Sistema de Comunicaciones y Red de Control asociada al Centro de Control de Distribución que se está desarrollando con la Telemetría																	

