

ANEXO 5

Desarrollo de cálculos

Título del proyecto:

Estudio de implantación de energías renovables para el orfanato "Ciudad de los Niños" en Guatemala

Autor:

Enrique Martinell Andreu

Tutor:

Daniel Garcia-Almiñana

Departamento de proyectos

Curso 2008-2009

Índice

	Página
Índice.....	1
Guía del anexo	3
1 Cálculo de potencia de los edificios	5
2 Cálculo de consumo de los edificios	15
3 Cálculo de la instalación de farolas.....	23
4 Cálculo de consumo de las bombas	25
5 Estimación de la electrificación de la zona urbanizada oeste.....	27
6 Dimensionado de las líneas.....	29
7 Aproximación de la energía eléctrica obtenible por biodigestión	33
8 Cálculos de la energía solar fotovoltaica.....	35
9 Cálculos de viabilidad económica	41
10 Cálculo de la priorización de las propuestas de proyecto mediante Valor Técnico Ponderado (VTP).....	49

Guía del anexo

Para simplificar la lectura de la memoria se han eliminado de ella todas las formulaciones y cálculos. Estos han sido recogidos en dos anexos: anexo de metodologías de cálculo y anexo de desarrollo de cálculos.

El anexo 4 (metodologías de cálculo) contiene la formulación y el procedimiento teórico utilizado para la obtención de los resultados y el anexo 5 (desarrollo de cálculos) contiene el cálculo numérico.

Cada cálculo tiene un aparatado en cada uno de los anexos. En la localización parece la referencia de su ubicación en la memoria y en el otro anexo.

Anexo 5: Desarrollo de cálculos

1 Cálculo de potencia de los edificios

1.1 Localización

Documento	Capítulo	Página
Memoria	7.1	29
Anexo de metodologías de cálculo	1	5

1.2 Síntesis

Proceso del cálculo de potencia de los edificios estimada para la instalación actual y la futura. Este cálculo es básico para el dimensionado de la nueva instalación y para poder evaluar las repercusiones sobre consumo de energía que supone el cambio de la misma.

Primeramente se ha calculado la potencia en iluminación interior de cada edificio tanto instalada en la actualidad como la necesaria para la nueva instalación. Luego se ha procedido igual para la iluminación exterior de los edificios (excluyendo las farolas¹) y se ha calculado la potencia de las tomas.

1.3 Cálculo de potencia en iluminación interior de los edificios

El cálculo que se presenta a continuación tiene como objetivo poder evaluar la potencia que tendrá cada edificio en la nueva instalación de manera aproximada para poder dimensionarla. No es propósito obtener los detalles de iluminación de cada sala o edificio sino evaluar la potencia que suponen.

A partir de la relación entre potencia nominal de las luminarias y el flujo de luz que ofrecen (tabla 1), el área de cada sala y las luminarias instaladas se ha

¹ Las farolas forman parte de una instalación independiente de la iluminación de los edificios. Los cálculos de ésta se encuentran en la página 23 de este anexo.

calculada la luminancia que hay actualmente en cada sala. Las columnas tercera y cuarta de la tabla 3 muestran la iluminación con la instalación actual.

Luminaria	Flujo de luz (lumen)	Potencia (W)
BC	600	10
BC	900	15
BC	1200	20
BC	1200	25
Tubo	1200	20
Tubo	3500	40
Incandescencia	700	60

Tabla 1: Relación entre potencia nominal y flujo de luz de las luminarias

Observando la iluminancia instalada y en conocimiento de los criterios de iluminación de la norma UNE-EN 12464-1:2003 se ha determinado la luminosidad necesaria en cada sala (tabla 2). Para ello se ha comparado según uso de las salas y las observaciones de la visita cuál es la cantidad de luz adecuada para cada caso. El valor de referencia según la norma ha servido de orientación. Se debe destacar que no es propósito del proyecto el cumplimiento de la normativa europea sino conseguir una iluminación satisfactoria sin comprometer excesivamente el consumo.

Actividad	Norma	Necesario
Almacenes	100	100
Aseos	100	100
Aulas	300	200
Biblioteca estanterías	200	200
Biblioteca lectura	500	200
Canchas	300	200
Cocina	500	200
Comedor	-	100
Consultas clínica	-	200
Descanso	100	100
Pasillos y distribuidores	100	100

Tabla 2: Cantidad de luminosidad en lux según norma UNE-EN 12464-1:2003 y según se estima necesario en la Ciudad de los Niños

La iluminación en las aulas y la biblioteca es menor que en la norma ya que estas no son utilizadas durante la noche; la iluminación tiene, en este caso, el único objetivo de servir de apoyo a la iluminación natural los días oscuros. La oficina se ha evaluado como un aula. La iluminación en la cocina es menor a la determinada en la norma ya que en la cocina de la que se dispone no se hacen trabajos de precisión (los 500 lux según la norma atiende a cocinas para hostelería).

Sabiendo la relación entre potencia y flujo de luz se ha calculado la potencia que se consumirá con la nueva instalación. Se supone una iluminación hecha en su totalidad con lámparas de bajo consumo de 25W. Se ha escogido usar esta lámpara como base de cálculo dado que, entre las utilizadas en la Ciudad de los Niños, es la que peor relación tiene entre los lúmenes ofrecidos y los vatios consumidos (sin tener en cuenta las bombillas de incandescencia que se están dejando de utilizar).

Sala/edificio	Área (m ²)	Lumen instalados	Lux instalados	Lux necesarios	Lumen necesarios	Potencia necesaria (W)
1.- Oficina y bodega						
Oficina	30	1800	60	200	6000	125
Bodega 1	170	6000	35	100	17000	354
Bodega 2	30	3600	120	100	3000	63
2.- Escuela río						
Aula 1	16	0	0	200	3200	67
Aula 2	16	0	0	200	3200	67
Aula3	45	0	0	200	9000	188
Biblioteca	30	2700	90	200	6000	125
3.- Escuela anexo río						
Sala de baterías	14	900	64	100	1400	29
Aula de mecanografía	25	1800	72	200	5000	104
Aula	25	1800	72	200	5000	104
Aula manualidades 1	32	700	22	200	6400	133
Aula manualidades 2	32	3600	113	200	6400	133
WC	4	900	225	100	400	8
4.- Casa de maestros						
Cocina	5	600	120	100	500	10
Pasillo	25	900	60	100	2500	52
Habitaciones 1-6	6x12	7200	100	100	7200	150
Habitación 7	12	900	75	100	1200	25
Habitación 8	14	900	64	100	1400	29
Aseo 1	12	1200	100	100	1200	25
Aseo 2	14	1200	86	100	1400	29
5.- Comedor y cocina						
	210	10800	63	100	21000	438
6.- Almacén de comida						
	20	0	0	100	2000	42
7.- Casa de varones						
Primer piso						
Habitación 1	20	900	45	100	2000	42
Habitación 2	20	900	45	100	2000	42
Habitación 3	24	1800	75	100	2400	50
Habitación 4	24	900	38	100	2400	50
Habitación 5	14	0	0	100	1400	29
Habitación 6	12	900	75	100	1200	25
Habitación orientador	24	1800	75	100	2400	50
Distribuidor	92	4500	49	100	9200	192
Duchas	20	900	45	100	2000	42

Anexo 5: Desarrollo de cálculos

Segundo piso						
Habitación 1	17	1200	71	100	1700	35
Habitación 2	120	1800	15	100	12000	250
Habitación orientador	14	1800	129	100	1400	29
WC	2	0	0	100	200	4
8.- Casa de las Niñas						
Primer piso						
Habitación 1	42	1800	43	100	4200	88
Habitación 2	60	1200	40	100	6000	125
Habitación 3	35	3600	103	100	3500	73
Habitación 4	50	2400	48	100	5000	104
Casa de Señu Bea	35	-	-	100	3500	73
Duchas 1	34	600	18	100	3400	71
Duchas 2	34	1200	71	100	3400	71
Distribuidor	35	2400	69	100	3500	73
Segundo piso						
Habitación 1	45	900	20	100	4500	94
Habitación 2	70	600	26	100	7000	146
Habitación 3	60	1800	30	100	6000	125
Habitación 4	13	600	46	100	1300	27
Habitación orientadora	28	900	75	100	2800	58
Habitación invitados	25	1200	96	100	2500	52
Estudio	16	0	0	200	3200	67
Duchas 1	22	700	32	100	2200	46
Duchas 2	21	600	29	100	2100	44
Distribuidor	36	1800	50	100	3600	75
9.-Carpintería						
Sala	7,875	1200	152	100	787,5	16
Jaula 1	19,25	0	0	100	1925	40
Jaula 2	42	900	21	100	4200	88
Aula 1	45	1200	104	200	9000	188
Aula 2	54	2400	67	200	10800	225
10.- Casa de trabajadores						
	300	-	-	200	30000	225
11.-Escuela						
Primer piso						
Cancha	280	42000	150	200	56000	1167
Aula 1	55	2400	44	200	11000	229
Aula 2	50	1200	24	200	10000	208
Aula 3	27	2400	89	200	5400	113
Aula 4	20	2400	120	200	4000	83
Aula 5	27	2400	89	200	5400	113
Segundo piso						
Aula 1	26	4800	185	200	5200	108
Aula 2	50	0	0	200	10000	208
Aula 3	18	1200	67	200	3600	75
Aula 4	24	0	0	200	4800	100
Aula 5	20	0	0	200	4000	83
12.- Aula						
	40	0	0	100	4000	167
13.- Clínica						

Consulta 1	10	600	60	200	2000	42
Consulta 2	10	600	60	200	2000	42
Consulta 3	5	600	120	200	1000	21
Almacén	24	1800	75	100	2400	50
Cocina	9	600	67	200	1800	38
Habitación	17	1800	106	100	1700	35
14.- Lavandería						
	10	700	70	100	1000	21

Tabla 3: Cálculo de necesidad de potencia por salas, suponiendo lámparas de bajo consumo de 25W, comparación de la luminosidad con la instalada en la actualidad

Núm.	Nombre	Área (m ²)	Potencia instalada (W)	Potencia necesaria (W)
1	Oficina y bodega	230	190	542
2	Escuela río	120	45	446
3	Escuela anexo río	140	210	513
4	Casa de maestros	155	280	321
5	Comedor y cocina	210	265	438
6	Almacén comida	20	0	42
7	Casa de varones	400	295	840
8	Casa de niñas	660	540	1.410
9	Carpintería y aulas	350	155	557
10	Casa de trabajadores	300	400*	625
11	Escuela	600	840	2.488
12	Aula	40	0	167
13	Clínica	180	100	227
14	Lavandería	10	60	21
		Total	3380	8.634

Tabla 4: Necesidades de potencia en iluminación interior por edificios para la nueva instalación comparada con la instalación actual. *Valor estimado a falta de datos reales

1.4 Cálculo de potencia en iluminación exterior de los edificios

Este cálculo atiende únicamente a las luces instaladas en las fachadas de poca potencia que penden de cada edificio.

La potencia instalada en la actualidad obtenida directamente de la toma de datos:

Núm.	Nombre	Tipo	Potencia (W)	Puntos de luz	Potencia (W)
1	Oficina y bodega	Tubo	20	2	40
4	Casa de maestros	BC	10	1	10
5	Comedor y cocina	BC	20	1	20
		Incand.	60	1	60
8	Casa de niñas	Incand.	60	1	60
Total				6	190

Tabla 5: Potencia de iluminación instalada en exteriores de los edificios

El cálculo de estimación de la potencia de la nueva instalación se basa en la colocación de tubos fluorescentes para iluminar los porches de los edificios y la posición de algunas puertas importantes.

En el anteproyecto² se definen 31 puntos de luz para este uso pero se ha evaluado que con la colocación de aproximadamente 20 tubos de 40W se tiene una iluminación satisfactoria:

Núm.	Nombre	Puntos de luz	Potencia (W)	Justificación
1	Oficina y bodega	2	80	Iluminación del porche frente al muelle
2	Escuela río	0	0	Este edificio no se utiliza nunca en horas oscuras y su entrada quedaría fácilmente iluminada por la instalación exterior
3	Escuela anexo río	3	120	Dos en el paso hacia la casa de varones y el tercero en el puente que lleva al aula de manualidades y el aseo
4	Casa de maestros	2	80	Iluminación del porche
5	Comedor y cocina	3	120	Iluminación de porche
6	Almacén comida	2	80	Entrada hacia la concha y hacia el muelle
7	Casa de varones	1	40	Iluminación de la entrada
8	Casa de niñas	1	40	Iluminación de la entrada
9	Carpintería y aulas	3	120	Iluminación del porche
10	Casa de trabajadores	1	40	Estimación para la proyección del nuevo edificio. Iluminación de la entrada
11	Escuela	2	80	Iluminación entradas
12	Aula	0	0	No es necesario
13	Clínica	0	0	La pasarela que llega a la clínica queda iluminada por las farolas
14	Lavandería	0	0	No es necesario
Total		20	800	

Tabla 6: Aproximación de la potencia en luz exterior de los edificios para la instalación futura

² Véase anexo 3 (Memoria de David Pérez)

1.5 Potencia total en iluminación de los edificios

De La suma de la potencia en iluminación exterior e interior de los edificios para la instalación actual y la proyectada se obtiene la potencia instalada en iluminación.

Núm.	Nombre	Área (m ²)	Potencia instalada (W)	Potencia necesaria (W)
1	Oficina y bodega	230	230	622
2	Escuela río	120	45	446
3	Escuela anexo río	140	210	633
4	Casa de maestros	155	290	401
5	Comedor y cocina	210	345	558
6	Almacén comida	20	0	122
7	Casa de varones	400	295	880
8	Casa de niñas	660	600	1450
9	Carpintería y aulas	350	155	677
10	Casa de trabajadores	300	400*	665
11	Escuela	600	840	2568
12	Aula	40	0	167
13	Clínica	180	100	227
14	Lavandería	10	60	21
		Total	3570	9434

Tabla 7: Potencia total instalada y proyectada en iluminación por edificios

*Datos estimados

1.6 Cálculo de la potencia en tomas

El uso de las tomas de la instalación actual es, por lo general, bajo. Se asimila la potencia instalada en función de los equipos conectados, ya que es el valor que interesa para el cálculo de consumos y no se tiene el inventario completo de tomas instaladas.

Núm.	Nombre	Uso	horario	Potencia (W)
1	Oficina y bodega	PC	8:00- 20:00	300
		Impresora	Ocasional ³	400
		Cargadores y portátiles	Habitual	70
2	Escuela río	PC	Ocasional	300
3	Escuela anexo río	Sin uso		0
4	Casa de maestros	Cargadores y radios		150
5	Comedor y cocina	Sin uso		0
6	Almacén comida	Sin uso		0
7	Casa de varones	Equipo de música	6:30-7:30	60
8	Casa de niñas	Equipo de música	6:30-7:31	60
		Portátil Seño Bea	Ocasional	70
9	Carpintería y aulas	Máquinas de trabajo	Ocasional	1000
10	Casa de trabajadores	Cargadores y radios	17:-20:30	100*
11	Escuela	Sin uso		0
12	Aula	Sin uso		0
13	Clínica	Sin uso		0
14	Lavandería	Sin tomas		0
			Total	2510

Tabla 8: Uso de potencia el tomas en la instalación actual

*Datos estimados

Para la nueva instalación se consideran tomas de 15A lo que supone una potencia 1650W instalada (si tensión de las líneas es de 110V). Como se explica en la metodología del cálculo se considera únicamente la potencia la última toma de cada línea independientemente del número que haya para el dimensionado de la instalación.

Se supone una línea de tomas por edificio de tal manera que la potencia instalada de cada uno de ellos se le suma 1650W. No obstante a la hora de calcular el consumo se tendrá en cuenta en los factores de uso que no se utilizará toda la potencia instalada. Este cálculo no define ni aproxima el número de tomas que tendrá cada edificio pero sí determina si habrá o no tomas en el edificio.

³ El término ocasional se refiere a usos menores a una hora diaria

Núm.	Nombre	Potencia (W)
1	Oficina y bodega	1650
2	Escuela río	1650
3	Escuela anexo río	1650
4	Casa de maestros	1650
5	Comedor y cocina	1650
6	Almacén comida	0
7	Casa de varones	1650
8	Casa de niñas	1650
9	Carpintería y aulas	1650
10	Casa de trabajadores	1650
11	Escuela	1650
12	Aula	1650
13	Clínica	1650
14	Lavandería	0
Total		19800

Tabla 9: Resumen de potencia a instalar en tomas

1.7 Resultados

1.7.1 Potencia total en la instalación actual en los edificios

Núm.	Nombre	Área (m ²)	Potencia (W)
1	Oficina y bodega	230	1000
2	<i>Escuela río</i>	<i>120</i>	<i>345</i>
3	<i>Escuela anexo río</i>	<i>140</i>	<i>210</i>
4	Casa de maestros	155	440
5	Comedor y cocina	210	345
6	<i>Almacén comida</i>	<i>20</i>	<i>0</i>
7	Casa de varones	400	355
8	Casa de niñas	660	730
9	Carpintería y aulas	350	1155
10	Casa de trabajadores	300	500*
11	<i>Escuela</i>	<i>600</i>	<i>840</i>
12	<i>Aula</i>	<i>40</i>	<i>0</i>
13	Clínica	180	100
14	Lavandería	10	60
Total			6080
Total uso			3955

Tabla 10: Potencia por edificios de la instalación actual.

En cursiva los edificios que siempre están desconectados

*Datos estimados

1.7.2 Potencia total esperada en la instalación futura de los edificios

A partir de las potencias de iluminación y tomas se ha estimado la potencia total de cada edificio que corresponde a la potencia de diseño de cada una de las instalaciones de uso de los mismos.

Núm.	Nombre	Área (m ²)	Potencia (W)
1	Oficina y bodega	230	2272
2	Escuela río	120	2096
3	Escuela anexo río	140	2283
4	Casa de maestros	155	2051
5	Comedor y cocina	210	2208
6	Almacén comida	20	122
7	Casa de varones	400	2530
8	Casa de niñas	660	3100
9	Carpintería y aulas	350	2327
10	Casa de trabajadores	300	2315
11	Escuela	600	4218
12	Aula	40	1817
13	Clínica	180	1877
14	Lavandería	10	21
Total			29234

Tabla 11: Potencia de diseño de cada edificio para la nueva instalación

2 Cálculo de consumo de los edificios

2.1 Localización

Documento	Capítulo	Página
Memoria	7.1	29
Anexo de metodologías de cálculos	2	7

2.2 Síntesis

En este cálculo se contabiliza la energía que consumen los edificios en la instalación actual y la que se prevé que consuman en el futuro.

2.3 Cálculo del consumo por edificios en la instalación actual

La tabla 12 muestra el consumo energético estimado de la instalación actual a partir del conocimiento del uso habitual de la instalación.

Núm.	Nombre	Área (m ²)	Potencia instalada (W)	Horas de conexión diarias	Horas de uso diarias	Factor de uso	Energía consumida (kWh/año)	
1	Oficina y bodega	230	1000	24	15	0,18	989,2	
2	Escuela río	120	345	0	0	-	0,0	
3	Escuela anexo río	140	210	0	0	-	0,0	
4	Casa de maestros	155	440	24	24	0,13	507,9	
5	Comedor y cocina	210	345	9	9	0,83	937,6	
6	Almacén comida	20	0	0	0	-	0,0	
7	Casa de varones	400	355	4,5	4,5	0,87	506,4	
8	Casa de niñas	660	730	9	4,5	0,76	908,9	
9	Carpintería y aulas	350	1155	6	4h/mes	0,03	1,9	
10	Casa de trabajadores	300	500*	3,5	3,5	0,80	511,0	
11	Escuela	600	840	2h/mes	0,07	0,64	13,1	
12	Aula	40	0	0	0	-	0,0	
13	Clínica	180	100	4	2	0,5	36,5	
14	Lavandería	10	60	3,5	0	1	0,0	
		Total	6080				Total	4412

Tabla 12: Consumo anual de energía al año en edificios. *Datos estimados

Justificación de las horas de uso y los factores de uso para cada edificio:

- Edificio 1. Oficina y bodegas. Este edificio tiene conexión las 24 horas del día. Durante la noche (desde las 22:00h hasta las 7:00h) prácticamente no se usa el edificio mientras que durante el resto del día el ordenador (300W) está conectado unas ocho horas diarias. Se estima un uso de 30W durante una hora al día para cargar baterías de teléfonos celulares y portátiles. Las luces de la oficina (30W) se encienden unas dos horas diarias y las de bodega prácticamente nunca. La luz de porche se enciende unas tres horas diarias.
- Edificio 4. Casa de maestros. Tiene conexión todo el día y se considera consumo continuo a falta de un horario fiable de uso. La iluminación se utiliza en todo el edificio durante el anochecer y la madrugada (cuatro horas). Los maestros suelen tener entre uno y dos ordenadores portátiles que suponen aproximadamente 90W conectados durante unas dos horas diarias. También tienen aproximadamente seis teléfonos celulares que para cargarlos un consumen unos 60W durante seis horas por semana (dos horas a 30W de carga por semana para cada celular).
- Edificio 5. Comedor y cocina. Está conectado nueve horas al día. La cocina está iluminada todas las horas (supone la mitad de la potencia) mientras que el comedor solo durante el desayuno y la cena (unas 4,5 horas). Se usa en las tomas un televisor (80W) durante unas dos horas cada tres días. La luz del porche se enciende unas tres horas diarias.
- Edificios 7 y 8. Casas de varones y casa de niñas. Estos dos edificios tienen toda la luz encendida de manera continua durante las cuatro horas y media de uso (anochecer y madrugada) y un equipo de música de unos 60W en cada uno que se conecta aproximadamente una hora diaria. La luz exterior de casa de las niñas no se enciende.
- Edificio 9. La luz de la carpintería se enciende eventualmente (unas 4h mensuales, 40W) mientras que la de las aulas prácticamente nunca. El uso de las tomas es despreciable.
- Edificio 10. Este edificio se conecta tres horas y media al día por las tardes directamente al generador.
- Edificio 11. El edificio de la escuela se conecta únicamente para iluminar la cancha cuando hay eventos y fiestas. El tiempo de iluminación de la cancha se estima en dos horas mensuales.
- Edificio 13. La clínica no utiliza las tomas de las que dispone. Se conecta a la corriente durante unas cuatro horas por las tardes y se

estiman unas dos horas de uso de la electricidad para iluminar aproximadamente la mitad de las salas.

- Edificio 14. La lavandería está conectada a la corriente siempre que la casa de trabajadores lo está ya que pende de ella no obstante prácticamente nunca se lava por la noche y la luz prácticamente no se enciende.

2.4 Estimación del consumo por edificio en la instalación proyecto

La nueva instalación ofrece la posibilidad de una iluminación mayor y más extensa en el tiempo. Esto implica un margen de consumo muy grande en función del uso que se haga. Para poder estimar dicho consumo se han desarrollado tres escenarios. El primero suponiendo una concienciación importante sobre ahorro energético, el segundo suponiendo un uso de la energía razonable y el tercero suponiendo un uso despreocupado. Se ha supuesto una conexión a la red de 24 horas al día de todos los edificios.

2.4.1 Primer escenario: Usuarios concienciados y minimización de consumo

Pese a disponer de energía eléctrica 24h al día en todos los edificios se intenta hacer un uso mínimo. El aumento del uso respecto a la actual es el mínimo y se evitan los derroches de hoy en día.

Núm.	Nombre	Área (m2)	Potencia (W)	Factor de uso	Consumo (KWh/año)
1	Oficina y bodega	230	2272	0,038	760
2	Escuela río	120	2096	0,009	163
3	Escuela anexo río	140	2283	0,012	231
4	Casa de maestros	155	2051	0,018	328
5	Comedor y cocina	210	2208	0,058	1126
6	Almacén comida	20	122	0,042	45
7	Casa de varones	400	2530	0,057	1262
8	Casa de niñas	660	3100	0,077	2096
9	Carpintería y aulas	350	2327	0,012	247
10	Casa de trabajadores	300	2315	0,200	4056
11	Escuela	600	4218	0,025	908
12	Aula	40	1817	0,004	61
13	Clínica	180	1877	0,013	207
14	Lavandería	10	21	0,000	0
Total			29234	Total	11488

Tabla 13: Consumo de energía de la nueva instalación según el escenario 1 de usuarios concienciados y minimización de consumo

Justificación de los factores de uso para cada edificio:

- Edificio 1. Oficina y bodegas. La luz se utiliza únicamente cuando es necesaria (dado que por la noche no se trabaja se estima que la necesidad de luz es de dos horas al día a un tercio de la potencia instalada. La luz del porche se enciende alrededor de 1h diaria. Se prevé el uso de un ordenador (400W durante de cuatro horas diarias) y uso de cargadores mínimo (30W durante dos horas al día).
- Edificios 2, 3,11 y 12 de la escuela: Se supone un consumo mínimo únicamente cuando hay falta extrema de luz. Se cuenta el 100% de la potencia durante seis horas cinco días al mes. La luz exterior se enciende 1 hora al día solo en los edificios de 2 y 3. No se usan las tomas.
- Edificio 4. Casa de maestros. Se usa la luz interior al 60% durante tres horas al día. La luz exterior se supone en tres horas al día y el uso de las tomas por radios y portátiles en tres horas a 80W.
- Edificio 5. Comedor y cocina. Se usa la luz estrictamente durante los ratos de comer y cocinar lo que supone toda la potencia durante cinco horas al día y la mitad de la potencia durante tres horas más. Se usa en las tomas un televisor (80W) durante unas dos horas cada tres días. La luz del porche se enciende dos horas al día y no se usan las tomas.
- Edificio 6. El almacén de cocina tiene la luz encendida una hora al día.
- Edificios 7 y 8. Casa de varones y casa de niñas. Luz interior al 100% de potencia durante la madrugada y el anochecer (cuatro horas al día). Uso de las tomas de 60W una hora diaria y la luz exterior se enciende una hora al día.
- Edificio 9. La luz de la carpintería se enciende eventualmente (una hora al día, 40W) mientras que la de las aulas como el resto de la escuela 1 hora. La luz exterior se enciende una hora al día y el uso de las tomas es ínfimo y despreciable.
- Edificio 10. La casa de trabajadores se considera que trabaja a un 20% durante todo el día.
- Edificio 13. Clínica. Se supone un uso de la mitad de la iluminación interior cinco horas al día. No se usan las tomas y la luz exterior se enciende 1 hora diaria.
- Edificio 14. En la lavandería nunca se usa la luz.

2.4.2 Segundo escenario: Usuarios concienciados sin minimización de consumo

Los usuarios son conscientes del coste de la energía y cuidan sus acciones pero aprovechan la disponibilidad. Este es el estado que se espera en la Ciudad de los Niños.

Núm.	Nombre	Área (m ²)	Potencia (W)	Factor de uso	Consumo (KWh/año)
1	Oficina y bodega	230	2272	0,111	2206
2	Escuela río	120	2096	0,018	325
3	Escuela anexo río	140	2283	0,023	462
4	Casa de maestros	155	2051	0,030	543
5	Comedor y cocina	210	2208	0,060	1169
6	Almacén comida	20	122	0,083	89
7	Casa de varones	400	2530	0,066	1467
8	Casa de niñas	660	3100	0,089	2404
9	Carpintería y aulas	350	2327	0,026	538
10	Casa de trabajadores	300	2315	0,300	6084
11	Escuela	600	4218	0,049	1816
12	Aula	40	1817	0,008	122
13	Clínica	180	1877	0,015	249
14	Lavandería	10	21	0,042	8
	Total		29234	Total	17480

Tabla 14: Consumo de energía de la nueva instalación según el escenario 2 de usuarios concienciados sin minimización consumo

Justificación de los factores de uso para cada edificio:

- Edificio 1. Se estima un uso de la mitad de la potencia lumínica durante cuatro horas diarias. El uso de dos ordenadores y cargadores que supone una potencia en tomas de 800W durante seis horas al día. Y uso de la luz exterior de dos horas diarias.
- Edificios 2, 3, 11 y 12 de la escuela. Se supone un consumo cuando hay falta de luz y algunas horas necesarias. Se cuenta el 100% de la potencia durante seis horas diez días al mes. La luz exterior se enciende dos horas al día solo en los edificios de 2 y 3. No se usan las tomas.
- Edificio 4. En la casa de maestros se supone un uso de la luz al 80% durante cuatro horas al día (las madrugadas y los atardeceres. Se contempla un uso de la luz exterior de dos horas al día y de las tomas de 3 horas a 100W por radios, cargadores y uno o dos portátiles.
- Edificio 5. Comedor y cocina. Se usa la luz durante los ratos de comer y cocinar lo que supone toda la potencia durante seis horas al día y la mitad de la potencia durante tres horas más. La luz del porche se

enciende tres horas al día y eventualmente se usan las tomas 60W una hora a la semana además del televisor (80W) dos horas cada tres días.

- Edificio 6. El almacén de cocina tiene la luz encendida dos horas al día.
- Edificios 7 y 8. Casa de varones y casa de niñas. Luz interior al 100% de potencia durante la madrugada y el anochecer (cuatro horas al día) y algún momento durante el día más que añaden 30 minutos diarios. Uso de las tomas de 60W dos horas diarias y la luz exterior se enciende unas tres horas al día. Además del televisor (80W) dos horas cada tres días.
- Edificio 9. La luz de la carpintería se enciende eventualmente (dos horas al día, 40W) mientras que la de las aulas como el resto de la escuela dos horas. La luz exterior se enciende tres horas al día y el uso de las tomas es despreciable.
- Edificio 10. La casa de trabajadores se considera que trabaja a un 30% durante todo el día.
- Edificio 11. El edificio de la escuela se conecta únicamente para iluminar la cancha cuando hay eventos y fiestas. El tiempo de iluminación de la cancha se estima en dos horas mensuales.
- Edificio 13. Clínica. Se supone un uso de tres cuartas de la iluminación interior cinco horas al día. No se usan las tomas y la luz exterior se enciende 2 horas diaria.
- Edificio 14. Lavandería. Se usa la luz una hora al día.

2.4.3 Tercer escenario: Usuarios no concienciados

Con los edificios conectados las 24 horas del día y un gasto de energía sin cuidado, no hay consciencia de ahorro.

Núm.	Nombre	Área (m ²)	Potencia (W)	Factor de uso	Consumo (KWh/año)
1	Oficina y bodega	230	2272	0,111	2206
2	Escuela río	120	2096	0,018	325
3	Escuela anexo río	140	2283	0,023	462
4	Casa de maestros	155	2051	0,030	543
5	Comedor y cocina	210	2208	0,060	1169
6	Almacén comida	20	122	0,083	89
7	Casa de varones	400	2530	0,066	1467
8	Casa de niñas	660	3100	0,089	2404
9	Carpintería y aulas	350	2327	0,026	538
10	Casa de trabajadores	300	2315	0,300	6084
11	Escuela	600	4218	0,049	1816
12	Aula	40	1817	0,008	122
13	Clínica	180	1877	0,015	249
14	Lavandería	10	21	0,042	8
Total			29234	Total	17480

Tabla 15: Consumo de energía de la nueva instalación según el escenario 3 de usuarios no concienciados

Justificación de los factores de uso para cada edificio:

- Edificio 1. Luz encendida en la oficina cinco horas diarias y en las bodegas tres horas. Dos ordenadores conectados de manera continua ocho horas al día. Luz exterior cinco horas al día.
- Edificios 2, 3, 11 y 12 de la escuela. Se usa la luz indiscriminadamente y a veces ni siquiera se apaga ocho horas al día a máxima potencia. La luz exterior se enciende cinco horas al día. No se usan las tomas.
- Edificio 4. Casa de maestros. Se estima un uso de luz al 80% seis horas diarias, un uso de las tomas abusivo 200W cuatro horas al día y la luz exterior cinco horas diarias.
- Edificio 5. Comedor y cocina. Se usa la luz durante los ratos de comer y cocinar pero al 100% (nueve horas). La luz del porche se enciende cinco horas al día y eventualmente se usan las tomas 60W una hora a la semana además del televisor (80W) unas dos horas cada tres días.
- Edificio 6. El almacén de cocina tiene la luz encendida seis horas al día.
- Edificios 7 y 8. Las Casa de varones y casa de niñas. Luz interior al 100% de potencia durante gran parte del día (ocho horas al día). Uso

de las tomas de 100W dos horas diaria y la luz exterior se enciende unas cinco horas al día.

- Edificio 9. La luz de la carpintería se enciende frecuentemente (cinco horas al día, 40W) mientras que la de las aulas como el resto de la escuela ocho hora. La luz exterior se enciende cinco horas al día y el uso de las tomas es ínfimo y despreciable.
- Edificio 10. La casa de trabajadores se considera que trabaja a un 35% durante todo el día.
- Edificio 11. El edificio de la escuela se conecta únicamente para iluminar la cancha cuando hay eventos y fiestas. El tiempo de iluminación de la cancha se estima en dos horas mensuales.
- Edificio 13. Clínica. Se Supone un uso del total de la iluminación interior seis horas al día. Se prevé un portátil de 60W conectado tres horas diarias a las tomas y la luz exterior se enciende cinco horas diaria.
- Edificio 14. Lavandería. Se usa la luz cuatro horas al día.

2.5 Resultado

Núm.	Nombre	Potencia (W)	Energía consumida por año (KWh/año)			
			Instalación actual	Instalación futura		
				Esce. 1	Esce. 2	Esce. 3
1	Oficina y bodega	2272	989	760	2206	3273
2	Escuela río	2096	0	163	325	1302
3	Escuela anexo río	2283	0	231	462	1716
4	Casa de maestros	2051	508	328	543	1000
5	Comedor y cocina	2208	938	1126	1169	1659
6	Almacén comida	122	0	45	89	238
7	Casa de varones	2530	506	1262	1467	2598
8	Casa de niñas	3100	909	2096	2404	4264
9	Carpintería y aulas	2327	2	247	538	1627
10	Casa de trabajadores	2315	511	4056	6084	7098
11	Escuela	4218	13	908	1816	7410
12	Aula	1817	0	61	122	488
13	Clínica	1877	37	207	249	563
14	Lavandería	21	0	0	8	30
Total		29234	4412	11488	17480	33265

Tabla 16: Resumen de consumo por edificios de la instalación actual y de la futura según los tres escenarios planteados

Es destacable que el consumo real de la nueva instalación dependerá de los criterios de conexión y desconexión por zonas que se haga. Es de esperar que los criterios de cortes reduzcan el consumo por debajo del valor del segundo escenario.

3 Cálculo de la instalación de farolas

3.1 Localización

Documento	Capítulo	Página
Memoria	7.2	31

3.2 Síntesis

Estimación de la energía consumida por las farolas en la actualidad cálculo de la potencia esperable en una nueva instalación y la energía que consumirá.

3.3 Potencia y consumo actual de las farolas

Núm.	Ubicación	Estado	Potencia (W)
1	Muelle oficina	Funciona	175
2	Patio	Funciona	175
3	Entre comedor y niñas	Funciona	175
4	Casa trabajadores	Funciona	175
5	Cancha	Funciona	175
6	Muelle clínica	Desconectada	0
7	Ruinas antiguo muelle	Inutilizada	0
Total			875

Tabla 17: Potencia instalada en farolas

En la instalación actual las farolas⁴ penden de una línea controlada desde el cuadro general. Dicha línea no dispone de ningún otro conmutador de manera que las farolas se encienden todas a la vez por lo que el factor de uso es 1. El horario de encendido de las farolas es de 17h a 20:30h lo que supone 3,5h/día (1277,5h/año). Se dispone de cinco farolas en uso de 175W.

$$0,175 \cdot 1277,5 \cdot 5 = 1117,8 \text{ kwh} / \text{año}$$

⁴ Véase el apartado 4.3 del anexo 2 (página 10) para ver los detalles de las farolas en la instalación actual.

3.4 Estimación de potencia de las farolas de la nueva instalación

Para la nueva instalación de farolas se suponen dos ramales: uno que cubra la zona de los edificios del 1 al 7 y el otro del 8 al 14. De esta manera se consigue reducir la cantidad de farolas encendidas pudiendo encender uno u otro ramal. El primer ramal se considera que será encendido todas las noches desde las 17:30h hasta las 21:00 y el segundo con el mismo horario la mitad de los días.

Se estima que el primer ramal necesita cinco farolas y el segundo cuatro. Se consideran farolas de la misma potencia a las instaladas en la actualidad.

Farolas	Potencia (W)	Potencia total (W)	uso diario (h)	uso anual (h)	Consumo (kWh/año)
5	175	875	3,5	1277,5	1117,8
4	175	700	3,5	1277,5	894,3
	Total	1575		Total	2012,1

Tabla 18: Potencia y consumo de la nueva instalación de farolas

3.5 Resultado

Instalación	número de farolas	Potencia (W)	Consumo (KWh/año)
Actual	5	875	1117,8
Futuro	9	1575	2012,1

Tabla 19: Potencia y consumo anual de las instalaciones de farolas

4 Cálculo de consumo de las bombas

4.1 Localización

Documento	Capítulo	Página
Memoria	7.3	32
Anexo de metodologías de cálculos	3	9

4.2 Síntesis

Cálculo de la energía consumida por las bombas eléctricas a partir del patrón de llenado de los depósitos.

4.3 Cálculo

La bomba del río alimenta a dos depósitos: el depósito 1 con una capacidad total de 8m³ a 9m sobre el nivel del agua y el depósito 3 de 6m³ a 11m sobre el nivel del agua. A la altura del depósito se le suma un 20% de pérdidas (dado que las tuberías están muy sucias por culpa de la actividad biológica del río) así pues la altura de diseño es de 13,2m. Esta bomba ofrece un caudal máximo de 295l/min operando a una altura menor a 15 metros según catálogo.

La bomba del pozo ofrece, según catálogo un caudal de 80l/min para una altura de 24m equivalente a la profundidad del pozo más la altura del depósito y un 10% de pérdidas.

El llenado de los depósitos no se hace siempre al completo pero se estima que el llenado del depósito 1 equivale a tres cargas diarias, el del depósito 2 a dos cargas diarias y el del depósito 3 a una carga cada dos días.

Bomba	Depósito	Capacidad	Cargas diarias	Tiempo promedio
Río 295l/min	1	8 m ³	3	81,4 min
	3	6 m ³	0,5	10,2 min
	H<15m		Total	91,5 min
Pozo 77l/min	2	12 m ³	2	311,7 min
	H=24m		Total	311,7 min

Tabla 20: Tiempo diario medio de uso de las bombas eléctricas

Dado que desde el momento en que se detecta que los depósitos están llenos hasta que se apagan las bombas transcurren un tiempo durante el cual el agua está desbordándose se aproxima un tiempo extra de diez minutos de uso de las bombas.

La bomba del río consume:

$$\frac{3 \cdot 10 + 91,5}{60} \cdot 1,1 = 2,23 \text{ kwh}$$

que supone un total de 813,0kWh anuales.

La bomba del pozo consume:

$$\frac{2 \cdot 10 + 311,7}{60} \cdot 1,5 = 8,29 \text{ kwh}$$

que supone un total de 3026,8kWh anuales.

4.4 Resultado

Bomba	Potencia (kW)	Consumo(kWh/año)
Río	1,1	813,0
Pozo	1,5	3026,8
Total	2,6	3839,8

Tabla 21: Potencia y consumo total de las bombas eléctricas

5 Estimación de la electrificación de la zona urbanizada oeste

5.1 Localización

Documento	Capítulo	Página
Memoria	7.4	32
Anexo de metodologías de cálculos	4	11

5.2 Síntesis

Extrapolación de los resultados de potencia y consumo de la zona urbanizada este para la zona urbanizada oeste.

5.3 Cálculo

Área (m ²)	3415	
Potencia (W)	29234	
Consumo (kWh/año)	e1	11488
	e2	17480
	e3	33265
K ₁ (W/m ²)	8,56	
K ₂ (kWh/m ² /año)	e1	0,393
	e2	0,598
	e3	1,137

Tabla 22: Datos del consumo de la zona urbanizada este y coeficientes en función de la superficie para hacer la extrapolación.

La superficie de la zona urbanizada oeste se ha calculado tomando el área de los edificios susceptibles de ser electrificados:

- Casa danesa
- Casa de voluntarios
- Conjunto de casas de los trabajadores
- Matadero de cerdos
- Cobertizo frente a la casa danesa

Éstos suman un total de 743m² de superficie.

Se han considerado no susceptible de ser electrificados:

- Los corrales
- La pocilga
- Los invernaderos

5.4 Resultado

El cálculo de la potencia está supuesto como el total de potencia esperada por inventario de usos.

Potencia instable (w)	Consumo esperado (kWh/año)		
	e1	e2	e3
6360	2499	3803	7237

Tabla 23: Estimación de la potencia instalable en la zona urbanizada oeste

6 Dimensionado de las líneas

6.1 Localización

Documento	Capítulo	Página
Memoria	10.4.3	47
	11.3	57
	12.3	66
Anexo de metodologías de cálculos	5	13

6.2 Síntesis

Mediante este cálculo se pretende determinar la sección del conductor necesaria de todas las líneas de las nuevas instalaciones.

6.3 Cálculo de la intensidad nominal

La tabla 24 muestra el proceso de cálculo de la intensidad esperable en todas las líneas dimensionadas.

Núm.	Tipo	Longitud (m)	Potencia total al final de línea (W)	% en tomas	Factor de simultaneidad	Potencia máxima transportada (W)	I. máx. línea (A)
LG	Trifásica	<10	-	-	-	17500*	33*
LB	Trifásica	<10	-	-	-	500	3
L1	Monofásica	110	2272	0,73	0,71	1612	15
L2	Monofásica	100	2051	0,80	0,68	1391	13
L3	Monofásica	120	4378	0,75	0,70	3058	278
L4	Monofásica	80	2330	0,71	0,72	1670	15
L5	Monofásica	140	2530	0,65	0,74	1870	17
L6	Monofásica	80	3100	0,53	0,79	2440	22
L7	Monofásica	50	2336	0,71	0,72	1676	15
L8	Monofásica	110	6035	0,55	0,78	4715	43
L9	Monofásica	100	1877	0,88	0,65	1217	11
L10	Trifásica	20	1100	-	1	1100	10
L11	Trifásica	100	1500	-	1	1500	14
LFS	Monofásica	240	875	-	1	875	8
LFN	Monofásica	300	700	-	1	700	6
LA	Trifásica	120	-	-	-	30911	162
LRE	Trifásica	280	-	-	-	25498	134
LRO	Trifásica	-	6360	-	0,85 ⁵	5413	28

Tabla 24: Tabla de cálculo de la intensidad esperable en las líneas.

*Datos extraídos de la placa de características del generador

Las tablas 25 y 26 muestran la intensidad máxima admisible en servicio permanente según el tipo de cable y aislamiento para líneas de cobre y aluminio enterradas.

⁵ El factor de simultaneidad de la zona urbanizada oeste ha sido estimado como la media de los factores de simultaneidad de los usos de la zona urbanizada este.

Cobre	Intensidad máxima admisible A					
	Cable unipolar			Cables tripolar		
	Aislamiento					
Sección (mm ²)	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	372	335	355	350	305
150	425	415	270	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Tabla 25: Intensidad máxima admisible en líneas de cobre de baja tensión enterradas en servicio permanente en función del tipo de aislamiento según el RBT

Aluminio	Intensidad máxima admisible A					
	Cable unipolar			Cables tripolar		
	Aislamiento					
Sección (mm ²)	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	67	65	55	64	63	51
25	93	90	75	85	82	68
35	115	110	90	105	100	82
50	140	135	115	130	125	100
70	180	175	145	165	155	130
95	220	215	180	205	195	160
120	260	255	215	235	225	185
150	300	290	245	275	160	215
185	350	345	285	315	300	245
240	420	400	340	370	360	290
300	480	465	390	425	405	335
400	560	545	455	505	475	385
500	645	625	520	-	-	-
630	740	715	600	-	-	-

Tabla 26: Intensidad máxima admisible en líneas de Aluminio de baja tensión enterradas en servicio permanente en función del tipo de aislamiento según el RBT

Para las líneas de la instalación de distribución (LG, LB y de L1 a L11) se toman cables de cobre de 6mm² o de aluminio de 16mm² capaces de soportar todas las intensidades independientemente del aislamiento y de si son

unipolares o tripulares. De igual modo las líneas de las farolas (LFS y LFN) serán de cobre de 6mm².

Para las líneas de la conexión (LA y LRE) se deberán utilizar líneas de cobre de 50mm² para LA y 35mm² para LRE o de aluminio de 120mm² para LA y 95mm² para LRE.

6.4 Resultado

La tabla 27 muestra la sección normalizada necesaria para cada una de las líneas dimensionadas en función del material del conductor.

Línea	Potencia total instalada a final de línea (W)	Factor de simultaneidad	Potencia máxima transportada (W)	Intensidad máxima de línea (A)	Sección (mm ²) y material
LG	-	-	17500	33	6(Cu) / 16(Al)
LB	-	-	500	3	6(Cu) / 16(Al)
L1	2272	0,71	1612	15	6(Cu) / 16(Al)
L2	2051	0,68	1391	13	6(Cu) / 16(Al)
L3	4378	0,70	3058	28	6(Cu) / 16(Al)
L4	2330	0,72	1670	15	6(Cu) / 16(Al)
L5	2530	0,74	1870	17	6(Cu) / 16(Al)
L6	3100	0,79	2440	22	6(Cu) / 16(Al)
L7	23356	0,72	1676	15	6(Cu) / 16(Al)
L8	6035	0,78	4715	43	6(Cu) / 16(Al)
L9	1877	0,65	1217	11	6(Cu) / 16(Al)
L10	1100	1	1100	10	6(Cu) / 16(Al)
L11	1500	1	1500	14	6(Cu) / 16(Al)
LFS	875	1	875	8	6(Cu) / 16(Al)
LFN	700	1	700	6	6(Cu) / 16(Al)
LA	-	-	30911	162	50(Cu) / 120(Al)
LRE	-	-	25498	134	35(Cu) / 95(Al)
LRO	6360	0,85	5413	28,4	6(Cu) / 16(Al)

Tabla 27: Resumen de secciones normalizadas de todas las líneas dimensionadas

7 Aproximación de la energía eléctrica obtenible por biodigestión

7.1 Localización

Documento	Capítulo	Página
Memoria	13.1.6	77
Anexo de metodologías de cálculos	6	15

7.2 Síntesis

Este cálculo pretende aproximar la cantidad de energía eléctrica que se puede llegar a generar mediante un sistema de biodigestión utilizando únicamente las excretas humanas.

7.3 Cálculo

- 200 personas: 100 niños 100 adultos (aproximadamente considerando niños a los menores de 13 años)
- Se puede llegar a obtener 0,02m³/día de gas por persona adulta y 0,01m³/día por niño
- La densidad del biogás en CN se puede asimilar a la del aire 1kg/m³
- El C_p del biogás es de entre 18000 y 23000 kJ/m³ (Se ha efectuado el cálculo en el peor de los casos)
- Se realiza el cálculo para f=1/3, 2/3 y 1.
- El rendimiento del motor de combustión interna se estima en un 40% i el del alternador en un 95% siendo el rendimiento global de aproximadamente el 38%

Biogás generado			3m ³ /día	
Energía del biogás			54000 kJ/día	
f	Eléctrica (kWh/día)	% consumo actual	% consumo futuro esce. 2	Volumen para cocina
1/3	1,9	7,3	2,9	2 m ³
2/3	3,8	14,6	5,9	1 m ³
3/3	5,7	21,9	8,8	0

Tabla 28: Producción de biogás estimada para la Ciudad

de los Niños a partir de excretas humanas

7.4 Resultado

La generación de biogás puede ofrecer a la ciudad de los niños un máximo de 3m³/día de gas para la cocina o un 5,7 kWh/día eléctricos (el 20% de las necesidades energéticas actuales). No obstante estos valores se verían notablemente aumentados en caso de utilizar también el estiércol animal para la producción de biogás. También hay que tomar en cuenta que el cálculo se ha efectuado tomando el mínimo poder calorífico del biogás.

8 Cálculos de la energía solar fotovoltaica

8.1 Localización

Documento	Capítulo	Página
Memoria	13.1.2	71
	14	81
Anexo de metodologías de cálculos	7	17

8.2 Síntesis

Conjunto de cálculos efectuados sobre el sistema fotovoltaico: estimación de la energía producible, estimación de superficies de captación, estimación de la capacidad de las bombas solares, cálculo de capacidad de las baterías. Este cálculo no tiene apartado de resultados ya que está compuesto por un conjunto de cálculos independientes.

8.3 Estimación de la energía producible para consumo general

La irradiación solar media aprovechable en captadores inclinados a latitud en el área de Río Dulce es de entre 5 y 5,5 kWh/m²/día⁶.

A falta de datos más precisos se ha tomado como referencia el valor más desfavorable (5 kWh/m²/día).

La eficiencia habitual de los colectores solares oscila entre el 12% y el 15%. Igual que para la irradiación se ha tomado para el cálculo el caso más desfavorable (12%). Con estos datos se obtiene la energía producida por unidad de superficie de campo de captación y tiempo (E).

⁶ Fuente: SWERA (Solar and Wind Energy Resources Assessment).

<http://swera.unep.net/>

$$E = 5 \cdot 0,12 = 0,6 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{día}$$

Suponiendo un rendimiento del sistema de baterías del 90% (valor mínimo del rendimiento habitual de sistemas de baterías en buen estado) y el rendimiento del resto de equipos del sistema del 80%.

La tabla 29 muestra la fracción del consumo de energía que podría la instalación fotovoltaica en función de la superficie de captación.

Superficie captación (m ²)	Producción anual	% consumo actual	% consumo actual sin bombas	% consumo futuro total esce. 2	% consumo futuro total esce. 2 sin bombas
1	158	1,7	2,9	0,6	0,7
2	315	3,4	5,7	1,2	1,4
5	788	8,4	14,3	2,9	3,4
10	1577	16,8	28,5	5,8	6,8
20	3154	33,7	57,0	11,6	13,5
30	4730	50,5	85,5	17,4	20,3
40	6307	67,3	114,1	23,2	27,0
50	7884	84,1	142,6	29,1	33,8
100	15768	168,3	285,1	58,1	67,6

Tabla 29: Energía fotovoltaica producible en la Ciudad de los Niños en función de la superficie. Resultado comparado con en consumo actual y el consumo futuro.

8.4 Estimación de la superficie de captación para los sistemas de bombeo solar

La tabla 30 muestra la energía diaria necesaria para el bombeo del agua para cada bomba. La altura barométrica de la bomba del río ha sido calculada con un 20% en pérdidas ya que las tuberías están muy sucias, mientras que la altura de la del pozo se le ha añadido un 10% ya que estas tuberías están limpias.

Bomba	Volumen (m ³ /día)	Altura barométrica (m)	Rendimiento motor-bomba	Energía a transmitir (kWh/día)
Río	27	13,2	25%	3,88
Pozo	24	24	32%	4,91

Tabla 30: Energía necesaria para el bombeo del agua de consumo

El rendimiento del conjunto motor-bombas se ha estimado a partir de la tabla 31 en función de las características de las bombas.

Tipo de bomba	Rendimiento			
	Diario		Instantáneo	
	Valor medio	Mejor valor	Valor medio	Mejor valor
Tipo 1: Unidades de succión superficial o unidades flotantes de succión sumergida utilizando motores de imán permanente de corriente continua con o sin escobillas y bombas centrífugas.	<u>25%</u>	30%	30%	40%
Tipo2: Unidades flotantes de corriente continua con bomba sumergida. Unidades de bomba sumergida con motor montado en la superficie o bien un motor de imán permanente de corriente continua con o sin escobillas y bombas centrífugas multiestado.	28%	40%	40%	60%
Tipo3: Bombas centrífugas multiestado sumergibles de corriente alterna o continua; bombas de desplazamiento positivo sumergidas con motor de corriente continua en la superficie	<u>32%</u>	42%	35%	45%

Tabla 31: Rendimiento de las bombas en función del tipo. Fuente: Sistemas fotovoltaicos, Introducción al Diseño y dimensionado de Instalaciones de Energía fotovoltaica, Miguel Alonso Abella (SAPT Publicaciones técnicas, 2001)

Sabiendo que la energía producible por los colectores solares es de 0,6kWh/m² al día (calculado en el apartado anterior) se estima la superficie necesaria de captación suponiendo un rendimiento de las baterías del 90% y del resto de sistemas del equipo del 80% (tabla 32).

Bomba	Superficies de captación (m ²)	
	Directo	Con acumulador
Río	8,09	8,99
Pozo	10,22	11,35

Tabla 32: Superficie de captación necesaria para alimentar las bombas en función del sistema de bombeo: directo o con acumulador

8.5 Estimación de la capacidad de las bombas solares

Suponiendo que las bombas están preparadas para trabajar 2/3 partes del día, sabiendo el consumo de agua diario y siguiendo los cálculos descritos en la metodología se ha calculado tanto el caudal como la potencia mínimos necesarios en cada bomba (tabla 33).

Bomba	Tiempo de bombeo diario(h)	Volumen consumido diario (l)	Caudal mínimo (l/min)	Potencia mínima (W)
Río	16	27000	28	240
Pozo	16	24000	25	305

Tabla 33: Cálculo del caudal y potencia mínimos de las bombas de corriente continua

8.6 Cálculo de capacidad de las baterías

Se ha estimado la capacidad total necesaria en la instalación en función de la superficie de producción, los días de autonomía y dos tipos de baterías:

- Batería Trojan T-105: Son las baterías utilizadas en la actualidad. Adecuadas para instalaciones fotovoltaicas pequeñas. Están diseñadas para 3000 ciclos y se les estima una vida útil de 3-4 años. Trabajan a 6V y tienen una capacidad de 220Ah (a 20hr).
- Batería Atersa DELTA 190: Son baterías especiales para instalaciones fotovoltaicas de tamaño reducido. Estas baterías trabajan a 12V y tienen una capacidad de 190Ah (en C100).

Se han tomado los mismos rendimientos de las baterías y del resto de los sistemas del equipo que en los cálculos anteriores (90% y 80% respectivamente y una profanidad de descarga del 70% (valor habitual en instalaciones fotovoltaicas). Se asume que las baterías y la superficie de captación se dimensionan para cubrir el mismo porcentaje de la demanda energética.

La tabla 34 muestra el resultado del cálculo valido tanto para la instalación de consumo general como para el sistema integral. La tabla 35 muestra el cálculo de las baterías bajo las mismas condiciones para las instalaciones de las bombas.

BATERÍAS TROJAN T-105									
Área captación (m ²)	Ea (Wh/día)	N= 1 día		N= 2 día		N= 3 día		N= 4 día	
		C (1 día)	M	C (2 día)	M	C (3 día)	M	C (4 día)	M
1	432	103	1	206	1	309	2	411	2
2	864	206	1	411	2	617	3	823	4
5	2160	514	3	1029	5	1543	8	2057	10
10	4320	1029	5	2057	10	3086	15	4114	19
20	8640	2057	10	4114	19	6171	29	8229	38
30	12960	3086	15	6171	29	9257	43	12343	57
40	17280	4114	19	8229	38	12343	57	16457	75
50	21600	5143	24	10286	47	15429	71	20571	94
100	43200	10286	47	20571	94	30857	141	41143	188

BATERÍAS ATERSA DELTA 190									
Área captación (m ²)	Ea (Wh/día)	N= 1 día		N= 2 día		N= 3 día		N= 4 día	
		C (1 día)	M	C (2 día)	M	C (3 día)	M	C (4 día)	M
1	432	51	1	103	1	154	1	206	2
2	864	103	1	206	2	309	2	411	3
5	2160	257	2	514	3	771	5	1029	6
10	4320	514	3	1029	6	1543	9	2057	11
20	8640	1029	6	2057	11	3086	17	4114	22
30	12960	1543	9	3086	17	4629	25	6171	33
40	17280	2057	11	4114	22	6171	33	8229	44
50	21600	2571	14	5143	28	7714	41	10286	55
100	43200	5143	28	10286	55	15429	82	20571	109

Tabla 34: Capacidad y cantidad de baterías necesarias en función de la superficie de captación, los días de autonomía de la instalación y el tipo de batería

BATERÍAS TROJAN T-105									
Bomba	Ea (Wh/día)	N= 1 día		N= 2 día		N= 3 día		N= 4 día	
		C (1 día)	M	C (2 día)	M	C (3 día)	M	C (4 día)	M
Río	2797	666	4	1332	7	1998	10	2664	13
Pozo	3532	841	4	1682	8	2523	12	3363	16

BATERÍAS ATERSA DELTA 190									
Bomba	Ea (Wh/día)	N= 1 día		N= 2 día		N= 3 día		N= 4 día	
		C (1 día)	M	C (2 día)	M	C (3 día)	M	C (4 día)	M
Río	2797	333	2	666	4	999	6	1332	8
Pozo	3532	420	3	841	5	1261	7	1682	9

Tabla 35: Capacidad y cantidad de baterías necesarias para las instalaciones de bombeo fotovoltaico de en función de los días de autonomía y el tipo de batería

9 Cálculos de viabilidad económica

9.1 Localización

Documento	Capítulo	Página
Memoria	17.3	113
Anexo de metodologías de cálculos	8	21

9.2 Síntesis

Mediante los cálculos de viabilidad siguientes se obtienen para cada propuesta de proyecto tres resultados: 1) el coste de la energía, 2) el ahorro que supone cada proyecto en relación a la situación actual y 3) el plazo de recuperación de la inversión total.

9.3 Cálculo del coste actual de la energía

9.3.1 Cálculo

Coste diario (C):

- El precio del gasóleo en Guatemala se ha tomado como 2,09\$/galón, lo que se traduce en 0,41€/l (P) (cambio del Dólar tomado: 1€=1,347\$)⁷
- El generador consume 12,37l/hora (c)⁸
- El generador es encendido una media de 6,54h al día (H)⁹

$$C = P \cdot c \cdot H = 33,0\text{€} / \text{día}$$

⁷ Precio promedio al consumidor de diesel al consumidor final de los países Centroamericanos, vigentes durante la semana del 19 al 25 de abril de 2009. Fuente: Unidad Coordinada de Energía del Sistema de Integración de Centroamérica (UCE-SICA)

⁸ Véase anexo 2 página 3, tabla 3

⁹ Véase anexo 2 página 4, tabla 4

El coste anual (C_a) será:

$$C_a = C * 365 = 12000€ / año$$

Dado que el consumo anual de energía¹⁰ es de 9.370kWh, el coste por unidad de energía producida es:

$$C_a = \frac{C}{E_u} = 1,28€ / kWh$$

9.3.2 Resultado

Coste de la energía	
Por unidad de energía	1,28€/kWh
Coste anual	12.000€

Tabla 36: Coste de la energía eléctrica actualmente en la Ciudad de los Niños producida por el generador

9.4 Proyecto de renovación de la instalación de distribución y conexión a la red

9.4.1 Consideraciones de cálculo

- Se ha estimado que el coste de mantenimiento es del 10% de la inversión
- La vida útil de la instalación se estima en 20 años
- El coste de la energía comprada a la red¹¹ es de 0,115€/kWh
- Se consume el 100% de la energía de la red (F=1)

¹⁰ Véase el capítulo 7 de la memoria sobre estimación de necesidades energéticas (página 33, tabla 7)

¹¹ 0,155\$/kWh, con cambio de 1€=1,247\$. Fuente: instituto nacional de estadística de Guatemala de consulta en www.ine.gob.gt

9.4.2 Proceso y resultado

Parámetro	Valor	Unidades
Inversión	13.000	€
Coste total	15.000	€
Coste de la energía no producida por el generador	1.800	€/año
	0,19	€/kWh
Coste de la energía	1.800	€/año
	0,19	€/kWh
Ahorro	10.000	€/año
	1,09	€/kWh
Plazo de recuperación	1,5	años

Tabla 37: Viabilidad económica del proyecto de renovación de la instalación de distribución y conexión a la red

9.5 Proyecto de renovación de la instalación de distribución y sistema fotovoltaico de uso general

9.5.1 Consideraciones de cálculo

- Se estima el coste de mantenimiento en 33% de inversión para la parte fotovoltaica (este dato viene de que el mantenimiento y sustitución de baterías de una instalación fotovoltaica supone el 25% del gasto total)
- El coste de mantenimiento del resto de la instalación se considera el 10% de la inversión en esa parte
- La vida útil de la instalación se estima en 20 años
- La producción del sistema fotovoltaico es de 5.500kWh/año (F=0,6)

9.5.2 Proceso y resultado

	Parámetro	Valor	Unidades
Inversión	Total	74.000	€
	Parte fotovoltaica	66.000	€
	Parte no fotovoltaica	8.000	€
Coste total		96.000	€
Coste de la energía no producida por el generador		4.800	€/año
		0,87	€/kWh
Coste de la energía		9.800	€/año
		1,04	€/kWh
Ahorro		2.300	€/año
		0,24	€/kWh
Plazo de recuperación		42,2	años

Tabla 38: Viabilidad económica del proyecto de renovación de la instalación de distribución y sistema fotovoltaico de uso general

9.6 Proyecto de renovación de la instalación de distribución y sistema fotovoltaico integral

9.6.1 Consideraciones de cálculo

- Se estima el coste de mantenimiento en 33% de inversión para la parte fotovoltaica
- El coste de mantenimiento del resto de la instalación se considera el 10% de la inversión en esa parte
- La vida útil de la instalación se estima en 20 años
- La energía producida por el sistema fotovoltaico es de 9.400kWh (F=1)

9.6.2 Proceso y resultado

Parámetro		Valor	Unidades
Inversión	Total	80.000	€
	Parte fotovoltaica	72.000	€
	Parte no fotovoltaica	8.000	€
Coste total		104.000	€
Coste de la energía no producida por el generador		5.200	€/año
		0,56	€/kWh
Coste de la energía		5.200	€/año
		0,56	€/kWh
Ahorro		6.800	€/año
		0,73	€/kWh
Plazo de recuperación		15,3	años

Tabla 39: Viabilidad económica del proyecto de renovación de la instalación de distribución y sistema fotovoltaico integral

9.7 Proyecto de renovación de la instalación de distribución, instalación de conexión y sistema fotovoltaico de uso general

9.7.1 Consideraciones de cálculo

- Se estima el coste de mantenimiento en 33% de inversión para la parte fotovoltaica
- El coste de mantenimiento del resto de la instalación se considera el 10% de la inversión en esa parte
- La vida útil de la instalación se estima en 20 años
- El coste de la energía comprada a la red es de 0,115€/kWh
- La energía producida por el sistema fotovoltaico es de 5.500kWh/año

- La energía consumida de la red es de 3.800kWh/año
- $F=1$

9.7.2 Proceso y resultado

Parámetro		Valor	Unidades
Inversión	Total	80.000	€
	Parte fotovoltaica	66.000	€
	Parte no fotovoltaica	14.000	€
Coste total		103.000	€
Coste de la energía no producida por el generador		5.600	€/año
		0,60	€/kWh
Coste de la energía		5.600	€/año
		0,60	€/kWh
Ahorro		6.400	€/año
		0,69	€/kWh
Plazo de recuperación		16,1	años

Tabla 40: Viabilidad económica del proyecto de renovación de la instalación de distribución, conexión a red y sistema fotovoltaico de uso general

9.8 Proyecto de renovación de la instalación de distribución, instalación de conexión y sistema fotovoltaico Integral

9.8.1 Consideraciones de cálculo

- Se estima el coste de mantenimiento en 33% de inversión para la parte fotovoltaica
- El coste de mantenimiento del resto de la instalación se considera el 10% de la inversión en esa parte
- La vida útil de la instalación se estima en 20 años
- El coste de la energía comprada a la red es de 0,115€/kWh
- La energía producida por el sistema fotovoltaico es de 9.400kWh/año
- La energía consumida de la red es de 0kWh/año (sistema de apoyo en caso de avería y consumos altos puntuales)
- $F=1$

9.8.2 Proceso y resultado

Parámetro		Valor	Unidades
Inversión	Total	86.000	€
	Parte fotovoltaica	72.000	€
	Parte no fotovoltaica	14.000	€
Coste total		111.000	€
Coste de la energía no producida por el generador		5.600	€/año
		0,60	€/kWh
Coste de la energía		5.600	€/año
		0,60	€/kWh
Ahorro		6.500	€/año
		0,69	€/kWh
Plazo de recuperación		17,3	años

Tabla 41: Viabilidad económica del proyecto de renovación de la instalación de distribución, conexión a red y sistema fotovoltaico integral

9.9 Proyecto de bombeo fotovoltaico para el río

9.9.1 Consideraciones de cálculo

- Se estima el coste de mantenimiento en 33% de inversión para la parte fotovoltaica
- El coste de mantenimiento del resto de la instalación (sistema de pararrayos) se considera el 10% de la inversión en esa parte
- La vida útil de la instalación se estima en 20 años
- El sistema fotovoltaico produce 1.400kWh/año ($F=0,15$)

9.9.2 Proceso y resultado

Parámetro		Valor	Unidades
Inversión	Total	10.000	€
	Parte fotovoltaica	9.000	€
	Parte no fotovoltaica	1.000	€
Coste total		13.000	€
Coste de la energía no producida por el generador		660	€/año
		0,47	€/kWh
Coste de la energía		11.000	€/año
		1,16	€/kWh
Ahorro		1.200	€/año
		0,12	€/kWh
Plazo de recuperación		11,4	años

Tabla 42: Viabilidad económica del proyecto bombeo solar para el río

9.10 Proyecto de bombeo fotovoltaico para el pozo

9.10.1 Consideraciones de cálculo

- Se estima el coste de mantenimiento en 33% de inversión para la parte fotovoltaica
- El coste de mantenimiento del resto de la instalación (sistema de pararrayos) se considera el 10% de la inversión en esa parte
- La vida útil de la instalación se estima en 20 años
- La energía producida por el sistema fotovoltaico es de 1.700kWh/año (F=0,19)

9.10.2 Proceso y resultado

	Parámetro	Valor	Unidades
Inversión	Total	13.000	€
	Parte fotovoltaica	11.000	€
	Parte no fotovoltaica	2.000	€
Coste total		16.000	€
Coste de la energía no producida por el generador		820	€/año
		0,47	€/kWh
Coste de la energía		11.000	€/año
		1,13	€/kWh
Ahorro		1.400	€/año
		0,15	€/kWh
Plazo de recuperación		11,7	años

Tabla 43: Viabilidad económica del proyecto bombeo solar para el pozo

9.11 Resumen de resultados

Proyecto	Ahorro (€/año)	Plazo de recuperación
Renovación de la instalación de distribución y conexión a la red	10.000	1,5 años
Renovación de la instalación de distribución y sistema fotovoltaico de uso general	2.300	42 años
Renovación de la instalación de distribución y sistema fotovoltaico integral	6.800	15,3 años
Renovación de la instalación de distribución, instalación de conexión y sistema fotovoltaico de uso general	6.500	16,1 años
Renovación de la instalación de distribución, instalación de conexión y sistema fotovoltaico integral	6.500	17,3 años
Sistema de bombeo fotovoltaico para el río	1.200	11,4 años
Sistema de bombeo fotovoltaico para el pozo	1.400	11,7 años

Tabla 44: Ahorro anual y tiempo de recuperación de las propuestas de proyecto

10 Cálculo de la priorización de las propuestas de proyecto mediante Valor Técnico Ponderado (VTP)

10.1 Localización

Documento	Capítulo	Página
Memoria	18	123
Anexo de metodologías de cálculos	9	23

10.2 Síntesis

Este cálculo permite obtener una priorización de los ocho proyectos propuestos. Para ello se han descrito, cuantificado y ponderado siete criterios.

10.3 Lista de alternativas

1. Proyecto de renovación de la instalación de distribución
2. Proyecto de renovación de la instalación de distribución y conexión a red
3. Proyecto de renovación de la instalación de distribución y sistema fotovoltaico de uso general
4. Proyecto de renovación de la instalación de distribución y sistema fotovoltaico integral
5. Proyecto de renovación de la instalación de distribución, conexión a red y sistema fotovoltaico de uso general
6. Proyecto de renovación de la instalación de distribución, conexión a red y sistema fotovoltaico integral
7. Proyecto de bombeo fotovoltaico para el río
8. Proyecto de bombeo fotovoltaico para el pozo

10.4 Criterios de priorización

- a) **Coste:** se valora el coste tal que a menor inversión mayor puntuación para priorizar las opciones más económicas.

Peso 4: Se le ha dado un peso importante ya que es un factor determinante en la elección.

Se ha evaluado para cada proyecto mediante la fórmula:

$$p = \frac{10^5}{Inversión}$$

- b) **Ahorro:** a mayor ahorro en combustible mayor puntuación tendrá el proyecto.

Peso 5: el ahorro tiene un valor máximo ya que es un valor crucial para la elección del proyecto. Cuanto mayor sea el ahorro más dinero se tendrá disponible para mejorar la calidad de vida en la Ciudad de los Niños

Se ha evaluado dividiendo el ahorro anual calculado en la viabilidad económica entre 1000 y redondeando a la unidad.

- c) **Recuperabilidad de la inversión:** cuanto mejor sea el plazo de recuperación de la inversión más aceptable es afrontar el proyecto

Peso 1: Se le ha dado un peso pequeño ya que pese a ser un valor bueno para comparar los proyectos puede variar mucho con pequeños cambios en la financiación.

Se ha evaluado según la tabla 45.

Años de recuperación	p
>24 o no valorable	0
de 20 a 24	1
de 15 a 19	2
de 10 a 14	3
de 5 a 9	4
<5	5

Tabla 45: Puntuaciones de la recuperación de la inversión

- d) **Mejora del control de la instalación:** es muy importante la mejora del control sobre la instalación. Este factor valora implícitamente la renovación de la instalación de distribución que implica una notable mejora la seguridad.

Peso 5: La mejora del control se considera muy importante ya que permite regular el consumo en función de las necesidades de cada momento.

Se evalúa con 1 punto por la mejora del control de cada depósito y 2 por incluir la renovación de la instalación de distribución.

- e) Posibilidad de ampliación:** la posibilidad de ampliación responde a la capacidad de obtención de energía sin necesidad de aumentar el consumo de combustible.

Peso 3: la ampliación es un valor positivo pero no excesivamente relevante

Se evalúa con 2 para los proyectos con conexión a la red y un 1 para los proyectos con instalación fotovoltaica de uso general o integral.

- f) Autonomía energética:** Cuanto mayor energía sea producida mediante fuentes de energía renovable mayor valorado está el proyecto.

Peso 4: es importante la autonomía energética ya que supone avanzar en el camino de la autosuficiencia buscado por Casa Guatemala y constructivo para el futuro en términos de escasez de combustibles.

Se evalúa dividiendo la energía producida con los sistemas fotovoltaicos entre 1000 y redondeando a la unidad.

- g) Coste de mantenimiento:** Es importante que el coste de mantenimiento reducido no solo por el ahorro económico que implica que ya está contabilizado implícitamente en el criterio b sino por que un bajo coste de mantenimiento implica una cantidad de incidencias más pequeñas y en consecuencia una mejor calidad.

Peso 3: el coste de mantenimiento es un valor importante en la elección.

Se ha evaluado calculando a partir del valor del coste de mantenimiento (M) siguiendo los criterios del capítulo de viabilidad económica (33% para las instalaciones fotovoltaicas y 10% para el resto) según la fórmula:

$$p = \frac{15000}{M}$$

10.5 Tabla de decisión

Criterio	Peso	Alternativas															
		1	p1-gi	2	p2-gi	3	p3-gi	4	p4-gi	5	p5-gi	6	p6-gi	7	p7-gi	8	p8-gi
a	3	14	43	8	23	10	4	10	4	10	3,8	10	3	10	30	80	23
b	5	0	0	10	50	2	12	7	34	7	33	7	33	1	6	1	7
c	1	0	0	6	6	0	0	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
d	5	2	10	2	10	2	10	4	20	2	10	4	20	1	5	1	5
e	3	0	0	2	6	1	3	1	3	3	9	3	9	0	0	0	0
f	4	0	0	0	0	6	24	9	36	6	24	9	36	1	4	2	8
g	3	5	15	5	15	1	3	1	2	1	2	1	2	4	11	4	12
Σ	24		68		110		55		101		83		105		59		58
VTP		0,20		0,33		0,16		0,30		0,25		0,31		0,18		0,17	

Tabla 46: Tabla de priorización mediante el método VTP de los proyectos propuestos

10.6 Resultado

Los proyectos propuestos han quedado priorizados de la siguiente manera:

1. Proyecto de renovación de la instalación de distribución y conexión a la red
2. Proyecto de renovación de la instalación de distribución, conexión a la red y sistema fotovoltaico integral
3. Proyecto de renovación de la instalación de distribución y sistema fotovoltaico integral
4. Proyecto de renovación de la instalación de distribución, conexión a la red y sistema fotovoltaico de uso general
5. Proyecto de renovación de la instalación de distribución
6. Proyecto de bombeo fotovoltaico para el río
7. Proyecto de bombeo fotovoltaico para el pozo

Proyecto de renovación de la instalación de distribución y sistema fotovoltaico de uso general