

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE PEQUEÑOS
PROYECTOS DE APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO EN
COMUNIDADES RURALES**

PRESENTADO POR:

PERICLES JIMMY AMILCAR BLANCO RODRÍGUEZ
MEYBE XOCHITL HERNÁNDEZ ALDANA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA

:

DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL

:

LICDA. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO

:

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO

:

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR

:

ING. LUÍS RODOLFO NOSIGLIA DURÁN
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:
INGENIERO CIVIL

Título :

**METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE PEQUEÑOS
PROYECTOS DE APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO EN
COMUNIDADES RURALES**

Presentado por :

PERICLES JIMMY AMILCAR BLANCO RODRÍGUEZ
MEYBE XOCHITL HERNÁNDEZ ALDANA

Trabajo de Graduación aprobado por :

Docentes Directores :

ING. M.Sc. ROGELIO ERNESTO GODÍNEZ GONZÁLEZ

ING. ROBERTO OTONIEL BERGANZA ESTRADA

San Salvador, Octubre de 2005

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

ING. M.Sc. ROGELIO ERNESTO GODÍNEZ GONZÁLEZ

ING. ROBERTO OTONIEL BERGANZA ESTRADA

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a las personas que nos han ayudado en el desarrollo de éste trabajo de graduación.

A la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, por los conocimientos tan valiosos que en ella aprendimos a través de todos y cada uno de los docentes que nos instruyeron y guiaron poco a poco para alcanzar este logro.

A la Escuela de Ingeniería Civil, por permitirnos la realización de este trabajo, e inculcarnos el deseo de ir más allá, el ingenio en nuestro hacer diario y crear beneficios para la humanidad.

Nuestros asesores: Ing. M.Sc. Rogelio Ernesto Godínez González, Ing. Roberto Otoniel Berganza Estrada, por su valioso tiempo, apoyo, conocimientos, consejos y guía.

A la ONG Saneamiento Ambiental, Educación Sanitaria y Energías Alternativas, SABES, por su colaboración en nuestra investigación a través del Dr. Luis Boies, su interés y gestión de proyectos que contribuyan al desarrollo socioeconómico del sector rural es una motivación para la realización de éste trabajo.

A la Comunidad La Chacra, por permitirnos obtener información de primera mano sobre el estudio del proyecto hidroeléctrico que ellos operan, por la hospitalidad y colaboración de todos sus habitantes, permitiéndonos ver que las comunidades rurales pueden superar sus necesidades proactivamente, si existe la organización e interés que ellos presentan.

XOCHITL HERNANDEZ Y JIMMI BLANCO.

DEDICATORIA

Le doy gracias primeramente a Dios, por llenarme de sabiduría y de paciencia para poder culminar con mi trabajo de graduación.

A mis padres, Carmen Maria Rodríguez Auerbach y Amilcar Blanco Peña, por haberme traído a este mundo y darme buenos ejemplos siempre, ya que me apoyaron en todas las etapas para seguir adelante y llegar hasta el final, con regaños y felicitaciones en su momento según lo amerité.

A mi esposa Milagrito y mi hija Tamarita, mis dos princesas, que las amo, y que últimamente se han convertido en la razón de mi vida, por lo que siento fuerzas de trabajar y esforzarme cada día más para darles a ellas lo que necesitan.

A mis hermanas, Karla y Alejandra que también me regañaban y me decían que ya era hora de terminar con la tesis, que me pusiera las pilas.

A mi hermana María que es especial y la quiero mucho, por su inocencia y el trato que siempre me da.

A todos mis amigos y compañeros de trabajo que me decían que terminara el trabajo de graduación y me invitarían a una gran celebración.

JIMMY BLANCO

DEDICATORIA

La realización y culminación de este trabajo representa el fruto de un gran esfuerzo, dedicación, perseverancia y amor para el logro de una meta más en mi vida, que hoy da un giro importante hacia nuevos horizontes donde hay más metas que alcanzar. Este logro representa una inmensa alegría, orgullo y satisfacción para mi, sobre todo, por haberlo alcanzado junto a mis seres queridos que me han apoyado en los momentos más difíciles. Dedicado a

DIOS: por ser amor, paz, verdad, lealtad, fortaleza, voluntad, ánimo, esperanza, perseverancia, paciencia, sabiduría y fe, en cada paso de mi vida y saber que siempre está conmigo.

A MI MADRE: por saber que me amas y que siempre puedo contar contigo, tu ejemplo me da la seguridad de que todo se puede lograr en esta vida cuando se quiere de verdad.

A MI FAMILIA: mamá Zulmita, mamá Rosita, papá Tony, Katy, Leti, Rhinita, Zulmita, Sergio, Farid, Galia, su amor y apoyo son mi fortaleza, su orgullo y alegría me motivan a la superación.

A MI NOVIO: Alejandro, por ser esa persona tan importante en mi vida que está en los momentos buenos y malos, por ser la calma en mi desesperación, por

ser mi sostén en los momentos de flaqueza, por darme el abrazo y el cariño que necesité para continuar, por ser mi compañero en el camino, que me quiere y acepta como soy, te amo.

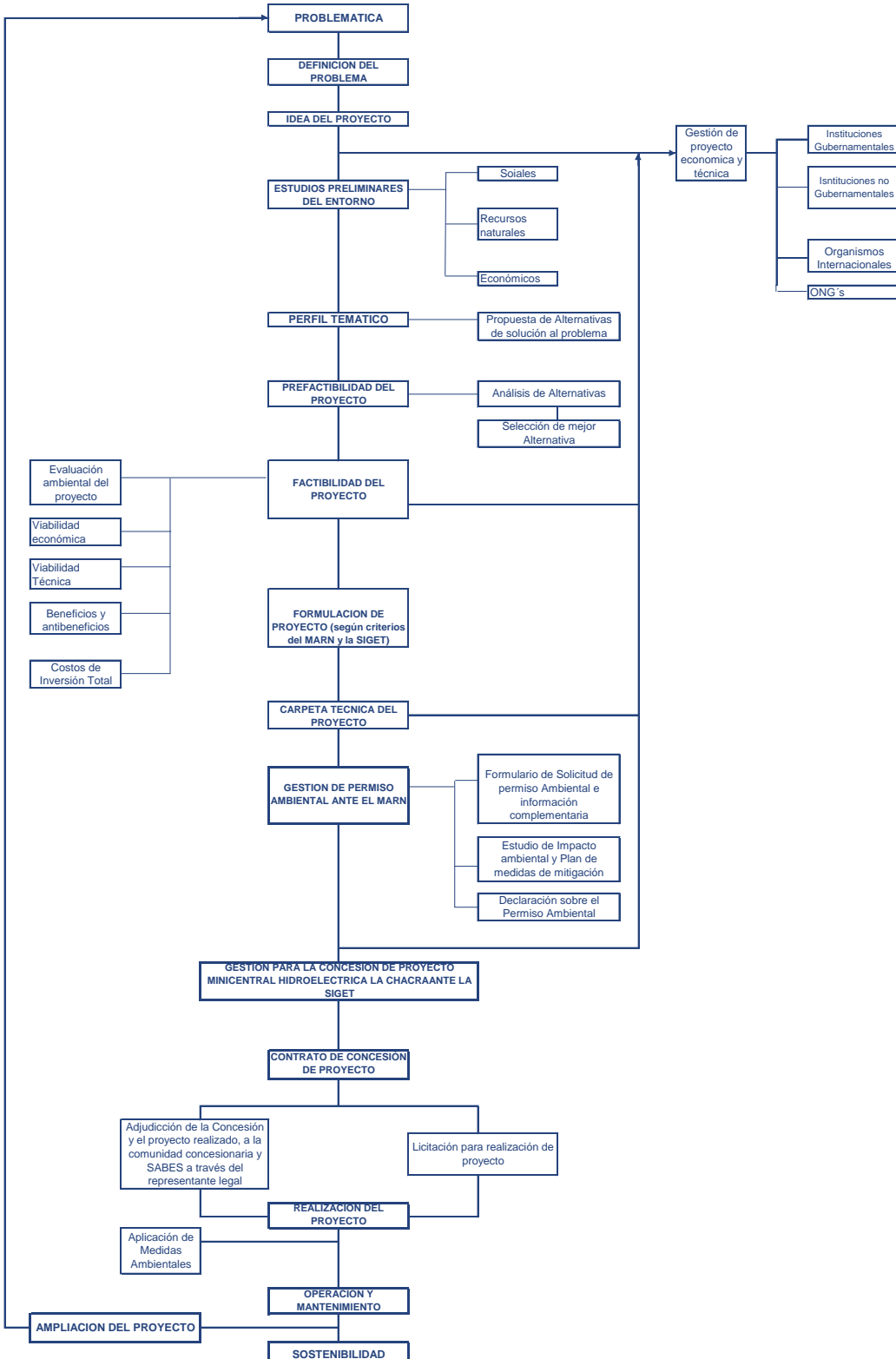
A MIS AMIGOS: Kirlian Zepeda, por su apoyo y colaboración incondicional y Reyes, por tu paciencia, son un tesoro en mi vida y tienen mi más entrañable y sincero cariño.

XOCHITL HERNÁNDEZ.

RESUMEN

La metodología propuesta para la realización de pequeños proyectos hidroeléctricos en comunidades rurales que reúnan condiciones como no tener servicio de energía eléctrica y tener cerca un río, conlleva a formular proyectos alternativos de iluminación domiciliar, para que sean apoyados por el gobierno central u otra institución para el desarrollo o integración económica de sus habitantes. Así, se ha evaluado el proyecto en marcha "Mini central hidroeléctrica La Chacra o La Chacara, cuya operación inició en diciembre de 2000 y actualmente está en pleno funcionamiento. La metodología propuesta, ver diagrama, guía el proceso de gestión necesaria para lograr la concesión de la producción de la energía hidroeléctrica, cumpliendo con requisitos técnicos de conservación de los recursos naturales, impacto ambiental y protección del mismo, y la legislación nacional. La evaluación económica indicó rentabilidad para un período de evaluación de 10 años, valor actual neto (VAN) \$1,599.52, positivo, una tasa interna de retorno (TIR) 26 %, mayor que la tasa económica de descuento y técnicamente, el funcionamiento es bueno 70% a 72%. Lo cual indica, que el proyecto es autosostenible y sustentable en el período analizado. Los beneficios que genera a los habitantes de la Comunidad La Chacra cumplen con las expectativas que se tenían al inicio del proyecto, lo cual ha incentivado a la organización no gubernamental Saneamientos Básico, Educación sanitaria y Energías Alternativas, SABES, a apoyar otros proyectos minicentrales hidroeléctricas.

DIAGRAMA DE GESTION



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN GENERAL.....	i
CAPÍTULO I. GENERALIDADES.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
1. GENERALIDADES.....	3
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.1.3 OBJETIVOS.....	11
1.1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
1.1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	13
1.1.5 JUSTIFICACIÓN.....	13
1.1.6 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1.7 PRIMERAS CONSIDERACIONES.....	17
1.2. MARCO DE REFERENCIA DEL PROYECTO MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA LA CHACRA.....	19
1.2.1 ASPECTOS GEOGRÁFICOS.....	19
1.2.2 ASPECTOS SOCIALES.....	21
1.2.3 POBLACIÓN.....	22
1.2.4 SALUBRIDAD Y SANEAMIENTO.....	27
1.2.5 EDUCACIÓN.....	29
1.2.6 VIVIENDA.....	31
1.2.7 SERVICIOS BÁSICOS.....	33
1.2.8 NECESIDADES SENTIDAS.....	34
1.2.9 ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LA ZONA.....	35
1.3 ENTORNO ECONÓMICO.....	36
1.4 ENTORNO NATURAL.....	38
1.4.1. RECURSOS DISPONIBLES.....	38

1.4.2. RECURSOS RENOVABLES Y NO RENOVABLES	38
1.4.3 FUENTE DE RECURSOS.....	40
1.4.4 CONVENIOS SOBRE EL USO DE RECURSOS HÍDRICOS	40
1.5 SERVICIOS DE ATENCIÓN PARA LA VIVIENDA RURAL.....	43
1.5.1 SERVICIOS BÁSICOS	50
1.5.2. ALUMBRADO DOMICILIAR	50
1.5.3. POBREZA RURAL	51
1.6. IMPACTO Y NECESIDADES.....	52
1.7. PRODUCTIVIDAD.....	52
1.8 ASPECTOS LEGALES PARA PROYECTOS DE APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO.....	52
1.9 PEQUEÑOS PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS	54
1.10 TECNOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	56
1.11 SOSTENIBILIDAD	66
1.12 INICIATIVAS	67
1.12.1 PARTICIPACIÓN COMUNAL	67
1.12.2 ASOCIACIONES.....	68
CONCLUSIONES.....	68
CAPÍTULO II. ESTUDIOS TÉCNICOS PARA UNA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA.....	69
INTRODUCCIÓN.....	70
2 CAPÍTULO II.....	71
2.1. ESTUDIOS TÉCNICOS PARA ESTABLECER UNA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA.....	71
2.2 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	73
2.2.1 DESCRIPCIÓN REGIONAL DEL PROYECTO	74
2.2.2 DESCRIPCIÓN LOCAL DEL PROYECTO	74
2.2.3 DESCRIPCIÓN DE PUNTOS FOCALIZADOS	75
2.3. GEOLOGÍA	78
2.4. GEOTÉCNIA.....	79

2.5.	RECURSOS NATURALES A EXPLOTAR.....	79
2.6.	RELIEVE Y TOPOGRAFÍA DEL LUGAR	81
2.7.	HIDROLÓGICA REGIONAL DE LA CUENCA.....	82
2.8.	HIDROGEOLOGÍA REGIONAL LOCAL	96
2.9.	HIDRÁULICA DEL RÍO, EN EL PUNTO DE EXTRACCIÓN, AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO	96
2.10.	ORIGEN Y CALIDAD DEL AGUA NATURAL	98
2.11.	INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	99
2.11.1	TIPOS DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS	101
2.11.2	PUNTO DE RETENCIÓN.....	105
2.11.3	PUNTO DE EXTRACCIÓN O EMBALSE.....	107
2.11.4	AFOROS Y SUS TECNICAS DE REALIZACION	108
2.11.5	EVALUACION DE LA DEMANDA.....	118
2.11.6	DISEÑO DE OBRAS CIVILES Y CRITERIOS DE CAMPO PARA LA UBICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS Y USO DE MATERIAL APROPIADO.....	128
2.11.6.1.	DISEÑO HIDRAULICO DEL DIQUE DE RETENCIÓN.....	129
2.11.6.2	DISEÑO HIDRÁULICO DEL PUNTO DE EXTRACCIÓN	139
2.11.6.3	DISEÑO HIDRÁULICO DE LA LINEA DE EXTRACCIÓN	153
2.11.6.4	DESARENADOR	159
2.11.6.5	CANAL DE CONDUCCIÓN	162
2.11.6.6	COMPUERTAS DE CONTROL.....	176
2.11.6.7	LINEA DE ARIETE HIDRAULICO	177
2.11.6.8	CONTROL DEL GOLPE DE ARIETE.....	181
2.11.6.9	TRAMO Y CHORRO DE LA CAIDA A LA TURBINA	186
2.11.6.10	CASA DE MAQUINAS	195
2.11.6.11	TURBINA, CONTROLES Y SISTEMA DE PROTECCIÓN.....	197
2.11.7	PRUEBAS DE CALIDAD DEL AGUA	226
2.11.8	RETORNO DEL CAUDAL DE EXTRACCION AL REGIMEN DE FLUJO NORMAL AGUAS ABAJO.....	239

2.12.	COSTO Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	240
2.13.	TASA DE PAGO POR CONSUMO.....	241
2.13.1	CUOTA FIJA	245
2.13.2	CUOTA VARIABLE.....	246
2.14.	IMPACTO AMBIENTAL	246
2.15.	GESTIÓN PARA EL FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO	269
2.15.1.	PRINCIPALES MODELOS DE GESTIÓN EN MICROCENTRALES HIDROELÉCTRICAS	270
2.16.	REALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	273
	CONCLUSIONES.....	279
CAPÍTULO III COMPOSICIÓN METODOLÓGICA Y SISTEMÁTICA PARA LA REALIZACIÓN DE PEQUEÑOS PROYECTOS DE APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO.....		
	INTRODUCCIÓN.....	281
3.	CAPÍTULO III.....	283
3.1	TÉCNICAS METODOLÓGICAS PARA LA REALIZACIÓN DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS	283
3.2	DIAGNÓSTICO DEL PROYECTO	286
3.2.1	PROBLEMÁTICA.....	292
3.2.2	IDENTIFICACION DE NECESIDADES.....	297
3.2.3	POTENCIA A DESARROLLAR	300
3.3	PERFIL DEL PROYECTO MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA.....	301
3.3.1	LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PERFIL	303
3.3.2	TEMA O TÍTULO.....	304
3.3.3	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	305
3.3.4	RESUMEN DEL PROYECTO.....	305
3.3.5	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	306
3.3.6	OBJETIVOS DEL PROYECTO	307
3.3.7	ALCANCES Y LIMITACIONES	308
3.3.8	POBLACIÓN A BENEFICIAR	308

3.4	ANTEPROYECTO GENERAL.....	309
3.4.1	TEMA O TÍTULO.....	312
3.4.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	313
3.4.3	RESUMEN DEL PROYECTO	314
3.4.4	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	314
3.4.5	OBJETIVOS DEL PROYECTO	315
3.4.6	ALCANCES Y LIMITACIONES	318
3.5	POBLACION A BENEFICIAR	319
3.6	ACTIVIDADES FUNDAMENTALES PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO	321
3.7	MARCO LEGAL	329
3.8	RECURSOS.....	335
3.9	REQUERIMIENTOS NECESARIOS.....	336
3.10	ESQUEMA DE GESTIÓN.....	338
3.11	CARPETA TÉCNICA.....	341
3.11.1.	CARPETA TÉCNICA GENERAL DEL PROYECTO	346
3.12	COMPOSICIÓN METODOLÓGICA Y SISTEMÁTICA PARA LA REALIZACIÓN DE PEQUEÑOS PROYECTOS DE APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO.....	350
3.13	SUSTENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	402
3.14	ESTUDIOS TÉCNICOS.....	407
3.15	INFRAESTRUCTURA CIVIL.....	409
3.16	OTROS CONSIDERANDOS.....	410
3.17	CONTENIDO DEL PERFIL DEL PROYECTO.....	411
3.18	ANTEPROYECTO GENERAL	414
3.19	GESTIÓN DEL PROYECTO	423
3.20	FORMULACIÓN DEL PROYECTO	424
3.21	APROBACIÓN DEL PROYECTO	457
3.22	REALIZACIÓN DEL PROYECTO	462

CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO EN MARCHA	
MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA COMUNIDAD LA CHACRA	466
INTRODUCCIÓN.....	467
4.1 EVALUACION TÉCNICA DE PROYECTO EN MARCHA MINICENTRAL	
HIDROELÉCTRICA EN COMUNIDAD LA CHACRA.	468
4.2 GENERALES DEL PROYECTO.....	482
4.3 ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO	484
4.3.1 CONDICIONES DEL PROYECTO.....	484
4.3.2 MODO DE OPERACIÓN Y EFICIENCIA.....	485
4.3.3 INFRAESTRUCTURA.....	485
4.3.4 CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO	494
4.3.5 MANTENIMIENTO.....	497
4.3.6 INVERSIÓN Y SOSTENIBILIDAD	507
4.3.7. RENTABILIDAD.....	509
4.3.8 FACTORES DE SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO, COSTOS A	
MEDIANO Y LARGO PLAZO.....	522
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	525
5.1 RESULTADOS Y ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	526
CAPÍTULO VI. CONSIDERACIONES, CONCLUSIONES Y	
RECOMENDACIONES	534
6.1 CONSIDERACIONES.....	535
6.2 CONCLUSIONES.....	538
6.3 RECOMENDACIONES.....	540
BIBLIOGRAFÍA	543
GLOSARIO DE TERMINOS.....	548
ANEXOS.....	572

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I. GENERALIDADES

Figura	Contenido	Pág.
1.1	Esquema general de municipio de Carolina	20
1.2	Esquema del flujo del chorro de agua a través de la turbina Pelton.....	59
1.3	Esquema del flujo de agua a través de la turbina Turgo.....	60
1.4	Turbina de flujo cruzado.....	61
1.5	Esquema de flujo a través de la turbina.....	62
1.6	Turbina Francis.....	63
1.7	Alaves en posición abierta y cerrada.....	63

CAPÍTULO II. GENERALIDADES

2.1	Perfil del esquema general de una minicentral hidroeléctrica	72
2.2	Esquema de la distribución geométrica de los componentes principales de una minicentral hidroeléctrica	77
2.3	Tipos de cuencas.....	83
2.4	Orden de las corrientes.....	86
2.5	Esquema del método de llenado de un deposito.....	109

Figura	Contenido	Pág.
2.6	Esquema del método de la tabla aforadora.....	111
2.7	Esquema del metodo del vertedero.....	112
2.8	Esquema del metodo del flotador.....	114
2.9	Curva conductividad - tiempo.....	116
2.10	Medicion de la altura de salto con manguera y manometro	123
2.11	Determinacion del desnivel o altura de salto.....	124
2.12	Algunos tipos de represas.....	131
2.13	Azud de piedra.....	135
2.14	Dique hecho con gaviones.....	136
2.15	Esquema de toma lateral mediante espigones.....	142
2.16	Descargas en el canal de agua motriz y en el rio en relacion del desnivel aguas arriba.....	142
2.17	Vertedero tipo "Tirol".....	144
2.18	Velocidad del flujo a trves del desarenador.....	161
2.19	Tipos de flujo.....	163
2.20	Tipos de flujo a)permanentes, b)gradualmente variables, c)rapidamente variables.....	164

Figura	Contenido	Pág.
2.21	Altura de seguridad en canales abiertos.....	169
2.22	Comparacion de canales trapezoidales.....	170
2.23	Metodos para la derivacion del caudal requerido en el rio	171
2.24	Esquema de un modelo de camara de carga.....	174
2.25	Cámara de Carga.....	175
2.26	Tuberia de aireacion.....	185
2.27	Perfil de velocidad de flujo laminar y turbulento.....	187
2.28	Grafica Diametro (D) - perdidas vs. Costos de tuberia.....	190
2.29	Esquema del modo de colocacion de una tuberia forzada	191
2.30	Detalles constructivos para los elementos de fijacion de la tuberia forzada.....	193
2.31	Caseta de maquinas o de control.....	195
2.32	Diagrama de envolventes, que relaciona caudal (Q) vs. Salto neto (H), para la elccion de la turbina.....	200
2.33	Grafico salto neto (H) vs. Elocidad especifica.....	202
2.34	esquema de los factores que definen el rendimiento de una turbina.....	205
2.35	Grafico de las curvas de rendimiento en funcion del caudal para distintos tipos de turbina.....	207

Figura	Contenido	Pág.
2.36	Regulador de watt mecanico hidraulico.....	213
2.37	Grafico del set point.....	214
2.38	Regulador basico con compensacion primaria.....	216
2.39	Regulador de compensacion primaria.....	216
2.40	Sistema de compensacion secundaria.....	217
2.41	Regulador proporcional de zurich.....	218
2.42	Escala del PH.....	230
2.43	Diagrama de barras para programacion de actividades en la realizacion del proyecto.....	278
CAPÍTULO III		
3.1	Esquema de minicentral utilizando la tecnica de conduccion por gravedad.....	284
3.2	Mnicentral hidroelectrica utilizando la tecnica del bombeo.....	285
3.3	Minicentral hidroelectrica utilizando el caudal de dos o mas fuentes.....	286
3.4	Grafico habitantes vs. Años del municipio de Carolina.....	288
CAPÍTULO IV		
4.1	Esquema general de minicentral hidroelectrica la Chacra	483
4.2	Esquema del sistema Minicentral Hidroeléctrica de la Comunidad La Chacra.....	486

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Contenido	Pág.
CAPÍTULO I		
1.1	Distribución del crédito por institución autorizada.....	46
1.2	Distribución del crédito por líneas.....	47
CAPÍTULO II		
2.1	Regiones hidrográficas de el Salvador.....	95
CAPÍTULO III		
3.1	Tabla de análisis de secuencia.....	323
3.2	Ejemplo de diagrama de gantt.....	325
3.3	Árbol de problemas.....	405
CAPÍTULO IV		
4.1	Condiciones del lugar.....	479
4.2	Condiciones Sociales.....	480
4.3	Parámetros de diseño vs. Parámetros de funcionamiento	481
4.4	Descripción de la infraestructura que compone el proyecto minicentral hidroeléctrica comunidad la Chacra.....	487

Tabla	Contenido	Pág.
4.6	Presupuesto para inversión del proyecto microcentral hidroeléctrica la Chacra.....	508
4.7	Costos de operación anual de la microcentral hidroeléctrica comunidad la Chacra.....	508
4.8	Gastos de inversión para la implementación del proyecto minicentral hidroeléctrica comunidad la Chacra.....	512
4.9	Flujo de caja neto del proyecto minicentral hidroeléctrica comunidad la Chacra.....	520
4.10	Comparación del valor actual neto (VAN).....	521
4.11	Comparación de la tasa interna de retorno (TIR).....	521

CAPÍTULO IV

5.1	Atributos y puntajes para evaluar el funcionamiento de la minicentral hidroeléctrica comunidad la Chacra.....	528
5.2	Resultados de la primera evaluación del funcionamiento de los elementos que componen La minicentral hidroeléctrica comunidad la Chacra.....	529

Tabla	Contenido	Pág.
5.3	Tercera evaluación del sistema hidroeléctrico.....	530
5.4	Resumen de las tres evaluaciones del sistema hidroeléctrica.....	531

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO I

Cuadro	Contenido	Pág.
1.1	Capacidad instalada de generadores no mayoristas.....	6
1.2	Minicentrales consecionadas por la siget.....	9
1.3	Población del municipio de Carolina.....	22
1.4	Proyección de población de San Miguel 1995-2010.....	22
1.5	Dispocision final de los residuos.....	27
1.6	Contaminación por desagües de aguas residuales.....	28
1.7	Índice de analfabetismo por estructura de edades.....	29
1.8	Viviendas particulares ocupadas por tipo.....	31
1.9	Viviendas particulares ocupadas por condiciones de tenencia.....	32
1.10	Agua potable.....	33
1.11	Educación y cultura.....	34
1.12	Necesidades sentidas.....	34
1.13	Principales actividades ocupacionales de la zona.....	35
1.14	Recursos asignados en el programa de contribuciones.....	54

Cuadro	Contenido	Pág.
CAPÍTULO II		
2.1	Caudales determinados usando tabla aforadora.....	110
2.2	Criterios de selección	146
2.3	factor de reducción X en función de la inclinación β	148
2.4	Coefficientes de Manning.....	155
2.5	Planilla de calculo para la curva de descarga.....	157
2.6	Valores típicos del coeficiente de rugosidad (n) de Manning	166
2.7	Calculo del golpe de ariete.....	181
2.8	Rango de valores de salto neto para cada tipo de turbina	198
2.9	Características físico químicas y biológicas del agua	234
CAPÍTULO IV		
4.1	Matríz de Evaluación de la Infraestructura de la Minicentral Hidroeléctrica Comunidad LACHacra.....	474
4.2	Calendarización de costos de inversión.....	512
4.3	Costos de operación anual.....	514
4.4	Calendarización de los costos de operación y mantenimiento.....	515
4.5	Resumen de Ingresos Anuales	518

INTRODUCCIÓN GENERAL

Las comunidades rurales de El Salvador, al año 2005 todavía carecen de servicios básicos, proveídos por el estado*, agua potable, alcantarillado sanitario, electricidad, etc. Al no saber cómo gestionar proyectos de las necesidades más sentidas, en el marco del desarrollo social del sector rural, se organizan para beneficiarse similarmente a los demás sectores del país, esto, como gestión propia, sin financiamiento y con bajos ingresos familiares. El acceso al servicio de luz eléctrica en las comunidades rurales de El Salvador a través de minicentrales hidroeléctricas, es una alternativa viable. Por lo cual, la comunidad La Chácara construyó, gestionó y le fue concesionado el uso del recurso y su explotación, así como la producción y distribución de energía eléctrica para su sostenibilidad. Esta experiencia fundamenta la viabilidad de proyectos hidroeléctricos en comunidades que no tienen financiamiento propio y que no han sido beneficiadas por el estado, combinando baja inversión y bajos ingresos familiares. En este sentido, se dan las directrices para el proceso de gestión de estos proyectos, desde la idea hasta su operatividad y sostenibilidad; también, los requerimientos a cumplir, por las comunidades, para que sea efectiva la aplicación de esta metodología.

* Artículo 110; CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE EL SALVADOR, 1983.

CAPÍTULO I
GENERALIDADES

INTRODUCCIÓN

Históricamente se han realizado proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico, pero generalmente a gran escala, es decir proyectos de gran magnitud en la generación de energía eléctrica, ya que se construían pensando en grandes demandas y además tomando en cuenta siempre el bienestar monetario que este podía generar. Se habían tenido iniciativas de gestionar proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico para generar energía eléctrica a relativamente pequeña escala, y específicamente para comunidades rurales donde existe gente de muy bajos recursos económicos. Surgió otra iniciativa micro de parte de la comunidad la chácara, ubicada en el municipio de Carolina, Departamento de San Miguel, buscando ayuda por parte de una ONG, específicamente de SABES, la cual ya tenía algún conocimiento de este tipo de proyectos, la ONG llegó a la comunidad a estudiar la factibilidad del proyecto utilizando el caudal del río lempía, y a verificar que no habrían impactos negativos para la flora y la fauna de esa zona. En esta parte del estudio, se desarrollaron aspectos del nivel de educación, servicios básicos, salubridad, pobreza, etc, en el municipio de carolina y en la comunidad la chácara, además, algunas consideraciones a tomar en cuenta en este tipo de proyectos respecto al uso del recurso hídrico.

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

En 1968 la electrificación rural sólo beneficiaba a 8 por ciento de la población total o al 13.6 por ciento de la población rural. En 1972, el sistema eléctrico nacional tenía una capacidad instalada de 154,645 kilovatios; 108,696 de origen hidroeléctrico y 45,949 de origen térmico. Para proporcionar este servicio, hasta el año 2002 se tenía 25 subestaciones rurales, 315 Km de líneas de sub-transmisión, 1,698 Km de líneas de distribución primaria y 286 redes de distribución en comunidades rurales.

El Ministerio de Economía es el ente responsable, normativo, de conducir el sector energía; la Central Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) es responsable de generar y distribuir la energía eléctrica en el país. Durante el año 1996, el sistema de transmisión de energía fue objeto de dos amplios y exhaustivos programas de reconstrucción, rehabilitación, ampliación y expansión. Al final del proceso de reestructuración técnica del sistema de distribución de energía eléctrica quedaron cuatro empresas distribuidoras, Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador S.A. de C.V. (CAEES), Compañía de Luz Eléctrica de Santa Ana S.A. de C.V. (CLESA), Distribuidora de Electricidad del Sur S.A. de C.V. (DELSUR) y Empresa Eléctrica de Oriente S.A. de C.V. (EEO), cada una propietaria de una red de distribución, orientando su servicio así: CAEES en la región centro- norte, DELSUR en la región centro-

sur, CLESA en la región occidental y EEO en la región oriental, y en conjunto absorbieron las diferentes zonas de electrificación rural de CEL. Como resultado de este mismo proceso, el 12 de septiembre de 1996 surgió la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones(SIGET)¹, institución autónoma, en lo administrativo y financiero, de servicio público, sin fines de lucro; entidad competente para aplicar las normas contenidas en tratados internacionales sobre electricidad y telecomunicaciones vigentes en El Salvador, en las leyes que rigen los sectores de electricidad y telecomunicaciones y sus reglamentos, así como para conocer del incumplimiento de las mismas, tal como se establece en La Ley General de Electricidad ², en lo siguiente :

“La generación de energía eléctrica a partir de recursos hidráulicos y geotérmicos requerirá de concesión otorgada por la SIGET de conformidad con las disposiciones de la presente Ley; y tales concesiones deberán otorgarse previo el establecimiento de competencia por medio de licitación. “

“Se faculta a la SIGET para que dicte las normas aplicables al procedimiento de licitación para el otorgamiento de concesiones para la

¹ Decreto Legislativo N° 808, conteniendo la Ley de Creación de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, SIGET, publicado en el Diario Oficial N° 189, Tomo 333 del 25 de octubre de 1996.

² Ley General de Electricidad, Capítulo I, Art. 5 y Capítulo II, Art. 16 y 17.

explotación de recursos naturales con fines de generación de energía eléctrica.”

Los “Acuerdos Gerencia de Electricidad 2001”, contienen el Acuerdo No. 59, Normas Aplicables al Procedimiento de Licitación para el Otorgamiento de Concesiones de Recursos Geotérmicos e Hidráulicos con Fines de Generación Eléctrica ³, donde se plantea “que la SIGET, prestará el apoyo o respaldo a las entidades que desarrollan actividades en el sector eléctrico que lo soliciten, en particular, en el ámbito de las minicentrales, pequeñas centrales hidroeléctricas o pequeñas plantas, instalaciones que pueden resultar más accesibles a las zonas rurales no electrificadas.”

Lo numerosos que son los requisitos técnicos y legales para la aprobación de proyectos hidroeléctricos, ha hecho que no se tengan delimitados suficientemente para garantizar un adecuado uso del recurso agua, lo cual ha obstaculizado la aprobación y posterior realización de pequeños proyectos hidroeléctricos.

El sistema de generación de energía eléctrica en el mercado mayorista, al 30 de junio de 2002, es de 1,101.5 MW, de los cuales 395.8 MW es energía hidroeléctrica. Los generadores hidroeléctricos en pequeña escala, son aquellos en que su capacidad de generación de energía eléctrica es menores que 5 MW,

³ Acuerdos de Electricidad 2001, Acuerdo No. 59, Art. 6

estos son: la Compañía Eléctrica Cucumacayán, S.A. de C.V.; Sensunapán S.A. de C.V. y De Matheu y Cía, que en total tienen capacidad instalada de 11.6 MW como se resume en el cuadro No 1.1.

CUADRO 1.1
CAPACIDAD INSTALADA DE GENERADORES NO MAYORISTAS
ENERO - JUNIO 2001

CENTRAL	CAPACIDAD INSTALADA (MW)	%
TERMoeLECTRICAS		
Textuñil S.A de C.V	21.30	28.67
Central Azucarera Salvadoreña	18.60	25.03
Ingenio La Cabaña	10.80	14.54
Ingenio El Angel	7.00	9.42
Empresa Electrica del Norte S.A.	5.00	6.73
TOTAL	62.70	84.39
PEQUENAS CENTRALES HIDROELECTRICAS		
Compañía Electrica Cucumacayan S.A. De C.V. (CECSA)		
Central Rio Sucio	2.50	3.36
Central Cucumacayan	2.30	3.09
Central Milingo	0.80	1.08
Central Bululu	0.70	0.94
Central Atehuesias	0.60	0.81
San Luis I	0.60	0.81
Cutumay Camones	0.40	0.54
Central Sonsonate	0.20	0.27
SUB TOTAL	8.10	10.90
Sociedad Electrica SENSUNAPAN S.A. De C.V.		
Central Nahuizalco	2.80	3.77
SUB TOTAL	2.80	3.77
Empresa Hidroeléctrica Sociedad De Matheu y Compañía	0.70	0.94
SUBTOTAL	0.70	0.94
TOTAL	11.60	15.61
TOTAL CAPACIDAD INTALADA	74.30	100.00

Fuente: Empresas Generadoras Minoristas
Estadísticas Eléctricas: Avance Primer Semestre 2001, SIGET.

Tal como se refleja en el cuadro No. 1.1, alguna de las concesiones para pequeñas centrales hidroeléctricas⁴, que la SIGET ha otorgado hasta la fecha, han sido las siguientes:

⁴ Está referido a la magnitud de la generación de energía eléctrica comparada con grandes generadores como la Central Guajoyo, Cerrón Grande, del sistema de generación de energía hidroeléctrica del país.

- Mini-Central Hidroeléctrica Bululú, aprovechando el Río Sensunapán en la zona aledaña al Reparto Zedán Poniente, Municipio de Sonzacate, Departamento de Sonsonate, caudal de diseño $7 \text{ m}^3/\text{s}$, caída bruta 10 m, potencia instalada de 680 Kw y potencia disponible de 630.40 Kw.
- Mini-Central Hidroeléctrica Río Sucio, aprovechando el Río Sucio, localizada en el cantón El Jícaro, Municipio de San Matías, Departamento de La Libertad, caudal de diseño $10.16 \text{ m}^3/\text{s}$, caída bruta 31.54 m, potencia instalada 2,500.00 Kw y potencia disponible 2,500.00 Kw.
- Mini-Central Hidroeléctrica Cucumacayán, aprovechando el río Sensunapán, localizada en el cantón Sisimetepet, Municipio de Nahuizalco, Departamento de Sonsonate; caudal de diseño $3.48 \text{ m}^3/\text{s}$, caída bruta 83 m, Potencia Instalada 2,256 Kw y Potencia Disponible 1,342.40 Kw.
- Mini-Central Hidroeléctrica San Luis I, caudal de diseño $3 \text{ m}^3/\text{s}$, caída bruta 19 m, potencia instalada 630 Kw, potencia disponible 400 Kw.
- Mini-Central Cutumay Camones, caudal de diseño $4 \text{ m}^3/\text{s}$, caída bruta 12 m, potencia instalada 400 Kw, potencia disponible 200Kw.

- Mini-Central Sonsonate, caudal de diseño 4.5 m³/s, caída bruta 4.2 m, potencia instalada 150 Kw, potencia disponible 150 Kw.
- Mini-Central Milingo, caudal de diseño 5.1 m³/s, caída bruta 32.7 m, potencia instalada 1200 Kw, potencia disponible 400 Kw.
- En el año 2000, la SIGET recibió, asesoró y dio la concesión para el municipio de Carolina, en el departamento de San Miguel, al proyecto hidroeléctrico del río Lempía a favor de la comunidad la Chacra, una vez que ésta había presentado el proyecto corregido a través de un pliego de observaciones pertinentes, las cuáles se cumplieron con la colaboración de la Universidad de El Salvador. Se logró la construcción de la Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra⁵, ubicado a 3 km al sur poniente del Municipio de Carolina, generando 130 – 140 kwh/mes para alumbrado de 53 viviendas de la comunidad; el río Lempía se aprovecha con caudal de diseño de 0.355 m³/s (355 l/s) y potencia de diseño de 17 Kw. (Ver Cuadro No 1.2).

⁵ En realidad, por la magnitud del proyecto y la propia generación de energía eléctrica que es comparativamente de escala muy baja en producción, se trata de una Micro central Hidroeléctrica, más que de una Minicentral Hidroeléctrica.

Cuadro 1.2. Proyectos de Minicentrales hidroeléctricas concesionados y en funcionamiento en el país.

CUADRO No 1.2. MINICENTRALES CONSECIONADAS POR LA SIGET

PROYECTO	CAUDAL DE DISEÑO (Qd) m ³ /s	POTENCIA INSTALADA (Kw)	POTENCIA DISPONIBLE (Kw)
MINICENTRAL HIDROELECTRICA BULULU	7.000	680.00	630.40
MINICENTRAL HIDROELECTRICA RIO SUCIO	10.160	2500.00	2500.00
MINICENTRAL HIDROELECTRICA CUCUMACAYAN	3.480	2256.00	1342.40
MINICENTRAL HIDROELECTRICA SAN LUIS I	3.000	630.00	400.00
MINICENTRAL HIDROELECTRICA CUTUMAYCAMONES	4.000	400.00	200.00
MINICENTRAL HIDROELECTRICA SONSONATE	4.500	150.00	150.00
MINICENTRAL HIDROELECTRICA MILINGO	5.100	1200.00	400.00
MINICENTRAL HIDROELECTRICA COMUNIDAD LA CHACRA	0.355	17.00	10.00

1.1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las necesidades de electrificar las viviendas rurales, es muy importante. En efecto, cualquier decisión tendiente a electrificar las áreas rurales debería ser apoyada unánimemente por los organismos gubernamentales. La energía eléctrica forma parte de un complejo de desarrollo del país íntimamente ligada con: a) Aplicación de modernas técnicas agrícolas, b) Mejoramiento del estándar de vida, salud pública y salubridad a través de higiene y salud mental, la salud y educación, vivienda electrificada, agua potable, recreación y demás

servicios que beneficien el bienestar de las personas y la población en general, c) Ampliación del mercado productor y consumidor de energía y de equipos eléctricos y d) Integración social y familiar a través de los medios de comunicación audiovisuales, demografía familiar y geografía local.

El aprovechamiento hidroeléctrico de pequeños ríos cercanos a comunidades resuelve la necesidad de suplir energía eléctrica a estas, mediante pequeños proyectos hidroeléctricos que cumplan los requisitos establecidos por la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET). Las experiencias obtenidas en los procesos de otorgamiento de concesiones geotérmicas e hidráulicas realizados hasta la fecha, indican que hay que hacer metodologías que incluyan normas y lineamientos aplicables a pequeños proyectos de explotación hidroeléctrica en pequeños ríos del país, para llevar los beneficios de esta gestión a comunidades rurales que generalmente se hacen acompañar de organismo gubernamentales y no gubernamental que tienen la iniciativa y capacidad de gestión para desarrollar este tipo de proyectos.

Para la explotación local de los recursos hidráulicos es necesario un anteproyecto debidamente formulado para aprobación por el organismo institucional competente que regula y garantiza la correcta utilización de los recursos hídricos. Puede existir iniciativa independiente por parte de las propias

comunidades con apoyo de organismos gubernamentales o no gubernamentales para desarrollar proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico, pero es común no disponer de información técnica y legal que sirva de guía para elaborar el anteproyecto que cumpla con los requisitos necesarios para su gestión y aprobación. Es fundamental, tener una Metodología para la formulación del proyecto en base a la información técnica y legal requerida, aplicable a proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico en pequeños ríos, apoyándose en la Ley General de Electricidad, normas y acuerdos emitidos a la fecha y en el desarrollo de los pasos correspondientes a una guía para la formulación, gestión y aprobación de este tipo de proyectos, dirigidos a beneficiar comunidades rurales, cercanas a ríos, que no tengan alumbrado eléctrico. Lo cual, a su vez, no sólo solventaría esta necesidad, sino también contribuiría a la integración social y al desarrollo comunitario; para mejorar la calidad de vida de la población, del sector rural, especialmente en cuanto a servicios básicos (luz eléctrica, agua potable). Este esfuerzo dependerá tanto de las comunidades rurales (iniciativa y organización) como del interés y apoyo gubernamental, técnico y económico, que se destinen en este sentido.

1.1.3 OBJETIVOS

1.1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar una metodología para la realización de pequeños proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico en ríos con flujo permanente y caudal ecológico

suficiente para generar energía eléctrica domiciliar en las viviendas de las comunidades rurales, facilitando su gestión y realización por organizaciones gubernamentales o no gubernamentales, instituciones afines a la comunidad, alcaldías y/o comunidad con iniciativa propia.

1.1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Indicar los estudios a realizar en este tipo de pequeños proyectos hidroeléctricos, determinando necesidades de la comunidad, tamaño del proyecto e infraestructura necesaria, viabilidad y factibilidad para su aprobación y realización.
- Estructurar sistematizadamente, los pasos para formulación, gestión y realización de pequeños proyectos, Minicentrales Hidroeléctricas.
- Proponer una Metodología de Proyecto, cumpliendo con las leyes, normas, acuerdos y reglamentos ya establecidos para tales propósitos, tal que sirvan de guía en la formulación y desarrollo de pequeños proyectos hidroeléctricos, para el beneficio de las comunidades rurales del país que no tengan servicio de energía eléctrica en sus viviendas.

- Evaluar metodológicamente el proyecto Minicentral Hidroeléctrica de la Comunidad La Chacra, sobre el Río Lempía en el municipio Carolina, San Miguel, aplicando la metodología que se haya propuesto.

1.1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

Sistematizar lineamientos que contengan los pasos y requisitos para la formulación y gestión de pequeños proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico, referidos a obra civil, principalmente, en beneficio de comunidades rurales que no cuenten con alumbrado eléctrico en sus viviendas, proponiendo así una forma metodológica de llegar a la aprobación de tales proyectos.

1.1.5 JUSTIFICACIÓN

Todavía en los años de 1970, el esquema rural de desarrollo en El Salvador era de base agraria, con grandes extensiones de tierra. La reforma agraria de 1972, permitió el desarrollo de áreas comunales en la zona rural, todo esto bajo un esquema de desarrollo y control eminentemente del Estado⁶, por lo cual, se creó el Instituto Salvadoreño de Transformación Agraria (ISTA)⁷, pero a partir de 1980 se proliferaron más libremente los asentamientos comunales y comunidades populares, los cuales recibían ayuda generalmente

⁶ Previamente se había planteado el Instituto de Colonización Rural (ICR), en el año 1950, lo cual es un indicio de reformas al uso de la tierra en el área rural, cuyo énfasis estaba orientado a lotes para vivienda y ocupacional agrícola para bienestar familiar.

⁷, Decreto L 302, conteniendo la Ley de Creación del Instituto Salvadoreño de Transformación Agraria, publicado en el Diario Oficial No 120, Tomo No 247, 26 de Marzo de 1975.

de organismos internacionales o iniciativa de países extranjeros en forma de organizaciones de cooperación y ayuda a las mismas; así mismo, organizaciones no gubernamentales con presencia en el país, legalmente establecidas en el Ministerio del Interior.

Tales asentamientos, generalmente permanecen desprovistos de servicios básicos, como alumbrado con energía eléctrica. Esta necesidad ha inducido a hacer uso de los ríos con agua permanente, caudal ecológico suficiente, sin impacto negativo, para poder generar el alumbrado de viviendas, utilizando minicentrales hidroeléctricas instaladas en puntos convenientes para transformar la energía de los ríos en energía eléctrica. Por ejemplo, se desarrolló el proyecto Minicentral Hidroeléctrica La Chacra, sobre el río Lempía, en San Miguel, Municipio Carolina; inicialmente, este fue realizado empíricamente por los propietarios, la ONG (SABES) que los asistía y con algunas consultas a la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), ya que no tenían una metodología para este tipo de proyectos. Al solicitar la aprobación por parte de la SIGET, esta consideró que se tenían que cumplir formalmente ciertos requisitos para poder ser aprobado. Así se establecieron los lineamientos a cumplir, a partir del informe que se disponía, y que también se presentó como memoria del proyecto para solicitar su aprobación, requiriendo especificidad en los estudios. De ahí que se propenda a querer establecer una metodología que permita dar viabilidad a

futuros proyectos similares y su correspondiente aprobación legal para operar como beneficiario de los recursos naturales del país haciendo uso de tecnología simplificada sin incurrir en impactos negativos, sino, permitir el avance del desarrollo de las comunidades como tales y las áreas donde estas permanecen asentadas.

1.1.6 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El Marco de referencia definirá aspectos que describan el entorno rural: físico, económico y social donde se desarrollarán los pequeños proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico en comunidades rurales. Para esto, se recopilará información estadística y de estudios precedentes relacionados con esta problemática, que permita tener un conocimiento muy realista así como seleccionar, analizar y ordenar la información sistemáticamente.

Se recopilará información técnica y conceptos relacionados con los estudios requeridos para establecer la viabilidad (física y económica) de pequeños proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico, así como lo relacionado con la infraestructura civil de éste, describiendo el entorno la ubicación específica donde se desarrollará la propuesta de proyecto y las características particulares de este tipo de proyectos. Dado que todo lo anterior debe estar en apego a las leyes, normas y acuerdos que para esto ya están

establecidos, se abordará el marco legal que rige el desarrollo de estos proyectos. Para lo cuál, las fuentes de información serán: libros, tesis, trabajos de graduación, estadísticas, documentos de proyectos de minicentrales hidroeléctrica que se encuentran en La Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, entrevistas con personas con experiencia en gestión y realización de este tipo de proyectos, información de Internet (documentos, monografías, estudios) que se refieran a este tema. Esta fuente de información permitirá conocer los estudios y experiencias en proyectos nacionales e internacionales. Analizando posteriormente la información y adecuándola a las características propias de los pequeños proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico en comunidades rurales, según la realidad social, económica, tecnológica y de recursos naturales propios del país.

Se estructurará la Metodología para proyectos de minicentrales hidroeléctricas, para la formulación, gestión y realización del proyecto. Se evaluará el proyecto Minicentral Comunidad La Chacra que se encuentra en marcha, para lo cual, se realizarán visitas al proyecto (ver anexo 1. Programa de visitas), se entrevistará a persona que hayan participado en la propuesta y gestión del proyecto, así como a las personas que actualmente participan en el funcionamiento del mismo y los beneficiarios.

El proceso de investigación, sus componentes en conjunto, así como la estructuración de una Metodología para la realización de este tipo de proyectos, irán mostrando y explicando la problemática de las comunidades rurales que no tienen alumbrado eléctrico en sus viviendas, y la de los proyectos de Minicentrales Hidroeléctricas como alternativa para solventar esta necesidad.

1.1.7 PRIMERAS CONSIDERACIONES

- Una metodología para la realización de pequeños proyectos hidroeléctricos, se elabora para simplificar la formulación y gestión del proyecto, conociendo el entorno, viabilidad y plan de desarrollo del mismo, y para agilizar los permisos para operar legalmente. La metodología en sí y la realización de este tipo de proyectos, está dirigida a comunidades rurales con necesidad de alumbrado en sus viviendas donde el consumo sería muy pequeño.
- Según la escala de explotación de la energía hidroeléctrica que se genera en el país, la Superintendencia General de Electricidad y Comunicaciones, controla a productores mayoristas y no mayoristas; es decir, centrales hidroeléctricas y minicentrales hidroeléctricas, a través de decretos o leyes, normativas y lineamientos, así como requerimientos para desarrollar tales proyectos. También, a muy pequeña escala de generación de energía hidroeléctrica, en el año 2000, se aprobó la Minicentral Hidroeléctrica “La Chacra”, en Carolina San Miguel.

- La posibilidad de construir un proyecto de Minicentral Hidroeléctrica, dependerá de que exista una determinada adecuación entre la capacidad de generación energética de un recurso hídrico y las necesidades y prioridades de sus potenciales usuarios.
- Asociar criterios como diseño geométrico, tecnología a usar, para la realización de minicentrales hidroeléctricas o pequeños proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico, en comunidades rurales. Además, todos los criterios metodológicos, legales y conceptos que se interrelacionen en la estructuración de una metodología para este tipo de de proyectos, aplicándolos pertinentemente, coadyuvando en viabilidad técnica, aprobación y concesionamiento correspondiente.
- Comparar requerimientos económicos y capacidad de generación hidroeléctrica, entre minicentrales hidroeléctricas existentes, minicentral “La Chacra”, y las que están en tramite para concesión; esto para comprobar viabilidad y sostenibilidad de los proyectos; así como para mejorar criterios de inversión.
- Analizar el presupuesto estimado para pequeños proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico, estableciendo comparación de costos, en la viabilidad económica del proyecto. Así mismo, comparar los costos en el presupuesto de la minicentral “la Chacra” con el proyecto empíricamente formulado y el resultante del ajustado cumpliendo

lineamientos metodológicos requeridos en el proyecto, así como criterios técnicos apropiados, con el fin de comprobar eficiencia en la inversión.

1.2. MARCO DE REFERENCIA DEL PROYECTO MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA LA CHACRA.

1.2.1 ASPECTOS GEOGRÁFICOS

Carolina. Municipio del distrito de Sesóri, departamento de San Miguel, está a 167 Kilómetros de distancia de San Salvador y tiene altitud de 290 m.s.n.m. Carolina se erigió en pueblo en 1838 con ese nombre en honor al coronel colombiano Narciso Benítez. En 1890 obtuvo el título de villa, y en la actualidad tiene el título de municipio. Carolina cuenta con los ríos Torola, Frió o Chámpate, El Riachuelo, Carolina y Lempía, además, con los cerros Las Hesitas, Portillo Blanco, Los Bonetes, El Chaparral, Miracapa, Soledad, Terrero y Jalteva. Está limitado al Norte y Nor Este por la República de Honduras; al Este por Los municipios Torola y San Antonio; al Sur por los municipios San Luis de La Reina y Ciudad Barrios; al Sur oeste y Oeste por el municipio San Luis de La Reina y al Nor Oeste por la República de Honduras y el municipio San Luis de La Reina. El área del municipio es de 59.92 Km².

Riegan al municipio, los ríos: Torola, en su curso, parte del cauce limita con la República de Honduras y los municipios San Antonio y San Luis de La Reina, El Volcancillo que en parte de su curso lo separa del municipio San

Antonio; el Frío o Chámpalo, El Carolina y Las Cañas; las quebradas.: El Chichipate, El Pito, El Campo Santo, La Ceiba, del Muerto, El Semillero, La Casa Quemada, Honda, La Isleta, La Burra, El Chupadero y El Chámpate. Los accidentes ortográficos más importantes son: los cerros: Portillo Blanco, Las Mesitas, Los Bonetes, Miracapa, El Chaparral, Soledad, Terrero y Jalteva. El clima es fresco (ver Fig. 1.1).

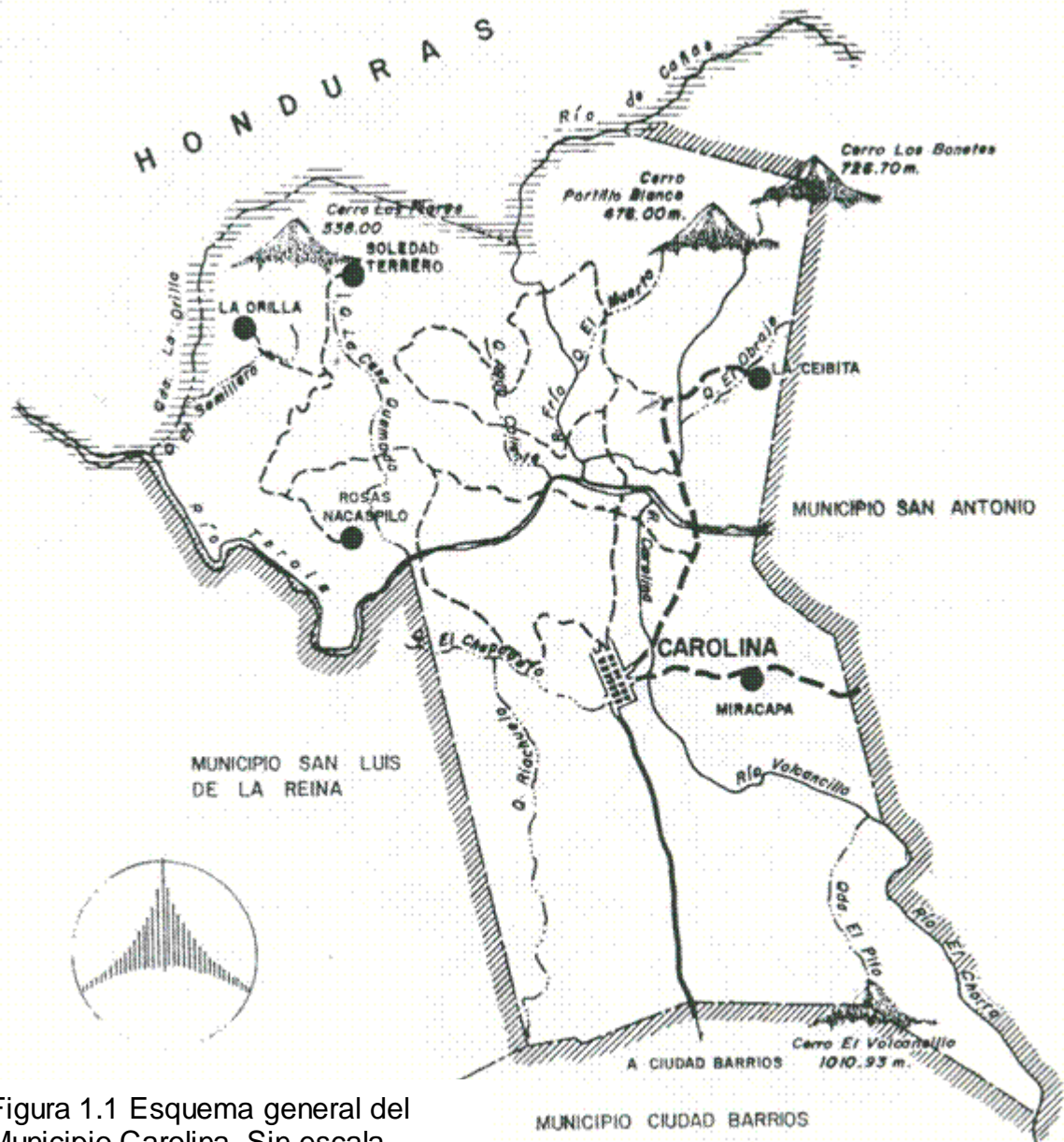


Figura 1.1 Esquema general del Municipio Carolina. Sin escala.

Toponimia Del Nahuat Muyutepe significa "Cerro de las moscas"; proviene de las raíces "muyu": mosca y "tepec": cerro montaña. El Municipio tiene extensión de: 52.92 Km². El área urbana es de 0.75 Km² y el área rural es de 52.17 Km². Posee 5 cantones y 26 caseríos:

Cantones:	Caseríos:
1) La Ceibita	4
2) La Orilla	4
3) Miracapa	3
4) Rosas Nacaspilo	9
5) Soledad Terrero	6

1.2.2 ASPECTOS SOCIALES

Demografía (1992): Habitantes: 8,298; Urbanos: 2,313; Rurales: 5,985, Densidad: 157 H/Km² ; Nacidos vivos: no demografiado (ND); Defunciones: ND; Matrimonios: ND. Viviendas: en 1992 eran 1,624 viviendas Urbanas y 321 viviendas Rurales y 1,587 viviendas unifamiliares.

Tipo de vivienda predominante:

Hechas de Concreto o Sistema Mixto: 96; Bahareque: 998; Adobe: 421; Madera: 82; Paja, Palma u otro vegetal: 20; Lámina Metálica: 3; Desechos varios: 4.

1.2.3 POBLACIÓN

Cuadro 1.3 Población del municipio de Carolina

Años	Ambos sexos	Masculino	Femenino	Urbana Ambos Sexos	Rural Ambos Sexos	Población Relativa
1930	3584	1784	1800	656	2928	59.81
1950	4922	2479	2443	871	4051	82.14
1961	6200	3143	3057	1286	4914	103.47
1 971	7463	3859	3604	1634	5829	124.55

Cuadro No 1.4

DEPARTAMENTO SAN MIGUEL PROYECCIÓN DE POBLACIÓN TOTAL, POR AÑOS CALENDARIOS, SEGÚN MUNICIPIOS 1995-2010
Población a mitad de año

MUNICIPIOS	1,995	1,996	1,997	1,998	1,999	2000	2,001	2,002
DEPTO. SAN MIGUEL	440,722	447,872	455,27	463,049	471,341	480,276	489,887	500,084
SAN MIGUEL	212,067	217,006	222,096	227,415	233,037	239,038	245,426	252,15
CAROLINA	8,795	8,851	8,910	8,973	9,043	9,122	9,210	9,306
CIUDAD BARRIOS	27,706	28,42	29,157	29,927	30,741	31,610	32,1534	33,506
COMACARAN	3,764	3,773	3,784	3,797	3,813	3,832	3,854	3,880
CHAPELTIQUE	10,977	11,012	11,051	11,095	11,147	11,208	11,281	11,363
CHINAMECA	22,153	22,211	22,276	22,352	22,443	22,554	22,687	22,840
CHIRILAGUA	22,79	22,35	22,917	22,995	23,089	23,202	23,339	23,496
EL TRANSITO	17,376	17,463	17,555	17,656	17,769	17,899	18,047	18,211
LOLOTIQUE	14,722	14,818	14,918	15,027	15,147	15,280	15,430	15,594
MONCAGUA	23,007	23,462	23,930	24,420	24,937	25,491	26,081	26,704
NUEVA GUADALUPE	7,089	7,182	7,277	7,378	7,485	7,600	7,725	7,858
NUEVO EDÉN DE SAN JUAN	2,908	2,916	2,924	2,934	2,946	2,961	2,978	2,998
QUELEPA	5,271	5,350	5,431	5,516	5,606	5,703	5,807	5,917
SAN ANTONIO	6,971	7,097	7,226	7,361	7,504	7,657	7,820	7,993
SAN GERARDO	6,172	6,188	6,200	6,227	6,253	6,284	6,321	6,363
SAN JORGE	9,309	9,321	9,336	9,356	9,383	9,417	9,460	9,512
SAN LUIS DE LA REINA	7,221	7,240	7,261	7,286	7,316	7,352	7,395	7,445
SAN RAFAEL	16,398	16,644	16,898	17,165	17,447	17,751	18,078	18,424
SESORI	12,169	12,200	12,236	12,278	12,328	12,389	12,462	12,546
ULUZAPA	3,857	3,867	3,879	3,892	3,908	3,927	3,950	3,977

Cuadro No 1.4 continuación

MUNICIPIOS	2,003	2,004	2,005	2,006	2,007	2,008	2,009	2,010
DEPTO. SAN MIGUEL	510,824	522,057	533,738	546,022	558,942	572,264	585,753	599,173
SAN MIGUEL	259,200	266,563	274,23	282,368	290,981	299,817	308,633	317,19
CAROLINA	9,409	9,517	9,628	9,743	9,862	9,987	10,115	10,247
CIUDAD OARRIOS	34,526	35,593	36,706	37,868	39,078	40,333	41,632	42,974
COMACARAN	3,909	3,939	3,970	4,002	4,034	4,069	4,106	4,148
CHAPELTIQUE	11,454	11,549	11,648	11,749	11,854	11,965	12,082	12,205
CHINAMECA	23,008	23,186	23,371	23,559	23,754	23,96	24,181	24,416
CHIRILAGUA	23,669	23,852	24,042	24,236	24,437	24,65	24,876	25,118
EL TRANSITO	18,388	18,574	18,765	18,963	19,169	19,384	19,607	19,836
LOLOTIQUE	15,77	15,953	16,143	16,338	16,541	16,752	16,970	17,194
MONCAGUA	27,357	28,038	28,745	29,48	30,242	31,031	31,845	32,682
NUEVA GUADALUPE	7,998	8,143	8,294	8,449	8,610	8,777	8,949	9,125
NUEVO EDÉN DE SAN JUAN	3,020	3,044	3,068	3,092	3,115	3,140	3,169	3,205
QUELEPA	6,033	6,154	6,279	6,408	6,542	6,681	6,824	6,971
SAN ANTONIO	8,174	8,363	8,559	8,762	8,973	9,191	9,415	9,646
SAN GERARDO	6,410	6,460	6,511	6,563	6,617	6,675	6,736	6,802
SAN JORGE	9,570	9,632	9,696	9,760	9,825	9,896	9,975	10,065
SAN LUIS DE LA REINA	7,500	7,558	7,618	7,679	7,743	7,810	7,882	7,959
SAN RAFAEL	18,788	19,167	19,558	19,964	20,385	20,820	21,267	21,727
SESORI	12,638	12,736	12,837	12,939	13,045	13,156	13,278	13,412
ULUZAPA	4,006	4,037	4,069	4,101	4,135	4,170	4,209	4,251

Dirección General de Estadística y Censos. DIGESTYC

1996

La población en el mes de julio de 1977 fue de 9475 habitantes, siendo la densidad de 158.13 por kilómetro cuadrado.

Los productos agrícolas más cultivados son: granos básicos, caña de azúcar, tule, cacao y plátano; hay crianza de ganado vacuno y porcino. Las industrias más importantes son: fábrica de productos lácteos, panela, objetos de tule y palma, fábrica de ladrillos y tejas de barro, la alfarería y la pesca de manutención. La villa de Carolina se une por carreteras mejoradas (asfaltadas) con las poblaciones de San Luis de La Reina, Chapeltique y Ciudad Barrios; los cantones y caseríos se enlazan por caminos vecinales con la cabecera municipal. La cabecera del municipio es la villa de Carolina, en donde reside el consejo municipal. Para su administración el municipio Carolina se divide así:

Cantones

La Ceibita

La Orilla

Miracapa

Rosas Nacaspilo

Caseríos

La Ceibita

Los Bonetes

Champado

Portillo Blanco

La Orilla

El Tempiste

El Cerro

El Fresquecito

Miracapa

Potrerillos

Volcancillo

Rosas Nacaspilo

La Loma

La Chácara

Santa Clara

Los Jobos

La Cuchilla

La Montañita

	Las minas
Soledad Terreno	
	Soledad Terreno
	Pitahaya
	La Flor
	El Tablón
	El Jocote
Salteban	El Terrero

La cabecera del municipio es la villa de Carolina situada en un valle al Norte de la cordillera de Nahuateríque, 290 msnm, entre los 13°50'50" longitud norte. y los 88°18'21" latitud oeste, 42.5 Km al Norte de la ciudad de San Miguel. La villa se divide en los barrios: El Centro, San Agustín y El Calvario; sus poblaciones vecinas son: San Antonio, San Luis de La Reina y Ciudad Barrios; las fiestas patronales las celebran el 27 y 28 de agosto en honor a San Agustín; otras fiestas las celebran el 21 de marzo en honor a la Virgen de La Medalla Milagrosa; el 3 de mayo en honor a la Santa Cruz y el 15 de diciembre, en honor a la Virgen de Concepción. Las calles de la villa son empedradas, de tierra, adoquinadas o encementadas. Los servicios públicos que tiene la villa son: tiangué, telecomunicaciones, correos, agua potable, alumbrado, puesto de salud, juzgado de Paz,

cárceles, buses, Escuela Urbana Mixta Unificada, policía nacional civil y aduana. Hay escuelas de Educación Básica en los cantones: Santa Clara, Los Jobos, Rosas Nacaspilo, Soledad Terrero, La Orilla, La Ceibita y Miracapa. Los sitios de atracción turística más importantes son: el balneario fluvial del Agua Caliente, la iglesia colonial de Carolina, los ausoles de los ríos Torola y Agua Caliente.

La hacienda "Mayutepeque" perteneció, a finales del siglo XVIII, al Curato de Osicala; en esa hacienda, se fundó el cantón en el cual se erigió en 1838 el pueblo de Carolina en honor al coronel colombiano Narciso Benítez. En 1841 pasó a formar parte del distrito y departamento de San Miguel; el 14 de julio de 1875 fue incorporado al distrito de Chinameca y después, al distrito de Sesóri, el 14 de marzo de 1892. En 1890 obtuvo el título de villa. El topónimo "Mayutepe" significa "Cerro de las moscas", proviene de las voces: "Muyu" (mosca) y "Tepec" (cerro, montaña).

CAROLINA. Río del municipio de Carolina, departamento de San Miguel, se forma de la unión de las quebradas El Chichipate y Grande o El Volcancillo, 2.4 Km al Sur este de la villa de Carolina; corre de Sur a Norte y desemboca en el río Torola; recibe la afluencia del río Volcancillo o El Chorro, longitud de 10.0 Km.

1.2.4 SALUBRIDAD Y SANEAMIENTO

Según el censo de 1992, el 90.58% de las aguas residuales son contaminantes, lo que constituye un problema grave para el municipio, debido a la contaminación de moscas y zancudos.

La situación de la disposición final de los residuos, excretas, constituye una situación crítica debido a que existen 1,148 Viviendas, equivalentes al 70.69%, que no cuentan con un lugar adecuado para realizar sus necesidades fisiológicas, constituyéndose en focos de contaminación y proliferación de enfermedades gastrointestinales que afectan la salud de la población; se hace necesaria la identificación y ubicación de estas viviendas, a través de los líderes comunales, las autoridades locales y el Gobierno Central, para comenzar un proyecto de letrización (ver cuadro No 1.5) y ampliación de la red de tuberías existentes de aguas negras, dependiendo de dónde se encuentren.

Cuadro No 1.5 Disposición final de los residuos, excretas.

Servicios Sanitarios	Total Viviendas	%
no contaminantes	476	29.31
contaminantes	1148	70.69
total	1624	100.00

Fuente: elaborado en base a datos del censo de vivienda 1992
Digestyc – Minec.

La problemática de la evacuación final de aguas residuales contaminantes, constituye un efecto nocivo para la salud de la población, ya que existen 1,471 viviendas, equivalentes al 90.58%, que no cuentan con un lugar adecuado para vaciar estas aguas, lo que implica que el libre recorrido de ellos contaminan mantos acuíferos, fuentes de agua y ríos, de donde se abastecen un buen porcentaje de la población; además, la deficiencia del sistema de alcantarillado produce erosión y formación de ahuecamientos y charcos, donde se crían moscas , y zancudos que producen enfermedades epidémicas, en detrimento de la capacidad laboral y el ausentismo escolar de los niños.

Cuadro No 1.6

Desagüe	Total Viviendas	%
no contaminantes	153	9.42
contaminantes	1471	90.58
total	1624	100.00

Fuente: elaborado en base a datos del censo de vivienda 1992 Digestyc - Minec.

Ya que la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados ANDA, no tiene ninguna cobertura en este municipio, se hace necesario que se elaboren proyectos de esta naturaleza para solucionar esta problemática. También, identificar la ubicación geográfica de estas viviendas que no tienen el servicio de alcantarillado, a través de los líderes comunales, las autoridades locales y el Gobierno Central, para plantear soluciones alternativas.

1.2.5 EDUCACIÓN

La población analfabeta es 35.17% o sean 1,484 niños entre las edades de 5 a 14 años, los adultos de 15 y más años, ascienden a 2,736, es decir el 64.83%, lo que representa una mayor demanda del programa de educación acelerada para adultos. El 71.19% de los hombres campesinos representan la mayor demanda de educación. El índice de escolaridad en promedio es de 4 años, alcanzando la población un máximo de 4to grado. El nivel parvulario era muy bajo en 1992, alcanzaba solamente el 2.38%, es decir, 23 personas. Existe un desbalance entre el nivel de educación parvularia y el de educación básica, es decir 1 sección de parvularia y 11 de educación básica. (Ver cuadro No 1.7)

Cuadro No. 1.7 Índice de analfabetismo por estructura de edades

Grupo por edades	Analfabetas	
	Absoluto	Porcentaje
5 - 9	964	22.85
10 - 14	520	12.32
15 y mas	2736	64.83
Total	4220	10000

Fuente: elaborado en base al censo de población, Digestyc - Minec.

El porcentaje más alto de los analfabetas por estructura de edades, se encuentra en el rango de 15 y más años, 64.83% y con respecto a la incidencia por grupo de edad 59.57%; lo anterior indica, que estas personas están siendo parte de la oferta productiva que tiene el municipio, pero por su falta de

educación no tienen acceso a trabajos mejor remunerados. La alfabetización de adultos⁸ debe ser considerado como un aporte e inversión complementarios para la educación informal, respecto a los otros grupos de menor edad, para el mejor rendimiento escolar de los niños. Con respecto a la población que se encuentra en el rango de 5 a 14 años de edad, el índice de analfabetismo por estructura de edades es de 35.17% que representan a 1,484 personas, 78.37% en las edades de 5 a 9 años, lo que indica que la más grave problemática del analfabetismo está en los niños; por consecuencia, el potencial de la oferta de mano de obra, no se está preparando adecuadamente, y la insuficiente capacidad educativa será un obstáculo, que les causará desventaja frente a aquellas personas que no son analfabetas.

Comparativamente, de la población total del municipio, 8,298 habitantes, 4,220 personas no saben leer ni escribir, equivalente al 50.86% del total, lo que significa que 5 de cada 10 personas eran analfabetas, en 1992, lo cual podría contribuir a agudizar problemas de delincuencia, drogadicción, etc., esto hace

⁸ La escuela no constituye el único origen de la educación, sino también, y de mayor importancia, la educación de los adultos o sea los padres. Apesar que la educación y especialmente la alfabetización no son suficientes por sí solas, constituyen un "factor estratégico de las bases fundamentales del desarrollo, ya que una población con cierto nivel educativo, además de ser más productiva, contribuye con su participación ciudadana, al fortalecimiento de formas democráticas de convivencia".

necesario llevar a cabo programas de alfabetización y vocacionales para los adultos, y así facilitar su inserción a la oferta de mano de obra productiva.

1.2.6 VIVIENDA

El 0.37% de la vivienda son mesones, el 1.23% es Rancho y Choza y el 0.31% otros tipos. Estos tipos de viviendas no cumplen los requerimientos básicos de habitación.

La necesidad habitacional asciende al 14.59%, que en términos absolutos significa que 237 viviendas no pertenecen a sus dueños, debido a que son alquiladas, a orilla de ríos, derechos de vías. En el municipio existen 1,580 viviendas equivalentes al 97.29% del total categorizadas como casa independiente, 1.71% como apartamento, pieza en casa y pieza de mesón; como vivienda colectiva. (Ver cuadro No 1.8)

Cuadro No 1.8 Viviendas particulares ocupadas por tipo

categoria	absoluto	%
casa independiente	1580	9729
apartamento	7	043
pieza de casa	6	037
pieza de mesón	6	037
rancho o choza	20	123
casa improvisada	4	025
local no destinado para habitación humana	1	006
otra (vivienda móvil, carpa, etc.)	0	000
total	1624	100.00

Fuente: elaborado en base de datos del censo de vivienda, 1992. Digestyc Minec.

La problemática se concentra en 2 aspectos que son el hacinamiento y la deficiencia en la prestación de los servicios básicos, lo que hace necesario buscar una solución a esta situación.

Existen 141 viviendas (8.68%) en calidad de alquiler, lo que implica que las familias ocupantes tienen cierta capacidad económica, pero que no son sujetos de créditos del sistema financiero para adquirir una vivienda, “con este grupo puede iniciarse un proceso de construcción de viviendas, a través del Vice ministerio de Vivienda, con el Fondo social de la Vivienda Popular (FONAVIPO), o programa de ayuda mutua”.

Cuadro No 1.9 Viviendas particulares ocupadas por condiciones de tenencia.

tenencia	total viviendas	%
propia	1387	85.41
alquilada	141	8.68
otra	96	5.91
total	1624	100.00

Fuente: elaborado en base de datos del censo de vivienda, 1992 Digestyc - Minec.

El 5.91% de las viviendas ocupadas por otro tipo de tenencia, con generalmente ocupaciones ilegales, Viviendas a orilla de derechos de vía y ríos, “con estas familias puede iniciarse un plan de lotificaciones en condiciones de apoyo”.

1.2.7 SERVICIOS BÁSICOS

Agua potable

El 13.55% de la vivienda tiene acceso a servicio domiciliario de agua potable, ANDA proporciona el servicio de agua potable en el municipio, sólo a 192 viviendas. El abastecimiento de agua en condiciones mínimas de potabilidad para uso y consumo doméstico, alcanza a cubrirse en un 13.55% equivalentes a 220 viviendas, de éstas, según el boletín Estadístico N° 15, de ANDA en 1993 se ha dado cobertura al 87.27% de ellas, equivalentes a 192 casas. Siendo el agua potable un requisito indispensable para la salud de la población, ésta debe de ser una variable a considerar en los proyectos de inversión, llevando a cabo estudios de factibilidad y sondeos de posibles mantos acuíferos, para dotar de agua potable al municipio (ver cuadro 1.10).

Cuadro No 1.10 Agua potable

fuelle	total viviendas	%
cañería	220	13.55
Natural (pozo. Río Manantial)	1332	82.02
otros	72	4.43
total	1624	100.00

Fuente: elaborado en base a datos del censo de vivienda 1992, Digestyc - Minec.

Cuadro No 1.11 Educación y Cultura.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
CENTROS DE EDUCACIÓN BÁSICA	
Rural	1
Urbano	10
CENTROS DE EDUCACIÓN MEDIA	1
CENTROS DE EDUCACIÓN PARVULARIA	1
SALUD	
Puestos de salud	1
CENTROS DE RECREACIÓN Y EDUCATIVOS	
Parques	1
Canchas de fútbol	1

1.2.8 NECESIDADES SENTIDAS

Sector infraestructura básica. Según la encuesta de comunidades, efectuada por MIPLAN en 1994, las necesidades son las siguientes (ver cuadro No 1.12)

Cuadro No 1.12

NECESIDADES	No DE CASERIOS O COLONIAS
Acueducto y Alcantarillado	7
Energía Eléctrica	5
Comunicaciones y transporte	1
Vías de Comunicación	8
Salud	5
Servicios Municipales	-
Asistencia Social	-

Esta demanda de servicios deberá por una parte validarse en conjunto con los alcaldes y comunidades para iniciar su pronta acción; y por la otra, los costos de infraestructura urbana deberán actualizarse y diseñar un programa de acción. Servicios públicos: ANTEL, Correos, ANDA, Juzgados de Paz.

1.2.9 ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LA ZONA

Las principales actividades ocupacionales de la zona son: Agrícola y pecuaria. Los cultivos que se desarrollan en el municipio de Carolina son frijol, maíz, maicillo y caña de azúcar con índices del 100%, 100%, 100% y 20%, respectivamente. En lo pecuario, predomina la crianza de ganado con 40%, cerdos y aves en menor escala (ver cuadro 1.13)

Cuadro 1.13 Principales actividades ocupacionales de la zona

Tipo de actividad	n° de caseríos	Porcentaje caseríos (%)
caña de azúcar	1	20
fríjol	5	100
maíz	5	100
maicillo	5	100
cerdos	1	20
ganado ,	2	40
aves	1	20
total de caseríos	5 encuestados	

Fuente: elaborado en base a encuesta comunidades, Miplan 1994.

1.3 ENTORNO ECONÓMICO

Uso actual de los suelos rurales. Los suelos rurales están diversificados en su uso, ya que se cultiva frijol, maíz, maicillo, caña de azúcar, crianza de ganado, cerdos y aves.

Uso potencial del suelo. El 100% son suelos de vocación agrícola restringida es decir, son aptos para fines forestales o cultivos permanentes. Manejo de suelos. Los suelos no están siendo utilizados de acuerdo a su vocación o capacidad productiva, requiriendo la diversificación de cultivos, permanentes, en los pequeños productores.

Población económicamente activa. El total de la oferta de mano de obra asciende a 32.18%, en donde el hombre representa el 88.65% y la mujer el 11.35%. La población económicamente dependiente constituye el 67.82%. Actividad económica empresarial, la principal es el comercio al por menor con menos de 4 empleados, es decir, microempresas. Vocación productiva. La agricultura y el comercio al por menor. Producción predominante: productos lácteos, elaboración dulce de panela, fabricación de ladrillos y tejas de barro.

Infraestructura vial: Camino rural que comunica con San Luis de la Reina y Camino rural y carretera terciaria que comunica con Ciudad Barrios. Las Calles de la villa son empedradas y de tierra. Aspectos varios, sitios turísticos son el margen del río Torola, los ausoles del agua caliente y la cueva de la bartolina.

Aspectos administrativos locales, miembros del concejo son 10 (alcalde, 1; Síndico: 1; Regidores Propietarios 4, Regidores Suplentes 4. Personal municipal por nombramiento son 5. Cuenta con dependencias de: Secretaría, Registro civil. Cédula y Policía Municipal. Tarifa de árbitros vigente: 21 de Septiembre de 1955. D.O.191. Presupuesto global de 1994: N.D. Costumbres y tradiciones: fiestas patronales en honor a San Agustín, que se celebran el 28 de Agosto.

1.4 ENTORNO NATURAL

Del municipio de carolina, entre lo más destacable está la abundancia de cerros y lomas de pequeña y mediana altura y que adornan a sus bosques naturales en su mayoría de pasto para ganado, con algunos ríos que bañan sus alrededores tales como: Torola, el riachuelo, Las Vegas, etc.

1.4.1. RECURSOS DISPONIBLES

Los recursos disponibles del municipio carolina son: agua de ríos, suelos para cultivo de pasto y granos básicos, y además, cuenta con bosques naturales.

1.4.2. RECURSOS RENOVABLES Y NO RENOVABLES

Recursos hidráulicos continentales, ya sean para consumo directo o para la producción de energía. Los embalses almacenan agua de las aportaciones naturales a la cuenca, que se renueva periódicamente, y que marca el ritmo de utilización máxima a que se puede llegar antes de agotar el recurso hasta su recuperación. Bosques y plantaciones forestales, donde se encuentran los árboles madereros que son materia prima para la construcción y para la elaboración de papel, sin que sean explotados al ritmo que supere su capacidad de regeneración.

Gestión forestal.

La gestión del patrimonio forestal tiene como finalidad proteger la base biológica sin olvidar la producción forestal, en especial la obtención de madera. Esta producción suele basarse en la explotación sostenible, el flujo regular y continuado de producción que el bosque en cuestión puede mantener sin perjuicio de su productividad. La gestión forestal comprende actividades orientadas a garantizar la protección a largo plazo de los servicios ambientales de los bosques, en especial su diversidad biológica, la conservación del suelo y de las cuencas y la regulación climática. Algunos bosques se dejan en reserva para obtener de ellos estos servicios; en todo el mundo, más o menos 5% de los bosques se encuentran en áreas protegidas en las que no se explota ningún producto, tal como parques nacionales y reservas naturales. Además, abarca diversas actividades relacionadas con la planificación, la explotación y la supervisión: evaluación de la calidad del paraje, riqueza forestal y medición del crecimiento, planificación forestal, provisión de carreteras e infraestructuras, gestión del suelo y el agua para preparar y mejorar la zona, silvicultura (cuidado del bosque) para alterar las características del bosque (limpieza, entresaca, tala, regeneración o plantación de árboles, y fertilización para obtener plantaciones de la especie, edad y tamaños deseados), actividades de explotación, medidas de control del rendimiento para mantener la producción a niveles sostenibles, y, por último, protección contra las plagas, las

enfermedades, el fuego y las condiciones climáticas extremas. El tiempo necesario para que estas actividades generen árboles maderables, con una talla y características que hacen que su madera sea aprovechable, recibe el nombre de turno de corta; también, se llevan a cabo talas selectivas intermedias o entresacas. Los grupos de árboles pueden ser de la misma edad (en la mayoría de las plantaciones) o de edades diferentes (en la mayoría de los bosques naturales).

Entre los recursos naturales no renovables están los recursos mineros fósiles en la corteza terrestre, hay cantidades finitas de estos materiales que pueden ser aprovechados por el ser humano; esta disponibilidad limitada implica la necesidad de buscar sistemas de reciclado de materiales, de ahorro y alternativas a su uso, que no comprometan el desarrollo y la calidad de vida humana.

1.4.3 FUENTE DE RECURSOS

Entre las fuentes de recursos que se tienen en la zona están: el suelo, la flora, la fauna, el agua subterránea y el agua superficial

1.4.4 CONVENIOS SOBRE EL USO DE RECURSOS HÍDRICOS

Acuerdo N°. 59-E-2001

LA SUPERINTENDENCIA GENERAL DE ELECTRICIDAD Y
TELECOMUNICACIONES,

Considerando que:

De conformidad con el artículo 5, literales c) y g) de la Ley de Creación de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, son atribuciones de esta Institución, dictar normas y estándares técnicos aplicables a los sectores de electricidad y telecomunicaciones y mantener la más estrecha relación de coordinación con las autoridades en materia de medio ambiente.

- I. El artículo 2 de la Ley General de Electricidad, en los literales a), c) y d) establece que son objetivos que deberán tomarse en cuenta para la aplicación de dicha Ley, los siguientes: desarrollo de un mercado competitivo en las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica; el uso racional y eficiente de los recursos y el fomento del acceso al suministro de energía eléctrica para todos los sectores de la población.

- II. Los artículos 5 y 16 de la Ley General de Electricidad, disponen respectivamente, que la generación de energía eléctrica a partir de recursos hidráulicos y geotérmicos requerirá de concesión otorgada por la SIGET de conformidad con las disposiciones de la ley; y que tales concesiones deberán otorgarse previo el establecimiento de competencia por medio de licitación.

- III. El artículo 17 de la Ley General de Electricidad, faculta a la SIGET para que dicte las normas aplicables a los procedimientos de licitación para el otorgamiento de concesiones para la explotación de recursos naturales hídricos o geotérmicos con fines de generación de energía eléctrica.

- IV. De conformidad con la Ley de Adquisiciones y Contrataciones de la Administración Pública, contenida en el Decreto Legislativo número ochocientos sesenta y ocho, del cinco de abril del año dos mil, publicado en el Diario Oficial número ochenta y ocho tomo trescientos cuarenta y dos, del quince de mayo del año antes citado, las adquisiciones y contrataciones de obras, bienes y servicios que deben celebrar las instituciones del Estado, estarán sujetos a las disposiciones que contenga la Ley. El artículo 132 de esta Ley establece que los contratos de concesión para la explotación de los recursos naturales y del subsuelo, estarán sujetos a leyes específicas según el recurso de que se trate. El artículo 133 establece que la forma de seleccionar al concesionario para cualquier tipo de contrato de concesión, será la licitación pública y se regirá por las disposiciones que regulan las licitaciones en esta Ley.

- V. Las experiencias obtenidas en los procesos de otorgamiento de concesiones geotérmicas e hidráulicas realizados hasta la fecha, indican

la conveniencia y necesidad de complementar, diferenciar y desarrollar en mayor grado de detalle, los procedimientos aplicables a cada tipo de recurso, a fin de tomar en consideración la complejidad técnica propia de los proyectos geotérmicos, las diferencias metodológicas entre el desarrollo de proyectos geotérmicos e hidráulicos y las diferencias entre el desarrollo de pequeños y grandes proyectos hidráulicos, por lo que es procedente emitir una Normativa que mejore el proceso de otorgamiento de las concesiones de recursos hidráulicos y geotérmicos con fines de generación de energía eléctrica.

1.5 SERVICIOS DE ATENCIÓN PARA LA VIVIENDA RURAL

Durante los años 1930's, el gobierno creó instituciones para solventar la creciente demanda de vivienda. La Fundación Salvadoreña de Desarrollo de vivienda mínima (FUNDASAL), se creó en 1968, institución privada de utilidad pública sin fines de lucro, el Instituto de Vivienda Urbana (IVU) en 1949, la Financiera Nacional de la Vivienda, el Fondo Social para la Vivienda (FSV) en 1973 y desde 1990 el Fondo Nacional de Vivienda Popular (FONAVIPO), el Programa Nacional de Vivienda Popular (PRONAVIPO) y el Viceministerio de Vivienda. También el sector privado y las ONG'S que se dedican al construcción de vivienda para cubrir esa necesidad.

Líneas de acción.

En sus 11 años de operaciones, el Fondo Nacional de Vivienda Popular, FONAVIPO, ha atendido a unas 130 mil familias salvadoreñas, facilitándoles el acceso al financiamiento con dos programas para familias de bajos ingresos, el Programa de Créditos y el de Contribuciones o Subsidios; a partir del año 2001, se está aplicando la combinación de ellos, en lo que se ha denominado, línea o Modalidad Crédito-Contribución, si el monto del crédito recibido no les permite cubrir el valor de la solución habitacional que desean adquirir, se les otorga un subsidio complementario igual a la diferencia que necesitan para obtener su vivienda. El Programa de Créditos se ejecuta con la participación de instituciones intermediarias cuyo papel es canalizar los recursos de FONAVIPO a las familias, para lo cual, estas son previamente calificadas y las convierten en Instituciones Autorizadas (IA's), para operar con el Programa. Las líneas de crédito a las cuales puede optar la familia interesada en obtener un crédito, son las siguientes: Crédito Contribución, Crédito para Vivienda Popular y Proyectos Habitacionales de Interés Social. El crédito obtenido en cualquiera de esas líneas, puede ser destinado para: mejoramiento de la vivienda que ya posee; compra de un lote; adquisición de una vivienda nueva o usada o construcción de una vivienda.

Por otra parte, el Programa de Contribuciones les otorga a las familias beneficiadas, un aporte en dinero hasta \$ 3,000.00 ó en especie que pueden

ser materiales de construcción, por una sola vez y sin discriminación de ninguna clase. Solamente, por desastre natural, calamidad pública, estado de emergencia u otras situaciones similares, se le podrá otorgar una segunda contribución a la familia afectada. Los requisitos a cumplir por la familia para recibir el subsidio, son los siguientes: comprobar la propiedad sobre el terreno donde invertirá la contribución o demostrar que podrá adquirir él mismo, con la contribución u otras donaciones que haya recibido de organismos nacionales o internacionales. Después de cumplir con los requisitos, la familia es postulada al programa y aplica al proceso de calificación en el que se toman en cuenta como mínimo, los aportes que pueda realizar, si es propietario o no del inmueble, su situación socio-económica y las condiciones del entorno en que vive. Ante los desastres provocados por los terremotos del año 2001, FONAVIPO se convirtió en el principal ejecutor de la reconstrucción nacional y gestionó financiamientos internacionales, que sumandose a los obtenidos por el gobierno central, para enfrentar la problemática habitacional generada por los sismos, en miles de familias damnificadas. El requisito para que una familia pudiera obtener los beneficios que concedía FONAVIPO, era tener ingresos familiares iguales o menores a cuatro salarios mínimos, es decir US\$633.60 ó menos. Así las personas de escasos recursos económicos podrían acceder a créditos.

A. gestión crediticia (ver Tabla No 1.1)

Los créditos otorgados en el año 2003, ascendieron en monto a US\$20.33 millones beneficiando a un total de 7,060 familias. En los últimos tres años, el monto total de créditos concedidos a las familias experimentó un crecimiento, de 25.3% respecto al año anterior, en base a US\$16.23 millones que se otorgaron en 2002. Durante el año 2003, FONAVIPO canalizó créditos para vivienda a través de seis tipos de IA's: Cooperativas, Instituciones Privadas (Apoyo Integral, S. A. de C. V.) ONG's, Bancos Comerciales, Cajas de Crédito y Bancos de los Trabajadores, siendo las tres últimas instituciones las que trasladaron la mayor cantidad de montos.

Tabla No 1.1 Distribución del crédito por institución autorizada.

Tabla No 1.1

Institucion	% Credito
Bancos comerciales	54.30
Cooperativas	0.50
ONG's	0.50
Instituciones privadas	2.90
Bancos de los trabajadores	10.50
Cajas de credito	31.30
Total	100.00

A.1 Distribución del crédito por líneas (Ver Tabla No 1.2)

Las diferentes IA's, canalizan a las familias, los recursos que les otorga FONAVIPO bajo las siguientes Líneas de Crédito:

1. Crédito-Contribución

2. Vivienda Popular
3. Proyectos Habitacionales de Interés Social
4. Línea Puente para Formación de Cartera

La línea de Crédito-Contribución y la de Vivienda Popular tienen los destinos siguientes:

1. Mejoramiento de soluciones habitacionales
2. Adquisición de lote
3. Construcción de vivienda
4. Adquisición de lote y Construcción de Vivienda
5. Adquisición de vivienda

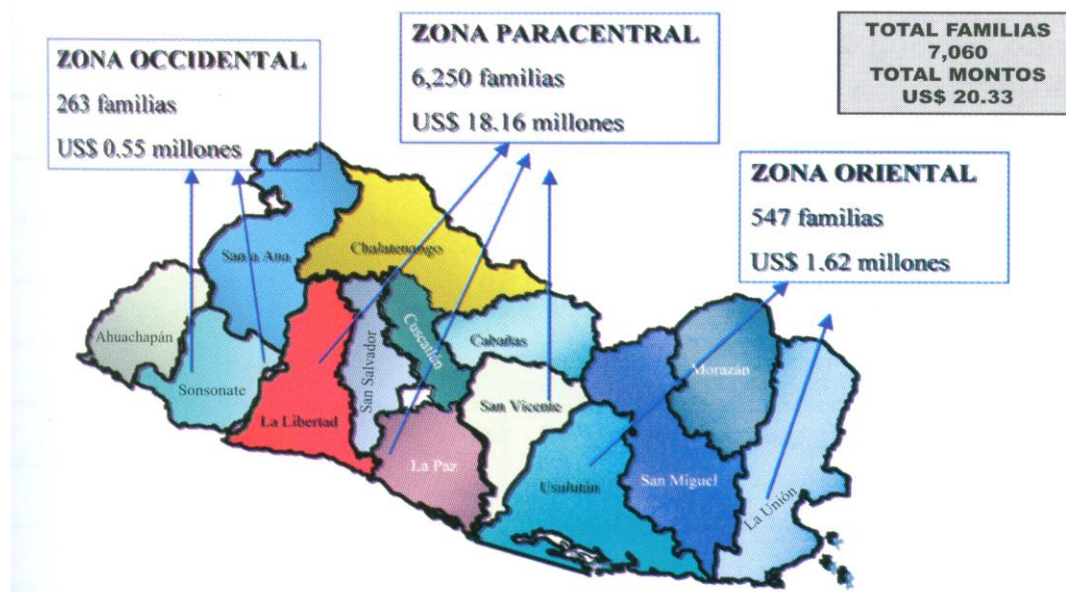
Tabla No 1.2 Distribución del crédito por líneas.

Finalidad del credito	%
Proyectos habitacionales	18
Linea puente	24
Credito-contribucion	2
Credito popular	56
Total	100

A.2 Resultados obtenidos en la ejecución del programa de créditos, por zona geográfica.

Al desglosar el monto del crédito otorgado por zona geográfica, los departamentos con más familias favorecidas fueron los de la zona para-central,

ya que allí se concentró el mayor número de departamentos en los cuales se ha continuado atendiendo a las familias afectadas por los terremotos del año 2001.



Mapa No 1.1. Créditos colocados y familias beneficiadas por zona geográfica 2003.

La contribución para vivienda se define como un aporte estatal no reembolsable en dinero o en especie, otorgado por una sola vez al grupo familiar beneficiario sin cargo de restitución, con el objeto de facilitarle en conjunto con el aporte propio o el crédito complementario, una solución habitacional de interés social (Art. 39 de la Ley de FONAVIPO).

FONAVIPO determina las formas y condiciones de la postulación, la cuantía que en todo caso no deberá ser menor de uno ni mayor de catorce salarios mínimos, tomando en cuenta: los recursos disponibles, el valor de la

solución habitacional y las condiciones socio-económicas de los grupos familiares.

B.1 Fuentes de recursos

El financiamiento del Programa proviene de diferentes fuentes que se detallan en el Cuadro No. 2, una de las cuales son recursos propios de FONAVIPO cuya participación en el año fue del 27.32% del total de fondos destinados al Programa y los Fondos de la Privatización de ANTEL (FANTEL) con el 56.65%.

Parte de los fondos otorgados a las familias en concepto de subsidio durante el año 2003 fueron destinados a la compra de terrenos y gastos de escrituración, además de proporcionarles una vivienda y/o servicios básicos, en el marco del Plan de Reconstrucción Nacional.

Cuadro No 1.14 Recursos asignados en el programa de contribuciones según fuente.

Fuente de Financiamiento	Monto (US \$)	Porcentaje
VMVUD	228,133.61	7.57%
FONAVIPO	823,062.34	27.32%
FANTEL	1,706,458.05	56.65%
FONA-FANTEL	10,679.90	0.36%
BID	107,500.00	3.57%
GOES (Ministerio de Hacienda)	133,000.00	4.42%
Total	3,012,145.90	100.00%

Fuente: Gerencia de Contribuciones.

1.5.1 SERVICIOS BÁSICOS

Según los artículos 1, 53, 54 y 65, de la Constitución Política de El Salvador, se prevee el derecho de todos los ciudadanos a los servicios públicos, que "son inherentes a la finalidad del Estado" y que es deber de éste "asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional".

Los artículos establecen que los servicios públicos sean prestados "por el Estado, directa o indirectamente, por comunidades organizadas o por particulares". Se tienen como servicios públicos domiciliarios los de acueducto, alcantarillado, aseo, electricidad, gas combustible y telefonía básica conmutada incluyendo la larga distancia nacional e internacional. Para el servicio de energía eléctrica

1.5.2. ALUMBRADO DOMICILIAR

Es el transporte de energía eléctrica desde las regiones de transmisión hasta el domicilio del usuario final, incluida su conexión y medición. En la comunidad la Chácara la energía eléctrica es transportada desde la casa de máquinas a un transformador que eleva el voltaje para poder compensar las pérdidas en todo el recorrido por los cables, y al llegar a la comunidad esta es distribuida en todos los hogares.

1.5.3. POBREZA RURAL

La pobreza relativa es la experimentada por personas cuyos ingresos se encuentran muy por debajo de la media o promedio en una sociedad determinada. La pobreza absoluta es la experimentada por aquellos que no disponen de los alimentos necesarios para mantenerse sanos. Sin embargo, en el cálculo de la pobreza según los ingresos, hay que tener en cuenta otros elementos esenciales que contribuyen a una vida sana. Así, por ejemplo, los individuos que no pueden acceder a la educación o a los servicios médicos deben ser considerados en situación de pobreza.

El Salvador es un país pobre, bipolarmente dividido en una exclusiva y pequeña clase social sumamente rica y millones de pobres. En el municipio Carolina existen personas de muy bajos recursos y personas con algunas comodidades, pero en la comunidad La Chácara, la mayoría de personas, según censo pasado a familias en forma aleatoria el ingreso promedio obtenido es de unos \$150.00 mensuales y tomando en cuenta un promedio de 5 personas por familia se deduce que la comunidad es habitada por personas de escasos recursos económicos y que debido a su bajo nivel de estudios académicos difícilmente podrían salir de ese estado ya que no pueden acceder a un empleo estable y que les dé buenos ingresos.

1.6. IMPACTO Y NECESIDADES

La comunidad tiene la necesidad de alumbrado en sus viviendas por lo que con la ayuda de organismos no gubernamentales (ONG's), gestionan la posibilidad de tener este servicio básico para un mejor nivel de vida y más placentero, entonces con el estudio previo se decidió hacer uso del caudal de agua producido y transportado por el río Lempía pero la satisfacción de esa necesidad también produce un impacto en la vida pecuaria que existe en el río y la flora de sus alrededores por lo que al hacer un estudio de impacto ambiental se demuestra que no habrá impactos negativos en el caudal ecológico del río ni en el medio donde se desarrolla el proyecto.

1.7. PRODUCTIVIDAD

La producción predominante de la zona son los productos lácteos, dulce de panela, fabricación de ladrillos y tejas de barro, y además se dedican a la agricultura, mayormente a la de granos básicos como: maíz, arroz, frijol, maicillo, y a la crianza de ganado vacuno y porcino.

1.8 ASPECTOS LEGALES PARA PROYECTOS DE APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO

Marco legal y regulatorio de la industria de energía eléctrica en el salvador:

Ley General de Electricidad y su Reglamento

Las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización del sector eléctrico en El Salvador son reguladas, a partir del 10 de Octubre de 1996, por la Ley General de Electricidad; este decreto legislativo reemplazó la Ley de Servicios Eléctricos que había regulado las operaciones de la industria eléctrica desde el 6 de Enero de 1936. El Reglamento de la Ley General de Electricidad, aprobado el 25 de Julio de 1997, establece los procedimientos para el cumplimiento de las disposiciones de la ley.

Con este nuevo marco legal regulador e institucional, se busca:

- Contribuir al desarrollo de un mercado competitivo para la generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad.
- Facilitar el libre acceso a generadores a las instalaciones de transmisión y distribución
- Usar racional y eficientemente los recursos energéticos
- Fomentar el acceso al suministro de energía eléctrica para todos los sectores de la población.
- Proteger los derechos de los usuarios y entidades operadoras del sector eléctrico.

Para poder realizar un proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico, es necesario solicitar permisos en el Ministerio del medio Ambiente y en la SIGET, en el primero, para demostrar que no habrá impactos negativos en la zona donde se realizará el proyecto y en el segundo para cumplir con todos los requisitos que se necesitan para realizar este tipo de proyectos ya que es la SIGET la entidad autorizada para dar concesiones cuando se haga explotación de los recursos hídricos.

1.9 PEQUEÑOS PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS

A los pequeños proyectos de aprovechamiento, de la energía hidráulica, del agua en curso para ser transformada en energía eléctrica a pequeña escala, a través de un sistema, según su tamaño y capacidad de generación, se les puede denominar minicentrales hidroeléctricas o microcentrales hidroeléctricas. La Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, clasifica como tal aquellas plantas generadoras de energía eléctrica a partir de la explotación racional del recurso hídrico, con capacidad nominal total de generación que no sobrepasen cinco megavatios; sin embargo, para el caso en estudio de pequeños proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico en comunidades rurales, esta capacidad nominal de generación no sobrepasa 1 MW, de lo cual se hace una diferencia solamente en el acuerdo N° 59-E-2001, Art. 33, inciso a y b; que hace referencia a los procesos de licitación de las concesiones, esto es: “a) Para concesiones de minicentrales hidráulicas de

capacidades totales inferiores a 1 MW, las publicaciones se harán en forma notoria y destacada en al menos dos medios de prensa escrita de la República, en los que se indicarán las obras, bienes o servicios a contratar ...” y “b) Para concesiones de pequeñas centrales hidroeléctricas o geotérmicas, de tamaños comprendidos en el rango de potencia entre 1 MW y 5 MW, la licitación de la concesión será de carácter internacional haciéndose correspondientemente una convocatoria internacional en forma notoria y destacada en al menos dos medios de prensa nacionales y un periódico, boletín, revista u otro medio internacional de amplia circulación y/o especializado del sector energético...”.

La explotación del agua de un río con una minicentral o pequeña central hidroeléctrica es el conjunto de instalaciones y otras infraestructuras realizadas con el objetivo de transformar la energía potencial de un curso de agua en energía eléctrica útil, cuyo destino es su consumo en el mismo lugar de producción, o su venta a la red eléctrica comercial. Estas instalaciones de producción de energía eléctrica se localizan dentro del ecosistema natural fluvial, que está bien adaptado a las variaciones de caudal en las dos estaciones predominantes en el país, a las crecidas invernales y primaverales como a los estiajes del verano. Muchos de estos pequeños proyectos son del tipo «de pasada», esto es, son diseñados para usar el caudal del río o arroyo tanto sea posible mediante una desviación del total o parcial del caudal hacia un canal

definido con dirección diferente al que trae naturalmente, recogiendo este en una cámara de carga para dirigirse luego hacia la turbina por medio de una tubería.

1.10 TECNOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Se puede decir, 1) que los aprovechamientos del agua natural en ríos en pequeña escala, son una parte de los aprovechamientos hidroeléctricos tradicionales, 2) La tecnología utilizada para los grandes aprovechamientos hidroeléctricos es aplicable adecuándola técnica y económicamente en pequeños aprovechamientos de agua o proyectos de pequeña escala y 3) que si aún el costo específico que tienen estos proyectos se consideran altos, son de conveniencia económica con requerimiento de la mínima inversión inicial para las obras civiles y equipamiento, así como mínimo costo de operación y mantenimiento.

Las máquinas hidráulicas utilizadas para pequeños aprovechamientos hidráulicos son modelos estandarizados, derivados de las tradicionales turbinas Pelton, Francis y Kaplan. Desde el punto de vista tecnológico, para la fabricación en medios locales, estas turbinas tienen la desventaja que los álabes de doble curvatura son muy costosos y difíciles de fabricar, en cambio, la turbina de flujo transversal o turbina Mitchell-Banki es una máquina utilizada principalmente para pequeños aprovechamientos hidroeléctricos y basa sus ventajas, fundamentalmente, en un sencillo diseño de fácil construcción. A

continuación se detallan los tipos de turbinas más utilizadas en este tipo de proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico:

Turbina Hidráulica

Con las turbinas hidráulicas se transforma energía potencial o de caída y la energía cinética del agua en energía mecánica de rotación⁹. El hecho de utilizar uno u otro modelo de microturbina dependerá fundamentalmente de la tecnología y capacidad técnica para construir las en cada región. Actualmente se puede contar con los diseños y planos constructivos de cualquier modelo de microturbina, proporcionados por instituciones tales como SKAT, GATE, VITA, CREDPHI, etc. Las turbinas tipo hélice pueden ser más convenientes para proyectos de baja altura (inferiores a los 5 m), utilizando tecnologías sencillas y de bajo costo. Para saltos con alturas entre 1 m a 70 m, es usual desarrollar proyectos con micro turbinas del tipo Mitchel-Banki, Cross-Flow o de Doble Acción, debido a su fácil construcción, bajo costo y altos rendimientos (aproximadamente 70% de eficiencia mecánica en operación).

Es fundamental, que el mantenimiento y montaje de las micro turbinas puedan realizarse mediante procedimientos sencillos, sin necesidad de calibración y ajuste de los soportes de los rodamientos, para evitar la entrada de agua a la caja de rodamiento, en un principio pueden ser utilizados retenes,

⁹ No hay información tan fiable como la ofrecida por los propios fabricantes de turbinas a los que conviene recurrir, en la fase de anteproyecto, en caso de utilizar turbinas comerciales

o bien el sistema denominado laberinto, constituido por discos colocados sobre el eje, que por fuerza centrífuga desplazan el agua hacia afuera.

Clasificación según discurre el agua en la turbina.

La energía potencial del agua, se convierte en energía motriz en la turbina, con arreglo a dos mecanismos básicamente diferentes:

En el primero, la energía potencial se transforma en energía cinética, mediante un chorro de gran velocidad, que es proyectado contra unas cazoletas, fijas en la periferia de un disco. A este tipo de turbinas se les conoce como turbinas de acción. Como el agua, después de chocar contra las cazoletas, cae al canal de descarga con muy poca energía remanente, la carcasa puede ser ligera ya que, sólo tiene el propósito de evitar accidentes e impedir que se difundan las salpicaduras del agua.

En el segundo, la presión del agua actúa directamente sobre los álabes del rodete, la cual va disminuyendo de valor a medida que el agua avanza en su recorrido y ya no incide directamente. A este tipo de turbinas se les conoce como turbinas de reacción. Al estar el rodete completamente sumergido y sometido a la presión del agua, la carcasa que lo envuelve tiene que ser suficientemente robusta para poder resistirla.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS TURBINAS

TURBINAS DE ACCIÓN.

Turbinas Pelton

Son turbinas de acción en las que la tobera o toberas (una turbina de eje vertical puede tener hasta seis toberas, con uno o con dos rodetes) transforman la energía de presión del agua en energía cinética. Cada tobera produce un chorro, cuyo caudal se regula mediante una válvula de aguja (ver fig. 1.1). Suelen estar dotadas de un deflector, para desviar el chorro evitando que, al no incidir sobre las cazoletas, se embale la turbina, sin tener que cerrar bruscamente la válvula de aguja, esta maniobra podría producir un golpe de ariete. Se utilizan en saltos entre 40 m y 1200 m. El eje de las toberas está siempre situado en el plano meridiano del rodete. El agua sale de las cazoletas a velocidades muy bajas (idealmente a velocidad cero) con lo que la carcasa que rodea al rodete no tiene que resistir ninguna presión.

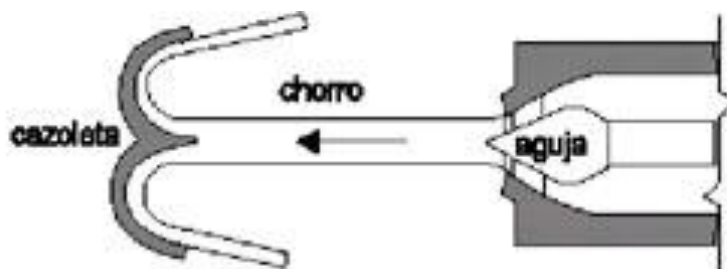


Figura. 1.2. Esquema del flujo del chorro de agua a través de la turbina Pelton.

Turbinas Turgo.

Estas turbinas pueden trabajar en saltos con alturas comprendidas entre 15 m a 300 m. Como la Pelton, se trata de una turbina de acción, pero sus álabes tienen distinta forma y disposición. El chorro incide con ángulo de 20° respecto al plano diametral del rodete, entrando por un lado del disco y saliendo por el otro. A diferencia de la turbina Pelton, en la turbina Turgo el chorro incide simultáneamente sobre varios álabes, similarmente a como lo hace el fluido en una turbina de vapor. Como en la fig. 1.2 , donde su menor diámetro conduce, para igual velocidad periférica, a mayor velocidad angular, facilitando su acoplamiento directo al generador.

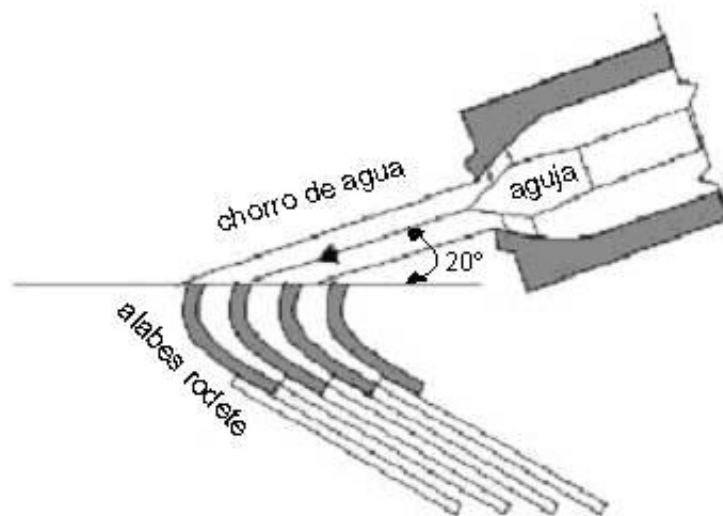


Figura. 1.3. Esquema del chorro de agua a través de la turbina Turgo.

Turbinas de flujo cruzado

Esta turbina también es conocida con los nombres de Michell-Banki, en recuerdo de sus inventores, ingenieros, y Ossberger, el de la compañía que la fabrica desde hace más de 50 años, se utiliza con una gama muy amplia de caudales (entre 20 l/s a 10, 000 l/s) y una horquilla de saltos entre 1 m a 200 m. Su rendimiento máximo es inferior al 87%, pero se mantiene casi constante cuando el caudal desciende hasta el 16% del nominal, y tiene un mínimo técnico inferior al 10% del caudal de diseño.



Figura. 1.4. Turbinas de flujo cruzado (Michell-Banki).

El agua entra en la turbina a través de un distribuidor, y pasa a través de la primera etapa de álabes del rodete, que funciona casi completamente sumergido (incluso con un cierto grado de reacción). Después de pasar por esta primera etapa, el flujo cambia de sentido en el centro del rodete y vuelve a cruzarlo en una segunda etapa totalmente de acción. Ese cambio de dirección

no resulta fácil y da lugar a una serie de choques que son la causa de su bajo rendimiento nominal.

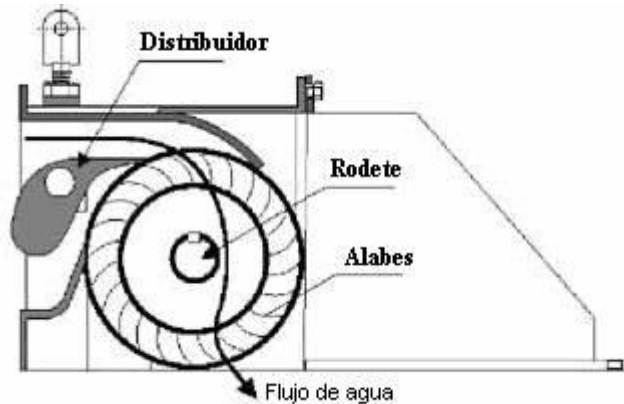


Figura. 1.5. Esquema del flujo a través de la turbina.

TURBINAS DE REACCIÓN.

Turbinas Francis

Son turbinas de reacción de flujo radial y admisión total, muy utilizadas en saltos de altura media, equipadas con un distribuidor de álabes regulables y un rodete de álabes fijos. En las turbinas Francis rápidas, la admisión sigue siendo radial, pero la salida tiende a ser axial. La turbina está fuertemente emplazada o empotrada en el hormigón para evitar las vibraciones a bajo régimen.



Figura. 1.6. Turbina Francis.

En estas turbinas el agua se desplaza como encauzada en una conducción forzada, pasando del distribuidor fijo al rodete móvil al que cede su energía, sin entrar, en ningún momento, en contacto con la atmósfera. La figura 1-E muestra una turbina Francis de eje horizontal. En las turbinas Francis los álabes distribuidores que regulan el caudal de agua que entra al rodete giran accionados mediante bielas accionadas por un anillo exterior que sincroniza su movimiento (ver figura 1.7). Destaca la importancia de la carcasa y su caracol, en contraste con la envoltura de una Pelton.



Figura. 1.7. Álabes en posición abierta (líneas llenas) y en posición cerrada (líneas punteadas)

La figura. 1.7 muestra los álabes en posición abierta (líneas llenas) y en posición cerrada (líneas punteadas). En esta última posición, la extremidad de un alabe se apoya completamente sobre el flanco del anterior, cerrando prácticamente el paso del agua al rodete. Las turbinas Francis pueden ser de cámara abierta, generalmente para saltos de poca altura, o de cámara en espiral. En las turbinas con cámara en espiral, la carcasa, dependiendo del tamaño, se construye en hormigón armado, en acero soldado o en hierro fundido. Al ser uniforme el volumen de agua que llega a cada alabe del distribuidor, el caudal que pasa por cada sección del caracol es proporcional al arco que le queda por abastecer.

Los álabes del rodete, cuando son pequeños suelen fabricarse en fundición de bronce al aluminio formando un solo cuerpo con el cubo. Cuando los rodetes son grandes, los álabes, generalmente se construyen en lamina (chapa) de acero inoxidable, se soldan al cubo y a la llanta, generalmente en acero fundido.

En las turbinas de reacción, el agua a la salida del rodete, pasa antes de llegar al canal de descarga, por un tubo de aspiración o difusor, cuya función es recuperar parte de la energía cinética contenida en el agua que abandona el rodete a una velocidad elevada. Para disminuir la velocidad con que el agua llega al canal de descarga (la pérdida cinética es proporcional al cuadrado de la

velocidad) se aumenta la sección de salida del difusor adoptando un perfil cónico. Su función es especialmente crítica en los rodetes de alta velocidad específica porque el agua sale de estos rodetes a una velocidad especialmente elevada.

Turbinas Kaplan y de hélice.

Son turbinas de reacción de flujo axial. Los álabes del rodete en las turbinas Kaplan son siempre regulables, mientras que los de los distribuidores, pueden ser fijos o regulables. Si ambos son regulables, la turbina es una verdadera Kaplan; si sólo son regulables los del rodete, la turbina es una Semi-Kaplan. Para su regulación, los álabes del rodete giran alrededor de su eje, accionados por unas manivelas, que son solidarias con unas bielas articuladas a una cruceta, que se desplaza hacia arriba o hacia abajo por el interior del eje hueco de la turbina. Este desplazamiento es accionado por un servomotor hidráulico, con la turbina en movimiento. Las turbinas Kaplan son de admisión radial, mientras que las semi-kaplan pueden ser de admisión radial o axial.

Las turbinas de hélice se caracterizan porque tanto los álabes del rodete como los del distribuidor son fijos, por lo que sólo se utilizan cuando el caudal y el salto son prácticamente constantes.

La turbina bulbo es una derivación de las anteriores, caracterizada porque el agua pasa axialmente a través de álabes directrices fijos y porque el generador y el multiplicador (si existe) están contenidos en una carcasa estanca, con forma de bulbo, sumergida en el agua. Del bulbo salen solamente los cables eléctricos debidamente protegidos.

Bombas trabajando como turbinas

Las bombas centrífugas pueden trabajar como turbinas sin más que invertir su sentido de giro y hacer pasar el agua de la salida hacia la entrada. Como no tienen posibilidad de regulación, sólo pueden utilizarse con un caudal y una altura de salto prácticamente constantes.

1.11 SOSTENIBILIDAD

El proyecto de la minicentral hidroeléctrica realizado la comunidad La Chácara es un proyecto de sostenibilidad¹⁰, porque aunque fue financiado por una ONG, cuando este se puso en marcha, la misma comunidad se encarga de operar con recurso humano propio, le da mantenimiento y además con la cuota diferenciada que pagan los usuarios tienen un ahorro que puede servir para reparaciones futuras por algún desperfecto que presente el proyecto; por tanto, la sostenibilidad del proyecto radica en que este requiere poco mantenimiento y

¹⁰ Que puede mantenerse por si mismo, como por ejemplo el proyecto de la minicentral la Chácara que la misma comunidad lo opera y por medio de la cuota diferenciada se tiene un ahorro que puede utilizarse en su mantenimiento.

su operación es con mano de obra no calificada lo que se puede asociar con bajo costo.

1.12 INICIATIVAS

Son los procedimientos establecidos en comunidades o grupos de personas, mediante el cual intervienen directamente los individuos en la propuesta y adopción de acciones para realizar un proyecto que vaya en beneficio de los que intervienen en su realización. En este caso, fue la iniciativa de poder hacer realidad el proyecto de la minicentral hidroeléctrica en la comunidad La Chácara, aprovechando el caudal del río Lempía para abastecer de energía eléctrica a todos los pobladores de la comunidad, 63 familias

1.12.1 PARTICIPACIÓN COMUNAL

El proyecto de la minicentral hidroeléctrica ha contado con la participación y el apoyo de todos los habitantes de la comunidad, desde que se propuso la idea con los miembros de la directiva, que apoyaron siempre y fueron los que gestionaron la ayuda de la ONG (SABES), y esta organización pidió a los habitantes que tendrían que aportar un apoyo económico simbólico, pero que la mayor ayuda debían aportarla en mano de obra, toda la comunidad en participación con los técnicos contratados por la ONG hicieron posible la elaboración del proyecto y además se les pidió a los pobladores que una vez

puesto en marcha ellos serían responsables de operar y dar mantenimiento a la minicentral para que permaneciera generando.

1.12.2 ASOCIACIONES

En la comunidad, la única asociación¹¹ que existe es la directiva, la cual está formada por personas de la Comunidad La Chacra, y son los encargados de dar a conocer las necesidades de la comunidad a la alcaldía municipal de Carolina o de buscar ayuda con ONG's.

CONCLUSIONES

La Comunidad La Chacra, en reestudio, está habitada por personas de muy bajos recursos económicos y muy baja alfabetización y múltiples necesidades que actualmente tienen, funciona una central hidroeléctrica, extrayendo agua del río Lempía para alumbrado domiciliario, obtenido con la cooperación de la ONG SABES, del área de la salud y la directiva de la comunidad, ya que la alcaldía municipal de Carolina ni otras entidades gubernamentales la han apoyado en la solución de sus necesidades

¹¹ Conjunto de personas que trabajando juntas buscando un mismo fin común preferiblemente con personería jurídica.

CAPÍTULO II
ESTUDIOS TÉCNICOS PARA UNA MINICENTRAL
HIDROELÉCTRICA

INTRODUCCIÓN

Los proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico de pequeños ríos en comunidades, son una alternativa de electrificación en las áreas del sector rural que no tienen este servicio ya sea por estar aisladas, por los costos elevados que resulta conectarla a la red general u otros. En este capítulo se abordan los diferentes aspectos y factores que determinan la factibilidad técnica y económica de un proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico en pequeña escala; entre estos se tiene: la ubicación geográfica del lugar donde se ha previsto la realización del proyecto, los estudios técnicos necesarios la explotación del agua superficial del río, para la generación de energía hidroeléctrica que abastezca una determinada demanda considerando los impactos ambientales negativos que pudieran generarse, criterios y lineamientos para el diseño, distribución y aplicación de las diferentes obras civiles y equipo electromecánico que componen la minicentral hidroeléctrica, hasta su gestión y finalmente su realización. Este tipo de proyectos es de carácter social, para comunidades rurales muy aisladas, con escasos recursos económicos, que buscan, con la introducción de energía eléctrica, favorecer el desarrollo socioeconómico del área rural. Por lo general, para la realización de estos proyectos se requiere del aporte económico y técnico de fuentes externas (instituciones gubernamentales y/o no gubernamentales); por lo cual, al estudiar y proponer los proyectos de minicentrales hidroeléctricas en pequeños ríos en comunidades rurales, se busca minimizar costos de realización, equipamientos y mantenimiento, con eficiencia del funcionamiento del proyecto con fines de iluminación domiciliar. Cada proyecto tendrá sus propias características y condiciones para poder llevar a cabo su funcionamiento.

2 CAPÍTULO II

2.1. ESTUDIOS TÉCNICOS PARA ESTABLECER UNA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA

En un pequeño aprovechamiento hidroeléctrico son mucho más específicos los requerimientos del emplazamiento de la explotación del agua superficial del río aprovechable, respecto a un proyecto de estos, de mayores magnitudes o un proyecto geotérmico. Es importante establecer si la cantidad suficiente de agua está disponible a través de un salto, donde la distancia vertical entre los dos puntos es el desnivel o la altura (H) de caída; generalmente medida en metros o unidades de presión. La cantidad de agua es el caudal, medido en metros cúbicos por segundo (m^3/s) o litros por segundo (l/s). Estos dos parámetros determinan la potencia instalable, los cuales a la vez, determinan si este tipo de proyecto es viable (ver Figura 2.1). Se necesita, entonces, realizar estudios técnicos que respalden el desarrollo del mismo o en su defecto, su no realización. Para ello, se procede al estudio de los siguientes aspectos:

- Tamaño, sitio y aplicaciones de la potencia generada del proyecto.
- Evaluación de los recursos hidráulicos.
- Determinación de los requerimientos de obra civil y sus costos.
- Selección, tamaño, y costos del equipamiento electromecánico, considerando los fabricantes de este tipo de maquinaria en el mercado local o internacional.

- Identificar las restricciones impuestas por el medio ambiente.
- Cálculo de presupuesto, según los recursos económicos y materiales disponibles, ajustándose a la financiación estricta, que se solicita, principalmente si este se otorga por parte de las ONG'S, cuyos montos son bajos para cubrir varios proyectos.

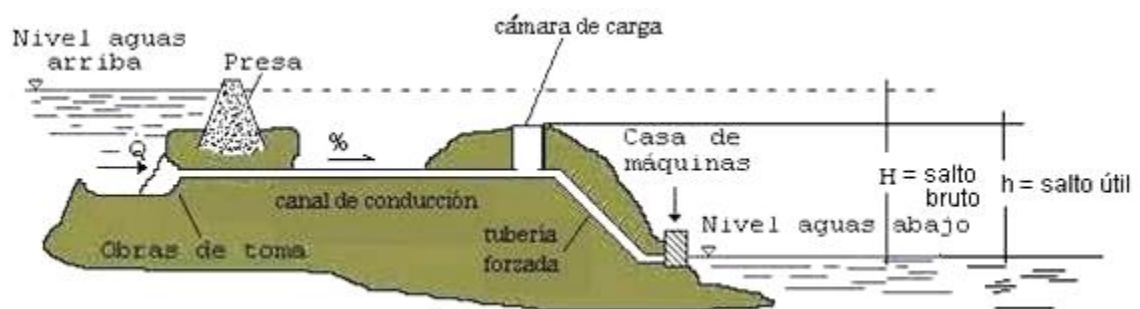


Figura. 2.1- Perfil del Esquema General de una Minicentral Hidroeléctrica, en el que se describen los parámetros: altura de salto (H) en m y el caudal captado (Q) en m^3/s , los cuales determinan la Potencia Instalable del proyecto.

Teniendo en cuenta, que es necesario evaluar las variaciones de caudal en el corto y mediano plazo, para considerar la capacidad instalada del equipo turbogenerador, ya que el objetivo no es producir la mayor cantidad de energía posible, sino dar cobertura a la demanda real de energía. Los estudios técnicos para el diseño de las obras civiles como: el dique de retención, canal de conducción, tanque o cámara de captación y alimentación, casa de máquinas, canal de descarga, son los siguientes:

- Estudio Geológico
- Estudio Geotécnico

- Relieve y Topografía del Lugar
- Hidrología regional del la cuenca
- Hidráulica del Río en estudio
- Estudios de calidad del agua a ser aprovechada
- Estudio de Impacto ambiental
- Estudio socioeconómico

2.2 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Esta comprende la franja de terreno adyacente al río, la cual se extiende desde el (o los) dique (s) de derivación del agua hasta la zona de descarga de la turbina, es decir, hay que especificar la posición regional y local, dónde se encuentra ubicado el proyecto en el territorio nacional, proporcionando las coordenadas geográficas, de Lambert (Latitud, Longitud, elevación) de todos los puntos perimetrales y más alejados que incluye el proyecto, tal que faciliten su localización exacta en un mapa cartográfico, en escala 1: 25,000 ó 1: 50,000 y que a la vez delimite la zona que involucra el proyecto, estableciendo área total y áreas parciales previstas, en las que se realizarán los correspondientes estudios.

2.2.1 DESCRIPCIÓN REGIONAL DEL PROYECTO

Se identifican los siguientes aspectos que lo enmarcan, tales como: nombre del Departamento, Municipio, Ciudad a la que pertenece el cantón, caserío o comunidad en donde se desarrollará el proyecto, definiendo la distancia a la que se encuentre del municipio y en qué dirección (Norte, sur, este, oeste, etc.), así como las principales vías de acceso, como carreteras principales, caminos vecinales que conducen hacia la zona del emplazamiento hidroeléctrico. Por ejemplo, en el caso del Proyecto Minicentral Hidroeléctrica La Chacra, la descripción regional es: Comunidad la Chacra, 3 Km al Sur - poniente del Municipio de Carolina, en el departamento de San Miguel.

2.2.2 DESCRIPCIÓN LOCAL DEL PROYECTO

Esta se focaliza en la localización del proyecto, se especifica por medio de coordenadas geográficas, Lambert, Longitud, Latitud, elevación del punto más elevado y el punto de mínima elevación sobre la cuenca en estudio, así como la longitud del tramo del río; proporcionando el cuadrante o plano de las coordenadas geográficas que indiquen claramente la información necesaria. Generalmente, se dispone de mapas en escala 1: 100,000, pero es preferible trabajar en escalas mayores para más detalle de las curvas de nivel y de los puntos de interés, como en 1: 50,000, 1: 25,000 hasta 1: 10,000 ó mayores si están disponibles (Ver Anexo 2.1- Mapa Índice de Cuadrantes Topográficos de

El Salvador Esc. 1:25,000 y 1: 50,000). Esta descripción técnica la realizar, preferentemente, un profesional como un ingeniero civil, un topógrafo o técnico con experiencia en ésta área.

Para el caso, el proyecto Minicentral Hidroeléctrica La Chacra, aprovecha el Río Lempía a 1 Km de la comunidad La Chacra, se ubica en el cuadrante 2557 IV CAROLINA, del Mapa Índice de Cuadrantes escala 1: 50,000; localizándose mediante las coordenadas geográficas: Latitud 297,360 y Longitud 576,400 con elevación de 820 msnm (metros sobre el nivel del mar) para la posición de la altura máxima sobre la cuenca; y Latitud 302, 630, Longitud 573, 820 con elevación de 220 msnm para la posición de altura mínima sobre la cuenca, con una longitud del río de 6.8 Km y una distancia del punto más elevado al mínimo de elevación de la cuenca de 5.84 Km, en línea recta.

2.2.3 DESCRIPCIÓN DE PUNTOS FOCALIZADOS

Los puntos focalizados son aquellos puntos importantes tanto para la realización de los estudios técnicos como para el diseño de las obras civiles y su distribución geométrica, por lo que se deben ubicar específica y puntualmente; estos puntos son:

Punto de Control: es donde se ubicará el dique o retención para la toma de agua para la desviación del caudal requerido.

Canal de Conducción de Derivación: Puede tomar la forma de canal o túnel que porta el agua (caudal necesario) desde la toma hasta la cámara de carga.

Cámara de Carga: (taza, tanque de carga, reservorio). Estructura que recibe el agua del canal antes de su ingreso a la tubería de presión.

Tubería forzada o de Presión: tubería que transporta el agua desde la cámara de carga hasta la turbina y que permite aprovechar la energía potencial del salto.

Casa de Máquinas: es el edificio en el que se resguardará el Motor hidráulico que aprovecha la energía hidráulica disponible y la convierte en energía mecánica, así como el panel de control eléctrico.

Canal de descarga (desagüe): conduce el agua turbinaza hacia el cauce natural del río, para integrarse al flujo del mismo.

Se describe la ubicación de los puntos que componen el conjunto funcional del emplazamiento hidroeléctrico, integrado por: el embalse (si existe), presa, diques, desarenadores, canales, tuberías, túneles, cámaras de carga, casa de máquinas con sus equipos turbogeneradores e instalaciones

principales y auxiliares, así como por todos los bienes, instalaciones y obras periféricas, definiendo un esquema según el diseño geométrico de los componentes del proyecto, en una distribución en planta (Ver figura 2.2), que aproveche tanto las condiciones naturales del río como de la topografía del terreno, en cuanto al caudal y a los desniveles entre el punto de extracción y la cámara de carga, así como entre esta y la turbina generadora, con el fin de facilitar, agilizar y optimizar los recursos económicos en cuanto a los procesos constructivos de las obras civiles necesarias, procurando que su diseño sea sencillo y funcional.

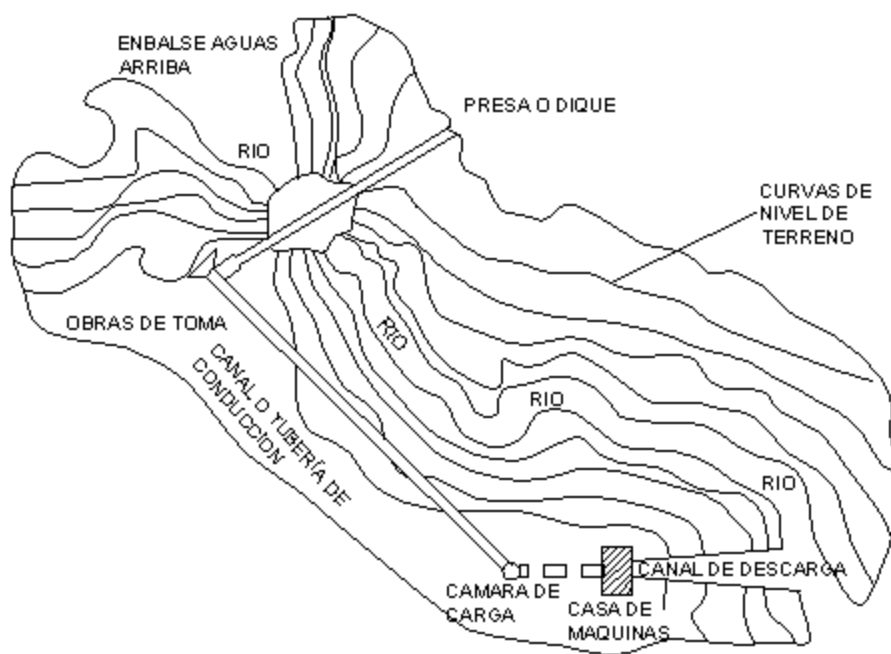


Figura 2.2 – Esquema de la distribución geométrica de los componentes principales de una Minicentral Hidroeléctrica.

2.3. GEOLOGÍA

Es importante describir la Geología de la zona del proyecto, de manera que se indique el origen y composición del suelo. La Geología del lugar se establece a través del Mapa Geológico del país, el cual fue elaborado por la Misión Geológica Alemana en El Salvador en colaboración con el Centro de Estudios e Investigaciones Geotécnicas (1967-1971), apoyado en el Léxico Estratigráfico hecho por Scott Baxter (1984). En el Mapa Geológico de El Salvador (ver Anexo 2.2 - Mapa Geológico de El Salvador basado en la escala 1:100,000), se encuentran las eras geológicas ocurridas dentro de lo que es hoy la República de El Salvador; estas eras van desde el Jurásico-cretácico hasta el Holoceno. Además, se encuentran las formaciones volcánicas en las cuales se agrupa la información volcano-estratigráfica, estas son: Formación San Salvador, formación Cuscatlán, formación Bálsamo, formación Chalatenango, formación Morazán y formación Metapán; siendo esta última, la más antigua, perteneciente a la era Jurásica-cretácica. El Mapa Regional Geológico contiene las características geológicas de cada región del país.

Por ejemplo, en el Proyecto Minicentral hidroeléctrica La Chacra, que se encuentra en el municipio de Carolina, según su ubicación en el Mapa Geológico, se identifican las siguientes características: la región presenta aluviones, localmente, con intercalaciones de piroclastitas, efusivas andesíticas basálticas, el río Lempía pasa atravesando el lecho natural de roca dispuesto

como estructura rocosa de columnas basálticas de sección ochavada, continuamente dispuesta como un manto (macizo rocoso) en el área donde está el dique. La superficie basal, es dimensionalmente profunda y amplia tanto en el punto y área de interés como en áreas adyacentes. Asociadas a esta estructura se encuentran rocas aglomeradas formando la estructura domítica, propia de ambientes volcánicos y montañosos que predominan en el área de origen magmático, cuyo enfriamiento provocó la estructura de columnas hexagonales existentes, perteneciente a la formación Morazán, surgida hace unos 150 millones de años.

2.4. GEOTÉCNIA

Es la correlación, principalmente, de las características y propiedades físicas y mecánicas de los suelos a partir del Estudio de los suelos y de las rocas, el cual da los correspondientes parámetros, es decir, los valores de esfuerzos normales, esfuerzos cortantes, Ley de Resistencia, humedad de los suelos, permeabilidad, estratigrafía, índice de roca, capacidad de carga, clasificación de los suelos, estos son fundamentales para las consideraciones de diseño de las obras.

2.5. RECURSOS NATURALES A EXPLOTAR

En los proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico en pequeña escala, el recurso natural a explotar, para el caso es renovable, es el agua en curso de

un río desviando de este un determinado caudal para el funcionamiento de la máquina generadora de energía eléctrica; también, puede darse el caso de aprovechar el agua subterránea de la zona. Al afectar este recurso, extrayendo agua que corre, también hay que considerar que se afecta la fauna (peces, camarones de río, etc.), la flora y microflora, principalmente en el tramo en el que se ubica el punto de retención o embalse y de extracción; por tanto, es importante hacer estudios que lleven a la conclusión de la viabilidad o no del proyecto en cuanto a que el aprovechamiento de los recursos sea sostenible; es decir, que las personas del lugar se beneficien de ellos sin afectarlos negativamente al punto de extinguirlos o menoscabo de su calidad. En este tipo de proyectos, si bien el principal recurso natural a explotar es el caudal de agua en curso de pequeños ríos, también cuando el proyecto está en funcionamiento se ven afectadas, indirectamente, la fauna y la flora (microflora); por otra parte puede evaluarse el aprovechamiento de materiales pétreos (piedra, limo arenoso) del lugar para la construcción de las obras civiles (tierra, piedra, arena, etc.).

Se requiere, entonces, realizar un estudio de impacto ambiental (EIA) para determinar los efectos tanto en la etapa de construcción como de funcionamiento del proyecto, en caso de llevarlo a cabo. Por lo que es necesario, presentar el EIA para luego ser analizado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, que es la entidad encargada de extender los

permisos ambientales, como parte fundamental del proceso de gestión para la realización del proyecto.

2.6. RELIEVE Y TOPOGRAFÍA DEL LUGAR

Establecer la geomorfología, que es el estudio de la forma del terreno visible (accidentada, abrupta, regular) y de los paisajes es decir sus moldes; el relieve, es el nombre genérico que se da al conjunto de los accidentes (principalmente cordilleras, colinas, valles, fosas) que modelan la superficie de la corteza terrestre, se suele representar y delimitar, métricamente sobre un plano a través de las curvas de nivel. En cuanto a las curvas de nivel, el espaciado entre estas depende del intervalo de curvas de nivel seleccionado y de la pendiente del terreno: cuanto más empinada sea la pendiente, más próximas entre sí aparecerán las curvas de nivel en cualquier intervalo de curvas o escala del mapa. De este modo, los mapas con curvas de nivel proporcionan una impresión gráfica de la forma, inclinación y altitud del terreno.

Esta descripción del terreno es de vital importancia para el diseño geométrico de las obras civiles que componen la minicentral hidroeléctrica, principalmente para el trazo de la línea de conducción, lo cual determina qué tipo de conducción se requerirá (tubería, canal abierto, etc.), de manera que tenga una velocidad de llegada al tanque de captación adecuada, de igual forma, para la ubicación del punto de partida de la caída bruta. Es así, que es

necesario realizar un levantamiento topográfico del área del proyecto, que determine las curvas de nivel y que delimite el proyecto a través de la representación de los elementos naturales y humanos de la superficie terrestre. La topografía, determina los procedimientos que se siguen para poder representar esos elementos en los mapas y cartas geográficas.

2.7. HIDROLÓGICA REGIONAL DE LA CUENCA

La Hidrología, es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades físicas y químicas, y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos; evalúa en forma científica cada una de las partes y relaciones que guardan entre sí los procesos que componen el ciclo hidrológico (precipitación, escorrentía, evapotranspiración, infiltración, etc.); los parámetros que se determinan a través del estudio hidrológico, sirven para el diseño y operación de los proyectos de aprovechamiento del agua, como el caso de una minicentral hidroeléctrica, de manera racional.

El principal objetivo del estudio hidrológico de la cuenca a la que pertenece el río donde se ubicará el aprovechamiento hidroeléctrico, es conocer el caudal que lleva el río en estudio, tanto en la época de estiaje (época seca) como en la época de lluvia, es decir, el caudal mínimo y caudal máximo respectivamente, así como realizar un cálculo del caudal disponible para el

funcionamiento de una minicentral hidroeléctrica. Entendiendo por “caudal disponible”, el caudal ecológico necesario para que la flora y la fauna no sean afectadas por el funcionamiento del proyecto, ya sea permanente o eventualmente. En la hidrología de la zona se considera lo siguiente:

La Cuenca. Es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corriente hacia un punto de salida. Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente dos tipos de cuencas: endorréicas y exorreicas.

En las cuencas endorreicas, el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago, mientras que las cuencas exorreicas, el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar, ver Figura 2.3.

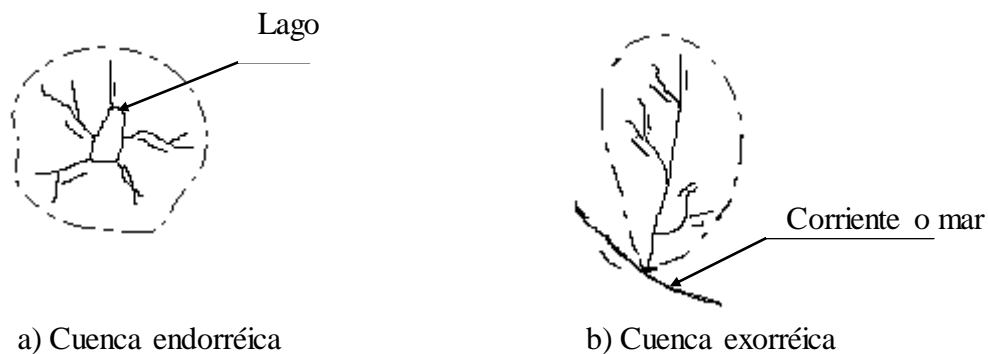


Figura. 2.3 . Tipos de cuencas.

El Salvador posee 58 cuencas exorreicas las cuales desempeñan el papel de recogimiento superficial del agua caída en forma de lluvia. Todas drenan al litoral del Océano Pacífico. Entre las cuencas de mayor importancia se encuentra la del río Lempa, en cuyo cauce principal se han construido tres centrales hidroeléctricas (C.H) de gran magnitud: Central Hidroeléctrica del Cerrón Grande, Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre y Central Hidroeléctrica 5 de Noviembre, Central Hidroeléctrica Guajojó, que drena las aguas del lago de Güija y las incorpora al cauce del río Lempa aguas arriba del embalse de la C. H. Cerrón Grande. La cuenca del Río Grande de San Miguel es la cuenca hidrográfica más grande que está comprendida en su totalidad dentro del territorio salvadoreño. El Salvador comparte con Guatemala la cuenca del río Paz y la del Río Lempa y con Honduras la de los ríos Lempa y Goascorán. Además, hay varias cuencas endorreicas, que generalmente están ligadas a un lago, laguna o laguneta; siendo la de mayor área la del lago de Coatepeque. Pero para los fines de este estudio, sólo interesan las cuencas exorreicas (ríos). La delimitación y digitalización de las cuencas ha sido realizada en el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, utilizando como base los cuadrantes topográficos a escala 1:50,000 de los Institutos Geográficos Nacionales de Honduras, Guatemala y de El Salvador.

El estudio hidrológico de una cuenca se inicia con la localización geográfica de la misma, en el plano de coordenadas geográficas que indiquen claramente la información necesaria, estos mapas pueden ser en escala 1: 50,000, 1: 25,000,

1: 10 000, los cuales indican con más exactitud las curvas de nivel y permiten que con ayuda de un planímetro, se evalúen las áreas drenadas, en cada subcuenca. Las características principales de las cuencas y cauces por sus efectos en la relación precipitación-escorrentía son los siguientes:

El parteaguas. Es la línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas.

Área de la cuenca. Se define como la superficie en proporción horizontal delimitada por el partaguas, expresada generalmente en Km².

Cauce más largo. Es aquel en el cual la distancia es la más larga en el recorrido de la vertiente, expresado generalmente en Km. Las cuencas correspondientes a la corriente tributaria o a los puntos de salida se llaman cuencas tributarias o subcuencas.

Orden de las corrientes. Una corriente de orden 1 es un tributario sin ramificaciones, una corriente de orden 2 tiene sólo tributarios de primer orden, dos corrientes de orden 1 forman una de orden 2, dos corrientes de orden 3 forman una de orden 4; pero, una corriente de orden 2 y una de orden 3 forman otra de orden 3. El orden de la cuenca es el mismo que el de la corriente principal en su salida, como se muestra en la Figura 2.4., donde se determina según este criterio, que el orden de la cuenca, en este ejemplo, es orden 4.

Entre más corrientes tributarias tenga una cuenca, es decir, entre mayor sea el grado de bifurcación de su sistema de drenaje, más rápido será su respuesta a la precipitación.

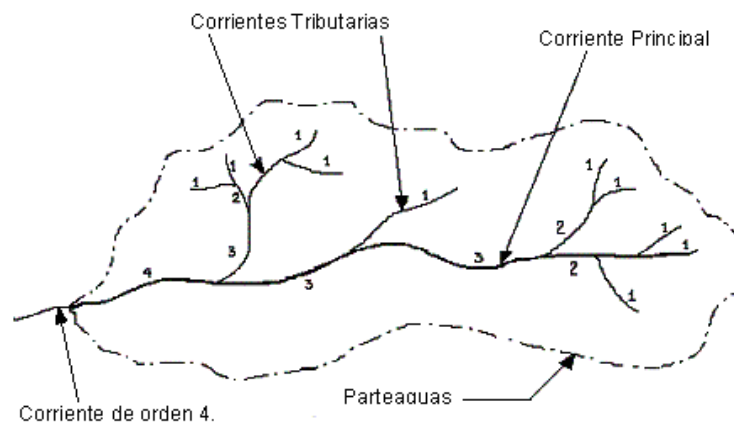


Fig. 2.4. Orden de las corrientes.

Drenaje de la cuenca. Las aguas provenientes de fuentes de lluvias, tratan de mantenerse sobre la superficie de la tierra, por el grado de saturación de las capas del subsuelo. Si este se encuentra saturado, y la lluvia continua almacenada sobre la superficie, llega un momento en que las aguas allí contenidas, tratan de evacuarse a través del cauce natural, que las recolecta, produciéndose así el drenaje natural de la cuenca. Hay dos índices que miden el sistema de drenaje de una cuenca, estos son: la densidad de corriente (D_s), la cual se define como el número de corrientes perennes o intermitentes; y la

densidad de drenaje (Dd), la cual es la longitud por unidad de área, ambas expresadas, respectivamente, por las fórmulas siguientes:

$$D_s = N_s / A \quad (\text{Ec. 2.1}) \quad \text{y} \quad D_d = L_s / A \quad (\text{Ec. 2.2})$$

donde:

N_s : es el número de corrientes perennes e intermitentes.

L_s : Longitud total de las corrientes, (Km).

A : Área de la cuenca (m^2).

Pendiente media. Tiene gran importancia, pues guarda relación compleja con el grado de infiltración, superficie de escorrentía, humedad del suelo y contribución del agua subterránea a la corriente del cauce. El valor de la pendiente controla el tiempo de concentración, el cual se define como el tiempo que tarda el agua precipitada en recorrer desde el punto más alejado hasta la salida de la cuenca (cauce más largo de la cuenca); este factor es de mucha importancia para conocer las magnitudes de las crecidas, el cual se determina utilizando la ecuación:

$$T_c = [(A)^{1/2} + 1.5 L_c] / [0.85 (E_m)^{1/2}] \quad (\text{Ec. 2.3})$$

2.3)

donde:

T_c : Tiempo de concentración (h)

A : Area de la cuenca (m^2)

L_c : Longitud del cauce más largo (Km)

Em : Elevación media (msnm)

El método más utilizado para calcular el la pendiente media es el sugerido por Horton, llamado el de las “líneas de intersección” utilizándose la misma cuadrícula que reutiliza para determinar la elevación media; se cuenta el número de curvas de nivel que cortan el borde de la cuenca a un intervalo constante entre curvas. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$S = (1.571) (DN / L)$$

(Ec. 2.4)

donde: S : pendiente media

D : intervalo entre curvas de nivel (m)

N : número de curvas cruzadas

L : longitud total se las curvas (Km)

Otra forma para el cálculo de la pendiente meda es mediante la expresión:

$$S = \sum L \times D / A \quad (\text{Ec. 2.5})$$

donde:

S : Pendiente media

$\sum L$: sumatoria de todas las longitudes de las curvas de nivel (km)

D : intervalo entre dos curvas de nivel consecutivas (km)

Ac : Area de la cuenca (m²)

La longitud de las curvas se obtiene fácilmente por el uso de un aparato llamado curvómetro.

Elevación media. La elevación media de una cuenca, es un factor que afecta la temperatura y la precipitación, ya que la variación de la temperatura va a influir en la variación de pérdidas de agua por evaporación.

Se proponen tres métodos para su determinación:

Primer método. Aplicando el método de líneas de intersección, para esto se cuadrícula un mapa topográfico de la cuenca, de tal modo que no existan menos de 100 intersecciones dentro del área de drenaje. La elevación media es la media aritmética de las elevaciones de las intersecciones.

Segundo método. Calcular midiendo el área de la cuenca en pares de contorno y curvas de nivel sucesivas. Los porcentajes de estas áreas se calculan con respecto al total y el porcentaje sobre o bajo de cada contorno (Área entre curvas se obtiene por suma acumulada), según la ecuación siguiente:

$$E_m = \sum a_e / A_t \quad (\text{Ec. 2.6})$$

donde:

E_m : Elevación media (m)

A_t : Area total de la cuenca (Km^2)

a : Area entre dos curvas de nivel (Km^2)

e :Elevación media entre dos curvas sucesivas (m)

Tercer método. La elevación media se puede calcular también por medio de la curva hipsométrica, que es el reflejo de la evolución del drenaje de la cuenca. Este método consiste en graficar la curva hipsométrica en papel milimetrado, mediante el ploteo de los puntos representados de la siguiente manera: las curvas de nivel que atraviesan la cuenca en estudio, y que se encuentren a un intervalo sucesivo ya establecido (por ejemplo a cada 100 m), se representan en las ordenadas, y en las abscisas se representan las áreas entre curvas de nivel, reflejadas en porcentaje con respecto al área total de la cuenca, estos porcentajes a su vez, serán acumulados partiendo de las áreas parciales resultantes entre las curvas de mayor elevación hacia las curvas de menor elevación, los porcentajes acumulados son los que se grafican en las ordenadas. La elevación media por éste método es la ordenada que corresponde al 50% de las áreas acumuladas.

Forma de la cuenca. De la forma de una cuenca y de sus sistema de drenaje se tiene una idea exacta del rendimiento de las corrientes tributarias, así como también de los estratos subterráneos; las formas más comunes de las cuencas son las ovoidales, pero también pueden ser redondas, rectangulares, alargadas o en forma de abanico. Para una misma área y una misma intensidad

de lluvia, el hidrográma de salida, depende directamente de la forma de la cuenca, lo cual puede expresarse por un factor K (coeficiente de compacidad), adimensional que tendrá un valor mínimo, igual a la unidad, así:

$$K = 0.28 (P / A^{1/2}) \quad (\text{Ec. 2.7})$$

donde :

P : perímetro de la cuenca (Km)

A : área de la cuenca (Km²)

Entonces, para: $K = 1$, La cuenca tiende a ser redonda y para $K > 1$ la cuenca es ovalada.

Tipos de corrientes de agua (formada por el río en estudio): las corrientes se clasifican de varias maneras.

a) Por el tipo en el que transportan agua pueden ser: perennes, intermitentes y efímeras.

Corrientes perennes: en una corriente perenne el punto más bajo del cauce se encuentra siempre debajo del nivel superficial de agua freático. Estas corrientes transportan agua durante todo el año y siempre están alimentadas, totalmente o en parte, por el agua subterránea, es decir, son efluentes.

Corrientes intermitentes: una corriente intermitente transporta el agua durante la época de lluvia de cada año, cuando el nivel freático asciende hasta quedar por encima del punto más bajo del cauce; en época seca, el nivel freático queda por abajo de ese punto y la corriente no transporta agua, salvo cuando se presente alguna tormenta.

Corriente efímera: el nivel freático siempre está abajo del punto más bajo del cauce, y transporta agua inmediatamente después de una tormenta, en este caso, alimenta a los almacenamientos de agua subterránea.

b) Por su posición topográfica o edad geológica: las corrientes de agua de una cuenca se clasifican como de montaña o juveniles, de transición o maduras o bien, de planicie o viejas.

Un factor primordial en el estudio de la hidrología de una cuenca es la precipitación. Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios condescendientes al uso y control del agua. El término precipitación, se refiere a las cantidades de agua que caen sobre la superficie terrestre en forma de lluvia, granizo, nieve, etc. La cantidad de precipitación que cae sobre una superficie se determina por la altura medida en milímetros, a intervalos determinados, en que tal precipitación en forma líquida hubiese cubierto el

suelo si no se infiltra, escurre o evapora. El valor resultante de la observación se estima como el valor promedio para la totalidad del campo bajo observación.

La precipitación en forma líquida se puede medir con mayor precisión con aparatos destinados a tal uso, estos son: el Pluviómetro y el Pluviógrafo, que registran la lluvia puntual, por lo cual, para fines de estudio de una cuenca, se calcula la precipitación media en esta.

El pluviógrafo, es un aparato registrador, que además de medir la cantidad de precipitación en forma líquida, indican la intensidad de caída de la misma. Se entiende por intensidad de caída, los milímetros llovidos en la unidad de tiempo (un minuto, una hora). El pluviómetro, tiene la misma finalidad, pero no mide la intensidad de caída, puede ser usado sólo, se utiliza de complemento del pluviógrafo, para calcular el error en el total de lluvia dado por el pluviógrafo y como sustituto para evitar que se pierdan datos de lluvia. En caso de cualquier daño en el pluviógrafo, ya que este es un equipo mecánico que puede fallar en cualquier momento.

Estos datos se recogen en estaciones meteorológicas distribuidas en las diferentes regiones del país, varias de ellas no tienen registros de ciertos años, debido al conflicto en la década de los años 1980's en el país, y a la falta de control de las mismas, hasta que en los años 1990's se reanudó el control y

funcionamientos de varias de ellas, ver Anexo 2.3 – Estaciones Climatológicas de El Salvador.

Otro factor importante dentro del estudio hidrológico, es la prevención de las avenidas, que se definen como el caudal máximo que en un momento determinado puede pasar por el punto de interés, en este caso sería el punto de retención o dique, debido a los efectos destructivos que causan no sólo sobre la obra civil sino al inundar grandes extensiones cultivadas, áreas construidas o dañar obras hidráulicas, produciendo grandes pérdidas en bienes materiales, la vida de personas y animales; esto, en cada proyecto hidroeléctrico, está relacionado el caudal máximo del río que se considera en el diseño de hidráulico del proyecto, el cual se establece respecto a los costos inmediatos y ciertos, de las necesidades que implica el aumento del caudal máximo escogido, de forma que se prevengan o minimicen, en la medida de lo posible, daños generalmente difíciles de estimar, provocados por las crecidas eventuales del caudal real, producto de eventos meteóricos excepcionales de lluvias, que llegan a ser catastróficas. El cálculo del nivel de agua de una creciente siempre es necesario, porque este delimita la planicie de inundación y determina la altura requerida en estructuras tales como puentes, bóvedas y obras de retención de agua como los diques.

Las regiones hidrográficas de El Salvador, se definen por medio de la delimitación de las cuencas de los principales ríos del país, existen 11 regiones delimitadas y se identifican por el nombre de los principales ríos. Dentro de las 11 regiones más importantes se pueden mencionar la región A, que es la que identifica toda la región del río Lempa con una extensión de 10,082 km² representa aproximadamente el 48% del territorio nacional. (ver Anexo 2.4 – Mapa Regiones Hidrográficas de El Salvador). A continuación se detalla los nombres de las 11 regiones:

Tabla No 2.1. Regiones hidrográficas de El Salvador.

REGIÓN HIDROGRAFICA	CUENCA
A	Río Lempa
B	Río Paz
C	Ríos Cara Sucia-San Pedro
D	Río Grande de Sonsonete
E	Ríos Mandinga-Comalapa
F	Río Jiboa
G	Estero de Jaltepeque
H	Bahía de Jiquilisco
I	Río Grande de San Miguel
J	Río Sirama
K	Río Goascorán

2.8. HIDROGEOLOGÍA REGIONAL LOCAL

La presencia de un río es indicio de existencia de agua subterránea. La finalidad de conocer los mantos acuíferos subterráneos existentes en la región del proyecto y las características de los mismos, es para establecer los niveles de contribución que estos podrían tener hacia el río en donde se localiza el proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico. El Mapa Hidrogeológico de El Salvador Escala Original: 1:1,000,000¹² (Ver Anexo 2.5) muestra las áreas de recargas acuíferas con las que cuenta el territorio nacional, en correlación con las formaciones geológicas identificadas en el país.

2.9. HIDRAULICA DEL RIO, EN EL PUNTO DE EXTRACCION, AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO

El estudio hidráulico del río, tiene la finalidad conocer todos los factores y variables que determinen los recursos y capacidad hidráulica del río, de manera que en una primera etapa se defina si es factible el emplazamiento de un proyecto hidroeléctrico o no, donde se estime la capacidad del generador que se puede utilizar según el caudal aprovechable que determine el estudio hidrológico. Se estudian las características geológicas, hidrológicas, hidráulicas del cauce en los tramos identificados como más favorables para la ubicación del punto de control o donde se establecerá el dique y a la vez la extracción del caudal requerido para el funcionamiento de la Minicentral hidroeléctrica (o

¹² Realizado por el Departamento de Investigaciones Hidrológicas sección de aguas superficiales del Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG. 1972.

microcentral hidroeléctrica). Los objetivos del estudio hidráulico son los siguientes:

- Determinar el Nivel de aguas Mínimas o el Tirante Crítico (tirante mínimo) de la lámina de agua en el punto de emplazamiento sobre el río.
- Determinar la velocidad del agua, cuando esta alcanza el Nivel de Aguas Mínimas.
- Determinar el caudal del Río en período de estiaje (Caudal Mínimo).
- Determinar el caudal máximo de la cuenca en período de lluvia.
- Dimensionar la canaleta de conducción, tomando el caudal requerido por la planta generadora de energía eléctrica.

El estudio hidráulico también garantizará, que la lámina de agua de la curva de remanso aguas arriba del punto de extracción sea la adecuada favoreciendo a la fauna y la flora, de manera que solamente se consiga la inundación necesaria para la derivación del caudal requerido por el proyecto; de igual forma aguas abajo de este punto, hay que garantizar el caudal ecológico requerido para resguardo de la biodiversidad en el tramo del emplazamiento, sobre todo, en la época de estiaje donde puede darse el caso que debido a la retención, el caudal aguas abajo no sea suficiente o incluso nulo; también, prevenir la erosión del cauce aguas abajo al pie de la represa.

El estudio de las características hidráulicas en el punto de extracción seleccionado, aguas arriba y aguas debajo, es importante definir las no solo para verificar que estas sean favorables para la derivación del caudal requerido, sino también, para cumplir con las condiciones que garanticen un aprovechamiento sostenible del recurso hídrico, es decir, que no se dañe eventual o permanentemente el recurso explotado o la biodiversidad (flora, fauna, suelo) relacionado con el mismo, minimizando los impactos ambientales negativos que pudieran darse durante el funcionamiento del proyecto.

2.10. ORIGEN Y CALIDAD DEL AGUA NATURAL

Es importante conocer el origen del agua a extraer para utilizar en la minicentral hidroeléctrica, es decir, si se trata de una derivación de un determinado río principal, es necesario identificarlo en el mapa hidrográfico del país no sólo para fines de ubicación sino para conocer la calidad del agua, lo cual determina sus posibles usos.

La calidad del agua depende principalmente del uso que se le va a dar, no es simplemente decir que: esta agua está buena o esta agua está mala; por ejemplo, agua perfectamente apropiada para lavar un automóvil puede no ser lo suficientemente de buena calidad para agua potable. El término “calidad del agua”, es usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua, que determina si esta es apropiada o no para un determinado uso.

La calidad de las aguas resulta alterada debido a los vertidos de muy distintas sustancias, entre las que destacan: materia orgánica, nutrientes, metales pesados, plaguicidas, etc. Gran cantidad de estas sustancias se incorporan al agua por la acción humana, principalmente a través de los vertidos municipales e industriales, de las actividades agrícolas y ganaderas, etc. Las fuentes de contaminación de las aguas se pueden clasificar en: puntuales y difusas. Las principales fuentes de contaminación puntual proceden de los vertidos municipales e industriales. La contaminación difusa se relaciona con las actividades agropecuarias (fertilizantes, pesticidas y purinas) y con los lixiviados procedentes de los vertederos. Es necesario realizar estudios de las características fisicoquímicas del agua a utilizar en el proyecto, para prevenir o minimizar los efectos negativos que esta pueda tener, especialmente sobre el equipo electromecánico a instalar, como por ejemplo contenido de minerales o químicos corrosivos, garantizando tanto la eficiencia en funcionamiento como su vida útil.

2.11. INGENIERIA DEL PROYECTO

La ingeniería del proyecto comprende los siguientes aspectos:

Diseño conceptual. Usualmente este está asociado a un estudio de factibilidad, en el cual las especificaciones técnicas tienen la finalidad de constituir un marco de referencia para los correspondientes diseños previos y en base a estos estimar la eficiencias y costos a obtener. El marco técnico

general, prevee una metodología a desarrollar en la selección del tipo de planta hidroeléctrica más adecuada y su ciclo termodinámico, considerando la tecnología prevista de los equipos de la central generadora; descripción de la forma de operación de la planta, propuesta de mediciones y controles para asegurar una explotación eficiente, racional y sostenible del recurso; la identificación de requerimientos sobre posibles transferencias de derechos de propiedad o de uso de bienes del estado, existentes en el área de concesión.

Diseño constructivo. El diseño final, es de máximo detalle, con especificaciones técnicas y planos constructivos de todas y cada una de las actividades del proyecto. Este, es usualmente empleado en las licitaciones y contrataciones de las obras y equipamientos.

Exploración superficial. Las prospecciones en superficie, son de tipo geológico, geofísico o geoquímico, realizadas para la delimitación de un área de interés para uso hidroeléctrico.

Explotación. Es el conjunto de actividades realizadas para el funcionamiento de la planta generadora, elementos de conducción de caudal, control del caudal, generación de energía eléctrica, restitución de caudal utilizado.

Ingeniería del Proyecto final. Comprende la propuesta final del diseño de las obras a construir y el conjunto de documentos y planos conteniendo las

especificaciones, normas, estándares y diseños constructivos, de los elementos que se pueden resumir de la siguiente manera:

Obra civil, incluye las obras de desviación y/o retención de los caudales (azudes, diques y/o presas), las tomas, canales y cámara de carga y/o depósito de regulación, las tuberías forzadas, los edificios y canales de descarga.

Turbinas, generadores y elementos de control y protección, componentes todos ellos cuyas características dependerán del diseño de la minicentral; y que, a excepción del tipo de turbina, no han de repercutir sobre el ecosistema fluvial.

Equipo eléctrico de potencia, comprende la subestación eléctrica que consiste en los transformadores, paneles de control y línea de salida hasta su conexión con la red; sin repercusiones sobre el medio fluvial. Pueden provocar otro tipo de afecciones al medio, tal como: apertura de pistas, nuevos tendidos eléctricos, etc.

2.11.1 TIPOS DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS

El objetivo de un aprovechamiento hidroeléctrico es convertir la energía potencial de una masa de agua situada en un punto, el más alto, del aprovechamiento- en energía eléctrica, disponible en el punto más bajo, donde

está ubicada la casa de máquinas. La potencia eléctrica que se obtiene en un aprovechamiento es proporcional al caudal utilizado y a la altura del salto.

De acuerdo con la altura del salto, los aprovechamientos de agua pueden clasificarse en:

- De alta caída: saltos mayores que 150 m
- De media caída: saltos entre 50 m a 150 m
- De baja caída: saltos entre 2 m a 20 m

Estos límites son arbitrarios y sólo constituyen un criterio de clasificación.

Respecto al modo de alimentación de agua, las minicentrales pueden ser clasificadas en tres grandes grupos:

1) Minicentrales fluyentes

Se basan en recoger, mediante una obra de toma, un cierto caudal que circula por el cauce pero sin regularlo; en caudal que es conducido hasta la central. Se distinguen cuatro subtipos:

1. Las que no disponen de elementos de toma ni de conducción y que sitúan la turbina directamente en el curso fluvial; son un caso especial (minicentrales fluyentes sin toma).

2. Las que no requieren la construcción de un dique para desviar el agua sino que poseen una toma sumergida y protegida por una rejilla; poseen

elemento de conducción del agua; son poco frecuentes (también conocidas como minicentrales fluyentes sin dique o elemento de retención).

3. Las que presentan un canal de derivación, más o menos corto (< 100 m), y que lleva el agua directamente hasta la minicentral (minicentrales fluyentes con dique o presa).

4. Las que presentan un canal de derivación de longitud mayor que 100 m y una tubería forzada hasta la minicentral. Esta tubería requiere de la existencia de una cámara de carga que le dote de presión y asegure el caudal requerido para el correcto funcionamiento del equipo electromecánico (minicentrales fluyentes o presa y cámara de carga). Este es el caso de la minicentral hidroeléctrica “La Chacra”, ubicada en el Municipio de Carolina, San Miguel.

Al diferenciar estos dos últimos subtipos de minicentrales, convendrá especificar la longitud del tramo de río derivado (lo que se suele denominar segmento de toma o línea de extracción), se corrobora con el estudio hidráulico, y la altura de salto útil, con el fin de caracterizar mejor la minicentral y valorar su afección al medio fluvial. También, hay que tener en cuenta que cuando la cámara de carga es lo suficientemente grande, se puede provocar una regulación del caudal a turbinar; regulación que, aunque limitada, puede ser suficiente para cubrir las oscilaciones de la demanda eléctrica.

2) Minicentrales de regulación propia

Tienen la posibilidad de almacenar caudales de agua con el fin de poderlos utilizar (turbinar) en el momento que se necesite. La capacidad de regulación se consigue mediante la construcción de una presa de más de 3 m de altura (y que puede alcanzar hasta varias decenas de metros de alto) o de un gran depósito (o reservorio) junto a la cámara de carga. Suelen presentar un canal de derivación y tuberías forzadas.

El objetivo de maximización de la rentabilidad económica de las instalaciones (dique, canal de conducción, cámara de carga, equipo electromecánico), conduce a una pauta de explotación denominada de emboladas o hidropuntas ('hydro-peaking') que se utiliza cuando el volumen embalsable (regulable) y la escasez de caudal del río no permiten la explotación de la turbina de un modo continuado, para no causar un impacto ambiental negativo. Tales puntas o máximos de caudal dirigidos hacia la turbina, se producen durante el día en las jornadas laborables, mientras que por las noches y durante los fines de semana (con menor demanda energética, intermitentemente habrá menor precio del KWh producido) la turbina se paraliza y las compuertas se cierran con el fin de acumular agua para la siguiente embolada.

Un tipo especial de instalaciones dentro de este grupo son las denominadas minicentrales a pie de presa, que aprovechan la energía potencial que produce la diferencia de cotas de la presa. Por lo general, se sitúan en embalses construidos para otros usos, y pueden turbinar tanto los caudales excedentes como los desembalsados para riego o para servidumbre ecológica. Suelen disponer de una tubería forzada que conduce el agua hasta la central.

3) Minicentrales en canal de riego o de abastecimiento

Estas minicentrales se sitúan en conducciones de agua construidas para otros usos, como el riego o el abastecimiento a poblaciones, aprovechan infraestructuras creadas para otros fines.

2.11.2 PUNTO DE RETENCIÓN

Es el punto ubicado sobre el cauce del río en el cual se construirá el sistema de retención del agua que corre superficialmente, para obtener el embalse o la inundación requerida. Esta es la parte de la instalación que generalmente requiere permisos oficiales, por lo que debe tenerse muy en cuenta. Por una gestión defectuosa podría terminar sin llevarse a cabo el proyecto, o en el mejor de los casos obtenerlo prorrogado.

En aprovechamientos hidroeléctricos en pequeños ríos, se levanta en el cauce una estructura que permita desviar un cierto caudal para conducirlo a la minicentral. En su versión más elemental, esa estructura es un simple obstáculo, capaz de remansar el agua, para poder derivar el caudal deseado y sobre el que continúa pasando agua, en otros casos se requerirá que ese obstáculo pase a ser una presa, generalmente de poca altura, conocida como azud (del árabe sudd), cuyo fin, como en el caso anterior, no es almacenar agua sino remansarla para que pueda ser derivada en condiciones favorables, similar a un dique de retención. Para proyectos de grandes magnitudes la presa de retención supera la altura de 3 m y está hecha de concreto. Según la Convención Internacional de Grandes Presas, una presa se considera pequeña si su altura, medida desde la base a la coronación, es inferior a 15 m, la longitud en la coronación no supera los 500 m y el agua embalsada está por debajo del millón de metros cúbicos. Esta diferenciación es importante, dadas las exigencias administrativas que hay que cumplir cuando se trata de grandes presas.

Para el caso de proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico en pequeños ríos, no se llegarán a esos niveles de exigencia, sino que precisa de un pequeño azud o dique para la retención de agua, que para la mayoría de las aplicaciones de proyectos hidroeléctricos en pequeños ríos, bastaría con que la presilla mantuviera una altura de 0.5 m a 1.0 m, la necesaria para poder

encauzar la canalización. También puede darse el caso de que el río sea caudaloso ($>3.00 \text{ m}^3/\text{s}$) y exista una zona propicia con suficiente profundidad, entonces podría obviarse la construcción de la represa, otro caso es el aprovechamiento de obras ya realizadas como represas para riego, antiguos molinos o las mismas represas naturales.

La obra de retención, se pueden fabricar con piedras y mortero, con concreto o simplemente con maderas y tablas de álamo. En estos aprovechamientos, se levanta en el cauce una estructura que permita desviar un cierto caudal para conducirlo a la central.

2.11.3 PUNTO DE EXTRACCIÓN O EMBALSE

Es el punto seleccionado, del río, que cumple con las características adecuadas para la extracción del caudal requerido para el funcionamiento de la turbina que generará la energía eléctrica, según la demanda para la cual fue diseñada la minicentral hidroeléctrica. La extracción puede realizarse por medio de una obra de retención parcial del caudal natural del río, de tal manera que se produzca la inundación necesaria, con la profundidad suficiente, para la extracción o derivación del caudal requerido por la minicentral hidroeléctrica.

2.11.4 AFOROS Y SUS TECNICAS DE REALIZACION

El aforo, se hace para determinar si la cantidad de agua disponible en un río es aprovechable sin dañar la fauna, la flora y su hábitat, así como para determinar cómo y en qué medida puede ser aprovechado, como el caso de pequeños aprovechamientos hidroeléctricos en pequeños ríos.

Se determinación el caudal medio del río, fundamentalmente para determinar el lugar óptimo para colocar el punto de retención del agua para su extracción y derivación hacia el equipo turbogenerador de energía eléctrica, definir la capacidad de generación eléctrica que se podría tener y esta a su vez determina qué tipo y magnitud de demanda puede abastecerse.

El caudal medio del río se determina a partir de la medición del caudal natural que circula en el cauce del río por medio de técnicas de aforo, tanto en la época seca (estiaje) que define el caudal mínimo, como en la época lluviosa que se considera como el caudal máximo que podría circular en el río. A continuación se exponen algunas técnicas para la realización de aforos en pequeños ríos:

a) Método del llenado de un depósito. Se trata de desviar el caudal del cauce y estimar el tiempo que tarda en llenarse un depósito, que puede ser un bidón o barril. Conociendo la capacidad del bidón y el tiempo empleado, se

puede conocer el caudal de forma aproximada. Como lo indica la figura 2.5, donde:

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = V \text{ (m}^3\text{)} / t \text{ (s)} \quad (2.8)$$

siendo:

Q : caudal en m³/s

V : Volumen del depósito (bidón o barril) en m³

T : tiempo que tarda en llenarse el depósito

Lejos de encontrarse libre de error sólo conduce a una estimación aproximada del verdadero caudal del río. Este método es útil en pequeños cauces que puedan desviar su caudal de una forma sencilla.

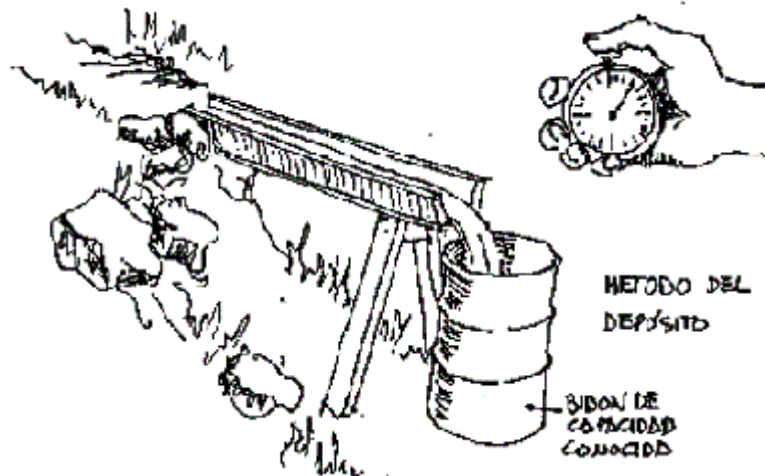


Figura. 2.5.- Esquema del método del llenado de un depósito.

b) Método de la tabla aforadora. En primer lugar, se ha de buscar un lugar propicio en el arroyo o cauce que se desea medir. Se coloca una tabla como dique, tapando con barro en los costados y por debajo, de modo que se produzca un pequeño remanso. En la parte media de la tabla, se ha realizado previamente a su colocación, un corte de 2 m de largo (L) y de 20 cm de profundidad. Por esta garganta el arroyo vierte una pequeña cascadita (Ver Figura 2.6.). El caudal Q del arroyo se obtiene de una tabla de valores, en función de la altura h. La altura h se obtiene midiendo la distancia entre el borde inferior del vertedero y el nivel de la superficie del espejo de agua del remanso. Entonces:

$$Q \text{ (l/s)} = [1.8(L - 0.2 \times h) (3/2 h)] / 1000 \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Por ejemplo, si en el aforador según el cuadro 2.1., de 2 m de largo se obtiene una lectura de 10 cm, esta altura corresponderá, según la escala, a un caudal de 113 l/s.

Cuadro 2.1 Caudales determinados usando tabla aforadora (ejemplo)

		L (m)			
		0.5	1	1.5	2
h (cm)	5	10	20	30	40
	10	27	56	84	113
	15	49	101	154	206
	20	74	155	235	316

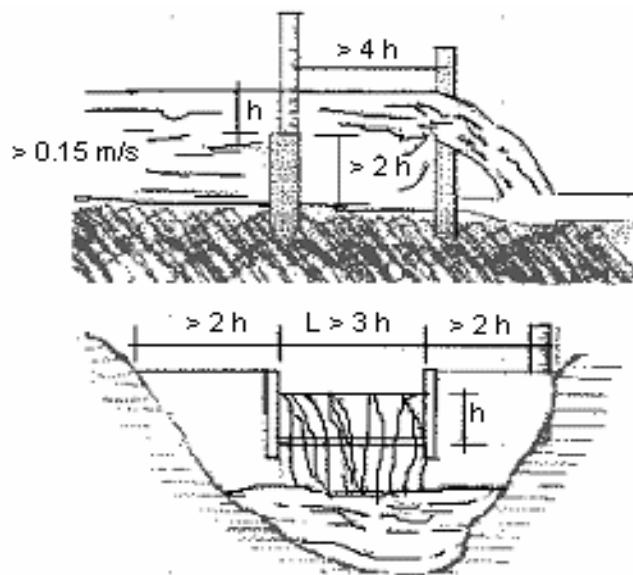


Figura 2.6.- Esquema del Método de la Tabla Aforadora.

c) Método del vertedero. Se trata de un vertedero, como se puede apreciar en la figura 2.7. Es un método útil para arroyos medianos, de más de 20 l/s ($0.02 \text{ m}^3/\text{s}$) Se llenan las juntas de las tablas con arcilla, al igual que su unión con la orilla para evitar fugas. La abertura del vertedero, debe tener los cortes en forma sesgada, con los bordes agudos en el lado de la corriente arriba, es decir, en el lado en que va a quedar el agua estancada. Se han de colocar dos tablas según las indicaciones de la figura 2.7., para poder medir la altura del sobre flujo que atraviesa el vertedero¹³.

¹³ Se tomó como referencia el trabajo *Energía Hidráulica y Eólica Práctica* de Juan Ignacio y Sebastián Urquía Lus.

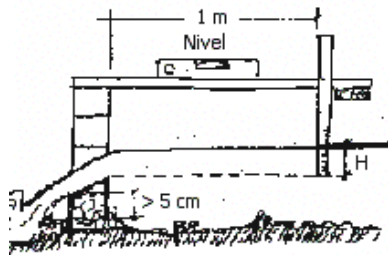
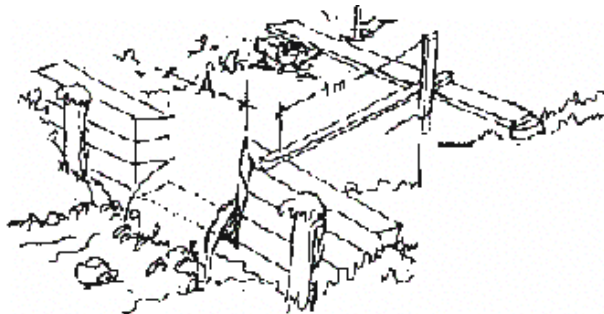


Figura 2.7. Esquema del Método del vertedero Según Juan Ignacio y Sebastián Urquía Lus.

Utilizando la tabla adjunta a la figura 2.7, (válida para vertederos de 1 m de anchura: $A=1\text{m}$)

se puede hallar el caudal en función de la altura del sobre flujo. Este método está basado en el fenómeno del vertedero, en la categoría de vertederos de pared delgada. Para la medida en ríos se utilizan los vertederos de pared gruesa, lo que supone crear un dique en el río, y medir la altura del sobre flujo.

H METROS	q m ³ /s	H METROS	q m ³ /s
0.01	1.30	0.40	448.00
0.02	5.00	0.41	466.00
0.03	9.00	0.42	482.00
0.04	14.00	0.43	500.00
0.05	20.00	0.44	517.00
0.06	28.00	0.45	535.00
0.07	33.00	0.46	563.00
0.08	43.00	0.47	571.00
0.09	43.80	0.48	589.00
0.10	53.00	0.49	608.00
0.11	63.00	0.50	628.00
0.12	74.00	0.52	684.00
0.13	83.00	0.54	701.00
0.14	93.00	0.56	742.00
0.15	103.00	0.58	783.00
0.16	113.00	0.60	823.00
0.17	124.00	0.62	885.00
0.18	135.00	0.64	903.00
0.19	145.00	0.66	990.00
0.20	158.00	0.68	994.00
0.21	178.00	0.70	1038.00
0.22	180.00	0.72	1082.00
0.23	195.00	0.74	1128.00
0.24	208.00	0.75	1134.00
0.25	221.00	0.79	1227.00
0.26	235.00	0.80	1239.00
0.27	245.00	0.82	1350.00
0.28	253.00	0.84	1386.00
0.29	272.00	0.86	1413.00
0.30	291.00	0.88	1483.00
0.31	308.00	0.90	1503.00
0.32	321.00	0.92	1583.00
0.33	338.00	0.94	1640.00
0.34	351.00	0.96	1718.00
0.35	367.00	0.98	1774.00
0.36	383.00	1.08	2418.00
0.37	399.00	1.60	3225.00
0.38	415.00	1.75	4101.00
0.39	432.00	2.00	5011.00

En uno y otro caso, las fórmulas de cálculo son empíricas, relacionan la altura con el caudal.

d) Método del flotador. Para ríos, acequias, canalizaciones y corrientes de poca velocidad y gran caudal se puede utilizar este método sencillo. Se colocan dos cordeles separados una distancia de 10 metros. Se echa el flotador más arriba y en el centro del río. Se mide el tiempo (t) que tardan en pasar entre los cordeles.

$$Q \text{ (m}^3 \text{ / s)} = 0,75 A / t \quad (\text{Ec. 2.10})$$

donde, A la sección del cauce en m^2 y Q el caudal resultante en m^3/s .

Se consigue así el valor de la velocidad superficial, o sea, de la capa de agua exterior en contacto con la atmósfera. El coeficiente 0.75 se introduce para corregir la velocidad superficial y aproximarla a la velocidad media, ya que en la orilla del cauce como en el fondo de este, la velocidad es menor.

La sección del cauce se puede hallar como sigue:

Para calcular el área de la sección transversal, se recomienda descomponerla en una serie de trapecios como muestra la figura 2.8. Midiendo sus lados con ayuda de unas reglas graduadas, colocadas en la forma que indica la figura 2.8., el área de la sección mojada del cauce vendrá dada por la ecuación:

$$S = b * [(h_1+h_2+...+h_n) / n] \quad (\text{Ec. 2.11})$$

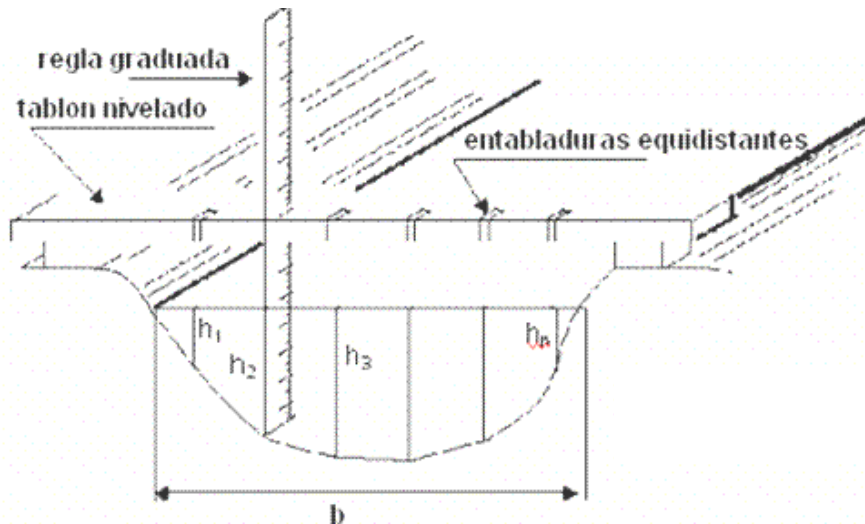


Figura 2.8. –Esquema del método del Flotador.

e) Método de la dilución. Los métodos de dilución resultan particularmente idóneos para los pequeños arroyos de montaña, donde debido a la rapidez de la corriente y a la escasa profundidad del cauce no se puede utilizar con éxito un molinete. Para calcular el caudal se inyecta en el curso de agua una solución de un producto llamado trazador, de concentración conocida, y aguas abajo, a una distancia suficiente para que el producto se haya mezclado completamente (unos 50 m), se recogen las muestras de agua. El producto puede inyectarse a un ritmo constante, durante un lapso de tiempo dado, o abruptamente en una única dosis. Tomando muestras del agua a cortos intervalos y analizándolas, se construye una curva concentración - tiempo. Es importante anotar que para aplicar este método se supone que el flujo es permanente.

Las sustancias utilizadas como trazadores deben tener las siguientes propiedades:

- No deben ser absorbidos por los sedimentos o vegetación, ni deben reaccionar químicamente.

- No deben ser tóxicos.

- Se deben detectar fácilmente en pequeñas concentraciones.

- No deben ser costosos.

Los trazadores son de 3 tipos:

- 1) Químicos: de esta clase son la sal común y el dicromato de sodio.

- 2) Fluorescentes: como la rodamina.

- 3) Materiales radioactivos: los más usados son el yodo 132, bromo 82, sodio

Hasta hace poco se utilizaban soluciones de sales de cromo y las muestras se analizaban por colorimetría. La sal común puede detectarse con un error del 1% para concentraciones de 10 ppm. El dicromato de sodio puede detectarse a concentraciones de 0,2 ppm y los trazadores fluorescentes con concentraciones de 1/1011. Los trazadores radioactivos se detectan en concentraciones muy bajas (1/1014). Sin embargo su utilización requiere personal muy especializado y autorización especial.

El método es muy preciso pero requiere un equipo costoso y personal especializado. Actualmente se trabaja con soluciones de cloruro sódico, cuya concentración aguas abajo viene dada por la variación de la conductibilidad eléctrica del agua. Uno de los métodos más sencillos es el desarrollado por Littlewood y estriba en volcar en el cauce un volumen conocido (V) de una solución fuerte de sal común para medir aguas abajo, a cortos intervalos, el cambio de conductividad del agua.

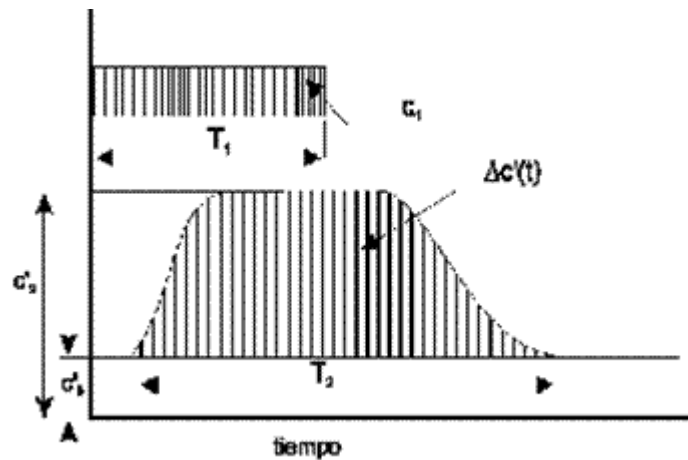


Figura 2.9.- Curva conductividad-tiempo.

Así, se construye una curva conductividad-tiempo, como la de la figura 2.9., en la que la media de sus ordenadas, es la media de las diferencias de conductividad de las muestras y del agua del río, aguas arriba del punto de inyección.

El método se aplica diluyendo en un recipiente, un pequeño volumen (v) de la solución fuerte de sal común, en un volumen mucho mayor V^* de agua y midiendo asimismo la diferencia de conductividad Dc^* , se puede calcular el caudal mediante la ecuación:

$$Q = [V/T2] \times [V^*/v] \times [DC^*/dC'] \quad (\text{Ec. 2.12})$$

cuyos términos son todos conocidos. El método no es sensible a la marca o calibración del aparato empleado para medir conductividades, ni se necesita conocer la concentración exacta de la solución fuerte, puesto que se trabaja con volúmenes y no con concentraciones. Este método requiere la utilización de un medidor de conductividad, que habrá que poseer como equipo propio al trasladarse a realizar mediciones en el mismo lugar en que se va a instalar la minicentral hidroeléctrica.

La finalidad de los métodos de aforo antes expuestos es llegar a conocer el caudal específico. El caudal específico o caudal medio de una cuenca es un dato de sumo valor para las investigaciones del potencial hidráulico de una región para pequeños y proyectos hidroeléctricos que no superan los 1000 kW. Si no existen datos hidrológicos de una región, el caudal específico se estimará, aforando los arroyos durante los períodos de lluvias normales y medir la superficie de las cuencas respectivas. El valor obtenido será característico de esa región, siempre que se trate del mismo clima, vegetación, pendientes y tipo de suelo; con sólo medir los kilómetros cuadrados de una cuenca se estimará

rápidamente el caudal medio del correspondiente río o arroyo. Si el recurso hidráulico proviene de agua de deshielo, la metodología de cálculo del valor de caudal específico será sin duda diferente, pero también, en este caso, habrá que idear algún método de estimación de ese caudal específico. Este caso no se presenta en el clima cálido, característico del país.

Por ejemplo, para estimar el caudal medio de un arroyo en una zona en que el caudal específico es de 22 l/s-km^2 (esto para unos 1,500-2,000 mm de precipitaciones anuales), sobre un plano a escala 1:10.000, se unen las cumbres de los cerros que circundan al arroyo y se determina la superficie de la cuenca. Suponiendo que esta sea de 5 km^2 , el caudal medio será entonces:

$$22 \text{ l/s-km}^2 \times 5 \text{ km}^2 = 110 \text{ l/s.}$$

2.11.5 EVALUACION DE LA DEMANDA

Un proyecto, es la respuesta a una demanda, en el caso de aprovechamientos hidroeléctricos en pequeños ríos, para determinar la demanda que es posible satisfacer, se estudia el recurso hidráulico con que se cuenta, el cual consistente en un cierto caudal del río y en un salto de determinada altura, considerados como parámetros fijos, se estima la potencia instalable para saber el número de usuarios que se pueden abastecer. La potencia instantánea que se obtiene en una minicentral hidroeléctrica es

directamente proporcional a la altura del salto de agua y al caudal turbinado. Para cuantificar la potencia que es posible obtener de un recurso hidráulico, es necesario medir el caudal disponible y la altura de caída aprovechable. Se entiende por caudal la masa de agua que pasa, en un tiempo determinado, por una sección del cauce, y altura del salto, es la distancia vertical de desplazamiento del agua en el aprovechamiento hidroeléctrico y es igual al salto hidráulico. En la evaluación del salto hidráulico se han de tener en cuenta 3 definiciones:

Salto bruto (H), es distancia vertical comprendida entre el nivel máximo aguas arriba del salto y el nivel normal del río donde se descarga o se restituye el caudal turbinado, medida en metros;

Salto útil (h_u), o desnivel comprendido entre la superficie libre del agua en el punto de carga y el nivel de desagüe de la turbina;

Salto neto (h_n), o altura del salto que impulsa la turbina, es igual al salto útil menos las pérdidas de carga producidas a lo largo de la conducción forzada, si existiese.

Atendiendo a estas diferentes alturas, el rendimiento hidráulico vendrá dado por el cociente de la diferencia entre el salto útil menos el salto neto, y multiplicado por el salto útil. Este rendimiento no es siempre constante ya que el salto neto varía según el caudal turbinado, debido a las pérdidas en la conducción.

En las minicentrales de tipo fluyente el rendimiento hidráulico permanece prácticamente constante, pero el caudal que se turbinada es muy variable y dependerá de la aportación del río en cada momento, lo que hace que la potencia disponible (potencia instantánea) esté relacionada directamente con el caudal instantáneo del río. En las de regulación, el caudal turbinado es prácticamente constante.

El caudal máximo que puede turbinar una minicentral se denomina caudal de equipamiento o caudal nominal. Los caudales superiores no son utilizables y son vertidos nuevamente al río. Al mismo tiempo existe un caudal mínimo a partir del cual la minicentral deja de ser rentable operativamente y a la vez perjudicial al medio ambiente, el criterio que se ha de considerar al establecer un caudal mínimo es, el de la «conservación del funcionamiento o dinámica del ecosistema fluvial a lo largo de la distribución longitudinal del río»¹⁴; es decir, que el caudal que se deje en los distintos tramos, permita que el río siga conservando este mismo caudal en las distintas estaciones del año. Este caudal mínimo es proporcional al caudal de equipamiento, y su relación es un coeficiente que depende del tipo de turbina instalada. El caudal de equipamiento se elige de forma que el volumen de agua turbinada a lo largo del período de explotación previsto sea máximo. De este modo, la potencia nominal o de diseño de una minicentral vendrá dada por la siguiente expresión:

¹⁴ Docampo & G. de Bikuña, 1993; Correa Lloreda, 1996

$$P_n = 9.8 Q_n H_n R_{tur} R_{alt} \quad (\text{Ec. 2.13})$$

donde, P_n es la potencia nominal medida en KVA (kilo-voltio-amperios, unidad de medida de potencia instantánea); 9.8 es la aceleración de la gravedad, en m/s^2 ; Q_n es el caudal de equipamiento o caudal nominal, en m^3/s ; H_n es la altura de salto neto, en metros; R_{tur} es el rendimiento de la turbina; y R_{alt} es el rendimiento del alternador (ambos adimensionales). Para calcular la potencia instantánea en un momento determinado se sustituirá el caudal de equipamiento por el caudal instantáneo, y se multiplicará la expresión por el rendimiento del transformador eléctrico de salida.

Generalmente, se tiende a sobrestimar el potencial energético de un recurso hídrico. La potencia disponible de un recurso, dependerá de las variaciones en el caudal y de los rendimientos de los equipos instalados. El rendimiento de los equipos dependerá de la tecnología empleada en los distintos procesos de transformación, y ésta a su vez, del presupuesto disponible para la elección de alternativas. Sin embargo, no siempre la tecnología más perfecta es la más adecuada. Los conceptos de elección tecnológica, de tecnología intermedia y apropiada también pueden orientar diferentes opciones adecuadas a cada situación. La siguiente fórmula simplificada permite estimar la potencia real, en kW, a obtener a la salida de la sala de máquinas:

$$\text{Potencia (kW)} = 5 \times H(\text{m}) \times Q (\text{m}^3/\text{s}) \quad (\text{Ec. 2.14})$$

siendo, H la altura del salto expresada en metros; Q el caudal medio, en m^3/s por segundo y 5 es una constante de cálculo que toma en cuenta los rendimientos en los distintos procesos de transformación de la energía, el rendimiento de la turbina (60%), del generador (80%) y del sistema de transmisión mecánica (90%). Son por lo tanto, rendimientos tomados como los requeridos para una microcentral hidroeléctrica, llamada así por su capacidad de generación de energía eléctrica mucho menor que las minicentrales, vistas las restricciones económicas y tecnológicas en las que se va a desarrollar este tipo de proyectos. Como se aprecia, frente a la fórmula de la potencia hidráulica (Ec. 2.13), se podría decir que el rendimiento general (RG) podría ser aproximadamente el 50%:

$$\text{RG} = R_{\text{turbina}} \times R_{\text{generador}} \times R_{\text{transmisión mec.}} = 0.5 = 50\% \quad (\text{Ec. 2.15})$$

Es común que para microturbinas, en la Ec. 2.14 se asuma un valor de constante mayor que 5, por ejemplo de 6 ó 7. Se considera que un rendimiento del 60% es suficiente cuando se trata de una microturbina construida localmente y sin alta tecnología, se prioriza la confiabilidad y durabilidad de los equipos antes que el alto rendimiento; dado que se trata de la problemática de una microcentral hidroeléctrica de menos de 1 MW, cuya característica principal

es ser un proyecto de ayuda y promoción al desarrollo sostenible, donde se pretende fomentar la sostenibilidad, duración y bajo coste de la instalación.

Para determinar Q y H de la ecuación 2.14, se tienen los siguientes métodos:

Determinación de la altura del salto (H).

a) Utilizando un manómetro y una manguera, para medir la altura del salto (H) de un recurso hidráulico, tal como lo muestra la Figura 2.10.

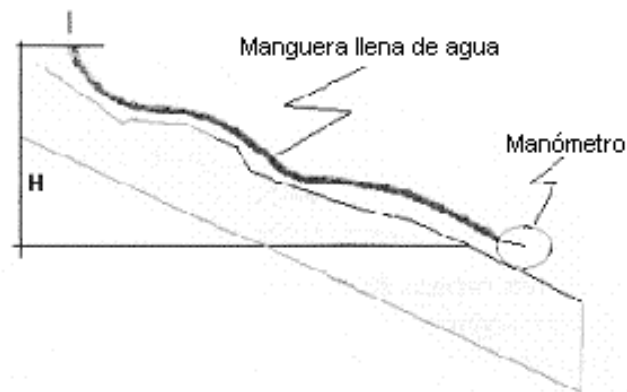


Figura 2.10 – Medición de altura de salto (H) con manguera y manómetro

superior del salto, proceder a llenarla con agua y conectar el manómetro en el extremo inferior. De este modo, una altura vertical H de 10 m, de la columna de agua dentro de la manguera, equivale a una presión de 1 atmósfera (1 kg/cm^2) en el manómetro. De esto se deduce, que si la altura del salto H es de aproximadamente 30 m, habrá que utilizar un manómetro de 4 atmósferas (4 kg/cm^2). Si no se dispone de una manguera lo suficientemente larga como para

abarcar la altura total del salto, se puede realizar la suma de mediciones parciales.

b) Utilizando un nivel de albañil para fijar el plano horizontal y una caña o vara de cuatro o cinco metros de largo, en cuya punta se atará un paño rojo para facilitar la visualización de la medida vertical (h) en metros; por medio de sucesivas mediciones parciales, se llega a valores aceptables como para tener una estimación más real de la altura total o altura del salto (H) según ecuación 2.16 (ver ejemplo, figura 2.11).

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_n \quad (\text{Ec. 2.16})$$

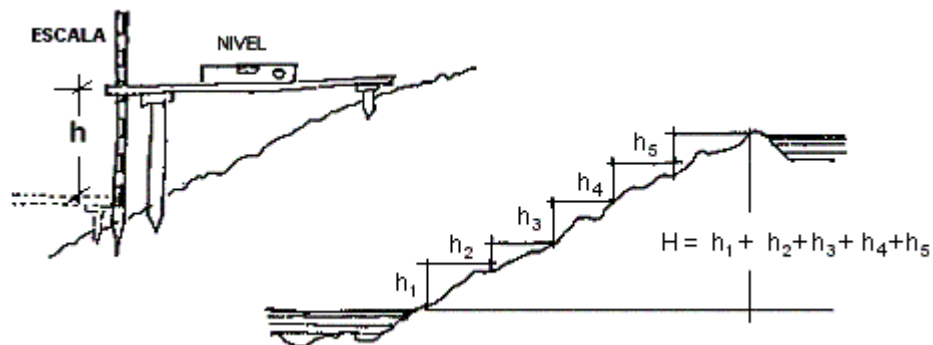


Figura 2.11 – Determinación del desnivel H o altura de salto, por el método de mediciones parciales.

Determinación del caudal disponible (Q).

Para la determinación del caudal disponible Q , este valor suele variar en algunas regiones de acuerdo con las estaciones, y otros fenómenos climáticos. Generalmente, se necesita saber el valor medio, o normal, del caudal de un arroyo con el fin de poder dimensionar los equipos y demás instalaciones. Es

importante establecer, que la medición del caudal sea representativa del valor medio, practicando aforos realizados en el río, estos deben realizarse en la época seca y lluviosa (ver ítem 2.11.4) para determinar el caudal mínimo y caudal máximo del río, para luego establecer el caudal a ser utilizado para el funcionamiento de la minicentral.

Ejemplo de cálculo de la potencia:

Si mediante cualquiera de los procedimientos señalados se inicia la medición en el lugar donde se piensa realizar la represa y tomando como referencia el espejo de agua (en la parte superior del salto), se obtiene una altura del salto de 25 m, a este valor habrá que sumarle el valor de la altura del dique que se piensa levantar y restarle la altura medida entre el espejo de agua (en la parte inferior del salto) y el piso de la sala de máquina. Suponiendo una altura de dique de tres metros y que el piso de la sala de máquina estará a dos metros sobre el nivel del arroyo, se obtiene una altura de cálculo de 26 m. El cálculo de la potencia eléctrica a obtener del proyecto será:

Para $H = 26 \text{ m}$ y $Q = 120 \text{ l/s} = 0.12 \text{ m}^3/\text{s}$;

sustituyendo valores en Ec. 2.14, la potencia en KW será:

$$P = 5 \times 26 \times 0.12 = 15.6 \text{ kW.}$$

Este es el valor medio de la potencia a estimar del recurso. Este valor puede ser incrementado o reducido según las variaciones climáticas de la región.

No basta con la constatación en campo de la existencia de un recurso (caudal/desnivel), sino que a éste debe asociarse la existencia de pobladores en el área circundante, tomando en cuenta el número de usuarios adecuado a una distancia razonable para un proyecto técnicamente identificado. Aquí, hay que tomar en cuenta un tipo de relación técnica que determina un número admisible mínimo y un máximo de usuarios. Estos números dependen por supuesto de las necesidades a satisfacer, por lo que pueden ser sumamente variables de una sociedad a otra. Un ejemplo es la demanda en la que el número de usuarios deba ser tal, que la potencia instalada disponible por usuario se encontrará entre 0.8 KW Y 0.2 KW; vale decir que, para una potencia de 20 KW, habría que pensar en un número entre 16 y 25 casas o familias. Pero si el único uso a satisfacer fuera el de iluminación, en este caso 200W por usuario serían suficientes, con lo que la misma microturbina podría abastecer hasta 100 familias.

Es necesario realizar encuestas a la población a beneficiar, referidas a las expectativas de uso, los resultados del análisis de las mismas son cruciales para dimensionar la demanda a abastecer, previendo así las necesidades reales de suministro de energía, de manera que el proyecto sea eficiente incluso en los horarios de mayor consumo; otro punto a considerar, aun así, las necesidades de los usuarios crecen rápidamente. No es evidente previendo cómo se producirá el crecimiento de la demanda en un caso puntual; para esto,

se puede tomar referencias basándose en la experiencia de lo acontecido en otros proyectos de electrificación, bajo circunstancias similares. Un ejemplo del caso expuesto, es el ocurrido en el proyecto de la Minicentral Hidroeléctrica La Chacra, en Carolina, San Miguel, en el que se había proyectado proporcionar energía eléctrica únicamente para alumbrado de 53 viviendas con tres focos, y luego se utilizó para el uso de electrodomésticos y más focos de los estimados, llegando a tener hasta ocho focos algunas viviendas.

En a la demanda se pueden dar los 3 casos siguientes:

- El número de usuarios potenciales en el área circundante es demasiado bajo (y en este caso, convendrá abandonar definitivamente el proyecto);
- El número de usuarios está dentro de los márgenes establecidos (y se pasa a realizar la promoción o gestión del proyecto);
- El número de usuarios supera al máximo establecido en función de la potencia (y también se puede pasar a la gestión; salvo que aquí, puede ser necesario redefinir -reduciéndola- el área circundante; pero esta redefinición no debe basarse exclusivamente en factores técnicos como la cantidad de kilómetros de línea a tender, sino que debe apuntar a conformar un grupo que tenga posibilidades de funcionar como tal).

2.11.6 DISEÑO DE OBRAS CIVILES Y CRITERIOS DE CAMPO PARA LA UBICACION DE LAS ESTRUCTURAS Y USO DE MATERIAL APROPIADO.

Los elementos físicos que constituyen la obra civil principal de una minicentral hidroeléctrica son: el dique de retención, la bocatoma, el desarenador, el canal de derivación o conducción, la cámara o tanque de almacenamiento, la tubería forzada de la caída bruta, la casa de máquinas donde se resguardarán el panel de control eléctrico para la regulación de la turbina generadora de energía eléctrica así como de la subestación eléctrica para la distribución de la energía eléctrica generada. Todos estos elementos se disponen a partir de un diseño geométrico en el que se adecuen y aprovechen las características climáticas, morfológicas (forma o relieve del terreno). Un buen diseño constructivo de las obras civiles como tales, los materiales a utilizar y su ubicación y distribución deriva en un mejor funcionamiento y eficiencia de la minicentral hidroeléctrica, así como optimización en los recursos naturales a explotar como en la inversión económica necesaria para el proyecto.

El principal objetivo en el diseño de las obras civiles es que sean reales, prácticas, funcionales, eficientes, económicas tanto en su etapa de construcción como durante su vida útil. Es decir, que cada elemento que compone la minicentral hidroeléctrica sea diseñado de manera que se adapte a las necesidades y características propias de cada proyecto, tal como la topografía, el caudal disponible del río a explotar, el caudal necesario para la generación de

energía eléctrica destinada a satisfacer determinada demanda de la misma, caudal ecológico, tecnología disponible y apropiada en cuanto al equipo de generación eléctrica, de tal manera que se produzca un aprovechamiento del recurso hídrico de manera sostenible, lo cual quiere decir, la utilización del mismo para beneficio y desarrollo del ser humano sin menoscabo, extinción temporal o permanente del recurso natural, ni de la biodiversidad relacionada al mismo, así como la alteración de manera negativa del hábitat.

2.11.6.1. DISEÑO HIDRAULICO DEL DIQUE DE RETENCION

Para diseñar la represa es fundamental conocer el caudal medio del arroyo y sus variaciones, máximas y mínimas, que dependen de las condiciones climáticas de la región. Así, en regiones tropicales, como el clima predominante en el país, en épocas de grandes lluvias, puede suceder que la lámina de agua permanente de los arroyos se incrementen hasta 200 veces con respecto a su caudal normal. Esto se produce especialmente cuando las cuencas son chicas (4-5 km²), con grandes pendientes o desniveles y con escasa vegetación como elemento de retención.

El trabajo de campo realizado a conciencia es la base para un diseño exitoso. Así, el técnico o ingeniero, sobre la base de su conocimiento de las condiciones del arroyo a lo largo de su cauce y en la zona a abastecer, estará

en condiciones de decidir el lugar adecuado para construir la represa, la sala de máquina, el vertedero y demás instalaciones. La elección del lugar tenderá a satisfacer las condiciones de menor costo y de mayor almacenamiento del agua en el dique. Tanto la disponibilidad de los montos de financiamiento (\$) para las obras como la capacidad técnica y aptitud de la mano de obra existente en un determinado lugar, incidirán en el tamaño y en el tipo de represa a construir, así como en la tecnología que se utilizará, ver figura 2.12. Con recursos financieros muy escasos, se priorizará el uso de materiales locales, mano de obra no calificada por parte de los beneficiarios y de tecnologías alternativas de construcción. Si hay empresas locales que puedan construir las obras civiles, ellas se encargarán de organizar el trabajo y la capacitación laboral entre sus empleados. La preocupación se centrará entonces, en atender al correcto seguimiento e inspección de las obras.

Las represas pueden ser de retención, tal que almacenen el agua y además aseguren el mejor funcionamiento del proyecto en los períodos de seca; estas pueden utilizarse con otros fines tales como cría de cangrejo o peces. También, se utilizan las represas como derivación para encauzar el arroyo o parte del mismo hacia un canal o una tubería, sin generar una reserva de agua. En un dique inundado, la corriente del río sobrepasa su altura, siempre se deja un aliviadero para asegurar el paso del agua aún en época seca, este

es el caso que se hizo para la obra de retención en el río Lempía con la minicentral hidroeléctrica La Chacra, en Carolina, San Miguel.

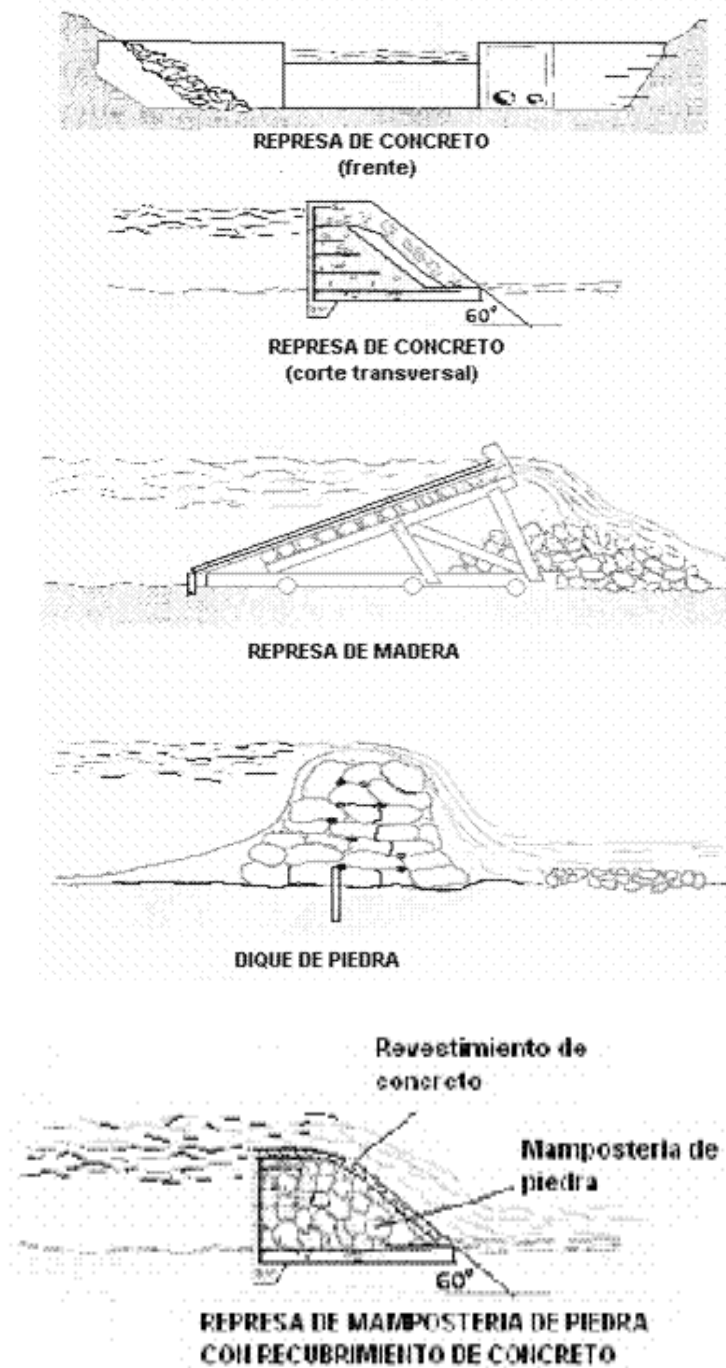


Figura 2.12 - Algunos tipos de Represas.

Construir una represa de retención puede tener dos objetivos, asegurar caudal suficiente para proporcionar electricidad para iluminación durante la noche y almacenar agua para el consumo de una población, también con fines productivos como el riego. Aunque las dimensiones dependerán de la disponibilidad de agua durante el año en cada región y de las condiciones físicas del terreno, si no se dispone de financiamiento suficiente para construir una represa de almacenamiento con gran capacidad de acumulación, convendrá construir sus bases de manera que puedan soportar el incremento de presión de agua cuando se realice la ampliación del dique.

Otra posibilidad importante, es construir una represa sobre un curso de agua, que puede servir de puente a la vez. En este caso, el vertedero podrá ser del tipo badén para que permita el tránsito de vehículos. También, puede construirse una represa con un tipo de vertedero circular en forma de embudo por el que penetra el agua que luego es derivada mediante tuberías a través del dique y finalmente el dique inundado con aliviadero, el cual se diseña para retener el agua solamente lo suficiente para obtener la inundación, que permita extraer el caudal requerido por el proyecto, incluso en época seca, de tal manera, que también se asegure el caudal permanente necesario aguas abajo de la retención, para no afectar negativamente la fauna y la flora del río.

Un ejemplo de cálculo de la altura mínima de una represa es el siguiente:

Suponiendo que el arroyo tenga un caudal medio o módulo de 120 l/s y que éste se reduce en diez veces durante los períodos de sequía. Para fines de cálculo de la altura mínima de la presa, se estimará el caudal mínimo en 12 l/s. Este caudal almacenado durante 20 horas (12 l/s x 72,000 s) equivaldrá a un volumen de 864,000 litros = 864 m³. Esta cantidad de agua, permitirá generar energía durante 4 horas, con un consumo de agua en la turbina de 60 l/s (valor que corresponde a la mitad del módulo del arroyo, 120 l/s y permite generar la mitad de la potencia de diseño de la turbina) produciendo la energía eléctrica suficiente para abastecer a una pequeña localidad. Si la represa es rectangular y tiene un frente de 20 m y una longitud de 30 m, lo que equivale a una superficie de 600 m², la altura mínima para retener el agua que se acumulará durante 20 horas, será:

$$864 \text{ m}^3 / 600 \text{ m}^2 = 1.44 \text{ m}$$

Esta sería la altura mínima para garantizar iluminación eléctrica aún durante los períodos de seca. Si no se dispone de recursos económicos suficientes para encarar de inmediato una presa de mayor altura, se podrá hacer una buena base, de manera tal que cuando los medios lo permitan, sea posible elevar la altura de la presa. Si por ejemplo, la altura se elevase a 3 metros, lo que daría un volumen 1,800 m³, podría pensarse en otros usos alternativos del reservorio, como puede ser la cría de peces o el riego. Otro punto fundamental a tener en cuenta, es el caudal máximo de crecida que pasará por el vertedero de la represa durante los períodos de grandes lluvias,

este caudal puede llegar a ser hasta 200 veces mayor respecto al caudal medio, lo que se conoce también como avenidas. En el ejemplo, donde se supuso que el caudal medio del arroyo era de 120 l/s, el caudal máximo podría llegar a ser de 24 m³/s (0.120 m³/s x 200). Este caudal de agua pasará, durante las crecidas, hasta un metro por encima del borde del vertedero, que si no está debidamente construido, el dique de contención no podrá soportar la presión del agua o se dañarán sus partes laterales debido a la erosión del suelo, indicando entonces, la necesidad de elevar los muros laterales de la represa para evitar su erosión. Por ello, es de suma importancia la elección del lugar de la represa, ya que a veces sacrificando un poco la altura, se obtiene una mayor protección ante las inundaciones.

Cuando en una región hayan períodos de sequía que puedan durar varias semanas o meses, en esta proporción, los caudales disminuirán considerablemente y por consiguiente se reducirá la potencia disponible. Consecuentemente, se requerirá una represa capaz de almacenar agua durante el día para generar energía durante algunas horas por la noche; esta contará con una capacidad que permita almacenar agua durante unas 20 horas, para luego turbinarla durante las cuatro horas de mayor necesidad de consumo eléctrico, coincidente con las primeras horas de la noche. Así, el dique tendría la altura suficiente para que, estando vacío, pueda acumular durante 20 horas, con la turbina sin operar, el agua suficiente para llenar el reservorio sin

sobrepasar el vertedero. Esto significa que, el volumen (en m^3) que habrá que contener, se puede obtener multiplicando el caudal mínimo (en m^3/s), supuesto igual a la décima parte del caudal medio, por el tiempo (en segundos) durante el cual se estará almacenando agua, aproximadamente $20h = 72,000$ segundos.

El dique puede ser de concreto, madera o una combinación de ambos, mampostería de piedra con recubrimiento de concreto o la utilización de gaviones ¹⁵. En pequeños ríos, los elementos de retención más utilizados son los diques de mampostería de piedra o azudes; estos deben construirse preferentemente sobre suelo rocoso; en su versión más simple el azud, consisten en un muro de poco más de un metro de altura, construido con rocas sueltas (ver Figura 2.13).

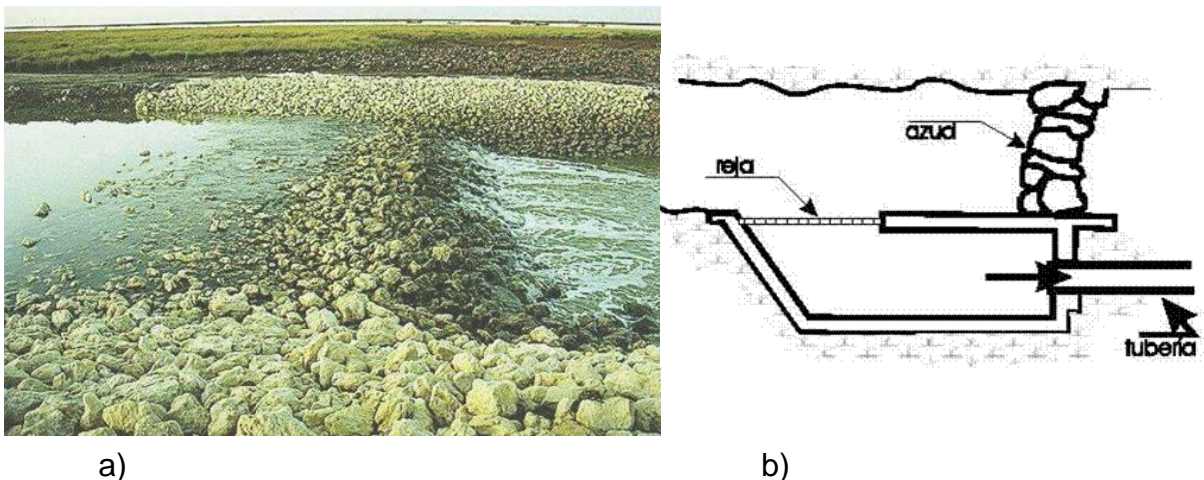


Figura 2.13 – Azud de Piedra, este puede ser simple de pasada, a), o con obra de toma sumergida, b).

¹⁵ Tratados escritos sobre todas estas posibilidades: A. Inversión, 1989; A. Harvey, 1993; Microhydro, Can-met, Canadá 1992.

Para evitar costos de fundación elevados, cuando el terreno rocoso está situado a demasiada profundidad, se pueden utilizar, apoyados sobre la tierra, unos gaviones recubiertos con roca suelta (Ver figura 2.14). Los gaviones son cajones paralelepípedos, contruidos con malla de acero inoxidable y rellenos con piedra cuarta que puede ser de cantera o tipo canto rodado triturado.

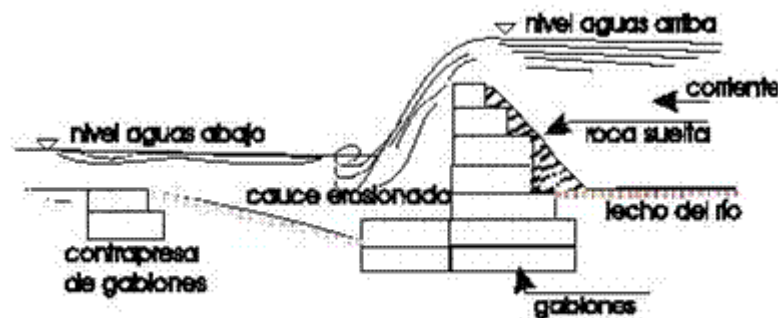


Fig. 2.14- onstruido con gaviones

Los azudes también se construyen con materiales terrosos - desde arcillas finas hasta rocas alteradas fácilmente compactables: lateritas, esquistos, etc., con un sistema de drenaje en el paramento de aguas abajo, y una protección mecánica en el paramento de aguas arriba.

Cuando los materiales disponibles no garantizan el estancamiento o retención del agua, habrá que construir un núcleo central estanco y si ello no es posible, habrá que lograr la estanqueidad recubriendo con geotextiles el paramento de aguas arriba. Cuando no se dispone de materiales arcillosos y existen, en cambio, arenas y gravas en abundancia, puede ser recomendable la construcción de una presa de concreto. En ríos con grandes avenidas, que

exigen la construcción de aliviaderos importantes, de muy cara construcción en presas de tierra, resulta mejor hacer presas de concreto, en las que el aliviadero resulta fácil de integrar. Si el aprovechamiento está ubicado en un territorio propenso a fenómenos sísmicos, conviene evitar las estructuras rígidas, por lo que las presas de concreto no son recomendables. En pequeñas centrales hidroeléctricas, las obras de derivación pueden realizarse durante la época de estiaje, pero si no es así habrá que construir las ataguías necesarias para desviar temporalmente el cauce del río.

Las técnicas de construcción y su puesta en práctica requieren el asesoramiento de un especialista. Frecuentemente estas estructuras, muy utilizadas en centrales de baja altura, resultan demolidas durante las avenidas, y tienen que ser reconstruidas retrasando la terminación de las obras; por eso, es necesario construir convenientemente una buena ataguía. La reconstrucción de esta infraestructura y la prolongación en el tiempo de las obras pueden ser factores muy negativos en el desarrollo de un proyecto de microcentral, ya que se parte de la existencia de un capital de ejecución proveniente de subvenciones, que generalmente serán muy ajustadas.

Proceso Constructivo.

En el proceso constructivo, se entiende por traza del dique, la línea que indica el lugar donde es posible ubicar el murallón o dique de contención del

agua. Lo mismo se entiende para la traza del canal, la tubería forzada y de la línea de transmisión. En la elección de la traza de la represa intervienen varios factores y consideraciones como por ejemplo, si la represa se construirá para permitir una vía de paso o puente, o si se utilizará, además, para la cría de peces, o para riego.

Una vez elegido el lugar de la traza del dique, puede ser necesario realizar el desmonte en un ancho de 5 metros a cada lado. Luego, con el terreno limpio se cavarán pequeños pozos en la traza, a cada 5 m, para determinar a qué profundidad se encuentra la base rocosa que soportará a la represa. Hay que tener en cuenta, que del lugar donde se construirá la represa habrá que sacar todo el material existente hasta llegar a la base de piedra, si la hubiere. También es necesario prestar atención al tipo de materiales que existen en la zona y que puedan utilizarse para construir la represa. Si se opta por la construcción de un dique de tierra, será importante analizar dónde encontrar el material arcilloso adecuado para el núcleo o cierre hídrico de la represa. La misma situación se presenta para fijar la traza del canal y de la tubería forzada. Tomando en cuenta la no alteración de la vida acuática, cuando la represa tuviera más de 0.5 m, habría que colocar rampas para peces que remonten el río, como las truchas o los salmones, cuyo diseño se consulta con técnicos competentes en esta materia.

2.11.6.2 DISEÑO HIDRAULICO DEL PUNTO DE EXTRACCION

La función de las bocatomas para minicentrales hidroeléctricas, es tomar del río la cantidad de agua necesaria para la generación de energía, con o sin embalse pequeño en la otra toma. Para tal efecto, se requiere una estructura de retención del río así como una obra de toma para la derivación de las cantidades de agua destinadas a la generación de energía (agua motriz).

Los diferentes elementos de la bocatoma se diseñan cumpliendo los siguientes requerimientos:

- El agua tomada debe ser, en lo posible, libre de sólidos, a fin de no cargar con mucho material de acarreo al desarenador y al canal de conducción.

- El material sólido, que se deposita aguas arriba detrás del barraje (a pesar de los dispositivos de prevención), debería ser evacuado por el flujo de agua restante en el río o por un chorro de lavado intermitente.

- El tipo de construcción debería ser simple y económico, facilitando una operación sin mantenimiento y requiriendo trabajos simples de reparación.

- En épocas de crecidas las descargas deben ser evacuadas de la obra de retención y de la obra de toma en forma segura y sin causar daños algunos.

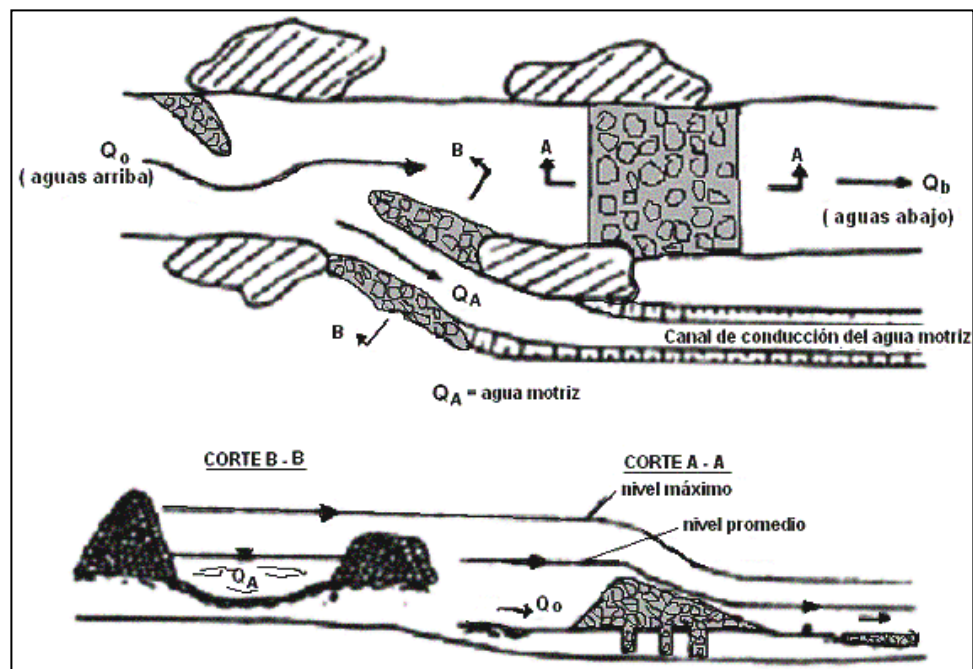
- El diseño y la construcción respectiva de la represa y de la obra de toma deben ser efectuadas de tal manera que la derivación de las cantidades mínimas de agua motriz sean garantizadas con cualquier caudal del río. Para tal fin, deberán fijarse precisamente las cotas de nivel de las crestas de las diferentes obras para embalsar el río y para la toma de agua motriz, en dependencia del nivel del agua del río.

Para la captación de aguas motrices de ríos, que llevan arrastres de sólidos, son apropiadas tomas laterales mediante espigones sin embalse, así como vertederos tipo "Tirol" , que consisten en la toma directa en el lecho del río, y a su vez combina la retención del agua y su derivación en una sola estructura.

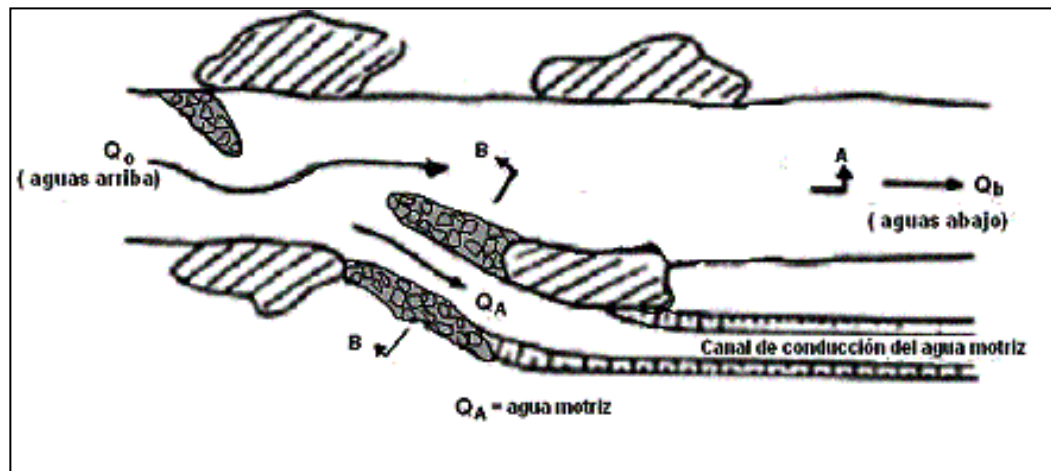
Toma lateral mediante espigones

Una toma típica de agua mediante espigones está representada en la Figura. 2.15, donde se desvía el agua del río o riachuelo hacia el canal de aducción, colocando un espigón, que consiste en la aglomeración o acumulación de piedras, en el río. De acuerdo con las condiciones locales, esta obra de toma puede ser construida con o sin represa. La bocatoma sin represa conviene para la captación de caudales bastante pequeños en relación al caudal natural del río. En períodos de estiaje o de niveles medios de agua, en los cuales el río lleva ninguno o pocos sedimentos, el canal de aducción no es

afectado por la introducción de arrastres de sólidos. En épocas de crecidas, cuando el río lleva grandes cantidades de acarreo, el espigón es destruido, de manera que los sedimentos quedan en el río, ya que solamente caudales pequeños, en relación a los caudales del río, son descargados del canal de aducción. Luego al descenso de las crecidas, al final de la época de lluvias, hay que restablecer el espigón para garantizar la descarga de agua hacia el canal de aducción en la subsiguiente época de estiaje. Respecto a las tomas laterales mediante espigones no hace posible averiguar las condiciones hidráulicas exactas de las descargas que entran al canal de agua motriz, puesto que el caudal afluyente hacia el canal, guiado por un espigón, depende mucho de las condiciones del flujo en el río (en especial del nivel del agua en el río).



i) Toma lateral mediante espigones con barrera o represa.



ii) Toma lateral mediante espigones sin barrera o con represa.

Figura. 2.15.- Esquema de Toma Lateral mediante espigones

Mediante la aplicación de las curvas características del río y del canal, las relaciones entre niveles y caudales, (ver Figura 2.16.) se pueden estimar las descargas aproximativas que entran al canal de agua motriz, y estas a su vez se pueden averiguar en dependencia de los niveles de agua tanto del río como del canal que coinciden en la zona de la toma, por lo cual, es posible deducir el caudal aproximativo correspondiente en el canal de agua motriz.

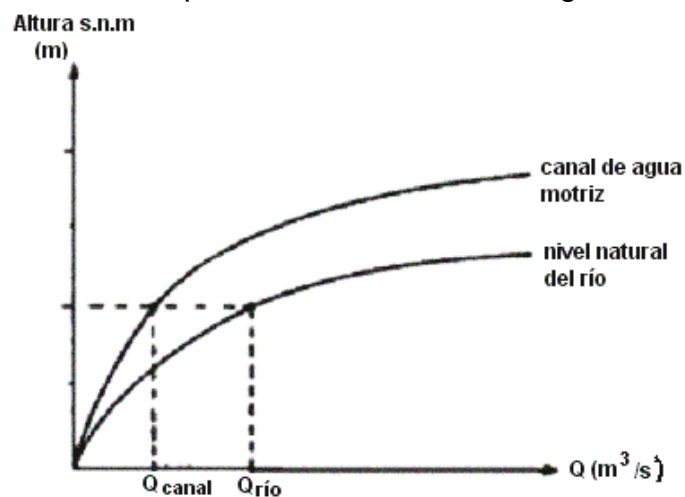


Figura 2.16 - Descargas en el canal de agua motriz y en el río, en relación del nivel de aguas arriba.

En el caso que se realice la toma lateral por medio de espigones (asentamiento de piedra en el lecho del río) y a la vez una estructura que permita la retención parcial del agua del río, entonces este último se diseña de manera que garantice el caudal requerido por el proyecto. Este es el caso que se aplicó para la obra de toma del proyecto de la Minicentral Hidroeléctrica La Chacra, en la cual se aprovechó la formación rocosa, característica de la zona, para la derivación del agua retenida por el dique, hacia el canal de conducción.

Vertedero tipo "Tirol" (toma en el lecho).

La bocatoma situada en el lecho, capta el agua motriz desde el fondo del río (Figura 2.17). Para tal efecto, se dispone de un colector fijado en dirección del flujo, siendo cubierto con una rejilla. Las barras de la rejilla se tienden en dirección de la corriente, y las mismas impiden el ingreso de sedimentos más gruesos al colector, los cuales son evacuados y transportados hacia aguas abajo. Granos con tamaños menores que el espaciamiento de las barras de la rejilla son llevados con el agua derivada por el colector y deben ser separados posteriormente. La estructura ubicada en el lecho puede ser construida al nivel del fondo del río o erigida del mismo en forma de un vertedero.

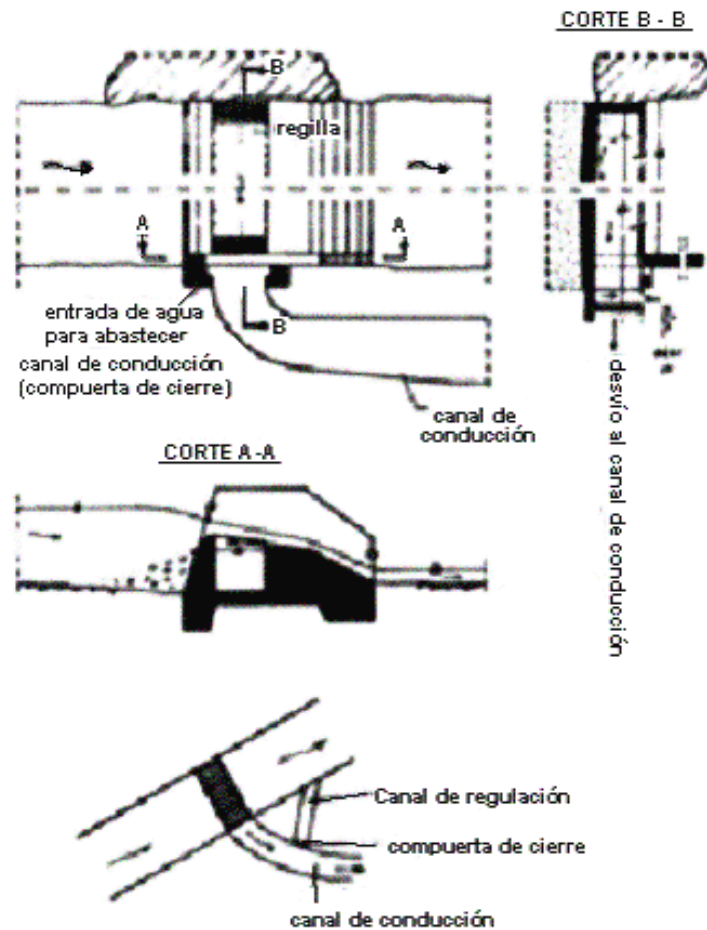


Figura 2.17 - Vertedero tipo "Tirol" /toma en el lecho del río.

Para el diseño de la toma en el lecho hay que tomar en consideración lo siguiente:

- Construcción maciza del cuerpo de concreto, ya que la obra está sujeta a grandes fuerzas de abrasión.
- Angulo de inclinación de la rejilla recomendado entre 5° y 35° .
- Fijación firme de las barras de rejilla.

- Borde suficientemente libre entre nivel de agua en el colector y la cota superior de la rejilla (como mínimo $0.25 t$, con t = profundidad máxima del agua en el canal colector).
- Pendiente suficiente del colector para la evacuación de los sedimentos introducidos por la rejilla.

El tamaño de estos sedimentos está limitado por el espaciamiento entre las barras. Al dimensionar la toma en el lecho hay que considerar que todo el caudal afluente del río es tomado hasta llegar al límite de la capacidad de la rejilla. En caso que la cantidad máxima posible de agua captada sea mayor que la descarga en épocas de estiaje, el río en el tramo aguas abajo queda seco. Si el caudal afluente sobrepasa el límite de la capacidad de la rejilla, (por ejemplo durante épocas de crecidas), las descargas no derivadas son evacuadas por encima de la rejilla hacia aguas abajo. Por estas razones, la delimitación de la cantidad máxima de agua motriz es más exacta mediante una bocatoma en el lecho del río que mediante un vertedero lateral con barreras firmes o represa (pero hay que tomar los dispositivos apropiados para la separación de cantidades mayores de sólidos ingresantes al canal colector).

Criterios de selección.

La toma de agua mediante espigón siempre es recomendable para los ríos que llevan grandes cantidades de sedimentos y parcialmente tienen fuertes

pendientes, tanto más cuanto no afectan considerablemente ni el río ni el régimen fluvial.

Los criterios para la selección de la toma en el lecho se los pueden tomar del siguiente Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. - Criterios de selección	
Criterios de selección	Toma en el lecho (vertedero tipo "Tirol")
Captación de agua para la generación de energía hidroeléctrica	Bien posible en conexión con un desarenador
Caudal de captación	La rejilla en el fondo siempre capta del río cada caudal afluente hasta llegar al límite de la capacidad de la rejilla
Pendiente del río:	
- muy fuerte ($I > 10\%$) hasta fuerte ($10\% > I > 1\%$):	Muy favorable; esta obra ha probado su eficacia debido a su operación sin mantenimiento, en caso de que sea bien construida.
- pendiente media ($1\% > I > 0.01\%$):	Desfavorable; sedimentos finos entran en el colector, lo que puede causar fuerte sedimentación delante del canal de agua motriz o en el mismo; la disposición de las facilidades de lavado es más difícil.
- pendiente suave ($0.01\% > I > 0.001\%$)	Desfavorable.
Curso del río:	
- recto:	Muy favorable debido a un paso de agua uniforme por la rejilla
- sinuoso	Desfavorable, debido a un paso de agua no uniforme por la rejilla
- bifurcado	Desfavorable
Caudal sólido del río:	
-concentración del material sólido en suspensión:	
- alta concentración	Menos apropiada
- baja concentración	Muy favorable
-transporte sólido de fondo:	
- fuerte	Bien apropiada en caso de sedimentos gruesos; la evacuación de sedimentos finos por facilidades de lavado es difícil y costosa
- pequeño	Bien apropiada

Adaptado de "Cálculos y Diseños Hidráulicos – Estructurales en Minicentrales Hidroenergéticas", Carlos Suarez y PROMIHDEC, Perú 16.

¹⁶ Programa de Minicentrales Hidroeléctricas y Desarrollo Energético en Cusco (PROMIHDEC) www.unesco.org/phi/libros/microcentrales/csuares.html

Ejemplo de cálculo 1 - Toma en el lecho del río (Vertedero tipo "Tirol")

Dimensionamiento de un vertedero situado en el lecho (vertedero tipo "Tirol"):

Un vertedero tipo "Tirol" es una toma verticalmente alcanzada por la corriente y su construcción es de tal manera, que el agua del río corre por encima del vertedero equipado con una rejilla suavemente inclinada (ver Fig. 2.15.). El agua captada, pasando por la rejilla, cae al canal colector situado más abajo y éste facilita la evacuación lateral del agua.

Para el dimensionamiento del vertedero tipo "Tirol" se aplica la fórmula del vertedero:

$$Q = 2/3 \cdot c \cdot \mu \cdot b \cdot L \cdot \sqrt{2gh} \quad (\text{Ec. 2.17})$$

$$h = \mu \cdot h_{gr} = 2/3 \cdot x \cdot h_o \quad (\text{Ec. 2.18})$$

$$c = 0.6 \cdot a/d \cdot \cos^{3/2} \beta \quad (\text{Ec. 2.19})$$

donde:

Q : caudal captado medido en m³/s

h: altura inicial de agua (m)

c: (adimensional)

a: abertura (espaciamiento) entre las barras de la rejilla (m)

d: distancia entre los ejes de las barras (m)

- β : ángulo de inclinación de la rejilla (grados,^o)
 μ : coeficiente de derrame por la rejilla (adimensional).
 b : ancho del vertedero tipo Tirol.
 h_0 : nivel mínimo de agua en el río.
 L : Longitud de la rejilla
 x : Factor de reducción en función de β , ver cuadro 2.3.

El factor de reducción, x , es dependiente de la pendiente de las condiciones geométricas de la rejilla, que para una distribución hidrostática de la presión, vale:

$$2 \cos \beta \cdot x^3 - 3x^2 + 1 = 0 \quad (\text{Ec. 2.19.1})$$

Cuadro 2.3 - Factor de reducción x en función de la inclinación β , según Frank.

β (grados)	x	β (grados)	x
0	1.0	14	0.879
2	0.980	16	0.865
4	0.961	18	0.851
6	0.944	20	0.837
8	0.927	22	0.825
10	0.910	24	0.812
12	0.894	26	0.800

La rejilla inclinada impide la acumulación de material acarreado que obstaculice la evacuación de aguas. El vertedero tipo "Tirol", es muy apropiado como obra de toma en ríos que llevan mucho material de acarreo. Para garantizar la evacuación mínima de agua motriz, es necesario, dado el caso que se traben piedras en las barras o en caso que éstas sean obstruidas (cubiertas) por ramas u hojas (en estiaje), aumentar 20% la longitud de la rejilla, así:

$$L_{\text{incrementada}} = 1.2 \times L_{\text{calculada}} \quad (\text{Ec. 2.20})$$

El canal colector será diseñado según las condiciones siguientes:

-El ancho del canal corresponda aproximadamente a la longitud de la rejilla L.

Más exacto:

$$b = L \cdot \cos \beta, \quad (\text{Ec.2.21})$$

donde:

β : inclinación de la rejilla contra la horizontal.

- La profundidad del canal corresponde aproximadamente al ancho:

$$T \approx b \quad (\text{Ec. 2.22})$$

- La profundidad del canal deje un borde libre entre el nivel acuático y la cota superior de la rejilla :

$$T = 0.25 \times t \quad (\text{Ec. 2.23})$$

donde:

t : tirante necesario para evacuar el agua motriz mínima.

Cuando la capacidad de descarga del canal sea suficiente con las dimensiones recomendadas, entonces se aplica una mayor pendiente o se profundiza el canal (incrementando el tirante t).

-la capacidad hidraulica del canal, seccion transversal, delimita la descarga de las aguas.

Ejemplo numérico:

Perpendicular al cauce de un río se diseña un vertedero en el lecho con una descarga a evacuar, de $Q_A = 0.85 \text{ m}^3/\text{s}$. El ancho del río en el lugar de la captación tiene aproximadamente 8 metros. El nivel mínimo de agua en el río (se toma como nivel inicial) en épocas de estiaje es $h_o = 0.5 \text{ m}$. Se requieren las dimensiones necesarias del vertedero para garantizar el caudal a captar de $Q_A = 0.85 \text{ m}^3/\text{s}$.

Datos escogidos:

- Coeficiente de derrame de la rejilla (barras redondas)	$\mu = 0.85$
- Espaciamiento entre las barras	$a = 2 \text{ cm}$
- Distancias entre ejes de las barras	$d = 4 \text{ cm}$
- Inclinación de la rejilla	$\beta = 8^\circ$
- Factor de reducción x de cuadro 2.3	$x = 0.927$

Sustituyendo valores en la ecuación 2.18:

$$h = (2/3) \cdot x \cdot h_0 = (2/3) \cdot 0.927 \cdot 0.5 \text{ m} = 0.31 \text{ m}$$

$$c = 0.6 \cdot a/d \cdot \cos^{3/2} \beta = 0.6 \cdot (2 \text{ cm} / 4 \text{ cm}) \cdot \cos^{3/2} (8^\circ)$$

$$c = 0.3$$

Con estos datos, utilizando la ecuación 2.17 para calcular el derrame por la rejilla, la cual está en función del ancho b y de la longitud L de la rejilla, sustituyendo el valor de los datos conocidos en la ecuación, se tiene que:

$$Q_A = (2/3) \cdot c \cdot \mu \cdot b \cdot L \cdot \sqrt{2 g h} \quad (\text{Ec. 2.17})$$

$$Q_A = (2/3) \cdot 0.3 \cdot 0.85 \cdot b \cdot L \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.31}$$

$$Q_A = 0.419 \cdot b \cdot L$$

Sustituyendo $Q_A = 0.85 \text{ m}^3/\text{s}$, se tiene:

$$0.85 = 0.419 \cdot b \cdot L$$

$$0.85/0.419 = b \cdot L$$

$$b \cdot L = 2.03, \text{ entonces: } L = 2.03 / b \text{ (m)} \quad (\text{Ec. 2.24})$$

Sustituyendo valores b en ecuación 2.24:

Ancho de rejilla b (m)	2	4	5
Longitud de rejilla L (m)	1.00	0.51	0.34

Ancho escogido de rejilla: $b = 4 \text{ m}$

A este ancho corresponde la longitud L:

$$L = 2.03 / b = 2.03 / 4 = 0.51 \text{ m}$$

La selección del ancho de la rejilla con la longitud correspondiente se hace según los siguientes criterios:

Selección de suficiente longitud de la rejilla, la cual fija el ancho del canal colector subyacente. Si se escoge una longitud insuficiente, entonces resulta un canal colector más profundo que pueda evacuar las aguas necesitadas. Tal solución puede traer costos más altos. Por eso, es recomendable aplicar la misma medida para la longitud de la rejilla (proyectada hacia la horizontal) y para su ancho. Durante la operación del vertedero puede ocurrir el caso que, por obstrucciones debido a la acumulación de piedras, hojas, ramas, la rejilla ya no garantice la evacuación del caudal mínimo requerido hacia el canal colector. Por eso, la longitud de la rejilla L debería ser incrementada en 20%. Para el caso del ejemplo anterior: $L' = L \times 1.20 = 0.51 \times 1.20 = 0.61 \text{ m}$.

2.11.6.3 DISEÑO HIDRÁULICO DE LA LINEA DE EXTRACCIÓN

Las minicentrales hidroeléctricas necesitan derivar un caudal del río para conducirlo aguas abajo, a través de un canal de conducción, aprovechando el desnivel topográfico para la producción eléctrica. El tramo de río desde el dique para la derivación del agua a través del canal conductor hasta la descarga del agua utilizada por las turbinas, es afectado, pero no sustancialmente, por una disminución de las aguas que por él circulan y por un régimen de caudales diferente del natural, aguas arriba del punto de control. Se requiere, entonces, evaluar cuál es el caudal mínimo que debe circular y qué características ha de tener el régimen de caudales que circule en el tramo intermitido, con el fin de que se mantengan las condiciones fluviales equivalentes del tramo derivado, respecto al caudal ecológico, para preservar especies autóctonas de fauna y flora, conservar la pesca, mantener la calidad estética del paraje fluvial, proteger lo cultural y permitir continuar estudios científicos iniciados o potenciados.

Un criterio cronológico para tasar el caudal ecológico, es aquel que toma la media de los caudales mínimos anuales registrados durante una serie de años. Tomando en cuenta también las necesidades de las poblaciones del río, ya que la fauna fluvial está adaptada a vivir con esos caudales mínimos pero durante el período de régimen no lluvioso, es decir, durante el verano,

principalmente en la época de estiaje (noviembre a abril de cada año), y no durante todo el año.

Se requiere definir cuál es el tramo del río donde las condiciones hidráulicas son más favorables para implantar la obra de retención y toma de agua, lo cual define también el caudal que es posible derivar. Para esto, es útil el siguiente procedimiento:

- Determinar las elevaciones del cauce, a partir de lecturas realizadas directamente en la hoja del cuadrante del mapa a escala 1: 50,000 ó 1: 25,000, donde está ubicado el río en estudio.
- Determinar la longitud del cauce principal (Estudio Hidráulico de la cuenca).
- Calcular la pendiente del cauce, por medio de la siguiente fórmula:

$$S_r = [(H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}}) / L_c] \times 100 \quad (\text{Ec. 2.25})$$

Donde:

S_r : pendiente del cauce (%).

$H_{\text{máx}}$: elevación máxima del cauce (m).

$H_{\text{mín}}$: elevación mínima del cauce (m).

L_c : longitud del cauce principal o más largo (Km).

- Determinar el coeficiente de Rugosidad de Manning para cauces en curso natural, utilizando el siguiente cuadro:

CUADRO 2.4. Coeficiente de Manning.

TIPO DE CANAL Y DESCRIPCION	RUGOSIDAD n (Manning)
Cursos en planicie	
Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos	0.025
Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos, pero más piedras y pastos	0.030
Limpio, curvado, algunos pozos y bancos	0.033
Limpio, curvado, algunos pozos y bancos, pero algunos pastos y piedras	0.035
Limpio, curvado, algunos pozos y bancos, nivel inferior, pendiente y sección inefectiva.	0.040
Limpio, curvado, algunos pozos y bancos, pero más piedra	0.045
Tramo sucio, con pastos y pozos profundos	0.050
Tramos con muchos pastos, pozos profundos o recorridos de la crecida con mucha madera y arbustos bajos.	0.075
Curso en montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas sumergidos para niveles altos.	
Fondo: grava, canto rodado y algunas rocas	0.030
Fondo: canto rodado con grandes rocas	0.040

Fuente: Hidráulica de canales abiertos, de Ven Chow.

El coeficiente de rugosidad de Manning puede calcularse por medio de la siguiente fórmula, con el fin de comparar resultados de la rugosidad:

$$N=0.375 \times (S_r)^{0.575} \quad (\text{Ec. 2.26})$$

donde:

N: Coeficiente de rugosidad de Manning.

Sr: Pendiente del cauce del río.

- Calcular el Factor Hidráulico que viene dado por la siguiente fórmula:

$$F_H = Q_c \times N / \sqrt{Sr} \quad (\text{Ec. 2.27})$$

donde:

F_H : factor hidráulico

Q_c : caudal de la cuenca (m^3/s)

N : coeficiente de rugosidad de Manning

S_r : pendiente del cauce del río.

- Hacer un levantamiento de las secciones transversales del cauce, en el punto de emplazamiento del dique (obra de retención del agua).
- Dibujar la sección transversal del cauce.
- La sección hidráulica óptima se obtiene igualando el factor hidráulico (F_H) al factor geométrico (F_G):

$$F_G = A_H \times R_H^{2/3} \quad (\text{Ec. 2.28})$$

donde:

F_G : factor geométrico

A_H : Area Hidráulica (m^2)

R_H : Radio Hidráulico (m)

Igualando F_H a F_G , se tiene:

$$Q_c \times N / \sqrt{Sr} = A_H \times R_H^{2/3} \quad (\text{Ec. 2.29})$$

- Hacer un cuadro para tabular los datos de la curva de descarga, de manera que contenga la siguiente información:

Cuadro 2.5. Planilla de cálculo para la curva de descarga.

Y	A_H	P_M	R_H	F_G	Q_{ST}	V

- Dividir la altura total de la sección transversal (H) en n partes iguales:

$$Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, \dots, Y_n \quad (\text{Ec. 2.30})$$

donde:

Y_n : diferentes niveles de agua para el cálculo de la curva de descarga (m).

- Medir el área hidráulica de la sección transversal para las n alturas.

Utilizar el planímetro para medir el área o r el método propuesto en el ítem 2.114 letra d.

$$A_{H1}, A_{H3}, A_{H4}, A_{H5}, A_{H6}, \dots, A_{Hn} \quad (\text{Ec. 2.31})$$

donde:

A_{Hn} : áreas hidráulicas a diferentes niveles de agua (m^2).

- Medir el perímetro mojado de la sección transversal para las n alturas.

Utilizar el escalímetro para medir el perímetro mojado:

$$P_{m1}, P_{m2}, P_{m3}, P_{m4}, P_{m5}, P_{m6}, \dots, P_{mn} \quad (\text{Ec. 2.32})$$

donde:

P_m : perímetro mojado a diferentes niveles de agua. (m).

- Calcular el radio hidráulico (R_H) para cada nivel del agua, este se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$R_H = A_H/P_m \quad (\text{Ec. 2.33})$$

donde:

R_H : radio hidráulico (m)

A_H : área hidráulica (m)

P_m : perímetro mojado (m)

- Calcular el factor geométrico (F_G) de la sección para cada nivel del agua, este viene dado por la siguiente expresión:

$$F_G = A_H \times R_H^{2/3} \quad (\text{Ec. 2.34})$$

donde:

F_G : factor geométrico

R_H : radio hidráulico (m)

A_H : área hidráulica (m²)

- Calcular el caudal que está pasando en la sección transversal en los diferentes niveles del agua. Este viene dado por la siguiente fórmula:

$$Q_{ST} = (S_R)^{1/2} \times F_G/N \quad (\text{Ec. 2.35})$$

Donde:

Q_{ST} : caudal que pasa por la sección transversal (m³/s)

S_R : pendiente del cauce del río.

F_G : factor geométrico

N : coeficiente de rugosidad de Manning.

- Calcular la velocidad del agua para las diferentes alturas o niveles del agua (Y_i) por medio de la siguiente fórmula:

$$V = Q_{ST} / A_H \quad (\text{Ec. 2.36})$$

Donde:

V: velocidad del agua (m/s)

Q_{ST} : caudal en la sección transversal (m^3/s)

A_H : área hidráulica (m^2).

- Anotar los datos que se calcularon en el cuadro 2.5 de tabulación de la curva de descarga natural de la sección transversal, en su respectiva casilla.
- Dibujar la curva de descarga natural en papel milimetrado, colocando en el eje y el tirante de la sección (Y) y en el eje x el factor geométrico de la sección (F_G).
- Plotear el valor del factor hidráulico F_H en el eje X, proyectarlo hacia la curva de descarga y luego hacia el tirante. El valor leído en este punto es la altura del tirante crítico que determina la sección hidráulica óptima.

2.11.6.4 DESARENADOR

El desarenador es necesario, debido al alto contenido de materias en suspensión en el agua del río, y cuando los elementos de la obra, tales como tubería de presión, ruedas de la turbina, compuertas, etc., deben ser protegidos contra la abrasión por materias duras en suspensión, como arena cuarcítica. El efecto de desgaste por abrasión, dentro del corto tiempo puede causar graves

daños y reducir considerablemente el rendimiento de las turbinas. El riesgo de deterioro para los componentes de la estructura aumenta cuanto mayor es la caída útil, y debido a eso, la velocidad del flujo del agua.

El propósito del desarenador consiste en eliminar las materias finas en suspensión que contenga el agua (como arena y limos), protegiendo así los elementos de la estructura. Esto ocurre por sedimentación de las materias en suspensión en la cámara de sedimentación, o sea en el desarenador (tipo largo). El principio consiste en reducir la corriente de agua a una velocidad pequeña y distribuida lo más uniformemente posible a lo largo de la sección de la cámara. Al efecto, el tiempo de transcurso del agua por la cámara no debe ser menor que el tiempo que la materia en suspensión necesite para depositarse. El agua entrante con la materia o partículas en suspensión, transportadas por la misma en dirección horizontal con velocidad constante, deben llegar al fin de la cámara cuando el proceso de sedimentación esté concluido, es decir, el tiempo de sedimentación de las partículas suspendidas, debe ser más corto que el tiempo requerido para que el agua pase por todo el largo de la cámara (tiempo de desplazamiento). La velocidad del agua en el canal de entrada al desarenador no debe ser baja, para que la materia en suspensión no se deposite con anticipación en el canal de entrada. De ahí resulta que el agua entra en el desarenador con turbulencia. Para conseguir una corriente tranquila y uniforme, sin embargo, hay que prever un tramo de

transición bien diseñado. Además pueden ser colocadas rejillas de tranquilización que dan buenos resultados (ver Figura 2.18).

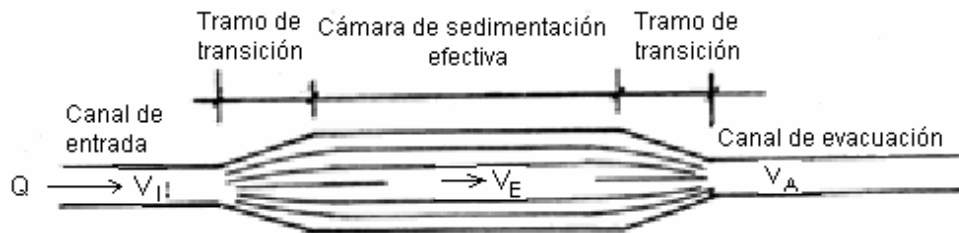


Figura 2.18. Velocidad de del flujo a través del desarenador.

El desarenador es una estructura que generalmente se construye adyacente a la cámara de carga (o tanque de presión), a través de la cual, se pueden eliminar por decantación o sedimentación, la mayor proporción de partículas sólidas (material fino como arenas y limos) en suspensión que contiene el agua que corre en el cauce natural y que llega al desarenador, y al mismo tiempo, hace que la tubería forzada trabaje con sección llena evitando acciones de sobre presión o cavitación a través de la cámara de carga. Un método simple para lograr este fin, es mediante una cámara de sedimentación, que puede ser un pozo de forma rectangular; normalmente se construyen de concreto armado y semienterradas y sus características geométricas están influenciadas por el caudal de diseño de la minicentral hidroeléctrica y por la velocidad de sedimentación de las partículas en arrastre, principalmente.

2.11.6.5 CANAL DE CONDUCCION

Pueden ser exteriores (abiertos o cerrados) o en túnel; los exteriores siguen la morfología del terreno que atraviesan y también se denominan canales de contorno. Su pendiente es la menor posible, normalmente alrededor de un 0,05%, con el fin de mantener la energía potencial del agua. La conducción también puede ser mediante tubería a presión. El canal de conducción generalmente abierto, es el que conduce el caudal derivado del río, requerido para la operación del equipo generador de energía eléctrica, desde el punto de extracción hacia la cámara de carga o captación del caudal.

Por oposición a los conductos cerrados, en los que el agua llena el conducto, en un canal abierto siempre existe una superficie libre en contacto con el aire exterior. En general, en un canal, la superficie libre del agua está a la presión atmosférica, normalmente considerada como referencia de presión cero. Esto por una parte facilita el análisis, al eliminar el término de presión, pero por otra lo complica, ya que la forma de la superficie es desconocida. La profundidad es diferente al cambiar las condiciones y, en el caso de flujos no estacionarios, su cálculo forma parte del problema.

Un canal abierto siempre tiene dos paredes laterales y una solera, en las que su régimen de flujo satisface la condición de no deslizamiento. Tomando en cuenta “una partícula de fluido en contacto con una frontera sólida estacionaria

no tiene velocidad” y que la viscosidad del fluido, según la teoría de la capa límite, depende de factores como la velocidad, densidad y viscosidad dinámica del fluido; además, cualquier canal, incluso uno recto, tiene una distribución tridimensional de velocidades. La figura 2.19 muestra las líneas de isovelocidad (líneas imaginarias que unen los puntos con igual velocidad) en distintas secciones del canal, que para aplicaciones en ingeniería, se considera el movimiento unidimensional con velocidad media V .

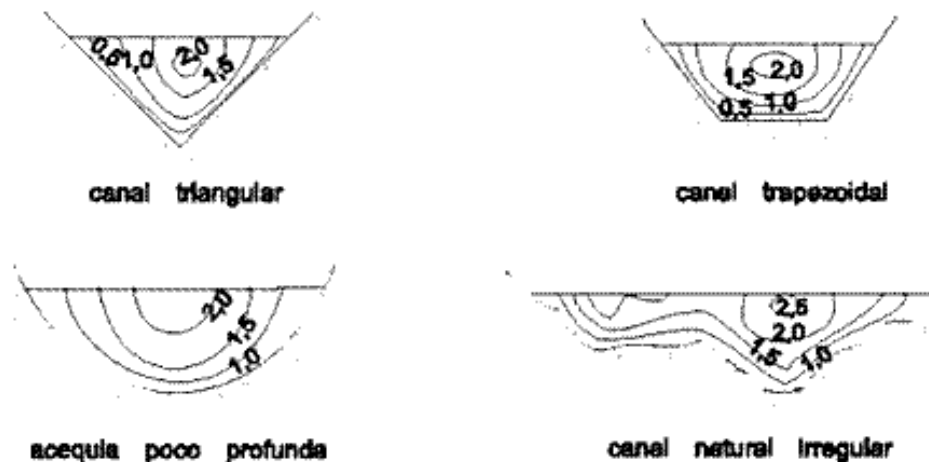


Figura 2.19. Tipos de flujos.

Si se toma el tiempo como criterio de clasificación de regímenes, un flujo se clasificará como permanente, cuando en una sección dada, el tirante no varíe con el tiempo, o como variable cuando este varía porque cambia la pendiente, la sección o cuando existe un obstáculo en el canal. El movimiento será gradualmente variable si es válido el enfoque unidimensional y rápidamente variable si no lo es. La Figura 2.20, muestra los tipos de flujo

descritos como: permanente, gradualmente variable (GV) y rápidamente variable (RV):

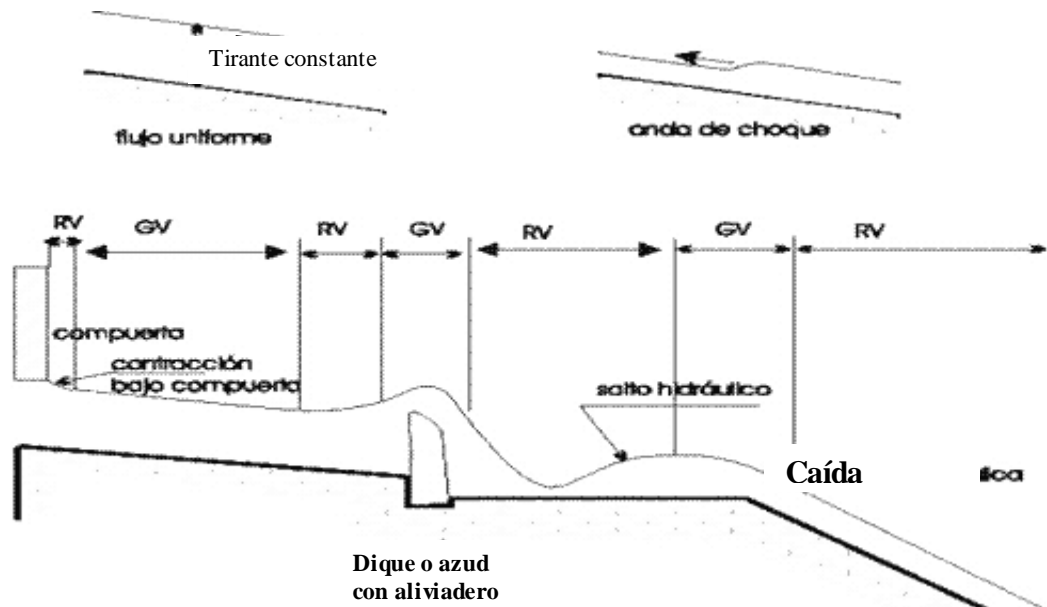


Figura 2.20. Tipos de flujos: a) permanente, b) gradualmente variable (GV) y c) rápidamente variable (RV).

Como en el caso de la circulación del agua en tuberías a presión, también la ley de conservación de la energía gobierna el régimen del flujo en canales abiertos. En el caso de la conducción abierta, el flujo uniforme es el que se debe conseguir. Para que en un canal abierto, el flujo sea uniforme, este tiene que satisfacer los siguientes requisitos:

- Tanto el tirante de agua como el caudal y la distribución de velocidad en todas las secciones del canal, deben permanecer constantes.

- La línea de nivel energético (LNE), la superficie del agua y el fondo del canal deben de ser paralelos.

Basándose en estos conceptos Chezy, encontró que:

$$V = C (R_h \times S_c)^{1/2} \quad (\text{Ec. 2.37})$$

siendo:

C : factor de resistencia de Chezy

R_h : radio hidráulico, resultado de dividir el área A de la sección perpendicular a la corriente por su perímetro mojado P.

S_c : la pendiente del fondo del canal (que se considera igual a la de la lámina de agua)

En ella, se puede calcular la velocidad de un canal en función del radio hidráulico, la pendiente y el coeficiente de Chezy. Han sido muchos los investigadores que han tratado de encontrar una correlación entre el coeficiente de Chezy y la rugosidad, forma y pendiente de los canales. Las pérdidas por fricción en el movimiento uniforme del agua en los canales no pueden diferir mucho de las del movimiento turbulento en el interior de los tubos. Los canales son muy rugosos y el número de Reynolds supera siempre el valor 106, por lo que no va a tener ninguna influencia en su régimen de flujo.

Robert Manning, analizando los múltiples datos obtenidos por experimentación llegó a la siguiente fórmula empírica:

$$C = (1 / n) \times R_h^{1/6} \quad (\text{Ec. 2.38})$$

en el que “n” es el coeficiente de rugosidad de Manning, algunos de cuyos valores se incluyen en el cuadro 2.6 , adjunto:

Cuadro 2.6. Valores típicos del Coeficiente de rugosidad (n) de Manning.

Revestimiento del canal		Valores típicos de “n”		
		mínimo	normal	máximo
Acero liso	Sin Pintar	0.011	0.12	0.014
	Pintado	0.012	0.013	0.017
Cemento	Limpio en la superficie	0.010	0.011	0.013
	Con mortero	0.011	0,013	0.015
Madera	Cepillada sin tratar	0,011	0.012	0.014
	Cepillada creosotada	0.011	0.012	0.015
	Planchas con listones	0.012	0.015	0.018
Concreto	Terminado con lechada	0.013	0.015	0.016
	Sin terminar	0.014	0.017	0.020
	Gunitado	0.,016	0.019	0.023
Mampostería	Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
	Piedra partida suelta	0.023	0.032	0.035
	Fondo cemento, lados rip rap	0.020	0.030	0.035
De tierra recto y uniforme	Limpio, terminado recientemente	0.016	0.018	0.020
	Limpio con cierto uso	0.018	0.022	0.025
	Con musgo corto, poca hierba	0.022	0.027	0.033

Sustituyendo en la ecuación de Chezy (Ec. 2.37), el valor C dado por Manning en función de la rugosidad, se obtiene la fórmula de Manning aplicable a los flujos uniformes (expresadas de estas dos formas equivalentes):

$$V=(1/n) \times R_h^{2/3} \times S_c^{1/2}; \quad Q=(1/n) \times A \times R_h^{2/3} \times S_c^{1/2} \quad (\text{Ec. 2.39})$$

La ecuación de Manning (Ec. 2.39), es el resultado de un ajuste de curvas y es por tanto completamente empírica, en esta ecuación los parámetros geométricos son: A, es el factor de sección transversal y $R_h^{2/3}$, es el factor del perímetro mojado; el coeficiente de Manning “n” no es adimensional, sólo es válido en unidades S.I. (Sistema Internacional de unidades). Asimismo, hay que tener en cuenta, que estas ecuaciones sólo son válidas para canales de fondo plano, como el de sección trapezoidal, más comúnmente usado. En canales aluviales, con diversas formas de fondo, el análisis es mucho más complejo.

De la ecuación 2.39, del caudal en función de los parámetros geométricos (A, R_h), la pendiente (Se) y el coeficiente de Manning (n), se deduce que para un canal de sección “A”, dada, y pendiente “ S_c ”, el caudal permisible aumenta con el radio hidráulico. El radio hidráulico es entonces un índice de eficacia, y resulta del cociente de la superficie “A” y del perímetro mojado “P”; por lo que el canal más eficiente será el que tenga el perímetro mojado mínimo.

En cuanto a su diseño constructivo, teóricamente, la sección óptima es el semicírculo; pero en la práctica, este tipo de canal tiene costes de ejecución y de mantenimiento elevados, y sólo se emplea, utilizando elementos prefabricados con caudales pequeños. La sección que le sigue en eficiencia es el semi-hexágono, una sección trapezoidal con ángulo de 60° . Para canales de más sección, los perfiles más frecuentes son el rectangular en concreto para caudales medios, y el trapezoidal, revestido o sin revestir, para caudales mayores que $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$. Aún, cuando desde el punto de vista hidráulico la sección óptima minimiza la sección necesaria para hacer pasar un cierto caudal, el volumen de excavación exigido puede hacerla inapropiada.

En muchos aprovechamientos hidroeléctricos en ríos, el canal de derivación podría construirse como una acequia excavada, o bien semiexcavada, utilizando parte del material extraído para elevar los bordes. De acuerdo con este perfil, las tierras procedentes de excavar la sección trapezoidal, se utilizan para recrecer las orillas, no sólo hasta la altura prevista, sino sobrepasándola, y creando lo que los anglosajones llaman libre bordo (ver Figura 2.21), o altura de seguridad para hacer frente a las crecidas producidas por el cierre brusco de la compuerta en la cámara de carga, el oleaje creado por el viento o las aguas recogidas por el propio canal en épocas de fuertes lluvias.

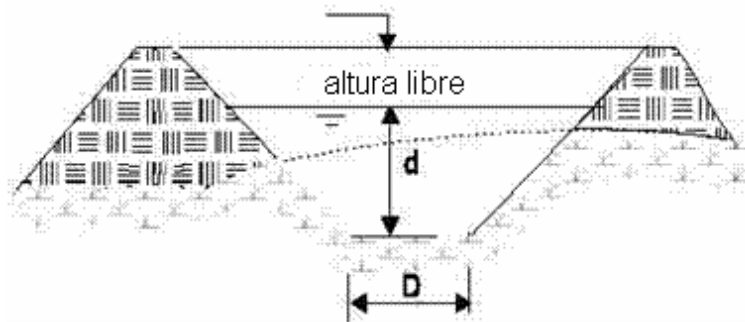
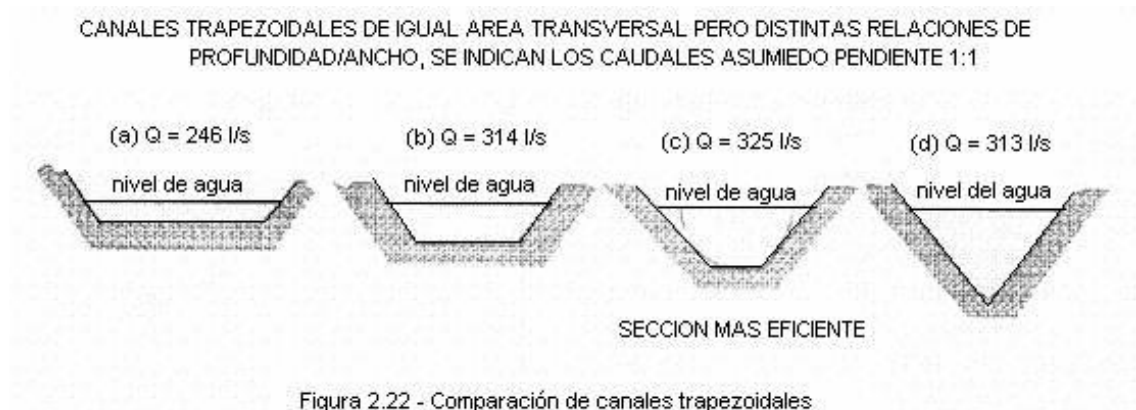


Figura 2.21. Altura de seguridad en canales abiertos, de conducción.

Estos canales, aunque económicos en su construcción, son difíciles de conservar, sobre todo, por los problemas que plantea la erosión y la formación de algas.

Las velocidades de circulación del agua deberán respetar ciertas condiciones que imponen, tanto los sedimentos que son arrastrados por la corriente, como a los materiales de que están compuestos los canales. Si la velocidad del fluido en los canales es muy lenta y el agua contiene mucho material arrastrado, sedimentable, se producirá la depositación de los sedimentos en el fondo del canal, llamada sedimentación, y además la proliferación de algas en el mismo, con la consiguiente necesidad de efectuar limpiezas periódicas. Contrariamente, si la velocidad es excesiva y el lecho es de tierra, el agua erosionará las paredes y el fondo del canal. La velocidad del agua dependerá también de la inclinación o pendiente del fondo del canal. A mayor inclinación, mayor velocidad del agua. No obstante, una excesiva

pendiente en el lecho del canal, restará altura disponible "H" al salto, (ver Figura 2.22).



La velocidad debe superar los 0.6 m/s a 0.9 m/s para impedir que se deposite la arena; para evitar que se desarrollen algas, si el canal es de tierra y la temperatura ambiente oscila alrededor de los 20°C, hay que sobrepasar los 0.75 m/s. Si el canal no está revestido, la velocidad no puede pasar de 0.4 m/s a 0.6 m/s, mientras que en un canal revestido con concreto, la velocidad puede llegar a 10 m/s; si el agua que circula es limpia, ó a 4 m/s, si lleva arena o grava en suspensión. Estos valores, en el mejor de los casos, son estimaciones que sólo pueden servir de guía. La pendiente del talud varía dependiendo del terreno en el que se excava. Si el terreno es rocoso puede ser prácticamente vertical; si es de arcilla dura puede llegar a ser de 1/4:1, pero si es de tierra arenosa no se puede superar el 2:1. En la Figura 2.23, se presentan varias opciones de derivación de caudal en función de las posibilidades topográficas de un aprovechamiento de agua.

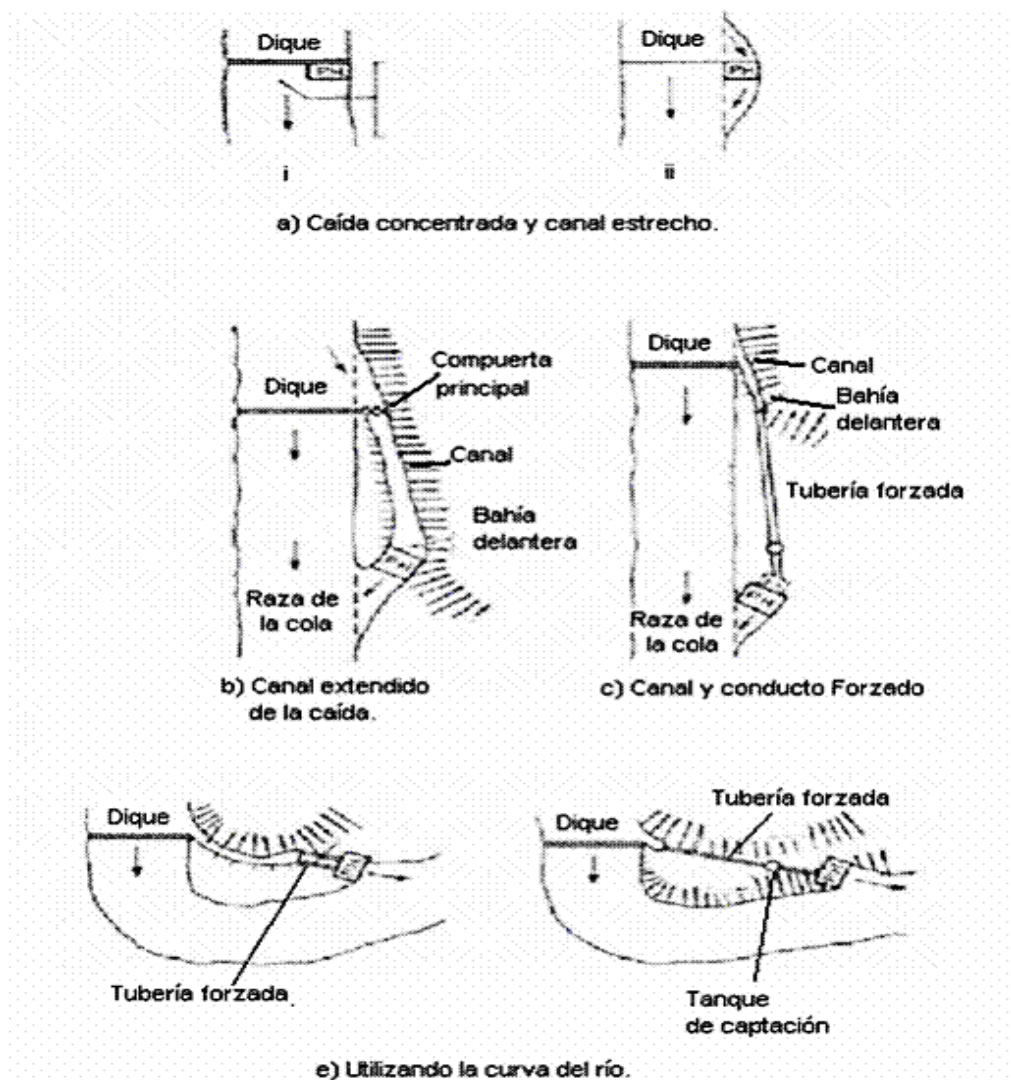


Figura 2.23 – Métodos para la derivación del caudal requerido del río.

2.11.6.6 TANQUE DE RECEPCION DE LA CAIDA Y REBOSE

El tanque de recepción o cámara de carga es una variante de la toma de agua convencional, ubicada al final del canal hidráulico de conducción, aunque en algunos casos puede coincidir con la toma de agua en el cauce del río. Su diseño, al tener que alimentar directamente la tubería forzada, es más crítico que el de las tomas de agua convencionales, para las que en todo caso son

válidos los criterios que aquí se exponen; su función principal es captar y almacenar el caudal de agua necesario para el funcionamiento de la turbina, pasando este caudal por medio de una tubería forzada y aprovechando el salto útil, hacia la turbina. En los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos en ríos, aún en aquellos con gran altura de salto, la tubería forzada suele salir de la cámara de carga en horizontal para, que mediante un codo de transición, pueda seguir luego la pendiente.

El diseño de la cámara de carga, varía según se trate de aprovechamientos de baja o de alta caída. En los primeros, el diseño hidráulico tiene mayor importancia, ya que la pérdida de carga relativa es mucho más elevada que en los aprovechamientos con un salto grande. En estos últimos podría no estar justificado el aumento de costo necesario para disminuir las pérdidas de carga, que en relación con la altura total del salto serán de poca importancia.

En la cámara de carga hay que diferenciar los siguientes componentes:

- El perfil aguas arriba de la compuerta, tanto en lo que se refiere a las paredes laterales, como a la solera y al techo.
- La transición de una sección rectangular, en la rejilla, a otra circular en la tubería forzada.
- Los equipos mecánicos: rejillas y compuertas.

- El conducto de ventilación.

El perfil de transición, influencia decisivamente la eficacia del tanque o cámara de carga. La velocidad de corriente a lo largo de la misma varía entre los 0.8 m/s a 1.0 m/s, a la entrada de la rejilla, hasta los 3 m/s a 5 m/s, en la tubería forzada. Un buen perfil es el que acelera uniformemente la corriente. Una aceleración o deceleración brusca da lugar a pérdidas, de carga, adicionales y a la separación de la vena de agua.

Para que las pérdidas, de carga, sean mínimas hay que modificar gradualmente la sección, lo que da lugar a cámaras largas y consecuentemente caras. Ello ha sido ya objeto de investigación, llegando a la conclusión de que las pérdidas, de carga, que se producen en una cámara más corta, son pequeñas como para recomendar un diseño muy optimizado. Los análisis costo/beneficio conducen al diseño de una cámara compacta, no parece que la longitud de la toma sea el factor que más decisivamente contribuya en la determinación del coeficiente de pérdidas de carga, con zonas de transición compuestas por uno o dos planos, tal como lo muestra la figura 2.24, donde se ilustra un esquema de la cámara de carga.

Este es un ejemplo esquemático posible, en el que se incluyen acotaciones, sin ser un modelo estándar ya dimensionado.

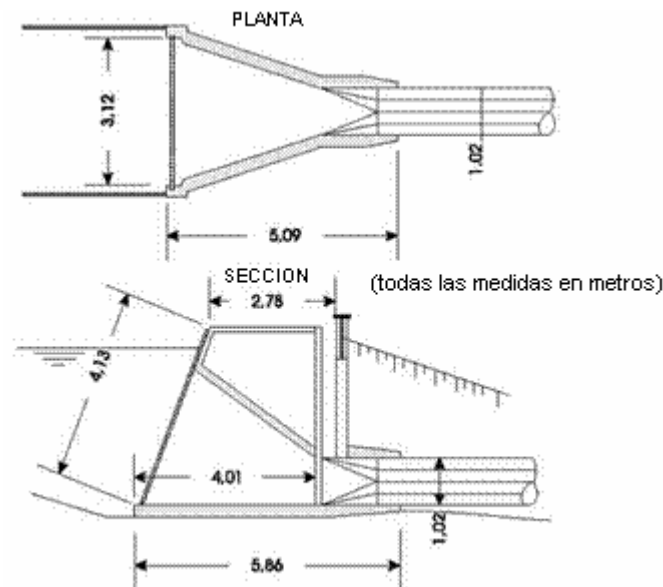


Fig. 2.24 - Esquema de un modelo de cámara de carga.

El diseño de la cámara de carga que recibe el caudal desviado del río, para la tubería forzada depende también, del tipo de sedimentos o materiales que sean arrastrados por la corriente.

Para el caso de canales de montaña, donde es común el arrastre de arenillas abrasivas, es importante que en la toma de agua se disminuya la velocidad de tal manera, que los sedimentos caigan por gravedad al fondo del canal donde luego podrán ser drenados por las compuertas de limpieza de fondo. En este caso, las rejillas se colocarán sobre los costados del canal para evitar la penetración de arcillas o arenas que puedan dañar tanto la tubería forzada como la turbina. Generalmente, también se construye un pequeño canal

en la parte inferior de la cámara de carga que permitirá drenar la arena acumulada por medio de una compuerta de limpieza.

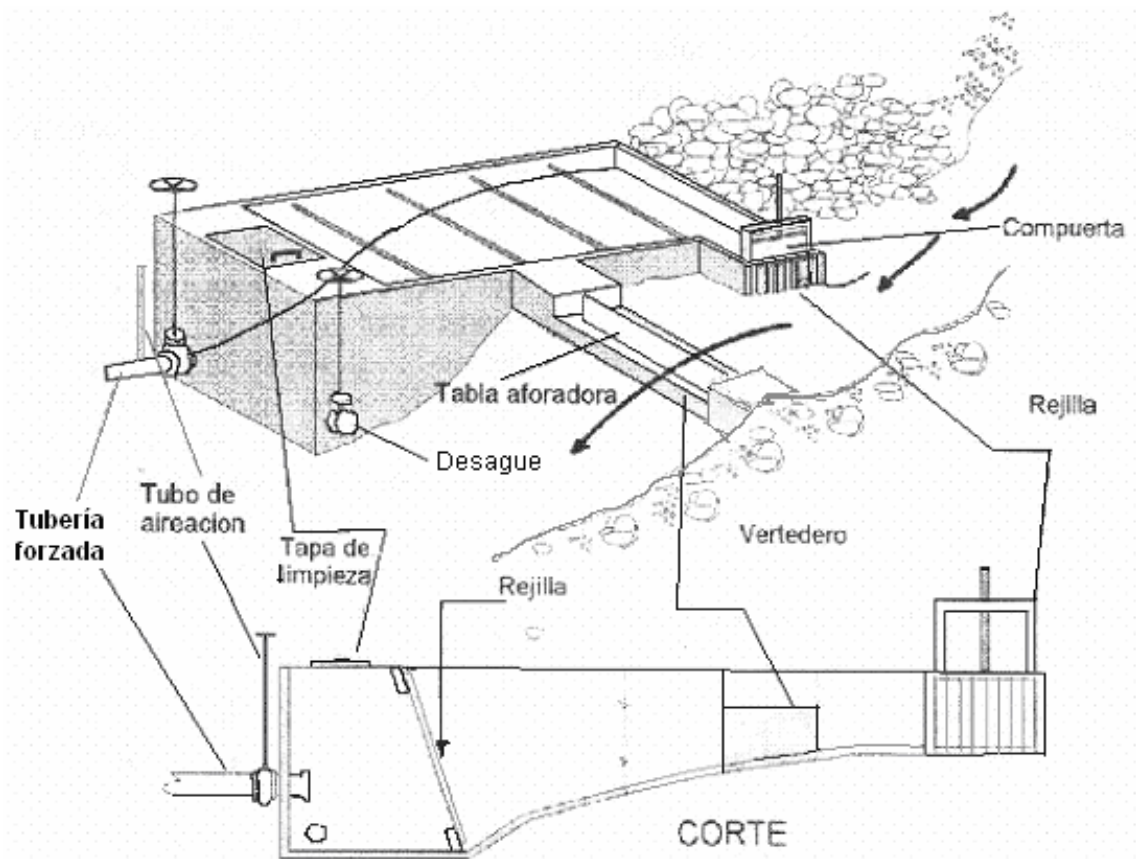


Figura 2.25. CAMARA DE CARGA

Las rejillas ubicadas en la cámara de carga, deberán tener una sección de por lo menos tres veces el diámetro de la tubería forzada y una separación entre varillas que no supere un centímetro. Las rejillas no deben ubicarse muy próximas a la toma, y se diseñarán de manera tal que desde la parte superior puedan limpiarse cómodamente con un rastrillo. Si es muy frecuente el

taponamiento de la rejilla por materiales como hojas y palos, es posible construir un rastrillo automático que la limpie varias veces al día. Esto se realiza mediante el llenado y la descarga automática de un balde que acciona un rastrillo para la limpieza de la rejilla. La sección superior entre la rejilla y la cámara de carga, debe estar tapada para impedir la entrada a la tubería forzada de materiales que puedan dañar la turbina, Figura 2.25.

Un detalle a tener en cuenta es la conveniencia de dar a la tubería forzada una terminación redondeada o atrompetada de los bordes. Este detalle permite el buen desplazamiento del agua al penetrar en la tubería sin disminuir la sección útil de la misma.

2.11.6.6 COMPUERTAS DE CONTROL

Dispositivo para controlar el flujo de entrada de agua canales y cámaras de carga. Una de esta se colocan al inicio del canal de conducción para controlar el caudal de entrada al mismo, de manera que no supere la capacidad de conducción para la cual fue diseñado, y así el resto del agua es devuelta al río aguas abajo del punto de extracción, esto se debe a que en la época lluviosa el caudal del río puede aumentar cuatro veces o más; de igual forma se colocan en la entrada de la cámara de carga con la misma finalidad. Estas pueden diseñarse por control manual o automático.

2.11.6.7 LINEA DE ARIETE HIDRAULICO

El Golpe de Ariete se define como el aumento brusco de la presión de agua que se produce dentro de la tubería. El golpe de ariete hidráulico se produce en la tubería de suministro de agua cuando una válvula se cierra rápidamente. El agua circulante golpea de forma abrupta la válvula cerrada y rebota como una onda. Este rebote continúa hasta que el agua golpea un punto de impacto y la energía proveniente de la onda de agua se distribuye más uniformemente en el sistema de tuberías. El punto de impacto, que puede estar en la conexión entre dos caños de tubería o en una junta de un sistema de tuberías, provoca el sonido "estrepitoso" que a veces se oye en las tuberías.

En el interior de una conducción, cuando una masa líquida comienza a moverse, la velocidad de régimen no se adquiere de manera inmediata, sino que ha de transcurrir un determinado tiempo hasta que este hecho se produce. Cuando esta masa líquida en movimiento se detiene por alguna causa, o simplemente varía su velocidad de desplazamiento, ninguno de estos fenómenos tiene lugar de manera brusca, y de igual manera que en el inicio del movimiento, deberá transcurrir un determinado tiempo hasta que la variación tenga carácter permanente. Un ejemplo de las causas que pueden obligar a detenerse o variar la velocidad de la masa de agua puede ser la maniobra de cierre de una válvula.

Durante los periodos de transición mencionados, el movimiento de la masa líquida, deja de ser uniforme y permanente. Las primeras partículas en llegar al punto de obturación serán comprimidas por las siguientes, que siguen en movimiento por la propia inercia del mismo, y esas serán a su vez comprimidas por las siguientes, y así sucesivamente, creando una serie de presiones que, en determinadas circunstancias, pueden dar lugar a roturas y/o deformaciones en la conducción.

Todas estas presiones suponen la producción de una sobrepresión en el punto de obturación (por ejemplo, la válvula cerrada), que actuará sobre el mismo hasta que se produzca un movimiento de reacción en sentido contrario, lo que crea una depresión en ese punto. Esta sucesión de hechos se repite periódicamente hasta que el rozamiento del agua en el conducto hace que se amortigüe, hasta desaparecer. La propagación de estas depresiones y sobrepresiones da lugar al golpe de ariete. La velocidad de propagación de la onda sobrepresión, depende del espesor del material que forma la conducción, de la velocidad de desplazamiento del agua y de su compresibilidad. A continuación se describen cada una de los factores que determinan la sobrepresión (ΔH) que produce el golpe de ariete:

La celeridad (a), es la velocidad de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería, por lo que su ecuación de dimensiones

es L (unidades de longitud) $\times t^{-1}$ (unidades de tiempo). Su valor se determina a partir de la ecuación de continuidad y depende fundamentalmente de las características geométricas y mecánicas de la conducción, así como de la compresibilidad del agua. Una expresión práctica propuesta por Allievi, que permite una evaluación rápida del valor de la celeridad cuando el fluido circulante es agua, es la siguiente:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \cdot \frac{D}{\varepsilon}}} \quad (\text{Ec. 2.40})$$

Siendo:

K : Coeficiente en función del módulo de elasticidad ε del material constitutivo de la tubería, que representa principalmente el efecto de la inercia del grupo motobomba, cuyo valor es:

$$K = \frac{10^{10}}{\varepsilon} \quad (\text{Ec. 2.41})$$

D : Diámetro interior de la tubería

ε : Espesor de la tubería.

La sobrepresión se va transmitiendo poco a poco aguas arriba del punto de obturación, hasta un punto de la conducción en el que exista otra obturación o una presión mayor. Si la "longitud crítica (L_c)" es la longitud de conducto entre dos puntos de obturación consecutivos, y T es el tiempo de cierre de la válvula, esta se calcula mediante la siguiente expresión:

$$L_c = \frac{a \cdot T}{2} \quad (\text{Ec. 2.42})$$

El tiempo de cierre de una válvula (T) puede medirse con un cronómetro. Si L es la longitud de la tubería y la celeridad “ a ” es la velocidad de propagación de la onda de presión, “ $(2 \cdot L) / a$ ” (Ec. 2.43), será el tiempo que tarda la onda de presión en dar una oscilación completa, llamado también período de oscilación. Por lo tanto, si $T < (2 \cdot L / a)$ (Ec. 2.44), la maniobra ya habrá concluido cuando se produzca el retorno de la onda de presión y se tendrá un “cierre rápido”, por lo cual se alcanzará la sobrepresión máxima en algún punto de la tubería. Sin embargo, si $T > (2 \cdot L / a)$ (Ec. 2.45), representa un cierre lento y ningún punto alcanzará la sobrepresión máxima, ya que la primera onda positiva reflejada regresa antes de que se genere la última negativa.

Siendo L la longitud entre dos puntos de presión y L_c , la longitud crítica, entonces:

-Si $L < L_c$, se trata de una impulsión (conducción) corta, que corresponde a un cierre lento, calculándose el golpe de ariete mediante la fórmula de Michaud, (ver cuadro 2.7).

-Si $L > L_c$, entonces la impulsión (conducción) es larga y el cierre rápido, siendo el valor del golpe de ariete el dado por Allievi desde la válvula hasta el punto crítico y por Michaud en el resto, (ver cuadro 2.6).

Cuadro 2.7. Calculando el golpe de ariete (ΔH), según sea:

$L < L_c$	Impulsión corta	$T > \frac{2 \cdot L}{a}$	Cierre lento	Michaud	$\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T}$
$L > L_c$	Impulsión larga	$T < \frac{2 \cdot L}{a}$	Cierre rápido	Allievi	$\Delta H = \frac{a \cdot v}{g}$

Siendo "g" la aceleración de la gravedad, 9.81 m/s^2 .

2.11.6.8 CONTROL DEL GOLPE DE ARIETE

El diseño de la tubería forzada que conduce el caudal de la cámara de carga hacia la turbina, está determinado fundamentalmente por la presión que deberá soportar según la altura "H" del salto, por eso es necesario considerar el sobre-dimensionamiento de la tubería, debido al efecto de presión conocido técnicamente como golpe de ariete, que se produce cuando se cierra bruscamente el álabe regulador de la turbina. Se da el mismo efecto, cuando se utiliza tubería forzada para la conducción del caudal derivado del río hacia la cámara de carga, a su entrada se colocaría una válvula de compuerta que permita regular la entrada del agua en época lluviosa.

Para disminuir el efecto del golpe de ariete, producido por la presión al interior de la tubería, se sobrediseña la tubería calculando para el doble de la altura del salto. Por ejemplo, si el proyecto tiene un salto total de 10 m de altura,

se diseñará la tubería para una altura "H" del salto de 20 m, a continuación se exponen algunos métodos para reducir el efecto del golpe de ariete:

Volante de inercia

Consiste en incorporar a la parte rotatoria del grupo de impulsión un volante cuya inercia retarde la pérdida de revoluciones del motor, y en consecuencia, aumente el tiempo de parada de la bomba, con la consiguiente minoración de las sobrepresiones. Este sistema crea una serie de problemas mecánicos, mayores cuanto mayor sea el peso del volante.

Chimeneas de equilibrio.

Consiste en una tubería de diámetro superior al de la tubería, colocada verticalmente y abierta en su extremo superior a la atmósfera, de tal forma que su altura sea siempre superior a la presión de la tubería en el punto donde se instala en régimen permanente. Este dispositivo facilita la oscilación de la masa de agua, eliminando la sobrepresión de parada, por lo que sería el mejor sistema de protección si no fuera por aspectos constructivos y económicos. Sólo es aplicable en instalaciones de poca altura de elevación.

Calderón.

Consiste en un recipiente metálico parcialmente lleno de aire que se encuentra comprimido a la presión manométrica. Existen modelos en donde el aire se encuentra aislado del fluido mediante una vejiga, con lo que se evita su disolución en el agua. El calderín amortigua las variaciones de presión debido a

la expansión prácticamente adiabática del aire al producirse una depresión en la tubería, y posteriormente a la compresión, al producirse una sobrepresión en el ciclo de parada y puesta en marcha de una bomba. Su colocación se realiza aguas debajo de la válvula de retención de la bomba. Se instala en derivación y con una válvula de cierre para permitir su aislamiento.

Válvulas de alivio rápido.

Son dispositivos que permiten de forma automática y casi instantánea la salida de la cantidad necesaria de agua para que la presión máxima en el interior de la tubería no exceda un valor límite prefijado. Suelen proteger una longitud máxima de impulsión del orden de 2 km. Los fabricantes suelen suministrar las curvas de funcionamiento de estas válvulas, hecho que facilita su elección en función de las características de la impulsión.

Válvulas anticipadoras de onda.

Estas válvulas están diseñadas para que se produzca su apertura en el momento de parada de la bomba y cuando se produce la depresión inicial, de tal forma que cuando vuelva a la válvula la onda de sobrepresión, ésta se encuentre totalmente abierta, minimizando al máximo las sobrepresiones que el transitorio puede originar.

Ventosas.

Dependiendo de su función, permiten la eliminación del aire acumulado en el interior de la tubería, admisión de aire cuando la presión en el interior es menor que la atmosférica y la eliminación del aire que circula en suspensión en el flujo bajo presión.

Válvulas de retención.

Estas válvulas funcionan de manera que sólo permiten el flujo de agua en un sentido, por lo que también se conocen como válvulas anti-retorno.

Entre sus aplicaciones se puede señalar:

- En impulsiones, a la salida de la bomba, para impedir que ésta gire en sentido contrario, proteger la bomba contra las sobrepresiones y evitar que la tubería de impulsión se vacíe.
- En impulsiones, en tramos intermedios para seccionar el golpe de ariete en tramos y reducir la sobrepresión máxima.
- En hidrantes, para impedir que las aguas contaminadas retornen a la red.
- En redes de distribución con ramales ascendentes, para evitar el vaciado de la mismas al detenerse el flujo.

Válvulas de retención de disco sobre eje longitudinal centrado.

Las características de estas válvulas de retención, también conocidas como válvulas de retención Williams–Hager, permiten las siguientes aplicaciones:

- Son recomendables cuando se esperen presiones de trabajo elevadas o cuando se puedan producir fuertes sobrepresiones por golpe de ariete.
- Admiten velocidades del flujo de agua de hasta 3 m/s.
- Se pueden colocar en cualquier posición, incluso verticalmente, cuando se quiera que retengan flujos de agua dirigidos hacia abajo.
- Se deben colocar exclusivamente en instalaciones de aguas limpias, nunca en aguas negras.

El proceso inverso al efecto del golpe de ariete o sobre presión, se produce cuando se cierra bruscamente la entrada de agua a la tubería forzada. El vacío inducido por el cierre brusco del caudal produce el aplastamiento de la tubería. Para evitar este problema, siempre que se coloca una válvula de cierre en la parte superior de la tubería, será necesario instalar inmediatamente después, una pequeña tubería de aireación o entrada de aire a la tubería, (ver Figura 2.26).

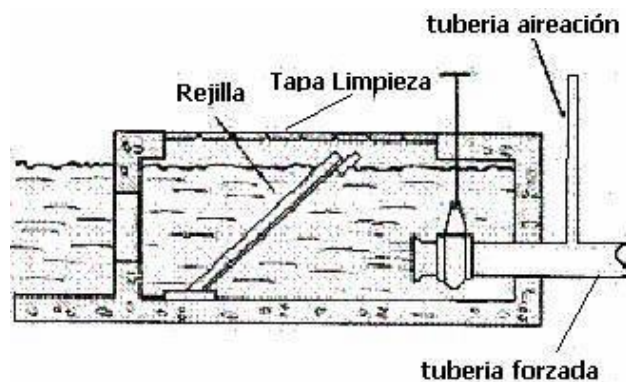


Figura 2.26 - Tubería de aireación

2.11.6.9 TRAMO Y CHORRO DE LA CAIDA A LA TURBINA

El tramo entre la cámara de carga y la casa de máquinas, específicamente a la turbina, constituye el salto útil, y la obra civil está constituida básicamente por estructuras de soporte y fijación o empotramiento de la tubería forzada al terreno, es en el proceso constructivo donde se debe tener especial cuidado en la utilización de materiales y mano de obra de la mejor calidad que aseguren la estabilidad y empotramiento adecuados de la tubería. Estas estructuras de fijación o bloques de anclaje, tendrán diferentes diagramas de fuerzas si son saltantes hacia afuera o hacia adentro para el caso de cambios de dirección en el desarrollo de la tubería.

Descripción y cálculos.

La circulación en conductos cerrados puede presentar los regímenes laminar y turbulento. Teniendo en cuenta que por economía y capacidad constructiva y tecnológica de las zonas rurales del país, donde se pretende implementar este tipo de proyecto, la tendencia natural será la de diseñar tuberías forzadas de diámetro pequeño y con mayor caudal, se trabajará en régimen turbulento.

A continuación se presentan los perfiles de velocidades de ambos tipos de flujo:

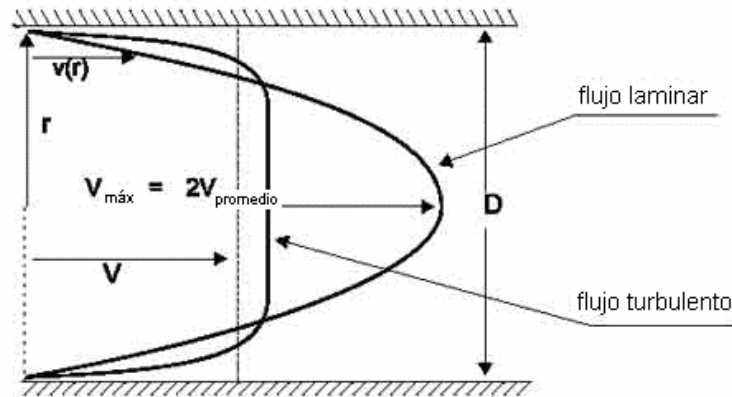


Figura. 2.27. Perfil de velocidad de flujo laminar y flujo turbulento.

Se ha encontrado experimentalmente que, en un fluido que circula por un tubo de sección circular y paredes lisas, la transición de flujo laminar a flujo turbulento en el centro de la tubería ocurre aproximadamente cuando el número de Reynolds (R_e), adimensional, alcanza el valor 2,000. En realidad, esta transición no siempre ocurre exactamente para $R_e = 2,000$, sino que varía con las condiciones en que se realiza el experimento; así, para $Re = 4,000$, el intervalo de valores de R_e entre 2,000 y 4,000 es difícil determinar si el flujo es laminar o turbulento, más que un punto de transición lo que realmente existe es una zona de transición.

$$R_e = (\rho * D * V) / \eta = (D * V) / \nu \quad (\text{Ec. 2.46})$$

donde:

ρ : densidad del fluido (agua)

D: diámetro del conducto

V: velocidad promedio del fluido

η : viscosidad dinámica del fluido, valor que difiere con la temperatura, para 30° es de un valor de 8.03 E^{-1} .

ν : viscosidad cinemática.

En estudios empíricos, pasando por alto los desarrollos teóricos, se tienen expresiones que permiten deducir, que la resistencia al paso de un flujo por un tubo es:

- Independiente de la presión del agua
- Linealmente proporcional a su longitud
- Inversamente proporcional a una potencia determinada del diámetro
- Proporcional a una potencia determinada de la velocidad
- Influida por la rugosidad de las paredes si el régimen es turbulento

Una fórmula muy utilizada para la circulación en canales abiertos, pero aplicable también a la circulación en tuberías, es la desarrollada por Manning:

$$Q = (1/n) * (A^{5/3} * S^{1/2} / p^{2/3}) \quad (\text{Ec. 2.47})$$

en la que n es el coeficiente de rugosidad de Manning, “ p ” es el perímetro mojado en metros y S es el gradiente hidráulico, o pérdida de carga por metro lineal. Aplicado a un tubo de sección circular, lleno:

$$S = (10,29 * n^2 * Q^2) / D^{5,333} \quad (\text{Ec. 2.48})$$

el diámetro D es el resultado de un compromiso entre costo y pérdida de carga.

La potencia disponible para un caudal Q y un salto H viene dada por la ecuación:

$$P = \eta_{\text{turb}} * \eta_{\text{transm}} * \eta_{\text{generador}} * \rho * g * Q * H \quad (\text{Ec. 2.49})$$

$$P = 0,7 * 0,8 * 0,9 * 1 * 9,8 * Q * H = 4,94 * Q * H$$

entonces, $P = 5 * Q * H$ (Ec. 2.50)

Cuyo rendimiento global es de 50%.

El salto neto se obtiene deduciendo del salto bruto, la suma de todas las pérdidas de carga, incluidas las generadas por fricción y turbulencia en la tubería forzada; ambas, proporcionales al cuadrado de la velocidad de la corriente. Para transportar un cierto caudal, una tubería de pequeño diámetro necesitará más velocidad de corriente que otra de mayor diámetro, y consecuentemente, las pérdidas serán más elevadas.

Escogiendo un diámetro pequeño se reducirá su costo, pero las pérdidas de energía serán mayores y viceversa. Un criterio simple para determinar el diámetro de una tubería, es el de limitar las pérdidas de carga a un determinado porcentaje del salto bruto; por ejemplo: en la práctica, en una tubería forzada, las pérdidas fundamentales son las de fricción; las pérdidas por turbulencia en la tubería, al paso por la rejilla, a la entrada de aquella, en los codos, expansiones, concentraciones y válvulas, son pérdidas menores. Bastará en

una primera aproximación, calcular las pérdidas por fricción, utilizando por ejemplo la ecuación de Manning:

$$(h_f / L) = 10.3 * (n * Q) / D^{5.333} \quad (\text{Ec. 2.51})$$

donde, h_f : pérdidas por fricción; L: longitud de la tubería; n: coeficiente de rugosidad de Manning; Q: caudal y D: diámetro de la tubería. En la ecuación 2.51, al dividir por dos el diámetro, las pérdidas se multiplican por 40. Basta despejar D para poder calcular el diámetro de la tubería que limite las pérdidas por fricción a los valores requeridos. Limitando las pérdidas h_f al 4% del salto bruto, entonces $h_f = 0.04 H$ y D, viene dado por:

$$D = 2.69 * (Q^2 * n^2 * L / H)^{0.1785} \quad (\text{Ec. 2.52})$$

Un enfoque más riguroso exigiría considerar varios diámetros posibles, calcular la pérdida anual de energía en cada uno de ellos, y actualizarlas a lo largo de la vida del aprovechamiento. De esta forma se puede dibujar un gráfico con la curva diámetros vs. pérdidas actualizadas, al que se superpone el coste para cada diámetro. Se suman gráficamente ambas curvas y el diámetro óptimo será el mínimo de la curva resultante, según se muestra en Figura 2.28.

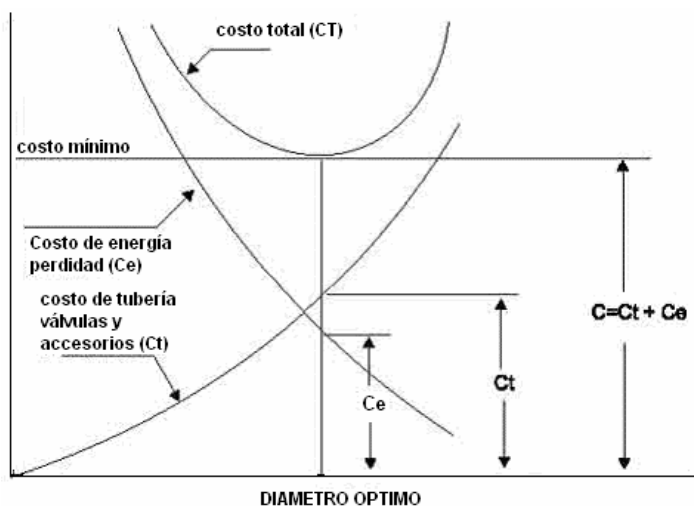


Figura 2.28 . Gráfico diámetro (D) – Pérdidas vs. costos de tubería.

Disposición general y materiales para su fabricación.

Transportar un cierto caudal de agua desde la cámara de carga hasta la casa de máquinas, requiere diseñar una tubería forzada que pueda instalarse sobre o bajo el terreno, según sea la naturaleza del suelo, el material utilizado para la tubería, la temperatura ambiente y las exigencias medioambientales del entorno. Por ejemplo, una tubería de pequeño diámetro, de PVC, se puede instalar extendiéndola simplemente sobre el terreno y siguiendo su pendiente, con un mínimo movimiento de tierras. En cambio, las grandes tuberías de acero, deberán enterrarse siempre que el terreno no sea muy rocoso, y en ocasiones, aún cuando lo sea, si los requisitos medioambientales del entorno lo exigen.

Para enterrar una tubería, previamente hay que pintarla y protegerla exteriormente mediante, por ejemplo, una cinta enrollada que garantice su resistencia a la corrosión. Si se hace así y la cinta no sufre daños durante el montaje, la tubería no necesitará ningún mantenimiento ulterior. Desde el punto de vista medioambiental esta solución es óptima ya que el terreno puede ser restituido a su condición inicial y la tubería, invisible al ojo humano, no constituirá barrera alguna al desplazamiento de los animales.



Figura. 2.29. Esquema del modo de colocación de una tubería

Instalada sobre el terreno, la tubería si está expuesta a variaciones de temperatura importantes, estará sometida a movimientos de contracción y dilatación, en modo alguno, despreciables. En general, las tuberías forzadas de acero, se conciben como una serie de tramos rectos, simplemente apoyados en unos pilares, y anclados sólidamente en cada uno de sus extremos, que en general coinciden con cambios de dirección. Entre cada dos anclajes consecutivos se intercala una junta de dilatación (ver figura 2.29). Los anillos de soporte se diseñan por esfuerzos elásticos de los cilindros de débil espesor.

La pared del tubo debe resistir las tensiones combinadas, correspondientes a su trabajo como viga y como recipiente cilíndrico sometido a presión interna. El momento de flexión será el correspondiente a una viga continua. Las reacciones sobre los apoyos, propias de una viga continua, se transmiten, por esfuerzo cortante, entre chapa y anillo. Para ello, los anillos se soldan a la chapa con soldaduras continuas en rincón, y se rigidizan mediante diafragmas. Los bloques de anclaje tienen que resistir la componente longitudinal del peso de la tubería llena de agua, más las fuerzas de fricción correspondientes a los movimientos de expansión y contracción; por eso, se recomienda cimentarlos, siempre que sea posible, sobre roca. Si dada la naturaleza del terreno los bloques de anclaje requieren el empleo de grandes volúmenes de concreto, y resultan por lo tanto muy costosos, puede estudiarse la eliminación de uno de cada dos anclajes y de todas las juntas de dilatación

para que la tubería se deforme en el codo que queda libre. Para ello se recomienda apoyar los tramos rectos de tubería en soportes en los que la zona de contacto cubra un ángulo de unos 120° . Los apoyos fabricados por soldadura de chapas y perfiles, se pueden recubrir, para reducir la fricción, con una placa de amianto grafitado.

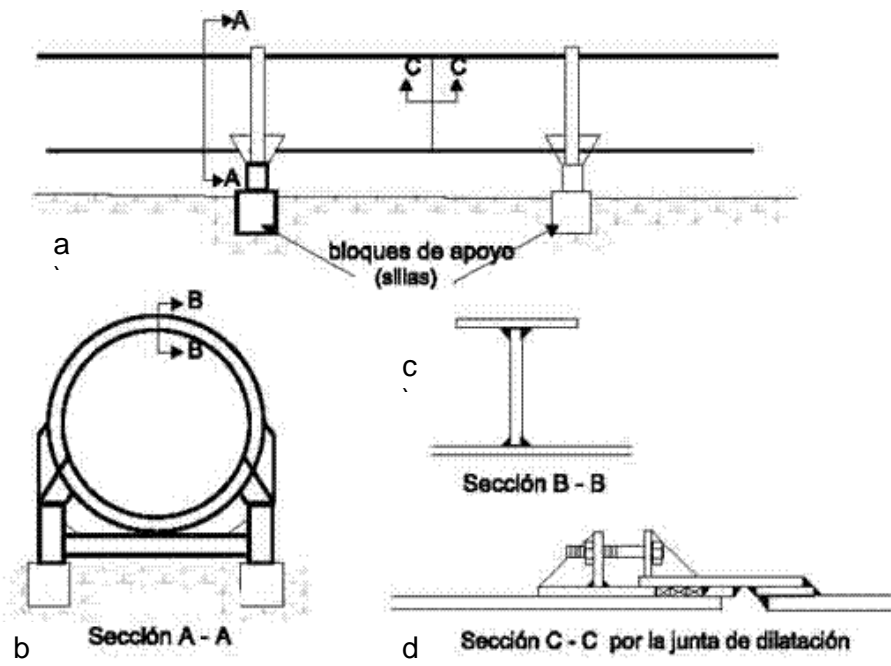


Figura 2.30 Detalles constructivos para los elementos de fijación de la tubería forzada.

Existen multitud de tipos de juntas de dilatación, pero la más utilizada es la de la figura 2.30. La empaquetadura de cierre está formada por anillos de cordones de lino de sección cuadrada, comprimidos mediante una pieza deslizante en acero que se atornilla a una brida fijada a la tubería. La junta tipo fuelle se utiliza sólo en tuberías de pared delgada; el fuelle se extiende o se contrae para absorber los movimientos longitudinales provocados por cambios de temperatura.

Existe variedad de materiales para tuberías forzadas; para grandes saltos y grandes diámetros, la tubería fabricada en acero soldado, con juntas longitudinales y circunferenciales, sigue siendo la solución preferida, porque es relativamente barata y porque puede conseguirse con el diámetro y espesor requeridos por el proyectista. Sin embargo, si se encuentra en el mercado tubería espiral, soldada por arco sumergido o incluso por inducción, del tamaño apropiado para el caudal de diseño, muy utilizada en gaseoductos y oleoductos, esa será, sin duda, la solución más económica. Para el caso del acero, a medida que disminuye el salto, va resultando menos competitivo, porque el espesor requerido para compensar la corrosión, interna y externa, no disminuye con el espesor de pared, y porque se necesita un espesor mínimo para poder manipular los tubos en obra sin que se deformen. Para diámetros más pequeños hay varias opciones, por ejemplo: tubo de acero, con uniones de enchufe y cordón y anillos de cierre, o con bridas soldadas; tuberías de concreto, centrifugadas o pretensadas y tuberías de amianto-cemento. Los tubos con juntas cementadas, de junta rápida, construidos en acero, fundición dúctil o PVC, con empaquetaduras flexibles, no necesitan juntas de dilatación, ya que estas absorben los pequeños movimientos longitudinales. Las tuberías en PVC son sensibles a las radiaciones ultravioletas, por lo que deben ser enterradas o recubiertas con cinta. El radio mínimo de curvatura de una tubería PVC es relativamente grande (100 veces su diámetro interno), y su coeficiente

de dilatación es cinco veces mayor que el del acero. Resultan relativamente frágiles y no se prestan a ser instalada en terrenos rocosos.

2.11.6 10CASA DE MAQUINAS

Destinada a proteger el equipo productor de energía (turbinas y generadores) así como el panel de control eléctrico. La casa de máquinas se diseña de manera sencilla, puede ser de madera, ladrillo de barro, de bloques de concreto y cubierta de techo puede ser de fibrocemento, lámina de aluminio, tejas, o semejantes que se encuentren en el mercado, la caseta tendrá las dimensiones necesarias para resguardar el equipo turbogenerador y su panel de control (Ver figura 2.31). En el proyecto Minicentral Hidroeléctrica la chacra, esta es de 5.0 m x 5.0 m de área y está hecha de ladrillo de barro, estructura de techo de polin espacial y cubierta de techo de fibrocemento.

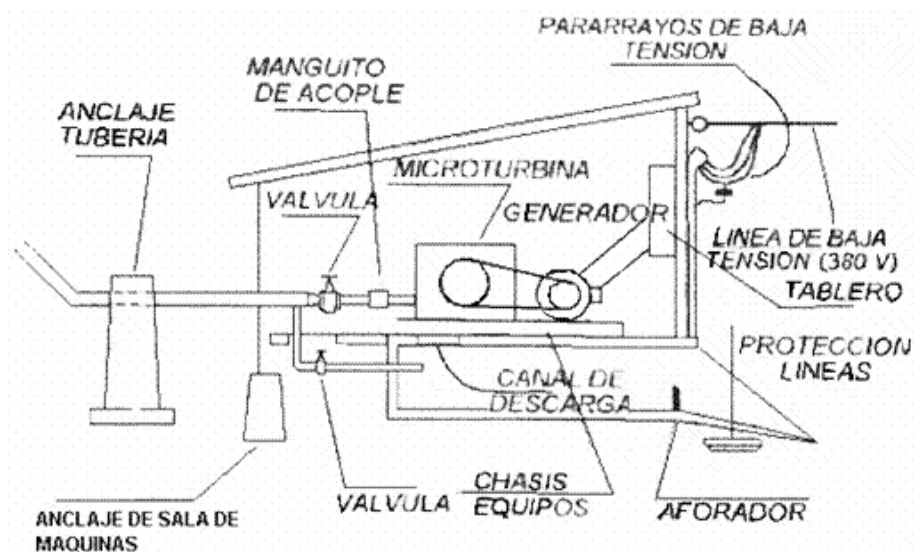


Figura 2.31 - Caseta de máquinas o de control

Es práctica frecuente y recomendable que la ubicación y emplazamiento para la casa de máquinas, se determine muy cercana al lugar de descarga de las aguas turbinadas; por tanto, es importante estudiar la capacidad portante del suelo de cimentación en zonas muy cercanas a quebrada o cauces de ríos que sirvan para tal fin; de igual forma, se deberá confirmar su adecuación en base a las alturas a que puede llegar el nivel del agua durante las crecidas en los períodos de grandes lluvias y a la posibilidad de que se produzcan avalanchas que arrastren piedras, palos, etc.

Si la altura del salto disponible del proyecto es superior a los diez metros, la ubicación del piso de la sala de máquina podrá estar 1m ó 2 m sobre el nivel del agua del arroyo, para evitar los problemas durante las grandes crecidas. Pero si no se dispone de mucha altura, solamente 2m ó 3 m, el piso de la sala de máquina se ubicará a unos 50 cm. por sobre el nivel del arroyo. En este caso, se deberá verificar que la ubicación de la sala de máquina, se encuentre fuera del curso del arroyo, y que tanto las paredes como las bases de soporte de la turbina, estén construidas con materiales que impidan la penetración del agua.

En las regiones tropicales, con altas temperaturas durante el día, es conveniente mantener la vegetación o plantar árboles para proporcionar sombra al techo de la sala de máquina o en su defecto aislar debidamente el techo.

Otro detalle que no se debe descuidar es el cierre con tejidos de todas las aberturas por donde puedan penetrar insectos, ratas, ranas u otros animales e introducirse en los equipos. Si la sala de máquina se encuentra en una zona montañosa en cuya ladera existan piedras sueltas o troncos, habrá que proteger las paredes y techo contra las avalanchas que se produzcan debido a las lluvias o a posibles terremotos.

2.11.6.11 TURBINA, CONTROLES Y SISTEMA DE PROTECCION

Existen varias opciones para la elección del equipo turbogenerador, los cuales pueden ser prefabricados o diseñados y construidos en talleres locales; para el diseño y elección del tipo de equipo turbogenerador a utilizar, es necesario conocer la altura del salto (H), habrá que restarle las diferentes pérdidas, con lo que se obtendrá el salto neto. Cuanto mayor sea esta altura, mayor será el potencial energético para un mismo caudal, y, en consecuencia, menor será el tamaño requerido de la microturbina y mayor el número de revoluciones de su eje, para producir la misma cantidad de energía.

En el cuadro 2.8, se especifica, para cada tipo de turbina, el rango de valores de salto neto dentro del que puede trabajar cada una de ellas. Obsérvese que para una determinada altura de salto neto, puede emplearse varios tipos de turbina, si está dentro del rango de valores de salto neto

establecido para cada tipo de turbina; por ejemplo, si se tienen una altura de salto neto: $H = 85$ m, como se puede ver en el cuadro 2.8, se encuentra en el rango de valores de salto neto en el que pueden trabajar las turbinas: Francis, Pelton, Michell-Banki y Turgo.

Cuadro 2.8.- Rango de valores de salto neto para cada tipo de turbina.

Tipo de turbina	Rango de salto (H) en metros
Kaplan y hélice	$2 < H < 20$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1300$
Michell-Banki	$3 < H < 200$
Turgo	$50 < H < 250$

El problema es particularmente crítico, en el caso de los aprovechamientos hidroeléctricos en ríos, de baja altura que, para que sean rentables, necesitan turbinar grandes volúmenes de agua. Se trata de aprovechamientos con 2m a 5 m de altura de salto y un caudal que puede variar entre 10 m³/s y 100 m³/s. No se abordarán estos casos, típicos de las turbinas Kaplan y hélice. En el caso de las primeras por la dificultad en su construcción y mantenimiento. En el caso de la turbina hélice, se opta por otras soluciones que son de mayor facilidad constructiva y rango más amplio de situaciones que se pueden cubrir, pero dado el caso, se debe considerar la posibilidad de aprovechar antiguas bombas como turbinas tipo hélice, reciclándolas si se

encuentran sin uso actual, en estos casos, el problema económico no existirá, y no habría una necesidad de rentabilidad en la turbinación.

Las turbinas trabajan con cierto caudal, un valor aislado del caudal no tiene ninguna significación. Lo que interesa es el régimen de caudales, preferiblemente representado por la curva de caudales clasificados (CCC) obtenida de los datos procedentes de la estación de aforos o de los estudios hidrológicos, previos a la elección de la turbina. No todo el caudal representado en una CCC puede utilizarse para producir energía eléctrica. En primer lugar hay que descartar el caudal ecológico que tiene que transitar todo el año por el cauce cortocircuitado. Con caudal ecológico se hace referencia a la cantidad de agua que debe discurrir por un cauce de forma que los distintos organismos vivientes que forman parte del ecosistema fluvial no sufran fuertes daños. Entre los organismos cuentan los propios peces, larvas de insecto, larvas de camarón, algas, anfibios, microorganismos. En segundo lugar, cada tipo de turbina sólo puede trabajar con caudales comprendidos entre el nominal (para el que el rendimiento es máximo) y el mínimo técnico por debajo del cual no es estable. Un caudal y una altura de salto definen un punto en el plano. Cualquier turbina dentro de cuya envolvente caiga este punto, podrá ser utilizada en el aprovechamiento en cuestión, ver Figura 2.32.

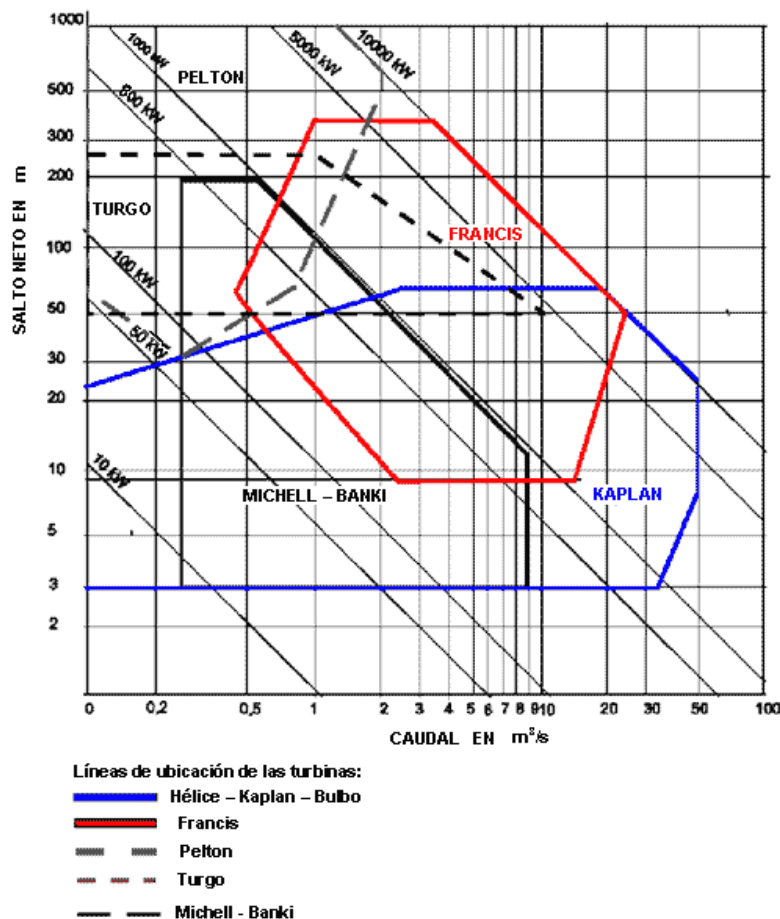


Figura 2.32- Diagrama de envolventes, que relaciona caudal (Q) vs. Salto neto (H), para la elección de la turbina.¹⁷

La elección final es, por lo general, el resultado de un proceso iterativo, que balancee la producción anual de energía, el costo de adquisición y mantenimiento, y su fiabilidad. Para el caso del proyecto Minicentral Hidroeléctrica La Chacra se optó por la turbina Michell-Banki, lo cual queda justificado más adelante. Pero cabe adelantar que tiene mucho que ver con los aspectos citados y con su rango de actuación propicio para el tipo de instalación

¹⁷ Gráfico elaborado integrando los datos de varios fabricantes europeos, y muestra las envolventes operacionales de los tipos de turbina más utilizados. Los límites no son precisos, varían de fabricante a fabricante, en función de la tecnología utilizada, y tienen por ello un carácter exclusivamente orientativo.

que se desarrolló. Algunas de las características técnicas para la elección de las turbinas son:

Velocidad específica. A n_s se le conoce como velocidad específica; todas las turbinas con idénticas proporciones geométricas, aunque los tamaños sean diferentes, tendrán una misma velocidad específica. Si el modelo se ha afinado para que el rendimiento hidráulico sea óptimo, todas las turbinas con la misma velocidad específica, tendrán también un rendimiento óptimo. El rodete girará a la velocidad específica n_s cuando esté funcionando con un caudal Q tal que produzca una potencia de 1 kW con una altura de 1 metro:

$$n_s = n_t \cdot (P)^{1/2} / H^{5/4} \quad (\text{Ec. 2.53})$$

donde n_s : velocidad específica (revoluciones por minuto, rpm); n_t : velocidad de rotación del generador de la turbina (rpm); P : Potencia de la turbina (kw) y H : altura de salto (m).

Algunos fabricantes toman como velocidad específica otro parámetro, n_q , cuya expresión viene dada por:

$$n_q = n_t \cdot (Q^{1/2} / H^{3/4}) \quad (\text{Ec. 2.54})$$

donde n_t es la velocidad de rotación del generador de la turbina (rpm), Q es el caudal turbinado (m^3/s) y H es la altura de salto (m).

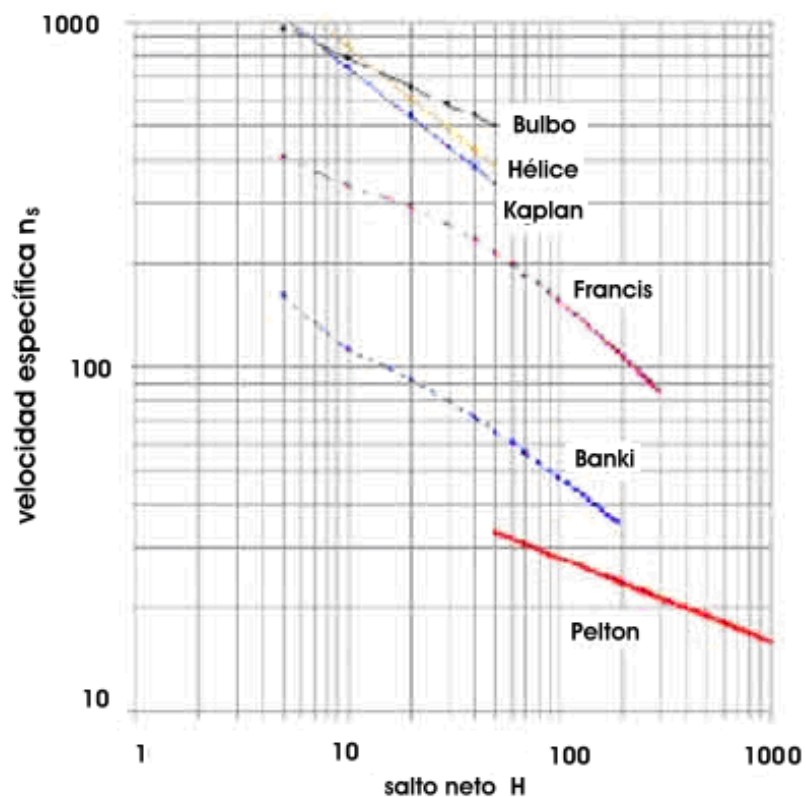


Figura 2.33.- Gráfico salto neto (H) en metros vs. velocidad específica (n_s) en revoluciones por minuto (rpm), para la elección de las turbinas. Fuente: Microcentrales con red Aislada. Cuba. www.cps.unizar.es/~isf/html/mimr03a.html.

La velocidad específica constituye un criterio de selección, más preciso que el más convencional y conocido de las envolventes operacionales mencionadas. Por regla general, los fabricantes de equipos anuncian el valor n_s de sus turbinas. Estudios estadísticos sobre aprovechamientos muy diversos, han permitido correlacionar, para cada tipo de turbina, la velocidad específica, con la altura de salto neto, ver figura 2.33. Conociendo la velocidad específica se pueden estimar las dimensiones fundamentales de las turbinas.

Ejemplos:

1.-) Si se quiere generar energía eléctrica en un aprovechamiento con un salto neto (H) de 100 metros, utilizando una turbina de 800 kW directamente acoplada a un generador standard de 1500 rpm, calcular la velocidad específica, según la ecuación 2.53:

$$n_s = (n_t \cdot (P)^{1/2}) / H^{5/4} = (1500 \cdot (800)^{1/2}) / 100^{5/4} = 134.16 \text{ rpm}$$

De la figura 2.33, para H= 100 m y $n_s = 134.16$ rpm, la única elección posible es una turbina Francis. Si, por el contrario se admite la instalación de un multiplicador con una relación de hasta 1:3, la turbina podría girar entre 500rpm y 1,500 rpm, con lo que su velocidad específica podría situarse entre 45rpm y 134 rpm; de esta forma; se tienen varias opciones ya que la elección podría recaer, además de la turbina Francis, en una Turgo, una Michell – Banki o una Pelton de dos toberas.

2,-) Si se quiere instalar una turbina de 1500 kW de potencia en un aprovechamiento con un salto neto (H) de 400 m, directamente acoplada a un generador a 1000 rpm. Se calculará primero la velocidad específica n_s :

$$n_s = (n_t \cdot (P)^{1/2}) / H^{5/4} = (1000 \cdot (1500)^{1/2}) / 400^{1.25} = 21.65 \text{ rpm},$$

lo cual, según figura la 2.33, confirma que se debe seleccionar una turbina Pelton de una tobera.

Velocidad de rotación. Según la ecuación de la velocidad específica, la velocidad de rotación de una turbina es función de su velocidad específica, de su potencia y de la altura del aprovechamiento. En los pequeños aprovechamientos de agua en ríos pequeños, suelen emplearse generadores standard, por lo que hay que seleccionar la turbina de forma que, ya sea acoplada directamente o a través de un multiplicador, se alcance una velocidad de sincronismo.

Velocidad de embalamiento. Cuando, trabajando a plena potencia hidráulica, desaparece súbitamente la carga exterior, bien sea por corte del interruptor o por fallo en la excitación del alternador, la turbina aumenta su velocidad hasta alcanzar lo que se conoce como velocidad de embalamiento. Esa velocidad varía con el tipo de turbina, el ángulo de apertura del distribuidor y la altura de salto. En las turbinas Kaplan, la velocidad de embalamiento puede llegar a ser 3.2 veces superior a la nominal. En las Francis, Pelton, Michell - Banki y Turgo, esa relación varía entre 1.8 y 2. Hay que tener en cuenta que al aumentar la velocidad de embalamiento, se encarecen el multiplicador y el generador, que habrá que diseñarse para poder resistir las fuerzas de aceleración centrífuga correspondientes.

Rendimiento de las turbinas. El rendimiento se define como la relación entre la potencia mecánica transmitida al eje de la turbina y la potencia

hidráulica correspondiente al caudal y salto nominales. Dadas las pérdidas que tienen lugar en el conjunto de la turbina de reacción, el rodete sólo utiliza una altura H_u (salto o altura útil), inferior al salto neto H_n (salto o altura neta), tal y como se define en la figura siguiente:

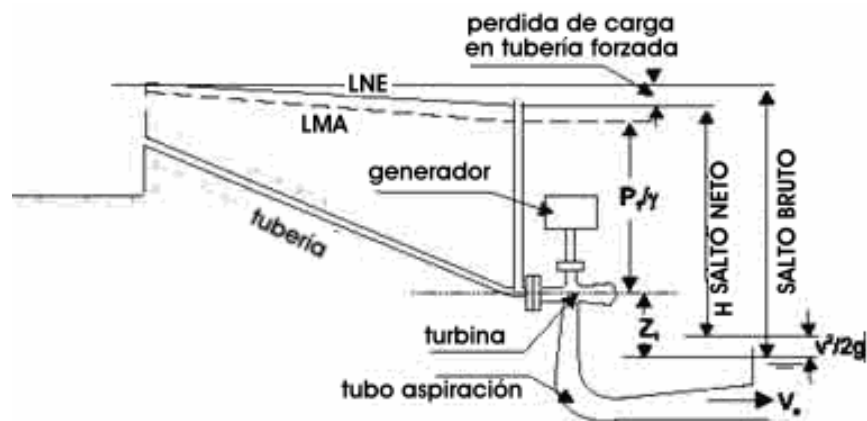


Figura 2.34. - Esquema de los factores que definen el rendimiento de una turbina.

Estas pérdidas son esencialmente pérdidas de fricción y tienen lugar en la cámara de carga, en los álabes directores y del rodete, y sobre todo en el tubo de aspiración o difusor. Para cada tipo de turbina se toman como referencia para conocer la altura de salto unos puntos concretos; sin embargo, por el momento no existe un código de cálculo que establezca de forma unívoca la altura de salto para hallar del rendimiento de una turbina de flujo cruzado (Michell –Banki), por lo que hay que extremar las precauciones cuando se comparan soluciones en las que intervienen turbinas de este tipo.

Las curvas de rendimiento presentadas en la Fig. 2.32, son variables. En todo caso, midiendo la altura de salto con el mismo criterio que en las turbinas

Pelton, su rendimiento rara vez supera el 84%. Para estimar el rendimiento global del grupo turbo-generador hay que multiplicar el de la turbina por el del multiplicador (si es que existe) y por el del generador. La turbina se diseña para trabajar con el caudal nominal, para el que, en general, el rendimiento es máximo. Cuando el caudal se aleja de ese valor, tanto hacia arriba como hacia abajo, desciende el rendimiento, hasta que el caudal es inferior al mínimo técnico y la turbina no puede seguir funcionando. Por ejemplo, las turbinas Kaplan de doble regulación tienen un rendimiento aceptable a partir del 20% del caudal nominal; las semi-Kaplan sólo trabajan eficazmente a partir del 40% del nominal y las Francis con cámara espiral sólo a partir del 50%; por debajo del 40% una turbina Francis, dependiendo de su diseño y de las condiciones en que ha sido instalada, puede experimentar vibraciones que hacen inestable su funcionamiento y obligan a su parada; las turbinas de flujo cruzado (Michell – Banki) tienen, para el caudal nominal, un rendimiento sensiblemente inferior a las Pelton, Francis o Kaplan, pero pueden trabajar con esa o parecida eficiencia en un rango de caudales mucho más amplio. Este va a ser uno de los factores que se van a tener en cuenta al elegir la turbina más apropiada.

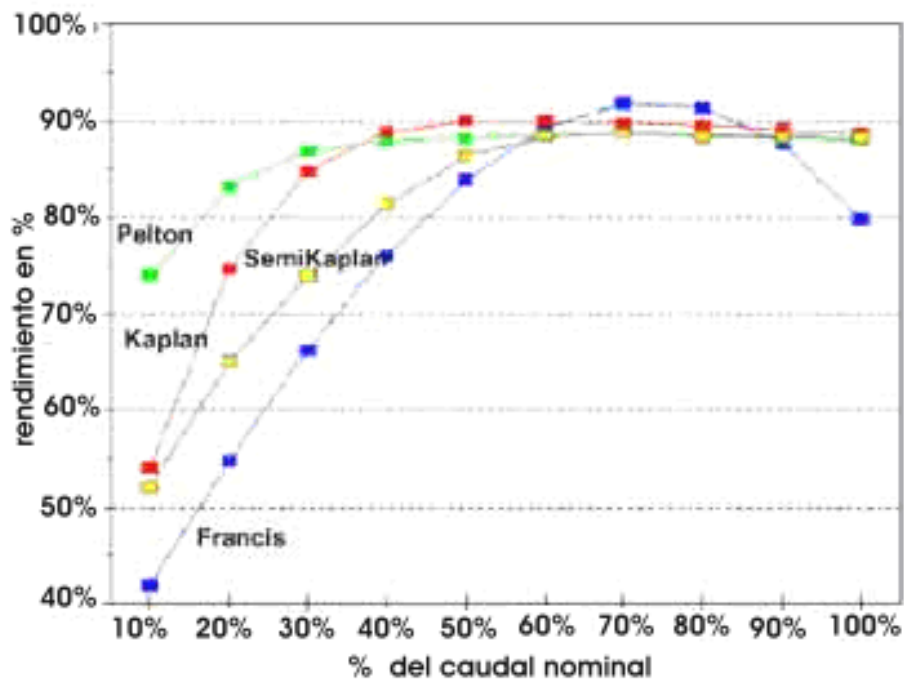


Figura. 2.35.- Gráfico de las curvas de rendimiento en función del caudal para distintos tipos de turbina.

Elección de la turbina hidráulica

Se pueden establecer como criterios de elección de la turbina hidráulica las siguientes características deseables:

- Facilidad constructiva: es decir que se pueda abordar la fabricación de la turbina en la zona en la que se pretende desarrollar la implantación de la microcentral. Con ello se fomenta la implicación de la comunidad en el proyecto y es una experiencia apropiada para futuros proyectos o para la reparación de futuras averías.

- Rendimiento estable: que varíe en una mínima cantidad con los cambios de caudal. Se puede asociar con el hecho de que la curva de rendimiento sea lo más plana posible.
- Rango de operación: si se tiene un amplio campo de caudales y alturas a elegir será más sencillo encontrar un lugar apropiado para su instalación. Es decir que se busca diseñar saltos de altura considerable y caudal pequeño, ya que para saltos pequeños se requiere mayor caudal, para lograr tener la potencia hidráulica necesaria para el funcionamiento de la minicentral hidroeléctrica. Para modificar lo menos posible el régimen de caudales del río, es preferible el primer caso o bien poder optar por una situación intermedia. Con ello, una vez estimada la potencia demandada por los beneficiarios, se tendrá más libertad en la decisión final de los parámetros del aprovechamiento: Q y H .
- Robustez: se trata de que el equipo sea poco sensible al paso de arena, hierbas y otros posibles objetos, debido a que por la necesidad de diseñar una instalación sencilla no existirán equipos que limpien el caudal de forma exhaustiva. Así mismo, no se instalarán sistemas automáticos de limpieza de rejillas.
- Velocidad de embalamiento: es importante que la velocidad del sistema, al desconectar la carga, que esta sea la menor posible, con el fin que las posibilidades de dañar el equipo se reduzcan, para ello, también existen

dispositivos de control que hacen que al momento de arranque y paro de la turbina, la carga aumente o disminuya, según sea el caso, de forma gradual.

- Debe abarcar rangos de potencia desde 250 KW hasta 1000 KW, que es el límite de una microcentral, considerando la capacidad requerida del tipo de proyectos a realizar.

El generador, es la máquina que transforma la energía mecánica en eléctrica, se le llama también alternador, porque produce corriente alterna. La selección del generador está estrechamente relacionada con los recursos disponibles y el tipo de demanda a abastecer. El tipo de generador a utilizar es de vital importancia para la eficiencia del funcionamiento de la minicentral hidroeléctrica. Los generadores pueden ser de motor asincrónico o sincrónico. En la elección de los motores asincrónicos, es importante tener en cuenta algunos detalles constructivos como el de tener el menor espacio posible entre el rotor y el estator. Esta particularidad poseen generalmente los motores modernos construidos con alta tecnología de matricería. También influye en su eficiencia de funcionamiento, el tipo de material utilizado en el eje del motor.

Es importante, que los generadores asincrónicos existentes en el mercado local, se ensayen en laboratorios, para conocer sus limitaciones y así poder seleccionar los motores que presentan las mejores características.

Aunque estos tipos de generadores presentan problemas relacionados con la regulación y estabilidad de tensión y no son adecuados para el arranque de motores de inducción de potencias superiores a la mitad de la potencia del generador, los generadores asincrónicos tienen la gran ventaja de ser sencillos, de bajo costo y fácil mantenimiento.

Las consideraciones necesarias cuando se adquieren generadores sincrónicos con regulación electrónica, para ser utilizados en microturbinas, es la necesidad de realizar dos importantes modificaciones: una es sobredimensionar los rodamientos del generador para poder utilizar un acople a la turbina por medio de poleas y correas. La otra es modificar al regulador electrónico de tensión, de tal manera, que debajo de los 50 ciclos, la tensión baje proporcionalmente a la frecuencia, mientras que sobre los 50 Hz mantenga estable la tensión. La necesidad de esta modificación se debe a que cuando no se especifica la calidad de los núcleos de hierro de los equipos, y se adquieren equipos de mala calidad como transformadores de tensión y generadores, las pérdidas en el hierro son muy elevadas cuando la frecuencia del generador baja de los 50 Hz. Esto lleva a que el generador debe sobreexcitarse excesivamente si pretende mantener la tensión estable en 380 V en frecuencias inferiores a los 50 Hz. Este problema no se nota en los grupos con motores diesel porque, en este caso, la reacción y disponibilidad de potencia es inmediata y el generador siempre trabaja en el entorno de los 50 Hz.

Controles. Los sistemas de control se encuentran instalados en la caseta de control donde un personal capacitado efectúa la labor de control del proceso total de generación de la planta. Tiene los siguientes equipos para tal efecto:

- Pupitres de mando: se instala uno por cada unidad turbogeneradora.
- Tableros indicadores para lectura y registro, de aparatos instalados para regular el funcionamiento de los equipos turbogeneradores.

Actualmente, se ha llegado a estandarizar el uso de reguladores automáticos prácticamente en cualquier tipo de maquinaria. Las opciones de regulación son muy amplias y de todo tipo: complicadas y sencillas; mecánicas o electrónicas; de ajuste fino o grosero; de corto tiempo de respuesta o largo; caras o baratas; etc. En cualquier caso, se van a presentar opciones sencillas y no demasiado caras, que, igualmente conllevarán un control más rudimentario de la onda eléctrica producida en el generador. No pretenden más que sentar las ideas básicas del control. Por ello no son acompañadas del desarrollo y cálculo matemático.

La aplicación de reguladores es necesaria, en el caso del generador sincrónico en red aislada, para regular la velocidad de giro del mismo, y por lo tanto de la turbina hidráulica a la que está acoplado, La turbina Michell - Banki, que está instalada en el proyecto minicentral hidroeléctrica La Chacra.

El diseño de una microturbina para la producción de electricidad, regido por una serie de especificaciones, es uno de los puntos más difíciles y cruciales en un proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico. La corriente para la que están preparados la mayoría de los aparatos tiene como características una frecuencia estable de 50 Hz-60 Hz y un determinado voltaje, de 220V, 380V , etc. Los aparatos requieren una corriente de este tipo, que no oscile más allá del 10% en frecuencia y voltaje. Por ejemplo, un motor preparado para 220V al que se le alimenta con 198V, límite inferior del margen de funcionamiento, buscará satisfacer las necesidades de carga que se le impongan. Para aportar la potencia necesaria, con una cantidad menor de voltaje, se requerirá un aumento en la intensidad. Con ello, se pueden crear problemas de sobrecalentamiento y dañar los bobinados de forma permanente. También, se precisa operar los generadores en una banda de voltaje y frecuencia próxima a la establecida. Ello determinará el buen funcionamiento de los equipos conectados y su esperanza de vida. Por todo esto, es necesario colocar sistemas de regulación que garanticen el buen funcionamiento de los equipos electromecánicos, los cuales se abordan a continuación:

- 1) Regulación mecánico-hidráulica de la velocidad.

La regulación de velocidad en las microcentrales hidráulicas pueden ser solucionadas de muchas formas. Hay un dispositivo sencillo llamado regulador de masas giratorias inventado por James Watt, en el año 1785. Los reguladores

mecánicos actuales operan de un modo similar a los que se diseñaron hace ya tanto tiempo. En la figura 2.36, se muestra la versión mecánico hidráulica del primer regulador de Watt. Lo único que ha cambiado a lo largo del tiempo son los mejores materiales, y mecanismos de masas giratorias mejor desarrollados.

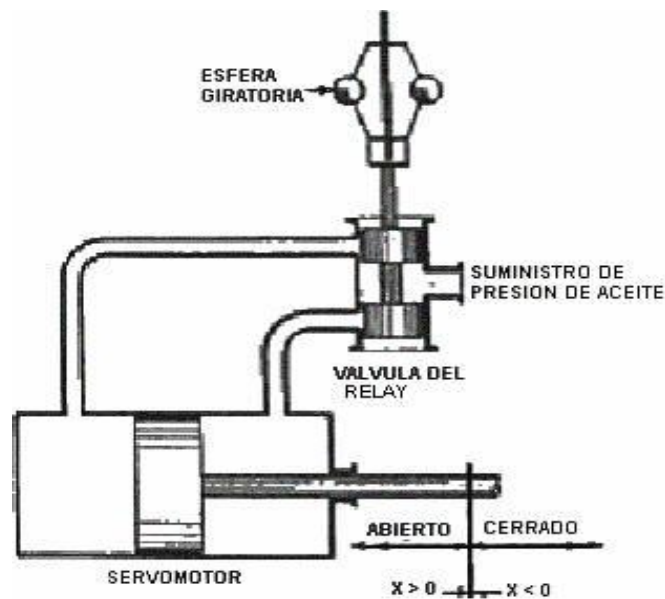


Figura 2.36. Regulador de Watt mecánico hidráulico.

Actualmente, se han desarrollado reguladores que permiten regular velocidades mayores debido a los nuevos mecanismos de conexión entre el regulador y el control de la máquina. El principio es el mismo: una vez que acontece un cambio en la velocidad (punto 1 de la gráfica de la figura. 2.37), el regulador intentará alcanzar el punto de diseño (punto 2), llamado set point. Lo normal es, que existan unas oscilaciones en la búsqueda de este punto, es decir, si aumenta la carga, la velocidad decrece. El regulador aumenta la potencia del acelerador para alcanzar el set point. Una vez que llegue a este, el

mecanismo no se detendrá de forma instantánea (punto 3), de forma que superará la velocidad deseada. Por el propio mecanismo, una vez superado este punto, se disminuye la potencia, de manera que buscará el punto óptimo reduciendo la apertura del acelerador. Así seguirá oscilando hasta que se alcance el equilibrio (punto 4). La figura 2.37 es una curva típica de este fenómeno.

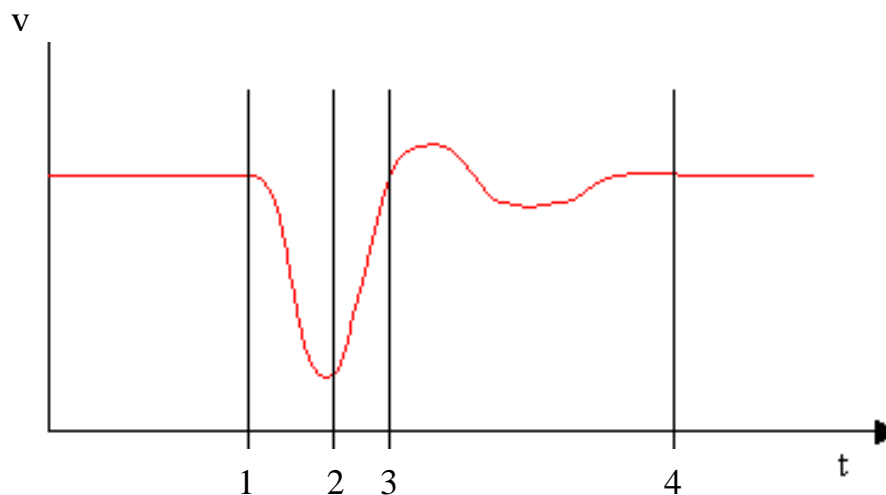


Figura 2.37. Gráfico del Set point

Los reguladores modernos usan elementos como realimentaciones, cámaras de presión y reguladores por aceite. Hay dos tipos de reguladores que se usan actualmente: los mecánico-hidráulicos y los electrónicos. Los primeros operan de la misma forma que los descritos anteriormente, con la salvedad de que operan sobre válvulas hidráulicas que son las encargadas de actuar en el acelerador. Los electrónicos, producen una pequeña señal de voltaje, llamada de control, que se encarga de accionar otros mecanismos de potencia. Estos reguladores electrónicos pueden llegar a ser realmente pequeños. Un ejemplo

es la apertura de las compuertas en turbinas de grandes presas, para las que con un control electrónico, se gobiernan sistemas capaces de vencer las toneladas de presión que ejerce el agua sobre las compuertas.

2) Regulador básico con Compensación primaria.

La búsqueda del punto de referencia es originada por el sobrepasamiento de parte del pistón del servomotor, provocando el movimiento de las compuertas de la turbina más allá de lo que requería el cambio de carga. Esto llevaría a una oscilación continuada, de manera que, en el caso que tal movimiento fuera muy rápido se podría crear una situación de perpetua inestabilidad o vaivén. Lo cual se podría controlar intercalando en el sistema de regulación algún tipo de dispositivo que permita anticipar dónde se encuentra el punto en el que el pistón debe permanecer para afrontar una carga concreta. Esto es, que al acercarse a este punto, se comience a cerrar el suministro de aceite, con anterioridad a que el pistón llegue al punto. El conjunto que realiza esta función es el llamado de compensación primaria. La característica fundamental es que la barra de conexión comienza a situar la válvula (en la Figura 2.38 válvula del relay) en la posición neutra tan pronto como el pistón del servomotor comienza a moverse, y de allí, lo que se ha llamado anticipación, o bien compensación primaria.

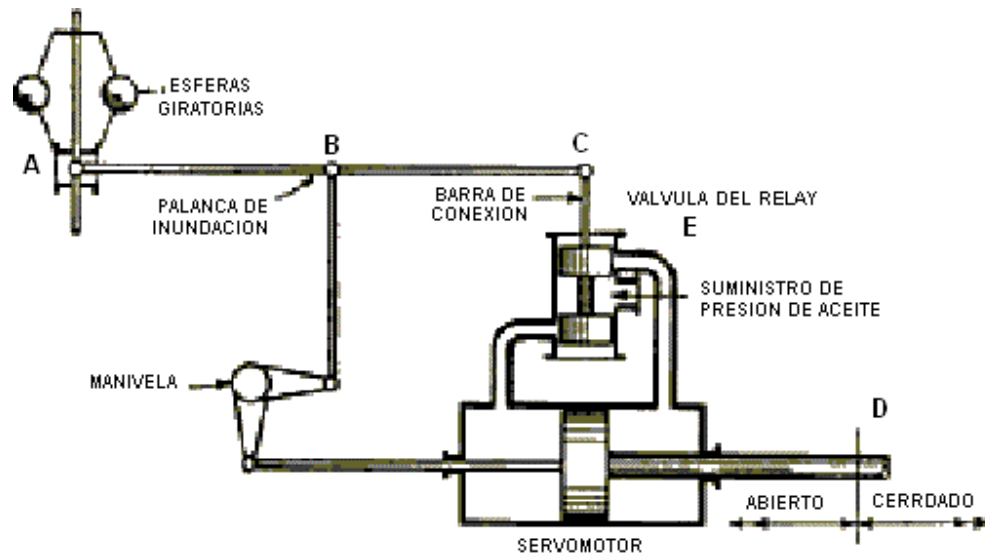


Figura 2.38. Regulador básico con compensación primaria.

Entonces, la presión existente en el pistón del servomotor no es simplemente debida al cambio de velocidad, reflejado en las masas giratorias, sino también al cambio en el movimiento de la compuerta debido a la compensación primaria. La posición de la válvula es función del cambio de velocidad y el cambio de movimiento de la compuerta.

3) Regulador de velocidad con compensación primaria y secundaria.

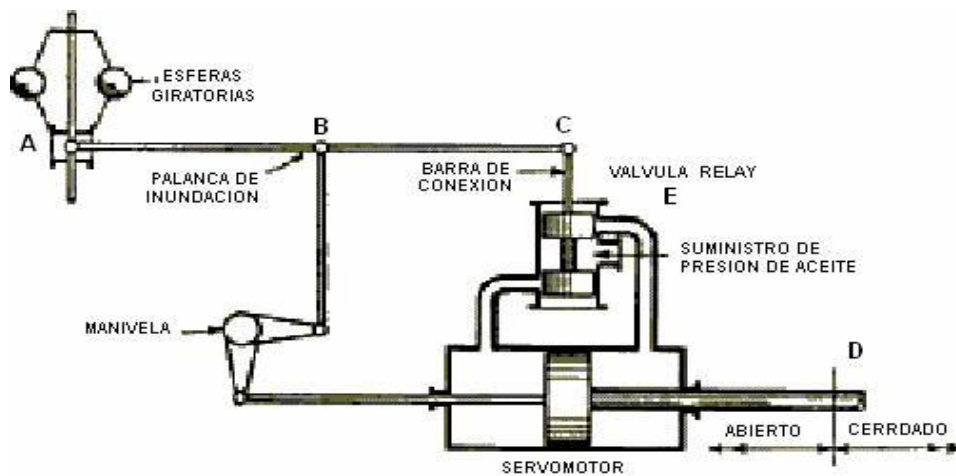


Figura 2.39 Regulador de compensación primaria.

La figura 2.40 muestra una parte del esquema de un sistema de compensación secundaria más en detalle.

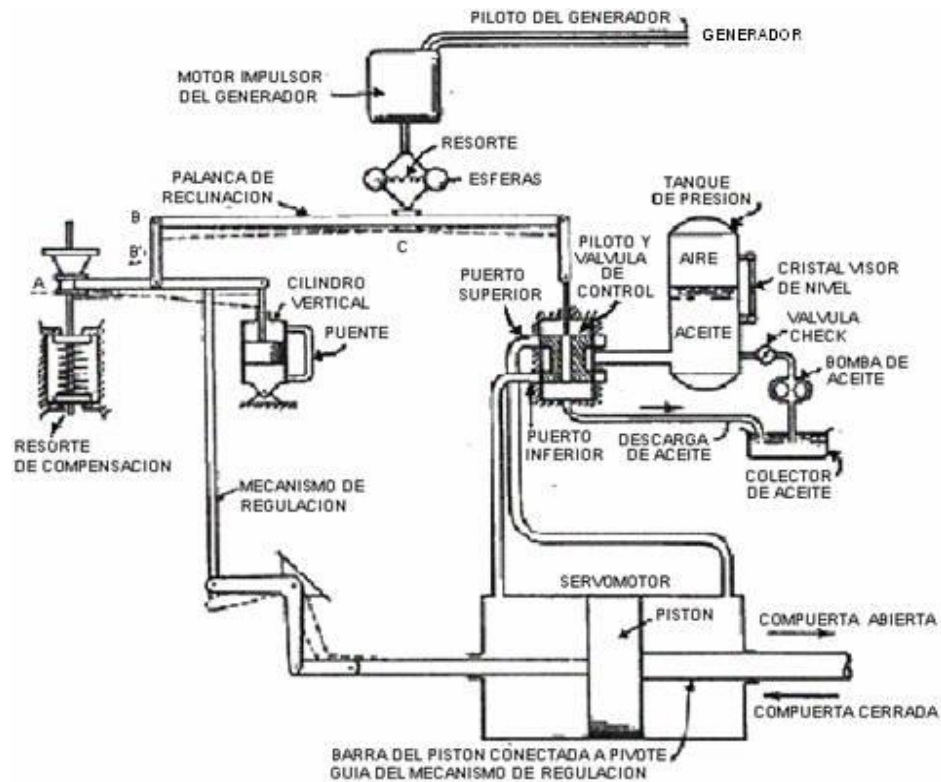


Figura 2.40. Sistema de compensación secundaria.

4) Regulador de Zúrich.

El presente diseño utiliza la propia fuente de agua de la turbina para la potencia hidráulica.

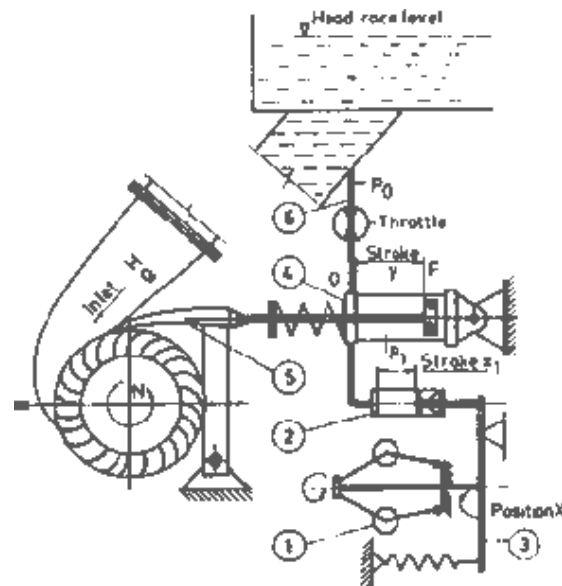


Figura 2.41. Regulador proporcional de Zúrich

El diseño fue creado por el Instituto de Tecnología de Fluidos de Zúrich. Es llamado regulador proporcional. El principio de actuación está basado en un sistema de doble válvula y en el principio del péndulo centrífugo. Las válvulas se montan en serie, la primera con un orificio de área constante y la segunda con un orificio variable de descarga. Estas crean una presión variable en la línea entre ambos, en función del área de descarga de la válvula variable. El área de descarga puede ser variada por medio de la posición de un pistón que se mueve en dirección axial. Por otra parte, el péndulo centrífugo mueve un émbolo en función de la velocidad. Si se acopla el péndulo de masas giratorias a la salida del eje de la turbina, y está conectado por medio de una palanca al pistón de la válvula variable, se puede crear una presión proporcional a la velocidad de la turbina. Un pistón, conectado a la puerta de la turbina y un

contrapeso por medio de un resorte, está sometido a esta presión variable, y por ello la posición de la compuerta de la turbina queda determinada por la velocidad. Puesto que una cierta abertura de la compuerta se corresponde con una cierta carga (con altura constante se hace frente a la variación de carga modificando el caudal), la velocidad de la turbina está determinando su condición de carga. Si se suprime la carga abruptamente, la velocidad aumenta. Ello produce un movimiento en el péndulo de masas, y en el émbolo correlativo. Esto hace que se mueva el pistón de la válvula variable, que conlleva un descenso en la presión del pistón del servocilindro. La compuerta de la turbina se cierra hasta equilibrarse el cilindro y el resorte de cierre, quedando ajustada la apertura de la compuerta a la nueva posición. En el caso que se conecte una carga, sucede lo contrario. Si hay una pérdida de presión en el tubo de suministro, por avería, se cierra la compuerta totalmente y la turbina queda fuera de servicio. El sistema se diseña para una variación máxima en velocidad de 10%. Estos equipos de regulación mecánico-hidráulica requieren de mucho espacio, al contrario de los reguladores comerciales. La clave de elección está en realizar un proyecto asumible económicamente y sostenible.

5) Regulación mecánico-hidráulica de la carga

La regulación de la entrada de caudal de agua a la turbina puede terminar siendo una tarea compleja. Por ello, se puede realizar una regulación de la carga aplicada a la red. El concepto consiste en operar la turbina Michell -

Banki de forma continuada y en el punto óptimo de funcionamiento. El caudal será un parámetro fijo. Al no existir regulación de caudal, la cantidad de potencia producida es constante (y por funcionar en el punto óptimo, es la máxima). Si acontece una disminución en la carga de los beneficiarios a los que se les da soporte, la turbina tenderá a embalsarse. Para evitarlo se pretende aumentar la carga eléctrica conectando baterías de resistencias, calentadores de agua, bombas para elevación de agua, etc. Esto se podría controlar colocando un regulador de Watt, cuando aumente la velocidad, ascenderán las masas, desplazando verticalmente la corredera. Así, se puede activar de forma mecánica (por desplazamiento de una escobilla de conexión) las diferentes cargas necesarias. Llegará un momento en el que la carga será mayor que el par recibido en la turbina por el paso del agua, con lo que comenzará el movimiento de retorno típico de las oscilaciones. Puede realizarse una compensación primaria como la explicada en el apartado anterior.

6) Regulación electrónica.

La gran cantidad de elementos y funciones hacen que no haya que plantearse tanto el qué se quiere resolver en concreto, sino especificar el cómo: tipo de tecnología, robustez, facilidad de arreglo. La presente regulación se podría realizar por lógica analógica de potencia, circuitos de tiristores, lógica digital con señales de control que dominen los circuitos de potencia, control por microprocesadores, control por autómatas programables o por medio de un

interface de ordenador personal. Dos factores es importante regular, y son los siguientes:

a) Regulación electrónica de la carga.

Se trata de añadir cargas cuando la demanda de energía de los beneficiarios disminuye, esto se logra detectando los aumentos en la velocidad del generador que se traducen en sobretensiones, se acoplan transformadores de tensión en la rama de salida del generador y cuando existe un aumento de tensión, se transforma al secundario a un nivel de voltaje pequeño, y se compara en una etapa diferencial realizada con amplificadores operacionales. La salida de este se compara con un nivel establecido, por ejemplo 1 a 2 voltios. Según sigue aumentando el voltaje a la salida del generador, igualmente aumenta la tensión a la salida de la etapa diferencial, hasta superar el límite establecido. Una vez que eso ocurre, la salida del comparador cambia y se pone en alto (o bajo, según se especifique la regulación) conectando un interruptor (o relé) que conectará a la red la batería de resistencias asociada. Con la misma señal del transformador se alimentan el resto de etapas comparadoras, que se han escalonado convenientemente. Así, si la tensión continúa subiendo, se irán conectando sucesivamente más y más cargas hasta que se estabilice.

Puede ser conveniente dotar al sistema de un ciclo de histéresis con un tiempo de ciclo apropiado, el fin es que si al ocurrir una oscilación en torno a un

punto de voltaje que hace conectar y desconectar continuamente el relé, se pueda evitar su deterioro, prolongando unos segundos el encendido o apagado.

b) Reguladores de frecuencia.

Para tres o más usuarios ya se hace necesario algún tipo de regulación de tensión y de frecuencia. Si no se puede afrontar el costo que demanda instalar un regulador, se deberá mantener una carga o demanda fija de energía, esto significa que en cada vivienda la carga debe mantenerse constante o sin variaciones considerables. Esta es la opción más económica y sencilla de regulación.

Un proyecto colectivo con muchas unidades usuarias, debe funcionar con un regulador de frecuencia, y un regulador de tensión del generador. La carencia de estos elementos ocasionaría muchos problemas a los artefactos electrodomésticos y en los sistemas de iluminación. Se puede afirmar, que en casi todos los proyectos a lo ancho y largo de varios países, uno de los problemas que siempre está presente es la inestabilidad de tensión y el mal funcionamiento de los reguladores de frecuencia. Una solución a para este caso son los reguladores que disponen de un control de arranque y parada, mediante un sistema de telemando por onda portadora que utiliza la línea de baja tensión como medio de transmisión de la señal y permite accionar el sistema desde 2 ó 3 km de distancia. Los reguladores de frecuencia es aconsejable adquirirlos en

aquellos países con probada experiencia y calidad en su fabricación, cuando estos lo garanticen. El costo de un regulador estará dado en gran medida, por la precisión que tiene que mantener estables la frecuencia y la tensión. No obstante, es necesario acotar las tolerancias respecto del nivel de precisión, prestación y confiabilidad de los equipos reguladores para mantener estables la frecuencia (47-53 Hz), y la tensión (200-235 V). Los dos elementos a regular: frecuencia y tensión, varían según la calidad y prestación de los equipos, cuanto mayor es su calidad, menor es la diferencia con los valores nominales de frecuencia y tensión (50 Hz, 220 V). Lo que un regulador de frecuencia y de tensión no debe permitir es que la tensión sobrepase los 230 V y que la frecuencia del generador se mantenga por debajo de los 50 Hz durante un tiempo prolongado. Ambas situaciones provocan daños en los artefactos electrodomésticos y sistemas de iluminación.

Para el diseño de reguladores, hay que tener en cuenta las variaciones del caudal del recurso hídrico. Si el recurso es variable y escaso en algunas temporadas (períodos de sequías), el regulador deberá ser del tipo de flujo variable debido a que habrá que poder economizar agua en los períodos de seca. Los responsables de iniciar el desarrollo de proyectos con microturbinas en una región, tendrán que evaluar si desarrollan sus propios reguladores o si en la primera etapa, se adquieren de otros proveedores. En este caso particular, de los reguladores y generadores, es aconsejable, colocar lo mejor

que se disponga en plaza en los primeros proyectos y luego, sobre la base de esta experiencia, considerar la posibilidad de desarrollarlos localmete, adaptándolos a los requerimientos de los proyectos de minicentrales hidroeléctricas.

Sistemas de protección.

Los sistemas de protección del tablero de salida de la sala de máquina, de los transformadores de alta tensión y de las líneas de transmisión, son los que se utilizan, generalmente, en este tipo de instalaciones. Como protección en el tablero, es importante la instalación de llaves termoeléctricas automáticas y luego fusibles calibrados. En algunos casos, para abaratar el costo del tablero no se coloca esta protección y solamente se dispone de la protección de los fusibles. Esta situación se agrava cuando por falta de fusibles calibrados se coloca cualquier cable de mayor diámetro que no protegerá adecuadamente al generador en caso de cortocircuito.

Un problema principal de las protecciones puede ser debido a la gran cantidad de descargas eléctricas durante las tormentas. En regiones de muchas descargas eléctricas, es fundamental para una buena protección de los equipos, instalar buenas conexiones a tierra, principalmente en la línea trifásica de baja tensión en la entrada de la sala de máquina, y en las zonas pobladas, que permite conectar la línea directamente a tierra hasta que desaparezcan las

descargas. La medida eléctrica para determinar si una conexión a tierra es buena, se mide en ohm, y su valor no debe superar los 10 ohm.

Para una mejor protección de las instalaciones eléctricas de la sala de máquina y de las estaciones transformadoras, es conveniente colocar un conductor denominado hilo de guardia o neutro en la parte superior de los postes, con una bajada y conexión a tierra en cada soporte y a una distancia de 100 m ó 200 m, de lo que se pretende proteger. Todas las líneas deben tener descargadores eléctricos en las bajadas de los transformadores y a la salida de la sala de máquina. En la sala de máquina se deberán unir todos los elementos metálicos a una sola tierra.

Además de colocar los tradicionales pararrayos de alta y baja tensión. En la salida de la sala de máquina, se acostumbra encintar con plomo, aluminio u otro material, al cable de entrada, en una longitud de dos o tres metros. Se conecta el mismo a una puesta a tierra independiente del sistema utilizado dentro de la sala de máquina. Esto hace que la descarga se derive a tierra y no penetre a la sala de máquina. También es conveniente conectar la tubería forzada a tierra en varios puntos de su recorrido.

En las líneas de baja tensión y especialmente cuando existen varios ramales de distribución, es conveniente la colocación de fusibles calibrados

según las cargas de cada ramal. Esto evitará que por problemas en las instalaciones de un usuario, los demás se queden sin electricidad. Los fusibles de protección de alta tensión deben ser de buena calidad con el fin de evitar su accionamiento por efecto de pequeñas descargas eléctricas. Es sumamente importante, que no se coloquen fusibles de mayor capacidad que los que están indicados en la placa de los transformadores o generadores. Puede suceder que ante la falta de repuestos, se coloque lo que se tiene, con las consecuencias que se presentan cuando los generadores o transformadores son recargados sobre su potencia nominal.

Las protecciones o fusibles en las viviendas rurales deberán estar adecuadamente calibradas o reguladas de tal manera, que no permitan una carga superior a la estipulada para cada vivienda, por ejemplo, la instalación de llaves termomagnéticas de 6 A como elemento de protección.

2.11.7 PRUEBAS DE CALIDAD DEL AGUA

Para determinar la calidad del agua se controlan tres tipos de indicadores:

Indicadores físico-químicos. Se refiere a la composición de las aguas y sedimentos, la presencia de contaminantes, etc. Permiten detectar contaminación persistente, pero no vertidos esporádicos o diluidos.

- Indicadores hidrológicos y morfológicos. Incluye aspectos tales como las extracciones de agua y el mantenimiento de caudales ecológicos, la presencia de barreras, y el estado del bosque de ribera.
- Indicadores biológicos. Hace referencia a las características de las comunidades de peces, invertebrados, vida vegetal asociada, etc., que son indicadores por sí mismos del estado del ecosistema acuático y además sirven para el control de la contaminación.

Entre las principales cargas contaminantes del agua están las siguientes:

Contaminación por nutrientes.

El nitrógeno total (N) y el fósforo total (P), se consideran los nutrientes más importantes, cuyas concentraciones en agua se incrementan notablemente debido a las actividades humanas. Unos niveles altos de nutrientes en el agua originan el proceso de eutrofización del agua, con una acelerada desoxigenación. La mayor parte del nitrógeno se encuentra en forma de nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$) y amonio ($\text{NH}_4\text{-N}$). La principal fuente de nitratos en el agua es la contaminación difusa procedente de la agricultura. El nitrógeno en exceso puede causar crecimiento excesivo de plantas acuáticas y algas, las cuales pueden tapar las entradas de agua, usar el oxígeno disuelto a medida que se van pudriendo y bloquear la luz que llega hasta las aguas profundas.

El impacto medioambiental de la contaminación por nitratos no resulta tan dañino como el debido al amonio o al fósforo. La presencia de amonio en los ríos procede normalmente de los efluentes de las redes urbanas de

saneamiento y depuración o de la escorrentía. La carga de fósforo generalmente aumenta con la actividad humana existente sobre la cuenca. Los detergentes son las principales fuentes de fósforo en las aguas residuales urbanas, mientras que en las aguas procedentes de la industria, los mayores contaminantes proceden de las fábricas de fertilizantes fosfatados.

Metales pesados.

La contaminación por metales pesados en los cursos fluviales tiene su origen principalmente en las industrias. Otras fuentes importantes son los efluentes urbanos, la escorrentía y la deposición atmosférica. Los metales pesados son el mercurio, el cadmio y el plomo. También se deben tener en cuenta por su amplia utilización el zinc y el cobre, si se presentan en cantidades excesivas, ya que el agua puede participar en reacciones de oxidación y de reducción.

El agua puede ser un donante de electrones; esto se llama un agente de reducción. El tipo de reacción donde un compuesto toma electrones se llama una reacción de oxidación. El aceptador de electrones se llama el oxidante. El oxígeno es originado generalmente durante tales reacciones. El agua puede también actuar como aceptador de electrones, un oxidante. El tipo de reacción donde un compuesto acepta electrones se llama una reacción de reducción. En esta reacción, el zinc es un donante de electrones; el zinc es el agente de reducción. El cobre es el agente que oxida, porque el cobre es el aceptador de electrones.

La calidad del agua se puede determinar por un número de análisis cuantitativos en el laboratorio, de las siguientes características del agua:

El PH en el Agua.

El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado el número de iones de hidrógeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la cual en el medio, es decir 7 la sustancia es neutra. Los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 indica que es básica. Cuando una sustancia es neutra el número de los átomos de hidrógeno y de oxhidrilos es igual. Cuando el número de átomos de hidrógeno (H+) excede el número de átomos del oxhidrilo (OH-), la sustancia es ácida. Esto es la escala de pH :

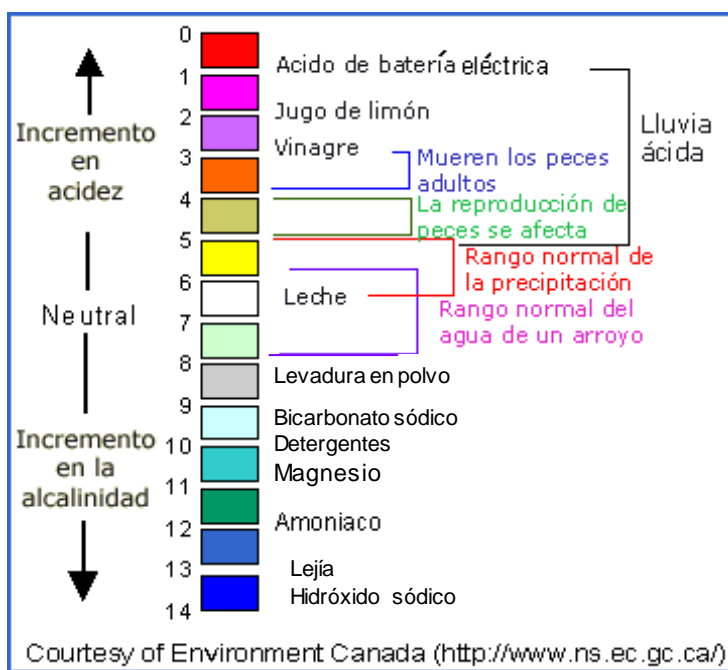


Figura 2.42 – Escala del pH.

El análisis del nivel de pH en las fuentes de agua, tiene como finalidad prevenir el efecto de costras en las tuberías, así como la corrosión en los equipos electromecánicos de la planta hidroeléctrica. El nivel de pH se puede determinar con varios métodos de análisis, tales como indicadores del color, pH-papel o pH-metros.

Sólidos Totales.

Los sólidos totales (ST) son la suma de todos los sólidos disueltos y suspendidos en el agua. Cuando el agua se analiza para los ST se seca la muestra y el residuo se pesa después. Los ST pueden ser tanto las sustancias orgánicas como inorgánicas, los microorganismos y partículas más grandes como la arena y arcilla.

Conductividad eléctrica.

La conductividad significa la conducción de la energía por los iones. La medida de la conductividad del agua puede proporcionar una visión clara de la concentración de iones en el agua, ya que el agua es naturalmente resistente a la conducción de la energía. La conducción se expresa en Siemens y se mide con un conductímetro o una célula.

Contaminación microbiana.

La contaminación microbiana, es la contaminación por los organismos que tienen la capacidad de reproducirse y de multiplicarse, y los organismos que no pueden hacerlo. La contaminación microbiana puede ser la contaminación por las bacterias, esta se cuantifica mediante una medida de la población bacteriana, que es expresada en Unidades Formadoras de Colonias (UFC). Otra contaminación microbiana es la contaminación por pirogen. Los Pirogenes son los productos bacterianos que pueden inducir fiebre en animales de sangre caliente.

Después de bacterias y de pirogen, las aguas se pueden también contaminar por los virus. Los análisis también se pueden hacer por medidas del carbón orgánico total (COT) y por la demanda biológica y química de oxígeno. La DBO es una medida de la materia orgánica en el agua, expresada en mg/l. Es la cantidad de oxígeno disuelto que se requiere para la descomposición de la materia orgánica. La prueba de la DBO toma un período de cinco días. La DQO es una medida de la materia orgánica e inorgánica en el agua, expresada en mg/l es la cantidad de oxígeno disuelto requerida para la oxidación química completa de contaminantes.

Dureza del agua.

La cantidad de calcio y magnesio disueltos en el agua determina su "dureza." La dureza del agua varía de acuerdo a cada región geográfica. El magnesio varía en forma típica entre 10-50 mg/l (aproximadamente 40-200 mg/l como CaCO_3). En el agua de mar, la concentración de magnesio es aproximadamente 5 veces la del calcio en base equivalente. La producción de hidróxido de magnesio a partir del agua de mar es el punto de arranque en la preparación de magnesio. El magnesio es un componente primordial de muchos minerales, como la dolomita, magnesita y muchas variedades de arcilla.

Los iones de magnesio disueltos en el agua forman depósitos e incrustaciones en tuberías atascándolas, en el canal de conducción y la cámara de carga reduciendo su eficiencia, además de tener un efecto dañino en las maquinarias cuando el agua es dura, es decir, cuando contiene más minerales que un agua normal especialmente minerales de calcio y magnesio. El grado de dureza de una agua aumenta, cuanto más calcio y magnesio haya disuelto, esto se puede evitar con los ablandadores de agua.

La dureza de magnesio del agua es, por lo general, aproximadamente una tercera parte de la dureza total, siendo las dos terceras partes restantes dureza de calcio. Puesto que el carbonato de magnesio es bastante más

soluble que el carbonato de calcio, rara vez es un componente principal en las incrustaciones. Sin embargo, debe eliminarse junto con el calcio cuando se requiere agua blanda para estos procesos. Puede eliminarse mediante el ablandamiento con cal hasta un residuo de 30-50 mg/l como CaCO_3 en frío, ó 1-2 mg/l como CaCO_3 , en caliente. También se reduce por medio de intercambio iónico hasta menos de 1 mg/l como CaCO_3 .

Turbidez del agua - sólidos en suspensión.

Sedimento en suspensión, es la cantidad de tierra que se encuentra moviéndose en un arroyo y depende en gran parte de la velocidad del flujo del agua, ya que la rapidez de la corriente levanta y mantiene suspendida la tierra más que el flujo con velocidad menor. Durante las tormentas, la tierra se escurre de los bancos del río hacia el arroyo. La cantidad que se escurre dentro del río depende del tipo de tierra que se encuentre en la cuenca hidrológica y la vegetación alrededor del río. El sedimento que entra a un depósito de agua puede causar problemas; una vez que entra, no puede salir, la mayor parte del mismo se deposita en el fondo. Los depósitos pueden reducirse en tamaño debido a grandes acumulaciones de sedimento en el fondo, resultando en una área menor para navegar, pescar y la recreación, así como también se reduce su capacidad de generar energía para la planta productora en la represa.

Para conocer la calidad del agua, se determinan principalmente sus características fisicoquímicas a través de pruebas de laboratorio respecto a contenidos de Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio, Sulfatos, Cloruros, Nitratos, Nitritos, Sólidos Totales, Hierro, Manganeso, Carbonato y bicarbonato, Dureza Total, Sólidos suspendidos, Plomo en horno de Grafito, Coliformes fecales, etc. En el cuadro 2.9 se resumen las alteraciones físicas, químicas y biológicas que se estudian en el agua para determinar su calidad:

Cuadro 2.9 - Características fisicoquímicas y biológicas del agua.

Alteraciones físicas	Características y contaminación que indica
Color	<p>El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen.</p> <p>Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación</p>
Olor y sabor	<p>Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones. Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor.</p>
Temperatura	<p>El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales, también aumenta</p>

Alteraciones físicas	Características y contaminación que indica
	la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10°C y 14°C. Las centrales nucleares, térmicas y otras industrias contribuyen a la contaminación térmica de las aguas, a veces de forma importante.
Materiales suspensión	Partículas como arcillas, limo y otras, aunque no lleguen a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidalmente sólo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación (reunión de varias partículas)
Radiactividad	Las aguas naturales tienen unos valores de radiactividad, debidos sobre todo a isótopos del K. Algunas actividades humanas pueden contaminar el agua con isótopos radiactivos.
Espumas	Los detergentes producen espumas y añaden fosfato al agua (eutrofización). Disminuyen mucho el poder autodepurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana. También interfieren en los procesos de floculación y sedimentación en las estaciones depuradoras.
Conductividad	El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. La temperatura modifica la conductividad, las medidas se deben hacer a 20°C.

Alteraciones químicas	Contaminación que indica
pH	<p>Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO₂ disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo. La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO₂ formando un sistema tampón carbonato / bicarbonato.</p> <p>Las aguas contaminadas con vertidos mineros o industriales pueden tener pH muy ácido. El pH tiene una gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, actuación de los floculantes, tratamientos de depuración, etc.</p>
<p>Oxígeno disuelto (OD)</p> <p>Oxígeno disuelto (OD)</p>	<p>Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, septicización, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.</p>
<p>Materia orgánica biodegradable: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)</p>	<p>DBO5 es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Se mide a los cinco días. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuánto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas e ir comprobando cuál está siendo la eficacia del tratamiento depurador en una planta.</p>
<p>Materiales oxidables:</p>	<p>Es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales contenidos en el agua con un oxidante químico</p>

Alteraciones químicas	Contaminación que indica
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	(normalmente dicromato potásico en medio ácido). Se determina en tres horas y, en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales.
Nitrógeno total	<p>Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales. Su presencia en las aguas en exceso es causa de eutrofización.</p> <p>El nitrógeno se presenta en muy diferentes formas químicas en las aguas naturales y contaminadas. En los análisis habituales se suele determinar el NTK (nitrógeno total Kendahl) que incluye el nitrógeno orgánico y el amoniacal. El contenido en nitratos y nitritos se da por separado.</p>
Fósforo total	<p>El fósforo, como el nitrógeno, es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización.</p> <p>El fósforo total incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis químico.</p>
Aniones: cloruros nitratos	<p>indican salinidad</p> <p>indican contaminación agrícola</p>

Alteraciones químicas	Contaminación que indica
nitritos	indican actividad bacteriológica
fosfatos	indican detergentes y fertilizantes
sulfuros	indican acción bacteriológica anaerobia (aguas negras, etc.)
cianuros	indican contaminación de origen industrial
fluoruros	En algunos casos se añaden al agua para la prevención de las caries, aunque es una práctica muy discutida.
Cationes:	
sodio	indica salinidad
calcio y magnesio	están relacionados con la dureza del agua
amonio	contaminación con fertilizantes y heces
metales pesados	de efectos muy nocivos; se bioacumulan en la cadena trófica;
Compuestos Orgánicos	<p>Los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos.</p> <p>Los fenoles pueden estar en el agua como resultado de contaminación industrial y cuando reaccionan con el cloro que</p>

Alteraciones químicas	Contaminación que indica
	se añade como desinfectante forman clorofenoles que son un serio problema porque dan al agua muy mal olor y sabor.
Alteraciones biológicas del agua	Contaminación que indican
Bacterias coliformes	Desechos fecales
Virus	Desechos fecales y restos orgánicos
Animales, plantas, microorganismos diversos,	Eutrofización

Los elementos contaminantes contenidos en el agua que son corrosivos para el equipo turbogenerador, se evitarán con tratamientos previos para su eliminación hasta las tolerancias permitidas.

2.11.8 RETORNO DEL CAUDAL DE EXTRACCION AL REGIMEN DE FLUJO NORMAL AGUAS ABAJO

El canal de descarga, a la salida de la casa de máquinas, constituye el último componente de la obra civil de la minicentral hidroeléctrica, y cuya característica más importante es la de servir de desfogue o conducción de las aguas turbinadas hacia el punto de descarga en el mismo cauce del recurso utilizado como fuente energética para la minicentral hidroeléctrica. Este puede ser abierto, de sección comúnmente trapezoidal, construido con mampostería de piedra o concreto, o bien por medio de una tubería de PVC que desemboque

en el río. Normalmente tendrá las mismas características que los canales de conducción, en cuanto a secciones y características hidráulicas y su pendiente podrá ser entre 1% a 2 % requiriendo revestimiento, diseñándose lo más corto posible para minimizar costos de construcción y de mantenimiento. Cabe hacer notar, que el agua del rebose del tanque de carga donde se recolecta el caudal que conduce la canaleta (canal de conducción), también es conducido por una tubería apropiada o canaleta apropiada, según se haya previsto, cuya agua también es conducida al cauce natural; reintegrándose en su totalidad al río el caudal de la extracción, que inicialmente fue hecha en la bocatoma.

2.12. COSTO Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Ya que se tienen identificadas todas las actividades a realizar para desarrollar el proyecto, se hace para cada una de estas un desglose de cantidades de material con los costos existente en plaza, así como la mano de obra (calificada, no calificada), herramienta y maquinaria a utilizar, la suma de estos costos conforman el costo total de cada actividad. Al terminar de analizar cada actividad, se coloca un cuadro resumen del monto por actividad, con el cual se efectúa la suma de cada una de ellas para obtener el monto total, este monto será colocado en el cuadro resumen del presupuesto. Así mismo, se presenta una hoja con los volúmenes de obra a desarrollar, la cual serviría como término de referencia si se decide licitar la ejecución de la obra.

El presupuesto total del proyecto, además de los costos anteriores, incluye igualmente todos los gastos que demande la asistencia organizativa y capacitación, así como las acciones de monitoreo y evaluación. Siendo tan variadas las contingencias de toda índole que se pueden presentar e incidir negativamente sobre la marcha del proyecto, convendrá contemplar un margen considerable (no menor que 10%) para imprevistos, resumiendo así el costo total para la realización del proyecto.

Para el trabajo con los futuros usuarios y operadores de una microcentral hidroeléctrica, es necesario un presupuesto que incluye los gastos por: reuniones, gestiones, trámites, actividades educativas, de información y capacitación en el marco de una planificación sistemática y documentación del trabajo. Por lo general, se omite en los presupuestos la previsión de este tipo de gastos, se privilegia la compra de materiales y equipos técnicos, y se descuida la capacitación social y técnica en las comunidades que son sujeto de desarrollo. También habrá que considerar cualquier aporte de la comunidad, Alcaldía Municipal, ONG, Gobierno, etc.. Si la comunidad aportará mano de obra, su monto será estimado e incluido como aporte propio al proyecto, y no como parte de la solicitud de financiamiento.

2.13. TASA DE PAGO POR CONSUMO

Este tipo de proyecto es de carácter social, sin fines de lucro, cuyo objetivo es promover el desarrollo social en comunidades rurales, que son de

escasos recursos, requiriendo financiamiento externo para su desarrollo. En ese sentido, la tasa de pago por consumo es un factor que se determina a través de un análisis de factores socioeconómicos, tales como:

- Población. Número de familias, distribución por actividades, niveles de ingreso, nivel cultural, etc. Tipificación de posibles niveles de satisfacción de necesidades energéticas.

- Información histórica sobre crecimiento (o estancamiento); migraciones.

- Previsiones de crecimiento (tasas), previsión de elevación de los índices de requerimientos energéticos (tasas).

- Actividades económicas. Descripción de actividades productivas y de apoyo existentes.

- Impacto económico. Potencial de la zona. Identificación de proyectos en actividades.

- Transportes Y Comunicaciones. Sistemas de transporte (personal y carga); carreteras, correo, telecomunicaciones, etc. .

- Servicios de agua potable, desagüe, disponibilidades de energía; comercio.

- Educación. Escuelas y actividades culturales; necesidades educacionales y sus requerimientos energéticos específicos.

- Descripción física de la localidad. Ubicación geográfica, distancia, descripción física (calles, distancias, tipos de construcción, etc.) .

Para evaluaciones preliminares o cuando se tiene limitada información socioeconómica sobre la población, especialmente en cuanto al tamaño promedio de las familias, es conveniente utilizar índices de requerimientos de capacidad instalada por habitante, cuya magnitud depende de:

- Nivel socioeconómico y cultural de la población.
- Tamaño promedio de las familias.
- Usos de la energía servida

Para el caso particular de poblaciones aisladas con bajo nivel de desarrollo socioeconómico los requerimientos se sitúan entre 30 watt/habitante, hasta 100 Watt/habitante. Sin embargo, empíricamente, se estima aceptable, 50Watt/habitante. Cuando se dispone de mayor información socioeconómica es más racional utilizar indicadores por unidad familiar o residencia. Un valor mínimo sería del orden de 250 Watt/vivienda, pudiendo considerar valores mayores del orden de 500 Watt/vivienda, ante la necesidad de cubrir un déficit con escasos recursos.

Al cubrir el mayor número de personas al menor costo, las comunidades con mayor población y más concentradas pueden ser priorizadas frente a las que presentan en menor proporción estas características. Esto, porque efectivamente el costo unitario de instalación por hogar, de cualquier alternativa de abastecimiento eléctrico, crece con la distancia. De tal forma que, el uso más

frecuente de energía eléctrica en las localidades rurales en que se ha instalado la electricidad es por vivienda y corresponde a la iluminación y el funcionamiento de aparatos como planchas, lavadoras, radios y televisores. El consumo en la comunidad completa puede resultar más alto que la agregación de los consumos familiares, en la medida que se incorporen las potenciales actividades de desarrollo de la comunidad, las cuales se prevee que estén sujetas a las correspondientes regulaciones.

El potencial consumo de energía eléctrica en la zona. Para esto, lo que resulta menos costoso es homologar el consumo de alguna localidad con características socioeconómicas similares dentro o fuera de la zona identificada. Los criterios para seleccionar una localidad representativa a la cual se le pueda asociar un consumo son principalmente: los niveles de ingreso familiares y la actividad productiva preponderante en la comunidad. Estas características de comparación con la localidad beneficiada respecto al proyecto, se prevee que consumirá más o menos la misma cantidad de KW/h, y a un precio equivalente a aplicar.

El desarrollo de los proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico en comunidades rurales, principalmente, es con el fin de suministrar energía eléctrica para iluminación de viviendas, pero es inevitable que se utilicen electrodomésticos y la aparición de pequeños comercios, tales como: tiendas,

molino, sastrería, carpintería, etc.; por lo cual es necesario establecer los períodos de funcionamiento diario del sistema de generación de energía, para que estos no recarguen las horas pico cuando haya mayor consumo de energía en la comunidad. Es así, que hay que hacer un estudio sobre la forma de uso y de pago por consumo de los pequeños comercios, pudiendo haber, inicialmente, un subsidio como forma de promover el comercio como fuente de trabajo. La tarifa de pago a establecer en la comunidad puede ser por cuota fija (Tarifas planas) o cuotas variables como se explica a continuación.

2.13.1 CUOTA FIJA

Es cuando cada usuario paga un monto único, independiente del consumo, por cada foco instalado y por la utilización de cada electrodoméstico, costo que se asigna previo estudio de costos por créditos y mantenimiento del proyecto, considerando la capacidad de pago que tenga la comunidad, y los subsidios que tenga el proyecto.

En la comunidad La Chacra el cobro se hace por cuota fija, estableciendo US \$0.57 de dólar por foco instalado y US \$0.98 por electrodoméstico como plancha radio o televisor. Con lo recaudado se pagan los costos de mantenimiento, para reparaciones del equipo electromecánico de la microcentral hidroeléctrica, la cual cuentan con el apoyo de la ONG SABES

(Saneamiento Básico y Educación Sanitaria) con la que conjuntamente realizaron el proyecto.

2.13.2 CUOTA VARIABLE

Se refiere al caso en el que cada usuario paga el servicio eléctrico, de acuerdo a su consumo; para esto, se requiere el uso de medidores en cada casa u otro mecanismo para medir la cantidad de kw/hora que consume por el valor unitario de este.

2.14. IMPACTO AMBIENTAL

Parte del proceso de gestión de aprobación para el desarrollo de pequeños proyectos de aprovechamientos hidroeléctricos en pequeños ríos, es el permiso ambiental extendido por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, éste evalúa los resultados del Estudio de Impacto Ambiental que se le hacen al proyecto, el cual refleja el tipo de impactos ambientales, ya sea positivos o negativos.

- Estudio de Impacto Ambiental. Instrumento de diagnóstico, evaluación, planificación y control, constituido por un conjunto de actividades técnicas y científicas realizadas por un equipo multidisciplinario, destinadas a la identificación, predicción y control de los impactos ambientales, positivos y negativos, de una actividad, obra o proyecto, durante todo su ciclo vital, y sus

alternativas, es presentado en un informe técnico realizado según los criterios establecidos legalmente por el titular del proyecto que será sometido a calificación, propiamente y a información pública.

- Declaración de Impacto Ambiental. Es la calificación que para efectos ambientales hará el órgano competente sobre la conveniencia o no de realizar el proyecto y, en caso afirmativo, fijará las condiciones en que deba realizarse. Tiene carácter público, es decir, que a través de su publicación, tres veces, en el Diario oficial y en los principales diarios del país para el conocimiento de la ciudadanía.

- Evaluación de Impacto Ambiental. Es el proceso o conjunto de procedimientos, que permite al Estado, en base a un estudio de impacto ambiental, estimar los efectos y consecuencias que la ejecución de una determinada obra, actividad o proyecto puedan causar sobre el ambiente, asegurar la ejecución y seguimiento de las medidas que puedan prevenir, eliminar, corregir, atender, compensar o potenciar, según sea el caso, sobre impactos provocados.

El Estudio sometido a información pública contendrá al menos los siguientes datos:

- Descripción general del proyecto y exigencias previsibles en el tiempo, en relación con la utilización del suelo y otros recursos naturales.

- Evaluación de los efectos previsibles directos e indirectos del proyecto sobre la población, la fauna, la flora, el suelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el paisaje y los bienes materiales, incluido el patrimonio histórico-artístico y el arqueológico.
- Medidas previstas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales negativos significativos. Posibles alternativas existentes a las condiciones inicialmente previstas en el proyecto.
- Resumen del estudio y conclusiones en términos fácilmente comprensibles. Informe, en su caso, de las dificultades informativas o técnicas encontradas en la elaboración del mismo.
- Programa de vigilancia ambiental.

Los impactos a considerar resultantes del desarrollo de un proyecto de minicentral hidroeléctrica, se pueden dar en tres etapas:

1) Impactos en la fase de construcción.

La mayor parte de los impactos producidos durante la fase de construcción de una minicentral son comunes a los asociados a la construcción de infraestructuras dentro del medio rural. Por ejemplo, para facilitar el acceso de la maquinaria y materiales, necesarios para la construcción de la obra, suele ser necesario el acondicionamiento o nueva apertura de caminos o pistas de acceso. De estas obras se derivan impactos como la posibilidad del aumento de la erosión, y el subsiguiente aumento del aporte de materiales finos al río, a consecuencia de la exposición de los taludes o de deslizamientos por

inestabilidad de los mismos, la corta de vegetación en la traza del camino (especialmente cuando discurre por las riberas, que suelen sustentar una vegetación singular dentro de la cuenca) o la fragmentación del hábitat de algunas especies terrestres.

El arreglo de los caminos facilita el acceso en vehículo hasta las inmediaciones de la minicentral, lo que puede llevar a un aumento de la presencia humana y de los impactos que de ella se deriva, dado que muchas de estas instalaciones se encuentran situadas en parajes recónditos y bien conservados. Puede ser necesaria la apertura de nuevas canteras o la ampliación de las existentes para suministrar materiales pétreos (piedra, arena, grava, limos arenosos o tierra blanca), y se origina un volumen de tierras y escombros de desecho que han de ser trasladados a botaderos autorizados.

2) Impactos en la fase de funcionamiento.

Es conveniente tener la imagen del río como un continuo estructurado en la dirección de la corriente en el que los flujos de energía, nutrientes y sedimentos, originados en la cuenca receptora y modificados por las comunidades bióticas, interactúan con los ecosistemas situados aguas abajo. Las conexiones verticales con el medio hiporréico y los acuíferos, y las laderas con la ribera y la llanura de inundación, completan una compleja estructura multidimensional de intercambio de información, cronológica que se

reacomodará, una vez se concluyan las obras. Esto, constituirá una forma de impacto, el cual se procurará que sea mínimo.

Son muchos los factores físicos, químicos y biológicos que intervienen en configurar las características de un ecosistema fluvial, y rara vez actúan independientemente¹⁸. Reconociendo la importancia de las interacciones bióticas, sus cambios (cambios en la competencia, predación, etc.) y su influencia sobre los componentes biológicos del ecosistema. Petts (1984), propone jerarquizar los impactos originados por una presa sobre el tramo de río situado aguas abajo, reconociendo tres órdenes de impacto:

1) Impactos de primer orden, incluirían el efecto de barrera de la presa, la modificación del régimen de caudales, las modificaciones en el transporte de sedimentos, las variaciones en las características físico-químicas del agua y la alteración de los fenómenos de transporte de plancton. Estos impactos se manifiestan de forma simultánea con la construcción de la presa.

2) Impactos de segundo orden, resultan de la modificación de los impactos de primer orden de acuerdo con las condiciones locales en cada punto del río, y consisten en las modificaciones en la morfología del cauce y la composición del sustrato, y las variaciones en la composición y estructura de

¹⁸ Petts, 1984 Petts, G.E., 1984. Impounded rivers: perspectives for ecological management. Chichester, England, John Wiley and Sons, 326 p.

las comunidades de macrofitas y el perifiton. Estos impactos pueden requerir períodos entre 1 y más de 100 años para volver a llegar a un nuevo estado de "equilibrio".

3) Impactos de tercer orden, son los cambios producidos por los de primer y segundo orden, y afectan a la composición y estructura de las poblaciones de peces y macroinvertebrados. Estos impactos pueden tener lugar con un desfase considerable respecto a la puesta en funcionamiento de la presa. Entre tanto, pueden manifestarse varias fases de ajuste en estas comunidades, en respuesta, principalmente, a los impactos de segundo orden. Cuya magnitud es variable en función, principalmente, del tamaño de la presa y de la forma en que se manipula el régimen de caudales. En presas de pequeño tamaño y con una modificación importante del régimen de caudales, así mismo para microcentrales hidroeléctricas, los impactos derivados del efecto barrera y de la modificación del régimen de caudales predominan sobre el resto de los de primer orden. Los factores de impacto al considerarlos de forma aislada, puede dar una visión incompleta de la realidad; de igual forma, la consideración aislada de los efectos de una minicentral cuando se plantean múltiples proyectos de aprovechamiento en una cuenca, puede infravalorar el impacto conjunto; por ejemplo, cuando existen varias pequeñas presas en un tramo de río, su influencia sobre los procesos de transporte de material y por ende sobre la morfología del cauce no debería ser menospreciada.

Para completar el estudio de los impactos originados durante la fase de funcionamiento de la minicentral hidroeléctrica, una vez analizados independientemente los factores de primer orden y su repercusión sobre los de orden superior (cuyos efectos se manifiestan principalmente aguas abajo de la presa), se procederá a estudiar los impactos generados aguas arriba del vaso del embalse, los generados por el funcionamiento de las infraestructuras asociadas, y los derivados del mantenimiento de las instalaciones.

- Efecto de barrera.

Uno de los efectos de la colocación de las presas, es el de crear una barrera con inundación aguas arriba de este punto en un tramo previsto, hasta donde llegara la curva de remanso. Esto afecta no sólo a peces, sino también a otros grupos ligados a los ecosistemas fluviales. Las presas construidas para el aprovechamiento hidroeléctrico constituyen, si no se adoptan medidas de restauración adecuadas, un obstáculo insalvable en la mayor parte de los casos. Para el caso en el que se analiza el efecto de un obstáculo sobre las poblaciones de peces, hay que tener en cuenta los siguientes factores: 1) La capacidad de franqueo de las especies afectadas, y 2) Las características del propio obstáculo, y su variación con el régimen de caudales.

La temperatura del agua tiene una incidencia muy importante en la capacidad de franqueo de obstáculos por parte de un pez, al afectar tanto a su metabolismo como a las características físicas del agua (viscosidad).

Características del obstáculo y el régimen de caudales. Están asociados con que su altura sea franqueable o no, dependen de las condiciones hidrodinámicas al pie del obstáculo (velocidad y profundidad del agua, configuración de los chorros de corriente, turbulencia, etc.) en relación con la capacidad de natación y salto de la especie en cuestión. Por ello, es muy importante su geometría respecto al caudal que circula por el río, particularmente en obstáculos de escasa altura, menores que 1m a 1.5 m. Es importante considerar la existencia de una lámina de agua suficiente en las paredes del azud como para permitir la natación del pez y la existencia de una poza a pie de obstáculo, con condiciones admisibles de turbulencia, en la que el pez pueda tomar impulso, o la inexistencia de cambios de pendiente a lo largo del perfil de la pared del azud. La falla en alguna de estas condiciones puede hacer infranqueable el obstáculo. Estas condiciones varían en función del caudal, por lo que obstáculos que por su naturaleza son franqueables durante una época del año (Por ejemplo: pequeños azudes en época invernal), pueden resultar no serlo en otras épocas (época de verano), o serlo sólo para determinadas especies o individuos de cierto tamaño. No se debe subestimar el impacto de estos obstáculos temporalmente infranqueables, por cuanto pueden

originar retrasos en las migraciones, obligando a los peces a permanecer en tramos de río poco adecuados, modificando la sincronía entre los fenómenos de migración y maduración sexual, o provocando heridas y estrés en los individuos que intentan repetidamente su franqueo en condiciones desfavorables.

En ausencia de dispositivos de corrección, el paso en sí del obstáculo ha de realizarse bien a través de vertederos en lámina libre u orificios de fondo en el azud (siendo preciso en ambos casos que circule caudal por ellos). Si los peces entran en el canal de conducción, durante el tránsito y a través de la turbina, los peces se someten pueden originar una mortalidad muy elevada, incluso absoluta, debido a choques con las partes fijas o móviles de la turbina, aceleraciones y deceleraciones abruptas, y variaciones muy grandes de la presión. Por esto, es necesario colocar rejillas que eviten la entrada de peces al canal de conducción hacia la cámara de carga y de esta a la turbina.

- Modificación del régimen natural de caudales aguas abajo del obstáculo.

Debido a que la producción hidroeléctrica tiene como principal objetivo satisfacer las máximas demandas de electricidad durante el consumo, caracterizadas por una marcada periodicidad horaria, diaria o semanal, esta última definida por una caída en la demanda durante los fines de semana, y otra interanual originada por algunos descensos atípicos en la demanda en ciertos días festivos del año.

Salvo en el caso de instalaciones cuyo funcionamiento tenga lugar en régimen fluyente, la disponibilidad del caudal y la carga precisados para generar energía hidroeléctrica se consiguen a costa de ciclos de embalse-desembalse en el azud o dique de la minicentral, que tienen como consecuencia inmediata la alteración del régimen natural de caudales aguas abajo del punto de incorporación del canal de descarga de la central. Así, se diferencian dos zonas afectadas de forma diferente en lo que se refiere al régimen de caudales, como sigue:

-Entre el azud o dique y la incorporación del canal de descarga. Esta zona se caracteriza por un caudal bastante constante, y en general inferior al que circula de forma natural por el río, pudiendo llegar a ser nulo. Este hecho es común tanto para las minicentrales que funcionen en régimen fluyente como para las que funcionan siguiendo un esquema de embalse-desembalse. Esto suele traducirse en una reducción del hábitat disponible total, y en la disminución de la diversidad del hábitat y de la profundidad media de lámina de agua del río aguas abajo, aumentando en proporción las zonas lénticas. Las condiciones de nivel de agua constante favorecen el establecimiento de las especies de ribera, arbóreas o arbustivas (árboles y arbustos), que van invadiendo progresivamente el cauce, en ausencia de las variaciones temporales de caudal a las que están más adaptadas las plantas herbáceas de ribera. La reducción o desaparición del caudal puede, además de dejar sin agua una importante superficie del cauce, afectando su comunicación con el medio

hiporréico. Esto se origina como resultado una fauna macroinvertebrada con muy baja diversidad de especies y densidades muy reducidas, haciéndose menos frecuentes aquellas especies propias de hábitats lóticos. La desaparición de las zonas lóticas puede reducir el hábitat de determinados estadios de desarrollo de los peces, y en particular puede afectar a la disponibilidad de frezaderos¹⁹.

-Aguas abajo de la incorporación del canal de descarga. Exclusivamente en el caso de las minicentrales que funcionan siguiendo ciclos de embalse-desembalse, se originan importantes variaciones de caudal con periodicidades de orden horario o diario. El efecto inmediato de estas modificaciones del caudal sobre el tramo de río afectado es una variación drástica, rápida y reiterada de las condiciones de velocidad del agua, la profundidad, y disponibilidad de refugios. Típicamente el tiempo empleado en pasar de la situación de no desembalse (o de mantenimiento de caudal mínimo, si existe) al caudal máximo que se turбина es de unos minutos, y suele venir únicamente limitado por consideraciones mecánicas y de aparición de fenómenos de golpe de ariete en las turbinas.

La vegetación de ribera se ve sometida a episodios periódicos de estrés hídrico, resultando favorecidas aquellas plantas más adaptadas a soportar

¹⁹ Lugares de depositación de huevos de los peces o anfibios al desovar.

variaciones en el nivel del agua. La exposición del lecho del cauce durante algunas horas o días puede provocar la destrucción del perifiton y las algas que viven sobre rocas (epilíticas) en la zona afectada, pero en el interior del cauce se puede producir un aumento del recubrimiento de gravas gruesas y bloques en las zonas de rápidos. En general, las modificaciones bruscas en el nivel del agua afectan notablemente al desarrollo de las algas, debido a la acción mecánica de la corriente. Las pautas de respuesta de las plantas acuáticas a la modificación periódica de caudales son variables, y muchas veces de carácter local, aunque generalmente se aprecian cambios en la cantidad y en la composición florística, en ocasiones ligada al aumento de la turbidez durante las descargas.

En cuanto a los cangrejos de río, los cangrejos juveniles son muy vulnerables a cambios en la profundidad del agua. Las variaciones diarias del agua en época estiva pueden forzar a los cangrejos a abandonar sus refugios en la zona de orilla, exponiéndolos a los depredadores. Por esto, resulta de gran importancia la determinación del caudal ecológico que debe garantizarse durante el funcionamiento de la microcentral hidroeléctrica, de forma que la fauna, flora y microflora no se vea grandemente afectada, sobre todo, en épocas secas.

Modificación de los procesos de transporte de material. En un tramo determinado de un río, la capacidad de transporte de material sólido es en función del caudal y de la velocidad del agua, esta última, relacionada con la pendiente del cauce. Esta capacidad define si en el tramo estudiado, predominan los procesos de erosión o sedimentación, y como consecuencia, cuáles son los tamaños del sustrato más frecuentes que hay en el cauce.

Cuando se construye una presa, la velocidad del agua en el vaso del embalse decrece notablemente, disminuyendo su capacidad de transporte, lo que produce una sedimentación neta de partículas finas. En la zona situada entre el azud y la incorporación del canal de descarga, la disminución de carga sólida transportada generalmente va acompañada de una importante disminución del caudal, que da lugar a una deposición neta de sedimentos finos, que recubren el fondo del lecho; así mismo la disminución en la velocidad del agua, su profundidad y el tamaño medio de las partículas que favorecen la instalación de algas y plantas acuáticas, pueden llegar a invadir completamente el cauce del río. Esto aumenta aún más los procesos de sedimentación de partículas finas; las algas y plantas acuáticas actúan como trampas de sedimentos, al disminuir la velocidad del agua en su entorno. El depósito de sedimentos finos sobre las gravas y gravillas origina una disminución notable de los espacios intersticiales y disminuye la circulación del agua en ellas, lo que puede llevar a condiciones de anoxia. Estas circunstancias originan un

considerable empobrecimiento en la fauna (peces, cangrejos, etc.), tanto en densidad como en riqueza de especies. Los recursos alimenticios disponibles para otros estadios de desarrollo de los peces también se ven afectados por la reducción en la diversidad y densidad del macrobentos.

Aguas abajo de la incorporación del canal de descarga de la minicentral, los caudales pueden ser comparables en magnitud a los existentes de forma natural, y dado que la carga sólida ha disminuido en el embalse, se desencadena una erosión neta. La erosión en las orillas puede eliminar parte de la vegetación riparia, así como afectar a las poblaciones de macroinvertebrados que las utilizan como refugio y lugares de alimentación, como es el caso de los cangrejos, y a los peces, que también las emplean como refugio. Los sedimentos erosionados se depositarán posteriormente aguas abajo. Uno de los lugares más frecuentes para la deposición es en las cercanías de la desembocadura de tributarios. Como consecuencia de la disminución del nivel de base en el curso principal por la erosión, se pueden iniciar procesos de erosión remontante en estos tributarios.

Modificación de las características físico-químicas del agua. El volumen relativamente pequeño de agua que está contenido en una sección de un río, unido a la turbulencia del flujo y a la gran proporción existente entre volumen de agua y superficie en contacto con la atmósfera, da lugar a que en los ríos la

temperatura del agua varíe con rapidez, de acuerdo con las condiciones meteorológicas. Sin embargo, el mayor tiempo de residencia del agua en un embalse aumenta la importancia de los procesos de almacenamiento de calor retenido en ella. En climas con estaciones marcadas, y debido a que la densidad del agua varía en función de la temperatura (aumentando conforme disminuye la temperatura hasta los 4° C, y disminuyendo a partir de este valor), se producen una serie de procesos físicos-químicos que originan un patrón estacional de mezcla y estratificación en la columna de agua.

Esta estratificación se representa en una columna de agua y se origina de la siguiente forma: en la época de verano, conforme la temperatura de la superficie del agua aumenta, se desarrolla un marcado gradiente de temperatura en la columna de agua, que llega a generar dos capas diferenciadas. La capa superior, denominada epilimnion, se caracteriza por temperaturas superiores a la de la capa inferior, "flotando" sobre ésta en virtud de su menor densidad. La turbulencia inducida por el viento genera unas condiciones físico-químicas muy homogéneas en esta capa. Sin embargo, esta turbulencia no genera suficiente fuerza para vencer la resistencia a la mezcla existente entre la capa superficial y la profunda. La presencia entre ambas capas de una zona intermedia, denominada termoclina, y caracterizada por un fuerte descenso de temperatura (usualmente entre 1°C/m y 2°C/m), asociado al aumento en la densidad del agua, previene la circulación del agua entre ellas.

La capa inferior, o hipolimnion, se caracteriza por temperaturas relativamente bajas, presentando un gradiente de temperatura bastante menos marcado que el de la termoclina.

Durante el invierno, la caída de las temperaturas atmosféricas origina descensos en la temperatura del agua del epilimnion, cuya densidad aumenta, hasta llegar a un momento en que los procesos de turbulencia originados por el viento bastan para llegar a romper la estratificación existente, llegándose finalmente a un estado de mezcla en que la temperatura se mantiene prácticamente constante en toda la profundidad de la columna de agua.

La estratificación origina una serie de cambios en las características físico-químicas del agua, cuya importancia depende de las tasas de renovación del agua y cómo tiene lugar ésta, y del grado de actividad biológica. El fitoplancton prolifera en el epilimnion, por lo que en éste se mantienen elevados niveles de oxígeno disuelto durante todo el año. La luz, sin embargo, no alcanza las zonas profundas del hipolimnion. Debido a la descomposición del plancton, que cae desde las capas superiores, y a la presencia de bacterias heterótrofas, el contenido en oxígeno disuelto del agua va disminuyendo, pudiendo llegar a agotarse completamente en todo el hipolimnion, al no existir intercambio con las capas superiores ricas en este gas. Los procesos de descomposición tienen lugar en un ambiente anaerobio, generando metano, ácido sulfhídrico y amonio.

La conductividad eléctrica y la alcalinidad aumentan, como también lo hacen los ortofosfatos, y el PH decrece, pudiéndose llegar a solubilizar hierro y manganeso de los sedimentos. En definitiva, las características físico-químicas del agua del hipolimnion difieren notablemente de las del epilimnion.

Las descargas de fondo desde un embalse estratificado, caracterizadas por una disminución importante en el seston y una mayor riqueza en nutrientes, originan comunidades de macroinvertebrados menos diversas. Las sueltas de agua anóxica (sin oxígeno disuelto), con la presencia de compuestos que pueden resultar tóxicos para los macroinvertebrados, como el amonio o el ácido sulfhídrico, o el hierro y manganeso a concentraciones elevadas tienen como resultado así mismo una reducción en la riqueza del macrobentos. El agua de estas características puede originar mortandades también entre los peces, aunque el principal efecto negativo para éstos proviene de la disminución de los recursos alimenticios disponibles debido al empobrecimiento del macrobentos.

En el caso de las minicentrales, con escasos tiempos de retención y con vasos de embalse relativamente someros, la estratificación estival es rara. Sólo cuando esta profundidad es superior a los 6m a 8 m, o cuando la forma geométrica de la cubeta del embalse favorece la estratificación (en función de su relación entre volumen y profundidad, su exposición a los vientos dominantes, etc.), pueden tener importancia los fenómenos antes descritos. Si puede ser importante, sin embargo, la modificación de temperatura que se

produce por el hecho del almacenamiento del agua en el embalse (con independencia de que éste llegue a estratificarse), amortiguando las temperaturas máximas y mínimas, limitando las fluctuaciones estacionales y desplazando en el tiempo los máximos de temperatura, los fenómenos pueden tener un efecto particularmente importante sobre los mecanismos que regulan la emergencia de larvas. En el caso de los peces, la temperatura del agua puede actuar en muchos casos como factor limitante, pudiendo afectar especialmente al éxito reproductor y al metabolismo de las especies originalmente presentes en el tramo. La influencia de las modificaciones de temperatura tiene mayor importancia en función de la posición del azud o dique en la cuenca, siendo mayor cuanto menores sean los volúmenes embalsados respecto a la aportación anual.

Las descargas a través de las turbinas operando a baja potencia, o por los aliviaderos de superficie durante las avenidas, pueden producir sobresaturación de nitrógeno y oxígeno disuelto en el agua. Los efectos de la enfermedad de las burbujas, originada por la exposición a estas condiciones, pueden originar mortandades importantes en los peces y afectar a los macroinvertebrados²⁰.

²⁰ Beiningen y Ebel, 1970; MacDonald y Hyat, 1973; Weitkamp y Katz, 1980.

Efectos en el vaso del embalse y aguas arriba del mismo. La modificación del hábitat que tiene lugar en el vaso del embalse es drástica, pues consiste en la desaparición completa del ecosistema fluvial, que es reemplazado por un hábitat léntico. En el caso de las minicentrales que funcionan siguiendo ciclos de embalse-desembalse, este hábitat presenta como característica adicional las frecuentes oscilaciones en el nivel del agua. Habitualmente, debido a la escasa altura de presa, la longitud del tramo afectado no es muy grande²¹. En cuanto a los peces, desaparecen las zonas de reproducción de las especies reófilas, y se favorece el desarrollo de comunidades basadas en especies con mayor tolerancia por las aguas lénticas. La escasa extensión del vaso del embalse de una minicentral restringe el desarrollo de comunidades específicas de embalses, siendo lo más frecuente el mantenimiento de la comunidad original, aunque pueden producirse modificaciones en las abundancias relativas y la estructura poblacional.

-Impactos derivados del mantenimiento

Durante la etapa de funcionamiento de la minicentral se hacen precisas operaciones de mantenimiento, destinadas a mantener en condiciones operativas los mecanismos hidráulicos. Estas operaciones, generalmente, consisten en la retirada de sedimentos finos, tanto del vaso del azud como de las estructuras dispuestas, en los canales de derivación para capturar estos

²¹ Lo define en todo caso la longitud de la curva de ramazo calculada hasta donde ella desaparece, y la superficie del agua fluyente se normaliza uniformemente.

sedimentos. La periodicidad con que se llevan a cabo el mantenimiento es variable, y dependiente sobre todo de la carga de sedimentos que el río aporta. En general, se suele realizar al menos una limpieza anual de los canales de derivación, mientras que la del vaso del azud se realiza a intervalos plurianuales, o en ocasiones no se realiza. Mientras que la limpieza de los canales puede realizarse manualmente, empleando desagües previstos al efecto, o mediante el empleo de maquinaria, la limpieza del azud suele implicar la realización de sueltas de lodo acumulado en el fondo.

En ambos casos, el resultado de las operaciones es el aumento del aporte de sedimentos finos al río, lo que origina un aumento temporal de la turbidez y la consiguiente sedimentación en aquellos lugares donde la corriente pierde capacidad de transporte, con las consecuencias ya explicadas. Es importante la época en que se llevan a cabo estas operaciones de limpieza, puesto que (especialmente para la limpieza del vaso del azud) se suele aprovechar la época seca, en la que es más fácil entrar al río, pero también cuando existe menor caudal de dilución y transporte para el vertido originado, y por tanto, se genera mayor impacto. En algunos casos se procede a la extracción del vaso de los sedimentos depositados y su transporte a vertederos.

-Impactos en la fase de abandono

Una vez abandonada la explotación, rara vez se procede a la demolición del obstáculo y de las edificaciones de la central e infraestructuras anexas, lo

cual no debería ocurrir, por lo que los impactos derivados de su presencia (impactos visuales, efectos de barrera y modificación de la carga de sedimentos) persisten en el tiempo, pudiendo llegar a tener efectos muy negativos.

Los impactos derivados de la modificación del régimen de caudales y de las características físico-químicas del agua se amortiguan notablemente o desaparecen totalmente, pero, como consecuencia del cambio en el balance entre el régimen de caudales (restituido al régimen natural) y la estructura del cauce generada durante el período de funcionamiento de la minicentral, pueden iniciarse procesos de reajuste en la morfología del cauce hasta volver a alcanzar un equilibrio dinámico con el nuevo régimen fluvial. Para mitigar los impactos negativos del proyecto, es necesario determinar el caudal ecológico, esto consiste en evaluar cuál es el caudal mínimo que debe circular permanentemente y qué características ha de tener el régimen de caudales que circule con el fin de que se mantengan las comunidades fluviales del tramo derivado, en el tramo aguas arriba del dique de retención, donde se produce el embalse o inundación, hasta el canal de descarga donde se devuelve al río el caudal turbinado. Siendo el caudal ecológico, aquel con el que se mantengan las poblaciones naturales del río (fauna y flora) y sus valores ecológicos (diversidad, reproducción y desarrollo, calidad, etc) en condiciones equivalentes a las que se tenían antes del embalse. Con el caudal ecológico se prevee que

los peces migradores asciendan a sus frezaderos y pasen por las escalas, que los peces tengan suficiente espacio para natación, asegurando niveles aceptables de temperatura del agua, de oxígeno disuelto o salinidad en una zona particular del río.

Las variaciones bruscas del caudal circulante tienen efectos negativos sobre la fauna y la flora del río, por lo que habrá que limitarlas a través de un buen control. Estas variaciones bruscas son frecuentes en la producción hidroeléctrica, tanto en la apertura como en el cierre de las turbinas y son evitables. En ríos medianos con caudales medios mayores que 5 m³/s, unas tasas de variación de caudal de 1 m³/s por minuto son aceptables; en los ríos menores estas tasas de variación deberían ser disminuidas a 0,5 m³/s por minuto.

Con el fin de asegurar la migración o paso de los peces, se pueden construir escalas piscícolas de variados tipos, para diferentes clases de ríos, diferentes especies y distintos aprovechamientos del recurso agua. Para el caso en estudio puede, aplicarse las escalas de "Artesas" o de diques sucesivos generalmente con alturas entre 0.15 m y 0.40 m, debido a que su uso generalizado asegura mayor eficacia, su facilidad de construcción y ser sencillo la comprobación de su adecuado funcionamiento. Estas escalas consisten en una serie de artesas o depósitos dispuestos sucesivamente uno después de

otro, y comunicados entre sí por vertederos, disipando la energía cinética del vertedero superior.

Al diseñar las escalas debe tenerse en cuenta el caudal de llamada; los peces migradores cuando se encuentran con un obstáculo tienden a remontar por donde llegue un caudal significativo. El caudal de llamada de una escala de peces se cuantifica en relación al caudal circulante por el cauce. La práctica aconseja un caudal de llamada cuantificado en el 5% del caudal medio anual del tramo fluvial. El número de artesas (n) necesarias dependerá del desnivel provocado por la presa (H), y de la altura de salto entre artesas (dh): $n = H / dh$. Por tanto, como cada artesa mide en longitud “ l ” metros, la escala deberá tener una longitud total de unos: $l \times n$, metros. En cuanto la anchura del vertedero, tendrá que tener un tamaño suficiente para que pasen sin problemas los peces más grandes. La correcta ubicación de la entrada a la escala (primera artesa) es fundamental para el buen funcionamiento del paso. El pez, cuando se topa con el obstáculo de la presa, ha de encontrar la entrada a la escala sin dificultad y lo más rápidamente posible, con objeto de que no pierda energía y disponga de todas sus fuerzas para ascender.

En el tramo de cauce aguas abajo del azud afectado por la derivación de caudal para el salto hidroeléctrico, se puede intentar mitigar su degradación mediante la aplicación de técnicas de mejora de su hábitat. La componente del

hábitat piscícola más afectado por la reducción de caudal, es la pérdida de refugio para los individuos mayores de la población. En este sentido, sería importante favorecer, en el tramo de derivación, las orillas con intensa cobertura arbórea o arbustiva y la formación de pozas y remansos para potenciar la capacidad de refugio del tramo. Con estos objetivos las actuaciones de mejora que se plantean son de dos tipos: a) actuaciones en el cauce que favorezcan la formación de pozas estables; b) revegetación de orillas y acotado al pastoreo.

En el trazado de pistas y caminos de acceso a las obras, es necesario prever posibles impactos, reduciéndose al máximo el número de nuevas aperturas de caminos, incluyendo aquellos tramos que se utilizan para la colocación de los postes de los tendidos eléctricos.

2.15. GESTION PARA EL FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

Cuando el proyecto no puede ser desarrollado con fondos propios de la comunidad, que es el caso general, se gestiona financiamiento con organismos internacionales de ayuda, ONG's u organismos gubernamentales como las Alcaldías Municipales, para lo cual, se hace necesario cumplir con ciertos aspectos y condiciones que estas instancias solicitan. Parte de la gestión del proyecto, también es dar seguimiento a los procedimientos y requisitos ya establecidos, ante la instancias correspondientes para obtener los permisos y

concesiones necesarios para el desarrollo y funcionamiento del proyecto de manera legal.

2.15.1. PRINCIPALES MODELOS DE GESTION EN MICROCENTRALES HIDROELECTRICAS

La gestión de proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico en pequeños ríos en comunidades rurales puede hacerse a través de organismos gubernamentales o no gubernamentales, que apoyen este tipo de proyectos. Las alcaldías municipales, cuentan con un moto asignado por la Asamblea Legislativa para apoyar la realización de proyectos en los programas de desarrollo local, en respuesta a la iniciativas de acción local.

Un primer paso, por iniciativa de la comunidad, es presentar ante la Alcaldía municipal, la necesidad de electrificación a través de los cabildos abiertos, en los cuales representantes de las comunidades del municipio pueden dirigirse a representantes de la Alcaldía Municipal y evaluar las necesidades de cada una de ellas, buscando las posibles alternativas para solventarlas.

Entre las instrucciones gubernamentales y municipales para apoyar el desarrollo local se tienen las siguientes:

- Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL),
- Instituto Salvadoreño de Desarrollo Municipal (ISDEM),
- Corporación de Municipalidades de la República de EL Salvador (COMURES).

El apoyo al fortalecimiento municipal ha sido retomado también por algunas instituciones no gubernamentales entre las que están proponiendo alternativas de solución a los problemas del desarrollo local, estas son:

- Fundación de Apoyo a los Municipios (FUNDAMUNI-PROCAP),
- Sistema de Apoyo y Capacitación para el Desarrollo Local (SACDEL),
- Fundación de Manuel Ungo (FUNDAUNGO),
- Fundación Salvadoreña de Apoyo Integral (FUSAI),
- Fundación Nacional para el Desarrollo (FUNDE).

El proceso de gestión para el desarrollo de un proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico en pequeños ríos para comunidades rurales, inicia cuando se tiene un perfil de anteproyecto con el correspondiente estudio de prefactibilidad, donde se puede tener más de una alternativa de desarrollo del proyecto, la viabilidad técnica, social y una de las más importante es la económica. A partir de los estudios correspondientes para definir las obras necesarias para su funcionamiento, la tecnología a aplicar, los beneficios sociales, se estima un presupuesto; partiendo de esto, se puede promover el

proyecto con el fin de captar ayuda técnica y económica de organismos gubernamentales (Alcaldías Municipales) y/o no gubernamentales (ONG), para el caso que la iniciativa sea de la comunidad misma, puede darse el caso que el proyecto se lleve a cabo por iniciativa de la Alcaldía o de una ONG. Para la promoción del proyecto, se requiere ponerse en contacto con los futuros usuarios. Es por ello que resulta necesario mostrar a los usuarios los resultados del análisis de viabilidad técnica y socioeconómica del proyecto, de modo que pueda tomar una decisión sobre la mejor base técnica posible.

En esta etapa, ya es necesario tener costos aproximados, así como las posibles alternativas para el financiamiento del proyecto. Tanto en lo referente a las características de la obra como a las modalidades de su construcción. Hay que tener en cuenta el convencimiento de los futuros usuarios, basado en una evaluación individual y grupal de los beneficios y desventajas objetivas de la tecnología propuesta. La decisión sobre la realización del proyecto corresponde a los usuarios; para mayor conciencia, se da respuesta a todas las preguntas que suscita el proyecto. Se enfatiza la responsabilidad que le correspondería al grupo de usuarios tanto en la construcción de la obra como en la operación y mantenimiento del sistema. Se propone un conjunto de normas para la organización del grupo. Por lo demás, cuanto menos estructurado esté el grupo, menos se podrá contar sobre el efecto de persuasión por parte de sus líderes, o sobre la posibilidad de que se logren espontáneamente los niveles de

conciencia y de compromiso necesarios. Se requerirá la elaboración de un plan tentativo de capacitación a los usuarios en los aspectos técnicos, organizativos y administrativo-contables del emprendimiento.

2.16. REALIZACION DEL PROYECTO

Posterior a la concesión para la utilización del recurso hídrico para su aprovechamiento hidroeléctrico, se pondrá a concurso o licitación para seleccionar la persona natural o jurídica competente para la ejecución del proyecto, estableciendo mediante contrato los alcances y condiciones de ejecución así como la forma de pago, también se consideran los servicios de un profesional para la supervisión del proyecto. Este podría ser contratado por la alcaldía municipal o por la instancia financiadora.

Para la realización propiamente del proyecto, se requerirá la mayor información que se tenga disponible en las comunidades, alcaldías y la persona formuladora sobre el problema o necesidades que se requiere resolver. Se indican los datos básicos del proyecto y con los cuales las entidades que intervendrán en el mismo, podrán tener una idea general de lo que trata, esto como un resumen de todo el proyecto; así:

- a) Título, nombre o denominación del proyecto: este contendrá las características principales que explicita la naturaleza propia, cumpliendo objetivos finales.

- b) Organismo o persona ejecutora: la cual podría ser natural o jurídica, ONG's, fundaciones o instituciones legalmente autorizadas para estos fines.
- c) Tiempo de duración: este dato será el resultado del cronograma que se elaborará base a todos y cada uno de las actividades a cumplir en la ejecución del proyecto desde el inicio hasta la entrega final.
- d) Población beneficiada, se define con exactitud la población que se beneficiará del proyecto. Para ello, se debe disponer del listado de personas del lugar y su ubicación en la zona del proyecto, así como las respectivas distancias relativas desde la turbina hasta cada vivienda beneficiada, para constituir la red de distribución eléctrica y acometidas domiciliarias respectivas.
- e) Costo total del proyecto. El monto a colocar será el que se obtiene de la elaboración de la carpeta técnica, y constituirá la asignación monetaria para desarrollar completamente el proyecto, la moneda en que se exprese, será la que se encuentre vigente en el país.

Fuentes de financiamiento.

Dentro del marco institucional, se encuentra la información completa de todas las instituciones que serán involucradas en el proyecto, así como de los permisos, leyes, normas y reglamentos legales, procesos ya establecidos, que serán necesarios utilizar para cumplir lo ya legalmente establecido. En la

planificación de actividades para la construcción del proyecto, se analiza quiénes o qué instancias estarán involucradas en la toma de decisiones sustanciales que afectarán el proyecto: ingeniero o empresa constructora, comité de proyectos, representante legal de la comunidad, representante de Alcaldía Municipal, representante de ONG, etc., así como ordenanzas municipales, permisos de construcción, normas de calidad de materiales, etc. Para el desarrollo físico del proyecto, se establecen todas las actividades para la construcción de la obra civil requerida, y los volúmenes de obra por cada actividad, todo lo cual, se ordena en un cuadro de actividades, que contiene los recursos asignados a cada una de las actividades o partidas, hecho en el análisis y cálculo de ellos. Clasificados así: mano de obra, materiales de construcción, herramientas y equipo para la construcción. Una vez identificados todos los recursos a utilizar se pasa a la etapa de investigar si estos se encuentran o no en el lugar donde se ubica la comunidad que solicita el proyecto, así como la calidad, tipo y cantidad de estos. Algunos de estos recursos pueden ser por ejemplo, materiales de construcción como: arena, piedra, grava, tierra adecuada (limo arenoso). Cuando se puedan utilizar recursos existentes en el lugar del proyecto, disminuirán los costos de construcción del mismo. Para los recursos humanos se establece, por ejemplo, si la comunidad beneficiaria aportará mano de obra y en qué medida lo hará, y la necesidad de llevar de otro lugar, cuando se requiera mano de obra calificada. Para cada actividad, es necesario analizar la función del cargo de

todo el personal (administrativo, operación, técnico), para establecer si llenan los requisitos mínimos. El análisis de los recursos materiales, se establece tomando como partida la existencia de ellos en los alrededores y cercanías del proyecto. En los casos de materiales como arena, piedra, tierra blanca y materiales afines, previo análisis del impacto ambiental, al no haber la disponibilidad de estos, se valorará la compra de todos los materiales teniendo en cuenta parámetros de costos y calidad. No se requiere conocer de cantidades sino más bien, las condiciones que rodean la disponibilidad de acceso para hacer llegar los materiales. Los recursos físicos, serán analizados, partiendo de las condiciones legales de las propiedades inmuebles a utilizar en el proyecto.

Por ejemplo, si el proyecto requiere la compra de terreno, se tendría que legalizar todo lo concerniente con la compraventa de este. De igual manera se conocerá la situación legal que pueda afectar el desarrollo del proyecto. Los recursos financieros serán estimados a partir de la carpeta técnica que acompañará al proyecto, que reflejará el presupuesto requerido para la ejecución total del proyecto. El constructor dispondrá de la descripción, ubicación y localización exacta del proyecto, de los planos constructivos y las especificaciones técnicas, necesarias para controlar la correcta ejecución de los procesos constructivos, y que los materiales sean de la calidad requerida por el

proyecto, también, dispondrá del cuadro de actividades con su correspondiente volumen de obra.

Las etapas principales de construcción del proyecto son tres:

Preparación. Obras preliminares: al iniciar la construcción del proyecto, después de la limpieza general del lugar, se construye la bodega provisional de usos múltiples, para almacenamiento de los materiales a utilizar, traslado de herramienta manual y maquinaria a utilizar, etc., anexando la oficina de residencia del proyecto.

Desarrollo. Se cumplen todas las actividades planeadas y programadas, con sus correspondientes recursos para la construcción propia del proyecto. Una vez se haya preparado la franja de trabajo, se inician los trabajos para la construcción.

Culminación. Incluye el desalojo de herramienta, maquinaria, obras provisionales, limpieza de escombros o desechos producto de los trabajos de construcción, etc.

Para la ejecución del proyecto se programan las actividades a realizar; para esto, se escriben todas las actividades que se llevarán por etapas, ordenándolas de tal manera que al colocarles un número secuencial, las actividades no se confundan

en el orden; si existen actividades que deben o pueden ser realizadas al mismo tiempo, estas tendrán el mismo número secuencial. Luego, a cada actividad se le coloca el tiempo que se estime necesario para su ejecución. Teniendo esto, se elabora un diagrama de barras (ver figura 2.43) para facilitar la visibilidad del desarrollo de todo el proyecto, a partir de las actividades que se han previsto realizar; además, para tener presente el tiempo que durará cada actividad, el tiempo comprendido desde el inicio de la primera actividad a realizar hasta la finalización de la última actividad que da por terminado el proyecto, es el plazo de ejecución del mismo.

DESCRIPCIÓN	TIEMPO DE EJECUCION: 42 DIAS																																									
	SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4							SEMANA 5							SEMANA 6						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Actividad 1	■																																									
Actividad 2								■																																		
Actividad 3															■																											
Actividad 4																			■																							
.																																				■						
.																																				■						
.																																				■						
Actividad n																																				■						

Figura 2.43 – Diagrama de barras para programación de actividades.

En la realización del proyecto, es importante la supervisión, la cual es asignada al proyecto para darle seguimiento y control al desarrollo del mismo. La supervisión presenta un cronograma de actividades y visitas, elaborado a partir del cronograma de actividades del proyecto. Durante cada visita se evalúan los avances de obra, lo cual quedará plasmado en una bitácora del proyecto. En esta bitácora se harán las observaciones y recomendaciones pertinentes a las partes incluidas en el proyecto y cualquier cambio o decisión

que afecte al proyecto. La supervisión será la responsable de verificar que las estimaciones de obra sean las correctas, a partir de una comprobación física. Con ello, se autorizan o avalan los pagos o desembolsos de las estimaciones de obra ejecutadas. Estos pagos serán respaldados por una persona monitreadora representante de la instancia financiadora que ha desembolsado los fondos.

CONCLUSIONES

-En las zonas rurales del país, todavía existen pequeñas comunidades rurales, con familias de muy bajos ingresos, cuyas viviendas que se encuentran geográficamente aisladas y alejadas, sin suministro del servicio de energía eléctrica domiciliar. Esto y las muy bajas posibilidades económicas de estas comunidades, hace difícil y costosa su interconexión a la red energética nacional.

-Las pequeñas centrales hidroeléctricas son una alternativa más económica para cubrir la necesidad de de energía eléctrica con fines de iluminación en pequeñas comunidades rurales, que no cuentan con este servicio. Se diseñan con tecnología adaptada a las condiciones y requerimientos de este tipo de proyectos, que puedan ser construidos por personal local, procurando el uso de componentes fabricados localmente, en concordancia con las regulaciones establecidas para este tipo de proyectos.

-Los proyectos de pequeños aprovechamientos de agua de pequeños ríos permanentes con fines hidroeléctricos en pequeñas comunidades rurales, requiriendo una capacidad de generación eléctrica menor que 1 MW para cubrir una demanda energética con fines de iluminación domiciliar, este tipo de proyectos se pueden clasificar como microcentral hidroeléctrica, en relación con las minicentrales hidroeléctricas ya existentes en el país, que tienen una capacidad de generación mayor que 1 MW. Estos buscan, mejorar la calidad de vida de la comunidad, constituyen proyectos de carácter social proporcionan desarrollo, ya sea con el apoyo de organismos gubernamentales como las Alcaldías Municipales y no gubernamentales como las ONG's o con entidades sociales independientes que colaboran en el desarrollo social de este sector.

CAPÍTULO III

COMPOSICIÓN METODOLÓGICA Y

SISTEMÁTICA PARA LA REALIZACIÓN DE

PEQUEÑOS PROYECTOS DE

APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO.

INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se describen los estudios requeridos para la gestión y formulación de proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico, los procedimientos para obtener la aprobación del proyecto, la metodología utilizada en su realización, la puesta en marcha y el mantenimiento requerido por este tipo de proyectos. Los datos aquí expuestos son aplicables a cualquier proyecto de tipo hidroeléctrico, pero este trabajo se refiere más a la microcentral hidroeléctrica construida en comunidad la Chacra, con el fin de suplir la necesidad de alumbrado domiciliario a familias de bajos ingresos económicos, y que están muy alejados del área urbana, de la ciudad de Carolina; es decir, comunidades rurales pequeñas, que ninguna compañía electrificadora quiere invertir en un proyecto tan pequeño y que tampoco esas familias tienen los montos de dinero suficientes y exigidos para conectarse, ya que estos proyectos son muy caros, y por lo tanto tienen que recurrir a gestionar proyectos de interés social, los cuales son muy útiles, y sostenibles aún con cuotas simbólicas. Contiene los acuerdos emitidos por la SIGET, para conocer las exigencias para este tipo de proyectos, así como algunas técnicas metodológicas guías, para resolver los diferentes tipos de problemas en la realización de este tipo de proyectos, mostrando cómo recolectar datos valiosos, por medio de formularios, así facilitar el análisis y plantear el diseño adecuado para cada caso en particular. Un diagnóstico del estado actual de la indica la calidad de vida de las personas que ahí habitan, establece sus necesidades, y evalúa la aceptación del proyecto

de la microcentral hidroeléctrica, estos datos fueron obtenidos con una encuesta de hogares, que constó de 21 preguntas, pasada en 21 familias, o sea, al 40% de las familias que habitan la comunidad, la Chacra. Ver anexo 3.1

3. CAPÍTULO III

3.1 TÉCNICAS METODOLÓGICAS PARA LA REALIZACIÓN DE MINICENTRALES HIDROELECTRICAS

Las técnicas para la realización de este tipo de proyectos depende de las necesidades y la dificultad de la comunidad o el proyecto propiamente, a partir del caudal disponible del río, demanda de energía hidroeléctrica a abastecer, condiciones topográficas del lugar del emplazamiento, recursos económicos, organización y colaboración. Algunos casos de proyectos hidroeléctricos son los siguientes:

a) Minicentrales hidroeléctricas en las que el caudal del río a explotar es suficiente por si solo, para abastecer la demanda del proyecto; esto significa, que el caudal medio natural del río o caudal a explotar, que se establece a partir del aforo del río en puntos estratégicos, a partir del cual se calcula y evalúa el caudal ecológico y el caudal disponible que puede ser utilizado para el proyecto, de manera que el caudal a utilizar para el proyecto en relación con el salto hidráulico disponible, dan como resultado que el potencial hidráulico del río es capaz de abastecer la demanda existente. Puede darse el caso que el

potencial hidráulico del río sea capaz de generar una potencia que cubra la demanda existente o una demanda mayor, pero solamente se diseñará para producir la potencia requerida para cubrir la demanda existente, ya que la potencia instalada y producida se debe justificar ante la institución reguladora del uso de los recursos hídricos con fines de producción eléctrica, La Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET). Según los estudios hidráulicos, si se requiere, se construye un pequeño dique para producir la inundación necesaria que garantice que se derivará hacia el proyecto el caudal requerido, aún en época de estiaje; otro caso es, cuando el caudal medio del río es mucho mayor que el caudal a ser utilizado en el proyecto, aún en época de estiaje, entonces no es necesario construir dique de retención, y se deriva directamente. Otra característica, es que la comunidad está inmediata a la casa de máquinas, el caudal es conducido por una canaleta hasta el tanque de sedimentación, saliendo de este la tubería forzada con alineamiento perpendicular hacia la casa de máquinas, la tubería forzada conduce el agua hasta el equipo turbogenerador de energía eléctrica. La única técnica empleada es la conducción por gravedad. (Ver figura 3.1).

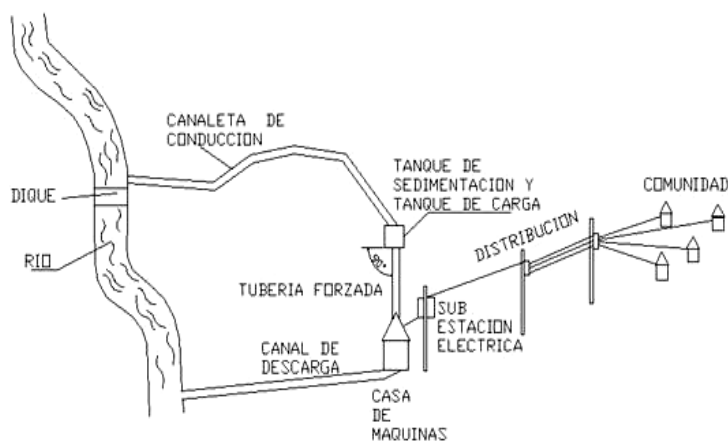


Figura 3.1. Esquema de minicentral hidroeléctrica utilizando la técnica de conducción por gravedad.

b) Minicentrales hidroeléctricas en las que el caudal del río a explotar es suficiente para abastecer la demanda, pero hay que pasar algún obstáculo entre la bocatoma y la casa de máquina, por lo que se debe bombear el agua, también, la comunidad está inmediata a la casa de máquinas. La técnica utilizada es el bombeo, (ver figura 3.2).

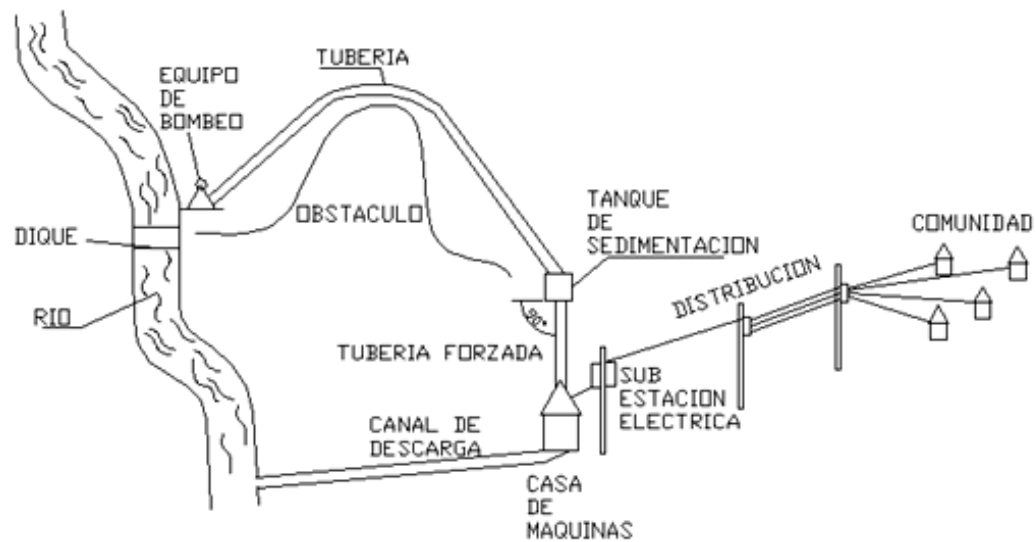


Figura 3.2. Minicentral hidroeléctrica utilizando la técnica de bombeo.

c) Minicentrales hidroeléctricas en las que no hay obstáculos y la comunidad está inmediata a la casa de máquinas pero el caudal de un solo río no es suficiente para abastecer el proyecto, por lo tanto se requiere utilizar el caudal de dos o más fuentes (ríos) que garanticen su funcionamiento permanente; al no ser posible esto, se opta por la no realización del proyecto. La técnica utilizada es la captación. (ver figura 3.3)

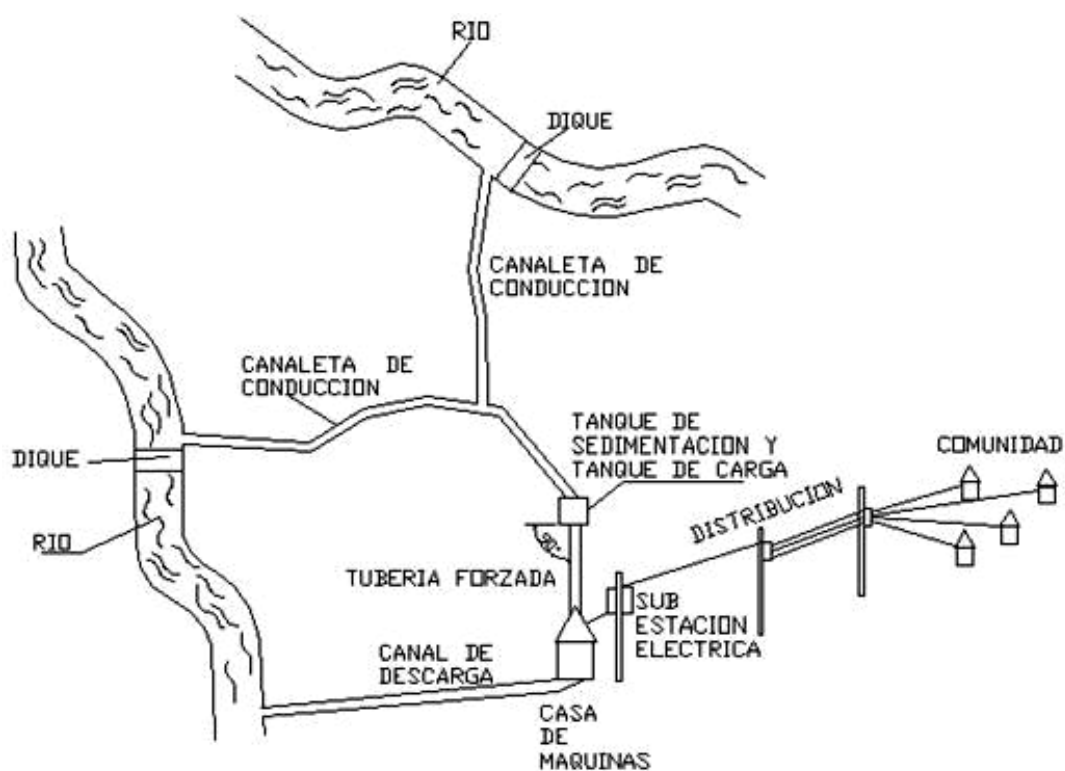


Figura 3.3. Minicentral hidroeléctrica utilizando caudal de dos o más fuentes.

3.2 DIAGNÓSTICO DEL PROYECTO

Diagnóstico General que influye en la Comunidad La Chacra.

La Comunidad La Chacra, es parte del Cantón Nacaspilo, está a 2 km de la zona urbana de la Ciudad de Carolina, 290 msnm, en el municipio de Carolina del departamento de San Miguel. El municipio lo constituyen 5 cantones y 26 caseríos, con área total de 52.92 m² (o 0.75 km² urbano y 52.17 km² rural). Históricamente su población creciente es según el cuadro 3.1 y la correspondiente gráfica cronológica del crecimiento poblacional, (ver figura 3.4). En 1977 la densidad poblacional era de 158.13 habitantes/km² y en el año 2005

es de 181.94 habitantes/km². Su calidad de vida se considera baja, ya que de 1624 viviendas urbanas 70.60% son contaminadas con residuos y excretas, aguas residuales 90.50%, provocando existencia de vectores y epidemias en la población, el agua para consumo humano es de pozo, directamente de ríos, manantiales. Esto corresponde al 82% ò 1332 viviendas; 64.832% son analfabetos en edades de 15 años en adelante, de la población productiva del municipio de Carolina, puntualizado en la población de 1992 (ver cuadro 3.1, Figura 3.4) en que 5 de cada 10 personas eran analfabeta, no sabía leer ni escribir, esto representa el 50.86 % ò 4,220 personas analfabetas de una población de 8,298 habitantes; en 1992 habían 321 viviendas; por lo que las necesidades más sentidas son las de acueductos y alcantarillado, vías de comunicación, energía eléctrica y salud.

Por otro lado, el potencial económico de Carolina es agrícola y comercial, principalmente frijol, maíz y maicillo; y los recursos naturales predominantes son: ríos, bosques forestales, minería, fósiles, agua superficial y subterránea, flora y fauna silvestre. Particularmente, la comunidad La Chacra en el año de 1999, no tenía energía eléctrica domiciliar, además de persistir la pobreza en estas familias y el Municipio de Carolina, con un ingreso de \$68.00 por mes/familia.

Crecimiento Poblacional de Carolina

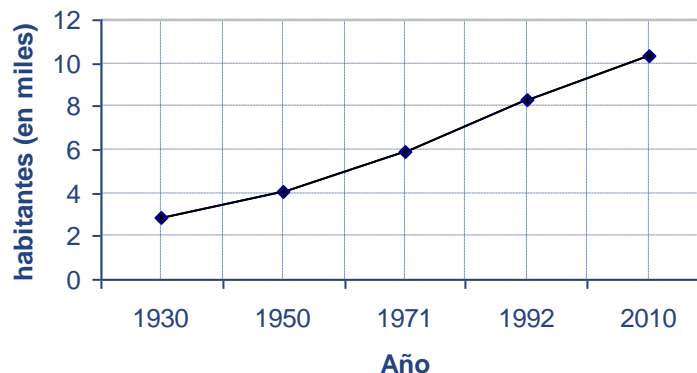


Figura 3.4. Gráfico Habitantes Vs. Años, del Municipio de Carolina.

Una ventaja, es que la comunidad la Chacra se encuentra bien organizada, tienen junta directiva de comunidad, con la correspondiente personería jurídica para su legalidad, lo cual facilita la relación con instituciones reconocidas del país, y gestionar apoyo para la realización de proyectos locales.

Diagnóstico de los recursos naturales con fines hidroeléctricos.

En el municipio de Carolina, hay recursos naturales como cuencas naturales, conteniendo ríos con caudal de agua fluyendo permanentemente, por ejemplo, los ríos: Carolina, el Río Lempía (Las Vegas), El Chichipate, Volcancillo, El Chorro, Torola y otros (ver fig. 1.1), que pueden ser utilizados con fines hidroeléctricos, para generar energía eléctrica con pequeñas turbinas, con las que se puede establecer microcentrales hidroeléctricas; para esto, es necesario gestionar la concesión del uso del río, para derivar agua hacia la

turbina. El bosque alto o arbóreo y forestal, así como la flora y demás vegetación silvestre como la fauna, propician el mantenimiento que garantiza la persistencia de estos recursos hídricos para la generación de hidroelectricidad; generalmente, para esto se requiere el embalse del agua del río, en un punto estratégico, para derivarla. Las cuencas del municipio de Carolina, anualmente se recargan con agua lluvia o meteórica que se genera en la época de mayo a octubre, garantizando así caudales permanentes aún en la época seca que se da a partir de noviembre a abril de cada año. El relieve topográfico de la zona, presenta diferencias de niveles que pueden ser aprovechados para establecer la altura del salto requerido para el ariete hidráulico que accione una turbina adecuada a este propósito. Aplicando tecnología apropiadamente, mano de obra y financiamiento, es posible la concreción del objetivo de alumbrado eléctrico domiciliario en viviendas de la población de cada comunidad. Es posible aplicar la tecnología tradicional, pero apropiadamente, y adaptada a las condiciones del lugar, al tipo de proyecto potenciado (potencia a generar), basándose en los estudios técnicos establecidos (ver capítulo II) para preparar los componentes de la ingeniería del proyecto, cuando se haga la formulación de este; la particularidad que se prevé, es la turbina generadora con un diseño propio adaptado a la demanda actual y futura para el período de vida útil del proyecto, 25 años mínimo, sostenible al más largo plazo.

Diagnóstico Actual de la Comunidad La Chacra, ver encuesta Anexo 3.1.

Esta comunidad consta de 63 familias, de las cuales 53 optaron por el proyecto hidroeléctrico, organizadamente. De la población total, se realizó un muestreo correspondiente a 21 familias entrevistadas con un cuestionario de 21 preguntas, ellos respondieron los siguientes datos unificados que los representan, tomando el criterio de valores promedios para cada concepto, estadísticamente. Así, cada familia la componen 6 miembros en promedio, los que trabajan se dedican a la agricultura, 85.7 % y al comercio 14.3%, pero entre ellos, muy excepcionalmente se dedican a oficios de albañil, ayudante de albañil, atender bar en cantinas de la ciudad de San Miguel, y venta de artículos varios; todas estas son las actividades económicas principales. Por tales ocupaciones de trabajo, se establece que reciben \$3.50 por día por familia., que representa su ingreso diario promedio familiar. Además, 28.6% reciben remesas del extranjero y 71.4% no las perciben. Los gastos fijos por familia, se establece que en promedio representativo son de \$ 3.00 por día por familia.

De acuerdo con el sistema educativo nacional actual, en esta comunidad, los padres de familia que han estudiado hasta el sexto grado o segundo ciclo básico, representan el 52.4% en total, de los cuales 28.6% son hombres y 23.8% mujeres madres, los demás padres no estudiaron, en consecuencia, son analfabetas 47.6% padres de familia. Los hijos, niños y jóvenes, en esta comunidad, han estudiado 32.1% de los cuales 29.8% han hecho estudios básicos de primero a noveno grado, 1.2% Kinder y 1.1% bachillerato. Del

saneamiento en la comunidad, y otros servicios, de agua potable tienen 90.5% de cobertura, pero también acarrear agua del valle el 4.8%, el 23.8% es atendido en unidades de salud, 71.4% van a la escuela y 4.8% tienen teléfono. Por otro lado, 28.6 % tienen tasa séptica, 4.8% tienen fosa de lavar y otras modalidades de disponer las excretas humanas son: pozo profundo 14.3% y los que van al patio 4.8%; la observación general que tienen, es que no hay letrina o no tienen letrina. La basura, la disponen 33.3% en un predio a cielo abierto, en la quebrada 23.8%, la queman 47.6%, otros donde les parezca 4.8%, la entierran 4.8%.

Las necesidades de la comunidad son variadas, estas son: comida, para mayores y menores (niños), mejor atención escolar, talleres vocacionales, unidad de salud 28.6%, trabajo para ganar sueldo 9.5%, mejorar físicamente la escuela, mejorar las calles 9.5%, servicios sanitarios 14.3%, capacitación, pileta para criar pescado, fosa sanitaria, aguas negras, proyectos, servicios de lavar o letrina abonera, fuente de empleo. El 71.4% considera que los directivos resuelven las necesidades de la comunidad y el 23.8% considera que no; así mismo, 57.1% considera que la Alcaldía Municipal conoce las necesidades de la comunidad y 42.9% que no las conoce, 19.1 % considera que les resuelve las necesidades y 52.4 % que no les resuelve, 28.2% no opina.

Del proyecto de la Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra propiamente, consideran su funcionamiento como bueno el 66.7%, regular

28.5%, malo 4.80%; tienen por vivienda 3 focos en promedio y los siguientes aparatos electrodomésticos: televisor 73.8%, radio 61.9%, plancha 23.8%, refrigeradora 19.1%, licuadora 14.3%, ventilador 4.8%, teléfono celular 4.8%, VHS 9.5%, máquina de coser 9.5%, tostadora 4.8%, equipo de sonido 4.8%. Por este servicio de energía eléctrica pagan \$4.32 por mes. Siempre del proyecto global, consideran que actualmente hay familias que quieren integrarse al beneficio de alumbrado de viviendas, 52.4% y no quieren integrarse al proyecto 33.3%; también 42.9% consideran que las familias del cantón están siendo beneficiadas por el proyecto, 57.1% consideran que no.

3.2.1 PROBLEMÁTICA

Lo más importante del diagnóstico es una descripción clara del problema que se intenta solucionar. En este caso, de la comunidad La Chacra, la falta del servicio eléctrico domiciliario, era un problema que pudo considerarse bastante simple; sin embargo, esta carencia puede tener distintos impactos, dependiendo de las condiciones de la población y del territorio que habita.

Los microproyectos hidráulicos de los conjuntos de familias habitando grandes áreas, cantones o comunidades, pueden ser de naturaleza muy diferente, según quienes sean sus destinatarios, los medios económicos que estos dispongan, las necesidades a las que se proponen dar respuesta, y el

alcance del servicio requerido para el alumbrado de cada vivienda habitacional por familia, prioritariamente. Sin embargo, en las proyecciones se podría incluir empresas individuales o cooperativas comunales²² lo cual encarece el proyecto con miras a la prestación del servicio público. En cada uno de estos casos, los problemas que se plantearán son sustancialmente distintos. También, podrá variar la forma de encarar el proyecto, según este tipo de desarrollo forme parte de las políticas oficiales o no, y existan instituciones con este fin; o bien, que ello dependa de las iniciativas personales de grupos profesionales públicos o privados, esto no siempre es recomendable con fines comunales, pues se podría perder los objetivos principales (alumbrado eléctrico domiciliario).

En el análisis de la problemática, de la comunidad, es necesario abordar aspectos como los siguientes:

Sociales.

- Características socioculturales y económicas de los usuarios potenciales; interés en la electrificación, expectativas de uso, consumo previsible de electricidad en el mediano plazo, capacidad de pago y de gestión; disponibilidad local de recursos y mano de obra; sistema de relaciones sociales, liderazgos, redes e instituciones actuantes en el área.

²² Por fines prácticos en la viabilidad, realización y beneficio con la energía eléctrica producida, es preferible que esto no ocurra, para evitar conflictos que descalifiquen el proyecto y demás resultados.

-Posibilidad de acceso a financiamiento para proyectos de microcentrales hidráulicas. Por ejemplo, créditos muy blandos (muy bajas tasas de interés) o montos mixtos.

-Existencia de planes o acciones de desarrollo en la zona o los que viablemente los interesados tengan considerados como proyecto propio. Por ejemplo, si en una comunidad ya funciona un proyecto de riego o de introducción de agua potable, esto implica que existe en la misma una organización comunal, y probablemente el apoyo de entidades gubernamentales y/o no gubernamentales.

Técnicos.

- Características climatológicas, geológicas e hídricas del recurso y de la región. Así como los del impacto ambiental.

- El caudal de la fuente y la altura disponible del salto (por gravedad), que definen el potencial hidráulico, o la altura disponible a vencer cuando haya bombeo.

- Localización de la línea de traza de la represa, canal, tubería, y sala de máquina.

- Disponibilidad local de materiales de construcción.

- Localización espacial del recurso y de las unidades a abastecer, traza de las líneas de transmisión y distribución.

-Legales, gestión legalizadora ante la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicación (SIGET).

-La población beneficiaria del proyecto de electrificación:

Cantidad y concentración de la población. La necesidad de cubrir un déficit de servicio eléctrico a comunidades con escasos recursos, cubriendo el mayor número de personas al menor costo. Las comunidades con mayor población y más concentradas pueden ser priorizadas frente a las que en menor proporción presenten estas características. También, el costo unitario de instalación por hogar, de cualquier alternativa de abastecimiento eléctrico, crece con la distancia.

Pobreza. En la población rural, esta variable es muy desfavorable para posibilitar cualquier proyecto de electrificación, ya que hay grupos poblacionales con más necesidades que otros, por sus muy bajos ingresos per cápita o ingresos familiares.

Actividades ocupacionales. Las ocupaciones labores que cotidianamente desarrollen las personas y de donde generan los ingresos para el sostén familiar; sea esta agrícola, agroindustrial, técnica, jornalero, artesano, servicios, etc.

Nivel de aislamiento. Este factor tiene un mayor peso, dependiendo del grado de aislamiento de la localidad, ya que en localidades más alejadas aisladas o recónditas, esto tendrá un mayor impacto para la dotación de energía eléctrica. Sin embargo, al interrelacionar con los distintos poblados que las circundan, les da la posibilidad de mejorar en las comunicaciones y podrán ser foco de atracción e integración socio-cultural-económica. Otros aspectos a incluir son: estructura de la población, índice de emigración, antigüedad de la localidad, etc.

La problemática, son las necesidades y conjunto de problemas que surgen como efecto de un problema, para el cual, se buscan alternativas de solución; por ejemplo, cuando uno o varios individuos llegan a ubicarse a un sitio específico habitado o no por otras personas, o como en el proyecto de la Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra, con la necesidad de energía eléctrica, la falta de esta y al no tener acceso al servicio de la red eléctrica nacional por la ubicación de la comunidad alejada de las demás comunidades aledañas, y que a su vez esto representa alto costo de conexión a la red, los muy bajos recursos económicos de la comunidad, la falta de energía eléctrica que aísla a la comunidad no sólo físicamente, sino socioeconómicamente, ya que no interrelaciona con las comunidades circundantes, no se enteran de la realidad y desarrollo social actual, los habitantes se ven limitados en las horas nocturnas por la falta de alumbrado eléctrico, ya que no pueden realizar labores nocturnas, los niños no pueden estudiar, hay delincuencia, ignorancia sobre su

realidad social, etc. Se optó por la alternativa de electrificación con fines de alumbrado domiciliario, a través de la gestión del proyecto Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra, hasta que obtuvieran resultados favorables; pero ahora hay personas que no están siendo beneficiadas por el proyecto o son personas nuevas que se integran a la comunidad y quieren unirse a los beneficios del proyecto, estas son vistas socialmente como intrusos por los beneficiarios antiguos y les dificultan su aceptación.

3.2.2 IDENTIFICACION DE NECESIDADES

Las comunidades tienen conocimiento de las dificultades o carencias que las pone de manifiesto ante las autoridades locales, o funcionarios técnicos o administrativos sectoriales, los cuales tienen la obligación de estar informados de lo que sucede en su entorno o en la zona de influencia, no ignorando las necesidades de las comunidades. Así, la falta de energía eléctrica puede generar lo siguiente: riesgos personales por uso de combustibles, aislamiento de la población y las familias, incentiva la emigración, morbilidad y mortalidad, carencia de bienestar familiar y social.

La identificación exacta de las necesidades de energía eléctrica en la población, se puede hacer por medio de encuestas a los pobladores tanto de la comunidad beneficiada como a las aledañas, a través de un cuestionario que contestarán todas las personas, uno por familia; también, los líderes locales

(maestros, funcionarios municipales, sacerdotes, políticos), y los responsables de las electrificadoras locales. Con ello se obtiene información de los siguientes aspectos:

1. Las características del agua en el cauce del río, cantidad, calidad y su disponibilidad en las estaciones seca y lluviosa.
2. Los recursos físicos, humanos, económicos y financieros existentes en el entorno natural y social que se emplean en la concreción del proyecto.
3. El tamaño de la población potencialmente beneficiaria.
4. La lejanía entre los consumidores y el recurso.
5. Algunas características socioorganizativas, económicas, productivas de los usuarios potenciales, para estimar la demanda de energía eléctrica domiciliar.

El desarrollo de microproyectos hidroeléctricos, de cualquier escala de necesidades, requiere establecer el caudal disponible, el salto hidráulico y la demanda de potencia, para el mejor aprovechamiento del agua. Para esto, se pueden realizar algunas mediciones indicativas de la capacidad del recurso agua disponible, viajando hasta el lugar donde a la vez se origina la demanda; esto implica, visualizar la posibilidad del aprovechamiento; por lo cual, la inspección del recurso y la recolección de los datos respectivos se hará en fusión de cada etapa del proyecto.

Cuando el dato a recolectar corresponda al estudio socio económico a través de una encuesta, un profesional puede guiar al grupo interesado en la realización del cuestionario, que les guíe para tomar conciencia que el dato a preguntar se apegue a la realidad en donde se desea realizar este tipo de proyecto. Similarmente, estos datos ayudarán a estimar la economía del proyecto. Los resultados obtenidos permitirán iniciar una evaluación de las condiciones y recursos para la factibilidad del proyecto, en el contexto de su situación concreta. Para esto, es fundamental la delimitación del área potencial a establecer, su localización y quiénes serán todos los usuarios, por ejemplo, unidades domésticas, escuelas, comercios, capillas, salas de salud, policía, talleres. Si los resultados indican que habrá más usuarios, es recomendable, redefinir el área circundante.

Es necesario, que la comunidad pueda plantear sus necesidades, para poder solventarlas, en la medida de lo posible, pero hay que tomar en cuenta que el beneficio colectivo predomina sobre el individual, En la comunidad La Chacra, la necesidad era tener energía eléctrica, la cual serviría inicialmente para iluminación domiciliar durante la noche; pero luego serviría para utilizar electrodomésticos como: televisión, radio, refrigeradora, plancha, licuadora, etc. Lo cual, al no prevenirlo, podría causar inestabilidad al sistema de abastecimientos de energía.

3.2.3 POTENCIA A DESARROLLAR

La potencia a desarrollar, depende de factores como: capacidad de la fuente o recurso hídrico, salto hidráulico disponible, modelo a utilizar (del equipo turbogenerador) y la demanda a abastecer. Se hace un análisis de estos factores, si la capacidad de la fuente es suficiente, la potencia a desarrollar se calcula para que sea suficiente para abastecer la demanda proyectada, de manera que no se exceda de lo que esta requiere, puesto que uno de los requisitos de la entidad encargada de regular el uso de recursos hídricos con fines de generación de energía eléctrica, la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), para dar la concesión del uso del recurso, es establecer exactamente la potencia a generar, justificando el uso final que se le dará, no pudiendo generar más potencia de la establecida, ya que esto requeriría gestionar ante la SIGET la autorización de la ampliación de la potencia a generar por el proyecto.

En el proyecto La Chacra, la energía producida era con el fin de ser utilizada única y exclusivamente para iluminación domiciliar, descartando el uso industrial o de otro tipo de demanda que requiera altos voltajes, por lo tanto, la minicentral hidroeléctrica tendría que generar voltaje por cada casa de 110 v. La turbina instalada tiene una potencia de hasta 17Kv, pero actualmente está produciendo una potencia de 10Kv, por lo tanto, está sobrada en 41.2% de su capacidad generadora y podrá absorber desarrollos futuros, tal como integrar a

nuevos beneficiarios de iluminación domiciliar, siempre que la SIGET lo autorice, cuando se justifique y sea económicamente factible la ampliación.

3.3 PERFIL DEL PROYECTO MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA.

Este pertenece a la etapa de pre-inversión, de carácter conceptual donde se estudia y evalúa un proyecto.

Este estudio es el más sencillo y aproximativo en cuanto al nivel de información, complejidad y nivel de detalle, y constituye en esencia la génesis o inicio del proyecto. El proyecto nace con la idea, motivando un estudio muy preliminar o perfil. Este estudio considera tanto un análisis técnico de las diversas soluciones o alternativas de proyecto propuestas, como una evaluación económica de sus costos y beneficios. La preparación de este estudio no demanda mucho tiempo ni recursos, sino más bien conocimientos técnicos que permitan, a grandes rasgos, determinar la factibilidad técnica de llevar adelante la idea; cuenta con estimaciones generales de los costos y beneficios, incluyendo rangos de variación de los mismos. La evaluación de cada proyecto deberá tener un análisis de sensibilidad frente a cambios de variables relevantes, para determinar de qué manera varía la rentabilidad del proyecto frente a estos cambios. Las variables que al menos deben sensibilizarse son, la tasa de descuento privada, los consumos de energía eléctrica, la inversión y la tarifa del servicio (en el caso de tarifas acordadas y no

reguladas). Este análisis, determinará cuál es el nivel de estabilidad ante cambios en sus variables.

La evaluación económica y financiera de este estudio de perfil, es recomendable que sea hecha por una persona distinta a la que elaboró el estudio de perfil, técnicamente, promoviéndose el diálogo entre ambas y estimulándose la reformulación del perfil sobre la base de las observaciones del evaluador. Para la formulación del proyecto, es muy importante, en esta etapa, la definición clara de los objetivos y la identificación de alternativas para el proyecto.

El informe de la evaluación del perfil será presentado a la autoridad pertinente para que decida por uno de los siguientes caminos de acción:

- Archivar el proyecto para una reconsideración en el futuro.
- Desecharlo por completo.
- Ordenar un estudio de prefactibilidad, factibilidad o directamente la ejecución del proyecto.

Esto último, en la medida que el análisis de sensibilidad del estudio de perfil, permita postular directamente la ejecución; es decir, que se establezca que, ante variaciones significativas de variables críticas del proyecto, en este continuarán prevaleciendo sus beneficios sobre sus costos.

3.3.1 LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PERFIL

El perfil del proyecto requiere de datos específicos, indispensables para conocer las características y alcances del mismo, teniendo una base técnica, legal, de gestión y justificación; es importante que se disponga de datos de antecedentes e información actualizada y verificada sobre la problemática que se tiene, con la idea más exacta de lo que se quiere al hacer el proyecto.

Se redacta una apreciación personal, consignando la información, primero la documentación acopiada, indicando las fuentes de donde se ha obtenido, esta puede ser: documentos de estudios similares, investigaciones, tesis, informes, estudios de Estado Mayor, artículos especializados, fotografías, mapas y planos, grabaciones de audio o video, volantes, o cualquier otro documento que contenga información de interés sobre el tema; segundo, los testimonios, experiencias u opiniones de expertos en el tema o de participantes en acontecimientos vinculados al tema. Al citar las fuentes de información, se establece cómo fueron obtenidas, por ejemplo, por medio de entrevistas informales. Lo que se busca en los documentos y en los testimonios, es información actualizada y de la mejor calidad sobre: ¿Cómo es (cómo está, de qué manera está, en qué medida es) la situación (de la comunidad y el proyecto). ¿Porqué (debido a qué causas o factores, o condiciones) está así la situación (del tema). ¿Qué se ha hecho (o se está haciendo) respecto de la situación (del tema). Los contenidos de las notas obtenidas de los documentos

y de los testimonios deben organizarse guiándose por la propia experiencia y por la lógica argumental. Así, es conveniente ordenar esos contenidos según el principio "de lo general a lo particular" y según el principio "de lo abstracto a lo concreto". Se busca conocer aspectos de la realidad que cambian permanentemente según las épocas en donde ha permanecido la comunidad en el lugar y entorno del proyecto.

El perfil debe contener lo siguiente: tema o título, definición del problema, resumen del proyecto, justificación del proyecto, objetivos del proyecto, alcances y limitaciones, población a beneficiar.

3.3.2 TEMA O TITULO

Este debe ser breve, pero que refleje cómo se va a resolver el problema y la realidad sobre la que se gestionará el proyecto. El nombre del Proyecto debe partir con la palabra "proyecto" e inmediatamente señalar de qué se trata el proyecto mediante un concepto que indique la acción a realizar seguido del lugar de localización. El objetivo del Proyecto o Programa no debe incorporarse en el nombre, ni tampoco éste debe ser muy largo.

Los ejemplos que a continuación se muestran están correctamente denominados:

"Proyecto de Electrificación Rural en el Departamento de Sonsonate"

"Proyecto de Reparaciones del Sistema Eléctrico de Municipios del Departamento de Chontales"

Los siguientes ejemplos de nombres de proyectos están incorrectamente denominados:

“Reparaciones en el Municipio de Chalatenango”

“Energía Eléctrica en Carolina”

3.3.3 DEFINICION DEL PROBLEMA

Un problema, se define como una situación no favorable o de carencia. No se define haciendo referencia a la solución. Surge de causas (una o más) y genera efectos (uno o más). Una causa puede tener causas que la generen, así mismo, un efecto puede generar otros efectos. Se analizan problemas reales, no hipotéticos ni ficticios.

En el perfil, se desarrolla brevemente el problema a resolver, este prevee la realización de los estudios y diseños en coherencia con la inversión a realizar. Mediante estos estudios es posible conocer qué se va a hacer, cómo se va a hacer, para qué se va a hacer, cuánto se va a hacer, dónde se va a hacer, quién lo va a hacer, cuánto vale lo que se va a hacer y en cuánto tiempo se va a hacer.

3.3.4 RESUMEN DEL PROYECTO

Es la descripción de los aspectos más relevantes que permitan conocer las generalidades del proyecto en cuanto a los objetivos que pretende lograr, sistemáticamente se exponen todas las partes del proyecto, tales como la

realización, vida útil, qué necesidades va a satisfacer, la solución al planteamiento del problema y necesidades afines al problema, la aplicación del proyecto, limitaciones, los recursos disponibles, el mejor aprovechamiento, viabilidad del proyecto (económico y/o social), las ventajas y desventajas de su realización, asegurando la mayor productividad de los recursos. Todo esto redactado de manera clara, sencilla y concisa.

3.3.5 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Esta clarificará la idea y los motivos por los cuales se va a llevar a cabo el proyecto, considerando este desde el punto de vista económico, social y funcional, demostrando también, que satisface necesidades colectivas y que por lo tanto, es importante realizarlo.

Para realizar un proyecto, es básico estar convencidos que se tiene una necesidad o problema y que se requiere resolver, e igualmente, que se asumirá un compromiso formal por parte de los futuros usuarios, de todas las responsabilidades, durante la realización del proyecto, su funcionamiento, mantenimiento, y su perduración en el tiempo o vida útil. Así, para la factibilidad técnica de un proyecto hidroeléctrico, es fundamental evaluar capacidad de pago de la población beneficiaria, en conjunto con la disponibilidad de recursos, hídricos disponibles, económicos (tanto para la construcción de la obra como para su operación y mantenimiento) y sociales; así como la

capacidad organizativa de los usuarios como sujetos colectivos que tendrán que tomar a su cargo la obra. Así mismo, establecer los pros y los contras del proyecto, que permita adoptar una decisión sobre su realización.

3.3.6 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Los objetivos definen lo que se pretende conseguir, expresan lo que se pretende lograr como meta al desarrollar el proyecto propuesto, tanto para la organización o entidad que lo realiza, como para las personas beneficiadas.

Se establece un objetivo general completo, y a partir de éste, varios objetivos específicos. La suma de lo que se espera conseguir con los objetivos específicos debe corresponder a todo lo que se espera obtener con el objetivo general. Esta es una forma de comprobar que los objetivos están bien planteados, y si ello no es así, entonces se debe reestudiar el planteamiento de los objetivos.

Los objetivos específicos sirven para definir los componentes de un proyecto. Esto quiere decir, que de cada objetivo específico se puede establecer el proceso específico a desarrollar, y con ello se asegura la consistencia entre los objetivos y las acciones o especificaciones técnicas de un proyecto.

3.3.7 ALCANCES Y LIMITACIONES

En un perfil de proyecto, se establece claramente cuáles son metas a lograr con el proyecto, los motivos que impiden llegar a más cobertura. Una de las limitaciones más frecuente en este tipo de proyectos, dado los muy bajos recursos de las comunidades rurales, es el monto del financiamiento, otros pueden ser la falta de recursos humanos y de algunos recursos naturales (tierra, piedra, adecuada existente en el lugar o sus cercanías), dificultad en el acceso al lugar, lo cual encarece el costo de la realización de proyecto.

3.3.8 POBLACIÓN A BENEFICIAR

Se describe a la población o grupo de población que será objeto de atención por parte del proyecto, de acuerdo a la cobertura que este tendrá, en base a los alcances del proyecto, que especificarán hasta dónde se podrán garantizar concretamente los beneficios del proyecto.

Todo proyecto tiene beneficiarios directos e indirectos. Los directos, son destinatarios de los resultados del proyecto. Los indirectos, son los que obtienen algún impacto de los resultados del proyecto, de manera colateral o secundaria, por estar relacionados con los beneficiarios directos del proyecto. Los beneficiarios son las familias, la comunidad en general dentro de la zona de influencia del proyecto.

3.4 ANTEPROYECTO GENERAL

En este se incluye el estudio de prefactibilidad, es más complejo en cuanto al nivel de información, y nivel de detalle, que el estudio de perfil; busca mejorar la calidad de la información que tendrá a su disposición la autoridad que deberá decidir sobre la ejecución del proyecto.

La preparación de este estudio demanda tiempo y dinero para que distintos profesionales efectúen trabajos más profundos de campo y de investigación teórica, es necesario hacer una amplia búsqueda bibliográfica, que brinde ideas más claras del tema; como también, es importante relacionarse con personas que traten o trabajen en el tema. El estudio de prefactibilidad determina la “ingeniería básica” de las soluciones propuestas. El equipo multidisciplinario que prepare el proyecto a este nivel de prefactibilidad, deberá definir el proyecto y aportar juicios y herramientas que permitan la mejor selección de tecnologías de proceso, localización, tamaño, financiamiento y oportunidad de efectuar el proyecto de inversión.

El estudio de prefactibilidad deberá ser, finalmente, evaluado o revisado críticamente por un equipo evaluador idealmente no comprometido con el grupo que formuló el estudio. La evaluación, será técnica, económica, financiera, legal y administrativa, emitiéndose juicios sobre su factibilidad en los mismos aspectos de ingeniería, de cumplimiento de fechas, de la capacidad interna o

externa para administrar la ejecución de las obras y la posterior operación del proyecto; todo lo cual, también influye sobre la evaluación económica final del proyecto.

Las decisiones ante los resultados de la evaluación del estudio de prefactibilidad pueden ser:

- Re-estudio,
- Rechazo definitivo,
- Reconsideración para un momento más propicio (postergación).
- Elaboración de un estudio de factibilidad, o directamente autorizar la ejecución del proyecto, en la medida que el análisis de sensibilidad del estudio de prefactibilidad muestre, que ante variaciones significativas en variables críticas del proyecto, en este continúan, prevaleciendo sus beneficios por sobre sus costos.

El estudio de factibilidad, este estudio es el más complejo en cuanto al nivel de información, y nivel de detalle; este estudio incluye, básicamente, los mismos capítulos que el de prefactibilidad, pero con mayor profundidad y menor variación, esperado, en los montos de los costos y beneficios, para lo cual, se

requiere la participación de expertos especializados e información primaria (incluyendo cotizaciones más o menos “firmes” para equipos, obras civiles, licencias, financiamientos, etc), lo cual exigirá mayores investigaciones y precisiones en el terreno (por ejemplo, aforos en tramos estratégicos del río en las épocas lluviosa y seca, con lo que se determinará el caudal medio del río, y a partir de este y el estudio hidrológico e hidráulico, el potencial hidráulico del río, serán uno de los factores más importantes que definen la factibilidad del proyecto).

Este estudio deberá establecer, definitivamente, los aspectos técnicos más fundamentales: la localización, el tamaño, geología, topografía, la tecnología, estudio de impacto ambiental, el cronograma de ejecución, puesta en marcha y lanzamiento, etc. El estudio podrá incluir también la “ingeniería de detalle” y las bases para convocar a la licitación de los estudios y a la ejecución misma de las obras.

Como norma, el estudio de factibilidad lleva a la aprobación final del proyecto, no está exento de postergación o modificaciones menores en su formulación. Es así como la evaluación de los proyectos en las etapas de perfil y de prefactibilidad es decisiva para la eliminación de proyectos no viables.

Para todo esto, es necesario elaborar un plan de trabajo, en el que se organicen adecuadamente las actividades a realizar, habiendo conocido ampliamente sobre el tema, distinguiendo las actividades que requerirán mayor tiempo para su concreción y las que demanden mayor esfuerzo personal.

3.4.1 TEMA O TITULO

Es muy importante que desde el inicio, al proyecto o programa se le reconozca con el nombre adecuado y con un sólo nombre durante toda la evolución como proyecto, es decir, desde la asignación del título en el perfil. A veces, ello no sucede, debido a que en su formulación participan diversos agentes institucionales como probables financistas que los incorporan en su lenguaje particular.

Para formular un problema, es necesario caracterizarlo, definirlo, enmarcarlo descriptivamente. La caracterización o definición del problema lleva a otorgarle un título en el que, de manera clara, se indiquen los componentes esenciales. Aportar en forma clara y precisa, datos e información sobre el tema, el problema, o instituciones que participan en el proyecto; es un instrumento que unifica la temática y metodología del mismo.

Tres modalidades para formular un título son las siguientes: por síntesis, cuando se condensa y sintetiza la idea central del proyecto; por asociación,

cuando se relaciona con otra idea u otras ideas relacionadas con el proyecto; por oposición, cuando se presenta todo lo contrario a lo que se va a presentar en el proyecto. El título, sirve para diferencia el proyecto de otro, para caracterizar su temática y enunciar el contenido del mismo, sin embargo, este debe ser claro y breve.

3.4.2 DEFINICION DEL PROBLEMA

Al formular el problema, se hace en base a la información indagada de la problemática que se tenga, en el que se sintetizará representativamente. Así, se definirá el problema, basado en la relevancia de sus características en la problemática que contiene el problema a resolver correctamente y acotado por los interesados.

El estudio del problema o necesidad, es el principal aspecto a tratar dentro de la identificación del proyecto. Es necesario determinar las características generales más relevantes del mismo, sus causas y los aspectos que lo rodean y que pueden ser importantes en el momento de buscar una solución. El problema planteado debe ser claro y concreto; es importante no confundir el problema con la posible solución.

3.4.3 RESUMEN DEL PROYECTO

Se describen los aspectos más relevantes que caracterizan e identifican al proyecto, en cuanto a los objetivos que pretende lograr, los resultados esperados, rasgos de la estrategia y metodología a emplear, aspectos organizativos y la participación de los grupos y sectores de la comunidad.

La identificación del proyecto, consiste en conocer la naturaleza, carácter, categoría, tipo y finalidad, expresada a través de una descripción amplia, clarificando la idea central, para que los participantes estén en capacidad de identificar en su totalidad qué se pretende realizar con el proyecto. Este se basa en el estudio de factibilidad del proyecto.

3.4.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Una vez que se haya realizado el planteamiento del problema, indicar las motivaciones para desarrollar el proyecto, en donde se responderá a la pregunta: ¿por qué se investiga y estudia el problema y su solución? ¿Cuáles son las causas y consecuencias que generan el problema que se quiere resolver?, la respuesta a estas preguntas se complementarán con datos específicos que respalden y pongan en evidencia la magnitud del problema, esto lleva a responder otras preguntas como ¿Cuál es la importancia para desarrollar el proyecto que se está proponiendo?, y también, ¿Porqué se eligió esta alternativa y no otra?.

Tal como se plantea en la etapa de perfil, en la justificación se describe la importancia del problema, el porqué del proyecto y la viabilidad, pero de manera más profunda, planteando argumentos científicos y técnicos sobre la existencia de un problema que fue justificado por un diagnóstico previo y considerado prioritario, que el proyecto va a solucionar esa problemática, que se cuenta con los argumentos y recursos de tipo políticos, sociales, técnicos , humanos, de tiempo y financieros para su realización. En base a estos aspectos la necesidad de la realización del proyecto como la mejor alternativa viable, para resolver el problema en estudio, describiendo el producto final del proyecto, que en este caso sería el servicio eléctrico para alumbrado domiciliario, y sus beneficios para el bienestar, salud y permanencia de las familias en el lugar que habitan

3.4.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Al enunciar el problema de investigación ya se tiene muy claro, qué se quiere conocer del tema. A continuación, precisar cuál es el resultado o el producto que se desea obtener resolviendo o solucionando ese problema. Para ello, enunciar los objetivos de la investigación.

En toda investigación se precisan dos niveles de objetivos: un objetivo general y algunos (pueden ser 3 ó más) objetivos específicos. Esta regla queda sin efecto, únicamente si el problema enunciado contiene una sola variable, en cuyo caso la investigación tendrá un solo objetivo.

Objetivo general. Es un enunciado que señala el resultado que la investigación se propone lograr finalmente. Formalmente, es un enunciado que se expresa con el verbo en infinitivo, indicando el resultado de una acción, por ejemplo, describir., explicar..., diagnosticar..., analizar...; correlacionar..., evaluar..., proponer..., diseñar..., formular...

El objetivo general tiene dos elementos: el propósito y el medio (los medios) para lograr ese propósito. El enunciado del objetivo general presenta en primer lugar el propósito de la investigación (alcance último o resultado mayor que se espera alcanzar) y, a continuación, el o los medios que se van a emplear para lograr el propósito. Tanto los propósitos (resultado esperado) como los medios del objetivo, generalmente están estrechamente vinculados con las variables del problema objeto de investigación.

Para enunciar el objetivo general es necesario establecer cuál es la variable del problema cuyo análisis produciría el resultado de mayor alcance en el estudio. Si las variables del problema son descriptivas (¿cómo es...?), el propósito será concerniente a la variable a analizar en último lugar. Si las variables son, unas descriptivas (¿cómo es...?) y otra u otras explicativas (¿por qué está así...?), el propósito será concerniente a la variable explicativa o a la de éstas que se analizará en último lugar. Si las variables son descriptiva (¿cómo es...?), explicativa (¿por qué es así...?) y prospectiva (¿qué hacer al

respecto...?), el propósito será concerniente a la variable prospectiva o a la de éstas que se analizará en último lugar. Este propósito, es posible realizando, primero, los diagnósticos y análisis de las variables del problema que confrontan a las preguntas: ¿cómo es...? y ¿por qué está así...?, es decir, referentes a los medios del objetivo general.

Objetivos específicos. De un objetivo de desarrollo se pueden reconocer objetivos específicos que conlleven una conceptualización más detallada, cualitativa y cuantitativamente, de lo que se pretende conseguir. La "suma" de los objetivos específicos estará en correspondencia con lo establecido en el objetivo principal o de desarrollo. Los objetivos específicos son componentes del proyecto, A diferencia del objetivo general; que orienta el rumbo general del estudio, previendo el resultado que tendrán, los objetivos específicos, los cuales sirven para orientar la secuencia de actividades en que se realizarán los análisis de las variables del problema. La lógica del análisis determina, que esa secuencia deba guiarse por los principios: "de lo simple a lo complejo" y "de la descripción a la propuesta de solución".

Cada objetivo específico indicará inmediatamente qué se espera obtener como resultado concreto en un tiempo determinado o qué producto se va a obtener. Cada objetivo puede tener uno o más resultados esperados. Estos

resultados se van a generar cuando el proyecto entre en funcionamiento (operación), durante su vida útil.

3.4.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

Se precisan los límites del problema, los alcances, (de dónde a dónde se desarrollará la investigación. Por ejemplo, para el caso del proyecto de la Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra, se define, que la energía eléctrica a obtener es para uso domiciliario, y que el problema técnicamente incluye desde la obra de retención y toma de la fuente, hasta la instalación de la acometida eléctrica para dos focos por unidad habitacional. Es necesario tener en cuenta, la viabilidad, lugar, tiempo y financiación, para definir el tamaño y por tanto la delimitación del proyecto. Las delimitaciones pueden ser: espaciales, Municipio de Carolina San Miguel; geográficas, Zona Rural del Municipio de Carolina; específica, en la Comunidad La Chacra ubicada a 1.2 Km al Oeste de la Ciudad de Carolina y a 4.6 Km al Norte de San Luis de La Reina; coordenadas rectangulares geodésicas, Latitud = 306,300, Longitud=573,820, y Elevación=220 msnm.

Se plantean las limitaciones para el desarrollo del proyecto, en cualquiera de las fases de gestión, técnica o financiera, por ejemplo, que el recurso hídrico sea insuficiente para abastecer determinada demanda, para la generación de energía eléctrica y por ende la demanda real a abastecer se vea reducida, así

mismo, por el factor financiero, debido a los límites económicos por parte de las entidades cofinanciadoras del proyecto, pudiendo prever una segunda etapa del proyecto que este caso hipotético podrá tener otra modalidad de proyecto.

3.5 POBLACION A BENEFICIAR

La población a beneficiar, está identificada en los estudios y en las políticas que originaron el proyecto; en el perfil, se establece la población a beneficiar, esta puede ser la misma o variar, en base al estudio de factibilidad, si es que se ha redefinido el tamaño y alcances del proyecto.

Es fundamental, realizar una evaluación de la población, potencial usuaria en cuanto a una serie de características pertinentes, como su capacidad de pago, entendida como una conjunción entre la disponibilidad de recursos económicos (tanto para la construcción de la obra como para su operación y mantenimiento) y la disposición de volcarlos hacia ese fin. También, habrá casos en que será necesario evaluar la capacidad organizativa de los usuarios como sujeto colectivo que tendrá que tomar a su cargo la obra (ya sea como cooperativa de consumo y producción, o bajo otra forma). La realización incluye el convencimiento y decisión de la factibilidad y realización del proyecto, el compromiso formal por parte de los futuros usuarios de asumir todas las responsabilidades correspondientes, de realizar las obras para la consecución y funcionamiento del proyecto, este promovido entre toda la población. Hay que

aclarar el interés por que se haga el proyecto respecto a que este sea de una sola persona, de unas pocas familias o bien de la comunidad en conjunto, como futuros usuarios. Convendría que todas las familias se integraran en grupo local de beneficiarios interesados en el proyecto. Si esto es así, determinar que el número de futuros usuarios sea lo suficientemente grande y su motivación alcanza el nivel necesario para asegurar la concreción del proyecto. En esta estimación se debe tener en cuenta que el número de usuarios requerido no es estrictamente el mismo en todas las etapas. Por un lado, se requiere para iniciar la construcción, determinado número de familias con la motivación y el interés suficiente para impulsar la obra; pero una vez puesta en servicio la microturbina es posible que otras familias, aunque no hayan tomado parte activamente en las etapas anteriores, puedan manifestarse interesadas en ser usuarias. Por lo que las familias se clasifican en tres categorías: las “interesadas activas”, las “interesadas pasivas”, las “potencialmente interesables”.

La participación de los beneficiarios o de la comunidad en alguna parte o en todo el ciclo del proyecto es útil ya que estos se apropian del proyecto y los hace cuidar o estar pendiente que todo funcione adecuadamente, también, se reconoce de esta manera que todo cuesta y nada es gratis. Esta idea, es necesario que sea internalizada por todos, con el fin que permanentemente se hagan los esfuerzos de sostener el proyecto funcionado para el disfrute de los beneficios que genera. Es importante considerar los aspectos técnicos y

económicos. Por ejemplo, a partir de una localización tentativa de la represa y de la central, hay que considerar a qué distancia se ubican las unidades a abastecer, ello puede llevar a redefinir el conjunto. El problema consiste en lograr la conjunción óptima entre la planta a instalar y el número de usuarios. Respecto al costo unitario más bajo, este es posible cuanto mayor sea el número de usuarios. Se tendrá en cuenta, que el costo de construcción aumenta con la extensión mayor del proyecto una vez instalada la microturbina es posible ampliar el conjunto de futuros usuarios, con el objetivo principal de suministrar energía eléctrica para alumbrado domiciliar la comunidad rural, pero puede darse el caso en que se plantee la micro industria, como sastrería, molino, u otros.

3.6 ACTIVIDADES FUNDAMENTALES PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

El régimen operacional.

La ejecución de un proyecto implica la elaboración de un plan de ejecución en forma detallada y cronológica de las actividades para el desarrollo del mismo; el cual corresponde a un esquema coherente y viable de la realización en función del tiempo, de los recursos físicos, materiales, humanos, institucionales, técnicos y financieros, según los requerimientos. Los aspectos principales que involucra esta etapa son: determinación e inventario de las actividades a realizar, asignación de las actividades por periodos de tiempo

disponible en forma secuencial y la distribución de los recursos humanos, técnicos, físicos, financieros, de acuerdo a las actividades u operaciones del proyecto. El diagrama de Gantt, es utilizado como un instrumento de control de la ejecución de los programas y de los proyectos, basado en el diagrama de la Ruta Crítica, la cual abarca las actividades que más consumen tiempo, recursos e inversión económica, en una secuencia lógica.

Un cronograma de actividades puede ser representado, por un diagrama de Gantt o de barras horizontales, el cual consiste en un gráfico de coordenadas cartesianas, en donde las actividades a realizar son registradas en las ordenadas y el tiempo asignado para su realización en las abscisas; las actividades se representan por barras horizontales, cuya longitud depende de la duración y pueden ser expresadas en semanas, meses, trimestres, semestres, años.

El Método de la Ruta Crítica, cuya siglas en inglés son CPM, "Critical Path Method", consiste en hacer el listado de las diferentes actividades a realizar, asignándoles: recursos, costos, tiempo, mano de obra. Para efectuar el análisis de la secuencia lógica de ellas, generalmente se pregunta ¿qué actividades anteceden, cuáles siguen, cuáles se realizan a la vez?, etc. Su operatividad se basa en el análisis de secuencia, mediante una tabla donde se coloca en la columna del centro la actividad programada y en las de la izquierda

y derecha se señalan las actividades que teniendo en cuenta la secuencia del proceso sean anteriores o posteriores. En la tabla 3.1, se muestra un ejemplo típico de la aplicación de este método para un caso hipotético.

Tabla 3.1. Tabla de análisis de secuencia.

Proyecto: Construcción de casa habitacional de 1 plata

Actividades lógicas anteriores	Actividades Programadas			Actividades lógicas posteriores
	Orden	Detalle	Duración (Días)	
----	A	Trazo	3	B
A	B	Excavaciones	7	C
B	C	Hechura de fundaciones	12	D,E
C	D	Compactación	7	E,F
----	E	Instalaciones Hidráulicas	8	I
D	F	Hechura de paredes	18	G
F	G	Acabado en paredes	9	H
F,G	H	Cubierta de techos	3	I
H	I	Pisos	10	J
I	J	Puertas y Ventanas	4	K
J	K	Pintura en paredes	7	L
	L	Limpieza final	3	

La información en la tabla 3.1, permite establecer los prerrequisitos que tiene cada actividad para determinar las acciones que pueden realizarse simultáneamente y así optimizar el tiempo para la ejecución del proyecto. La visualización puede obtenerse al elaborar el diagrama CPM, basado en el insumo aportado por a tabla 3.1. Este diagrama contiene la ruta crítica en la realización del proyecto, a través de las actividades principales que

relacionadas o no entre sí, consumen tiempo y recursos, que definen la duración total del proyecto y un flujo de efectivo balanceado, por lo tanto representa lo óptimo necesario, a lo que habrá que ajustarse a cumplir.

Instrumentos, métodos, técnicas y modalidades de operación.

En el diagrama de Gantt, se dan las secuencias correctas entre una actividad y otra, conteniendo plazos y períodos en que se ejecutan las actividades, muestra cuál actividad se ejecuta primero y cuál después y en qué momento deben efectuarse, permite combinar información de las actividades definidas con los plazos y fechas de ejecución de estas. Los casilleros destinados a indicar tiempos se llenan generalmente con barras horizontales y pueden mostrar diferentes períodos tales como días, semanas, meses, trimestres o años. Como cuadro de control también es útil, en tanto permite llevar el avance real versus lo programado, de las actividades en términos físicos, evidenciando si existe atraso en determinadas actividades y a su vez en el proyecto en general, para solventarlo. Las actividades pueden agruparse por componentes cuando su número sea lo suficientemente grande. La tabla 3.2 muestra una forma posible de definir un diagrama de Gantt:

Tabla 3.2. Ejemplo del Diagrama de Gantt.

CUADRO DE ACTIVIDADES DIAGRAMA DE GANTT														
No.	ACTIVIDADES	(meses)	PERIODOS (en Días, semanas o meses)											
		DURACIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Actividad 1	3	■	■	■									
	Actividad 2	3				■	■	■						
	Actividad 3	4							■	■	■	■		
	Actividad 4	2											■	■

En términos generales, los proyectos pueden ser planteados para desarrollarlos a corto, mediano o largo plazo, lo cual depende, por ejemplo, del tipo de proyecto, de los recursos disponibles y de los objetivos del mismo.

El planteamiento del método tiene en cuenta, por ejemplo, el conocimiento del contexto de las regiones o localidades del proyecto, orientándose a los problemas de las comunidades, evidencia de trabajo intersectorial e interdisciplinario donde se contribuya, eficiente y eficazmente, a la solución de los problemas o situaciones identificadas específicamente, permitiendo la interacción con otros proyectos y flexibilidad de cambio durante el desarrollo del proyecto. La investigación acción participativa es uno de los métodos más aplicados en proyectos comunitarios ya que permite conocer y actuar en el contexto de un proceso de cambio o de transformación de la realidad, porque está basado en la solución de los problemas sentidos dentro de la comunidad. Entre las técnicas de trabajo más utilizadas se tienen: el debate, el foro, los talleres y todas aquellas que faciliten las discusiones, la

identificación y análisis de soluciones que permitan la toma de decisiones apropiadas para el desarrollo del proyecto.

El tiempo de duración de cada una de las actividades y del proyecto en su desarrollo, definirá claramente, ya que el aumento en tiempo, representa el incremento de costos y retrasa el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Recursos y costos de ejecución.

La ejecución de cualquier proyecto requiere disponer de recursos humanos, técnicos, físicos y financieros, por eso, es necesario su identificación, planificación y programación de acuerdo con las necesidades, requerimientos y exigencias del mismo.

Los recursos más utilizados son los humanos, físicos, técnicos y financieros, y en la planificación económica se señalan los costos directos, indirectos, relacionados con el capital, los corrientes, los fijos y los variables.

Los costos directos, son los que se relacionan directamente con la prestación del servicio, como el pago del tiempo del personal de salud; los indirectos, son los servicios complementarios que se originan como resultado de la realización del proyecto, por ejemplo, el alquiler de un equipo para el procesamiento de datos o para hacer mediciones de agudeza auditiva o visual.

Los costos de capital, son los que se producen en las inversiones realizadas, por la adquisición de un equipo o por la financiación de recursos para la ejecución del proyecto. Los costos corrientes hacen referencia a los costos para el desarrollo del proyecto y que pierden vigencia una vez que se han realizado; por ejemplo, los que se hacen por caja chica.

Los costos fijos, son los que no sufren variación, cualquiera que sea la magnitud del proyecto, como el pago del arrendamiento de las instalaciones donde funciona el proyecto y del personal administrativo del mismo. Los costos variables dependen de las ejecuciones del proyecto y cambian de acuerdo con su magnitud y duración; por ejemplo, el número de encuestas que deben realizarse, el número de dosis de vacuna que se han de aplicar.

La financiación del proyecto, hace referencia a la forma cómo serán provistos los recursos económicos del presupuesto, pueden ser de financiación interna, externa y/o mixta. Es interna cuando los recursos proceden del presupuesto propio de la institución que lo ejecuta; externo cuando provienen de una organización distinta al ejecutor y mixta cuando hay combinación de las dos anteriores.

Evaluación del proyecto.

En la evaluación de todo proyecto, es necesario desde el diseño, definir los indicadores que serán utilizados para medir e identificar los avances de las actividades programadas y su contribución al alcance de las metas y objetivos propuestos.

Administración del proyecto

La administración de un proyecto incluye todas las etapas del proceso administrativo, estas son: planeación, organización, coordinación, dirección, evaluación y control. El buen desarrollo de cada una de ellas contribuye al logro de los objetivos, propósitos y metas del proyecto.

La coordinación se determina por el tipo, complejidad, necesidades y exigencias de proyecto. La dirección de proyectos, de carácter social, recomienda que sean de tipo participativo ya que el éxito de los mismos depende del compromiso y participación activa y real de la comunidad, lo cual implica dirección y coordinación abierta, flexible y participativa, así como la orientación hacia el logro de los objetivos y el control del proceso para alcanzarlos. El director de proyecto, para orientar el desarrollo de las actividades identifica las dificultades que se producen a través del desarrollo del proyecto y efectúa los ajustes necesarios para garantizar el logro de los objetivos.

3.7 MARCO LEGAL

Toda actividad formal se inserta dentro de un marco legal que rige las relaciones entre las personas, con otras instituciones, y con el Gobierno; los aspectos organizacionales y el marco legal y normativo en el cual se insertará el proyecto cuando se realice, tiene mucha importancia para el éxito del cumplimiento de los objetivos planteados para el proyecto. Por tanto, las investigaciones deben referirse, en la construcción de las bases teóricas o en los análisis empíricos, a dispositivos y normas legales de distinta jerarquía (tratados internacionales, Constitución Política del Estado, leyes, decretos leyes, decretos legislativos, resoluciones de distinta jerarquía, disposiciones reglamentarias y administrativas, etc. El investigador debe redactar el compendio de las normas que conciernen a la investigación. Las bases legales deben redactarse de manera que cada norma sea debidamente identificada, en una ficha, por su código, numeración, nombre o asunto, así como su fecha de expedición.

El artículo 5 de la Ley General de Electricidad dispone, que la generación de energía eléctrica a partir de recursos hidráulicos y geotérmicos requerirá concesión otorgada por el Estado, a través de La Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, SIGET. En el año 2000 la SIGET, admitió la solicitud de concesión del proyecto Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra, ubicado sobre el río Lempía, en San Miguel, Municipio Carolina;

inicialmente, el documento de solicitud de concesión fue realizado empíricamente por la ONG (SABES) que asistió a la Comunidad La Chacra, para cumplir con los elementos técnicos y legales suficientes, después de aceptada la solicitud y emitida la correspondiente resolución, se recibió asesoría por parte de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), ya que no se tenía un procedimiento que se adaptara a las características y requisitos de este tipo de proyectos, los establecidos hasta entonces, eran generales, tanto para grandes Centrales Hidroeléctricas, cuya capacidad de generación es mayor que 5 MW, como para Minicentrales Hidroeléctricas, con capacidad de generación menor a los 5 MW; en particular, con el proyecto Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra, con una potencia instalada de 17.60 KW, en comparación con las Minicentrales Hidroeléctricas existentes, tiene una capacidad mucho menor que no llega ni a 1 MW; por tanto, sus dimensiones y requerimientos son menores.

El artículo 5 literal c) de su Ley de Creación establece que la SIGET es competente para dictar normas y estándares técnicos aplicables a los sectores de electricidad y de telecomunicaciones, es así que en el año 2001 se emitió por parte de la SIGET, el Acuerdo No. 59-E-2001 “Normas Aplicables al Procedimiento de Licitación para el Otorgamiento de Concesiones de Recursos Geotérmicos e Hidráulicos con Fines de Generación Eléctrica” (ver Anexo 3.2), que tiene por objeto desarrollar en mayor grado de detalle los procedimientos

aplicables a los procesos de licitación de concesiones de recursos naturales geotérmicos o hidráulicos, complementando y diferenciando los pasos correspondientes a cada uno de ellos, a fin de tomar en consideración la complejidad técnica propia de los proyectos geotérmicos, las diferencias metodológicas entre el desarrollo de proyectos hidráulicos y geotérmicos y las diferencias entre el desarrollo de pequeños y grandes proyectos hidráulicos. Así mismo, el trece de octubre del año 2003, es emitido el Acuerdo 283-E-2003 “Procedimiento Abreviado para el Otorgamiento de Concesiones de Recursos Geotérmicos e Hidráulicos con fines de Generación Eléctrica para Plantas Generadoras con Capacidad Nominal Total, Igual o Menor de Cinco Megavatios” (ver Anexo 3.3), que tiene por objeto establecer un mecanismo abreviado y ágil para el otorgamiento de concesiones de recursos naturales geotérmicos o hidráulicos, para plantas generadoras de energía eléctrica con capacidad nominal total, igual o menor de cinco megavatios, y tal como dice en los considerandos numeral V, párrafo segundo: “tiene como fin incentivar la inversión privada en el sector electricidad, no sólo por medio del empleo de grandes capitales, sino también, a través de proyectos que se encuentran al alcance de la mayor parte de la población, como son aquellas concesiones para plantas generadoras con capacidad nominal total que no sobrepasen cinco megavatios. Para facilitar su alcance, es necesario crear un procedimiento abreviado con relación al que la Ley General de Electricidad establece para las concesiones que superan tal capacidad, a la vez, que este permita su

obtención a la mayor brevedad posible, sin el sometimiento a trámites innecesarios que desmotiven a los interesados a continuar con el procedimiento.” En este procedimiento en el Capítulo III - Disposiciones Generales, Art. 15 y Art. 16, establece que la entidad solicitante podrá presentar a la SIGET un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de carácter general referido a la prefactibilidad, aprobado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en adelante el MARN, en forma condicionada a que la entidad presentará posteriormente, una vez realice el estudio de factibilidad e/o ingeniería final - un EIA específico del proyecto en el que se evaluarán las características diseñadas para la construcción, operación y abandono, así como los datos por ellos publicados, sobre el dictame de solicitud del permiso ambiental.

El marco normativo al cual estarán sujetos tanto la SIGET como el solicitante de concesiones de recursos geotérmicos o hidráulicos de baja potencia, está constituido por:

a) Constitución de la República de El Salvador, contenida en el Decreto Legislativo número treinta y ocho del quince de diciembre de mil novecientos ochenta y tres, publicado en el Diario Oficial número doscientos treinta y cuatro, tomo doscientos ochenta y uno del dieciséis de ese mismo mes y año.

b) Ley de Creación de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, contenida en el Decreto Legislativo número ochocientos ocho del doce de septiembre de mil novecientos noventa y seis, publicado en el Diario Oficial número ciento ochenta y nueve, tomo trescientos treinta y tres del nueve de octubre de mil novecientos noventa y seis y su reforma contenida en el Decreto Legislativo números ciento setenta y cinco del cuatro de diciembre de mil novecientos noventa y siete, publicada en el Diario Oficial número doscientos treinta y nueve, tomo trescientos treinta y siete del veintidós de diciembre de mil novecientos noventa y siete. La cual dicta la potestad de la SIGET.

c) Ley General de Electricidad y sus reformas, contenida en el Decreto Legislativo número ochocientos cuarenta y tres de fecha diez de octubre de mil novecientos noventa y seis, publicado en el Diario Oficial número doscientos uno, tomo trescientos treinta y tres, del veinticinco de ese mismo mes y año.

d) Reglamento de la Ley General de Electricidad (Rige), contenido en el Decreto Ejecutivo número setenta del veinticinco de julio de mil novecientos noventa y siete, publicado en el Diario Oficial número ciento treinta y ocho, tomo trescientos treinta y seis, del veinticinco de julio de mil novecientos noventa y siete.

e) Ley de Medio Ambiente, contenida en el Decreto Legislativo número doscientos treinta y tres, publicado en el Diario Oficial número setenta y nueve, tomo trescientos treinta y nueve del cuatro de mayo de mil novecientos noventa y ocho;

f) Reglamento General de la Ley de Medio Ambiente, contenido en el Decreto Ejecutivo número diecisiete del veintiuno de marzo del año dos mil, publicado en el Diario Oficial número setenta y tres, tomo trescientos cuarenta y siete, del doce de abril del año dos mil; así como los Reglamentos Especiales contenidos en los Decretos Ejecutivos números treinta y ocho “Sobre el control de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono”; número treinta y nueve “ Aguas Residuales”; número cuarenta “ Normas Técnicas de Calidad Ambiental”; número cuarenta y uno “Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos”; y, número cuarenta y dos “Sobre el manejo integral de los desechos sólidos”, todos de fecha treinta y uno de mayo del año dos mil, publicados en el Diario Oficial número ciento uno, tomo trescientos cuarenta y siete, del uno de junio del año dos mil.

g) Ley de Inversiones, contenida en el Decreto Legislativo número setecientos treinta y dos del catorce de octubre de mil novecientos noventa y nueve, publicado en el Diario Oficial número doscientos diez, tomo trescientos cuarenta y cinco del once de noviembre de mil novecientos noventa y nueve.

h) Ley Especial de Protección al Patrimonio Cultural de El Salvador, contenida en el Decreto Legislativo número quinientos trece, del veintidós de abril de mil novecientos noventa y tres, publicado en el Diario Oficial número sesenta y ocho, tomo trescientos treinta y uno, del quince de abril de mil novecientos noventa y seis.

i) Reglamento de la Ley Especial de Protección al Patrimonio Cultural, contenida en el Decreto Ejecutivo número veintinueve, publicado en el Diario Oficial número sesenta y ocho, tomo trescientos treinta y uno, del quince de abril de mil novecientos noventa y seis.

j) Ley Forestal, contenida en el Decreto Legislativo número doscientos sesenta y ocho, publicado en el Diario Oficial número cincuenta, tomo doscientos treinta y ocho, del trece de marzo de mil novecientos setenta y tres, y su reforma contenida en el Decreto Legislativo número cuatrocientos dieciocho, publicado en el Diario Oficial número ciento cuarenta y dos, tomo doscientos noventa y dos, del treinta y uno de julio de mil novecientos ochenta y seis.

k) Legislaciones y ordenanzas municipales.

3.8 RECURSOS

Los recursos requeridos por el proyecto son:

Recursos naturales: eso son principalmente el caudal medio disponible del río (en época seca o estiaje y lluviosa o de apogeo, que definen el caudal mínimo y máximo del río), el caudal a turbinar, el suelo, materiales pétreos presentes en el lugar que pudieran servir en la etapa de construcción.

Recursos económicos: son los costos de materiales de construcción, mano de obra, maquinaria y herramienta, contenidos en el cuadro del presupuesto del proyecto, además, los costos de gestión y administración para la construcción, costos de operación y mantenimiento del proyecto, todo lo cual define los recursos necesarios para su realización. A partir de esto, se determina el aporte de la comunidad (mano de obra o monetario) y el financiamiento externo que se requerirá gestionar, ya sea ante organismos e instituciones gubernamentales y no gubernamentales.

Recursos físicos: oficinas, bodega de almacenamiento de materiales, materiales, herramientas y maquinaria, requeridos para la construcción de obras civiles, según los volúmenes de obra calculados para cada actividad, así como del equipo turbogenerador y tecnología del mismo que este disponible.

3.9 REQUERIMIENTOS NECESARIOS

Una vez identificados los recursos a utilizar, se pasa a la etapa que se establece a partir de los recursos naturales disponibles y a través de los

estudios técnico, la capacidad hidráulica del río, qué potencia es capaz de generarse a partir del caudal que es posible desviar para turbinar, y qué demanda se cubre y si esta se adapta a la demanda real. A partir de las condiciones hidrológicas, hidráulicas, topográficas se define el tipo de modelo de minicentral hidroeléctrica a diseñar, ver ítem 3.1.

Los requerimiento financieros se establecen a partir del presupuesto general del proyecto, se prevee el aporte comunitario y el cofinanciamiento externo, especificando la modalidad del mismo (préstamo, donación, crédito) que se gestione, para demostrar que se tiene la capacidad económica para la ejecución del proyecto, también se define la forma de administración financiera y organizacional del proyecto en operación y su mantenimiento.

Los requerimientos físicos, para el diseño de cada uno de los componentes de la minicentral hidroeléctrica, están condicionados por la topografía del lugar; algunos de estos componente son: el dique, la estación de bombeo o la bocatoma toma directa (sistema por gravedad), dimensionamiento y material de construcción del canal de conducción. Así mismo se evalúa si los materiales de construcción, como: piedra, arena, grava, están disponibles en el lugar del proyecto o si hay que traerlos de otro lugar que cumpla con la calidad requerida, lo cual aumentará los montos de costos, si la mano de obra calificada de los alrededores es la idónea para su ejecución o será necesario traer de otro

lugar; para cada caso es necesario analizar la función de cada cargo y si las personas propuestas cumplen los requisitos mínimos. Por otro lado, será necesario analizar las condiciones legales de las propiedades inmuebles a utilizar en el proyecto; por ejemplo si el proyecto requiere la compra de algún terreno, se legalizará todo lo concerniente a la compra – venta de éste. De igual manera, se conocerá la situación legal que pueda afectar el desarrollo del proyecto.

3.10 ESQUEMA DE GESTION

El esquema de gestión, representa los diferentes pasos y etapas de un proyecto, que llevan a su realización y puesta en marcha, en base a lo siguiente:

- Idea. Consiste en identificar preliminarmente la necesidad o problema existente, y acciones que conlleven a su solución.
- Perfil. Resulta de identificar el problema y preparar varias alternativas de solución, mediante el uso de la información secundaria o valores promedio de referencia y de descartar las que claramente no son viables.
- Prefactibilidad. Consiste en evaluar en base a criterios económicos, sociales y técnicos, las alternativas de solución viables para un problema identificado, determinando las bondades de ellas.
- Factibilidad. Consiste en perfeccionar la alternativa recomendada en la prefactibilidad, mediante el uso de información primaria y la realización de todos

los estudios que sean necesarios (mercado, suelos, geológicos, tarifario, arquitectónico, institucional, etc.).

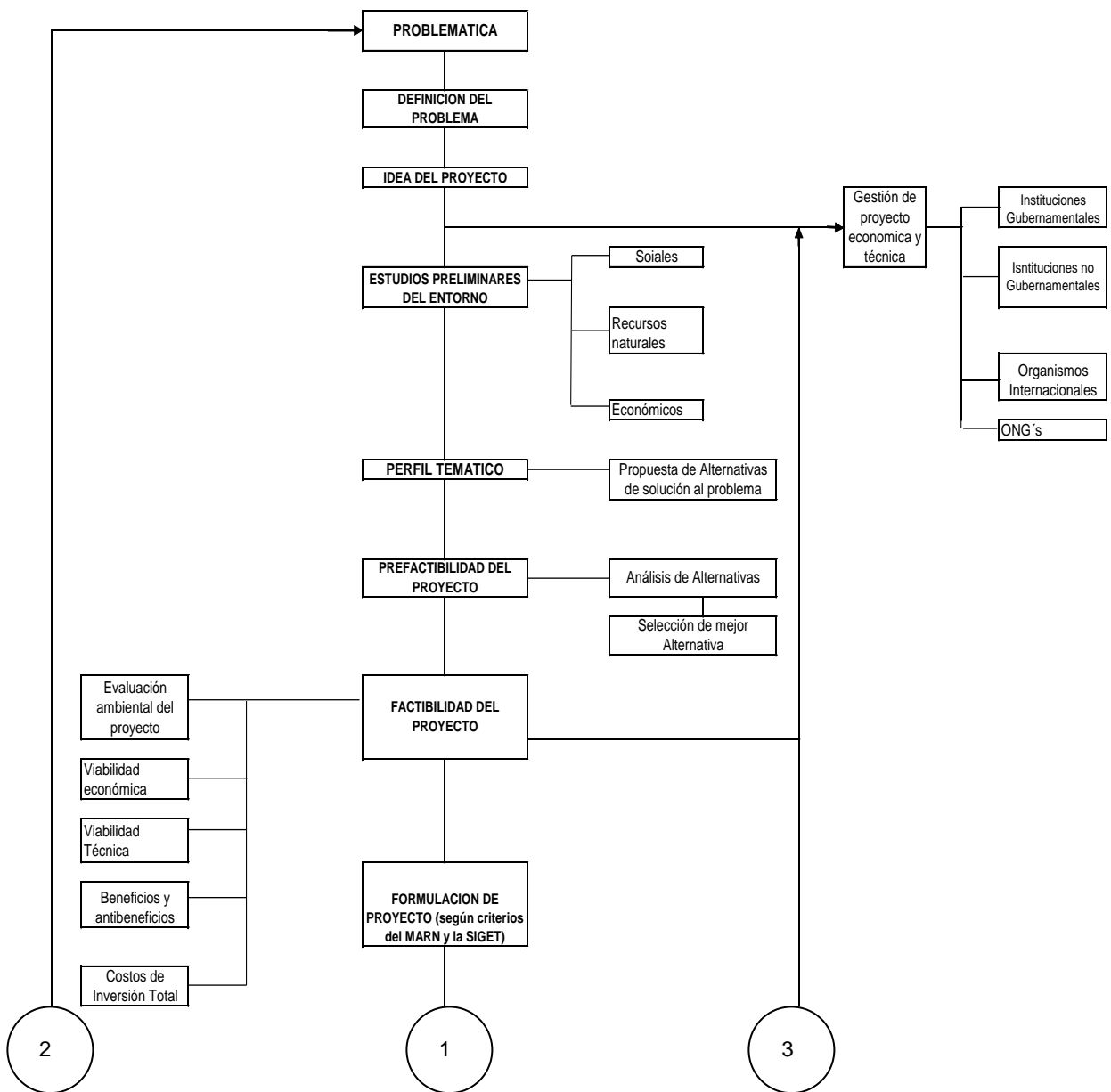
- Formulación del proyecto: se realizan los estudios técnicos específicos, que respaldan la viabilidad del proyecto, determinando su diseño final, análisis de volúmenes de obra, costos, financiamiento, la ingeniería del proyecto.

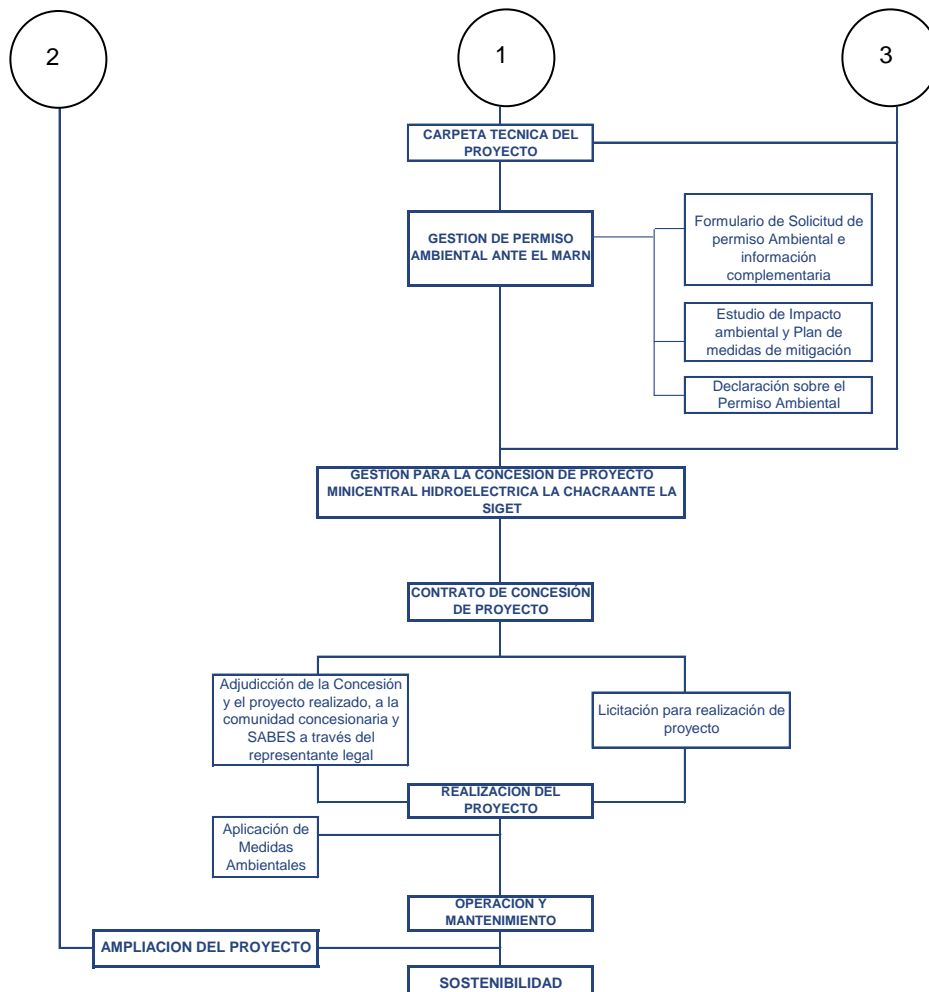
- Carpeta Técnica. Recopila la información general que identifica al proyecto y quién lo gestiona, así como todos los aspectos técnicos, según criterios del Ministerio Ambiental de Recursos Naturales (MARN) y la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), la primera entidad se encarga de velar por el uso sostenible de los recursos naturales y ante el cual se gestiona el Permiso Ambiental del proyecto, ya que éste, está incluido dentro de los requisitos del proceso de gestión para concesión del proyecto por parte de la SIGET. Para la adjudicación se firma entre la SIGET y el concesionario un contrato en donde se especifican los términos y características del proyecto concesionado. Al haber cambios en las características del mismo, tal como aumentar la potencia de generación, esto implica cambios en las instalaciones físicas, y se hará una nueva solicitud de concesión de ampliación ante la SIGET.

- Operación y mantenimiento del proyecto. Con el proyecto en marcha, se generan los beneficios para los cuales el proyecto fue diseñado, y la forma de administración del proyecto. Esto permite dar mantenimiento a cada una de las unidades que componen el sistema del proyecto, durante su vida útil.

- Sostenibilidad. Se demuestra que el proyecto es autosostenible; es decir, que los costos de inversión para operación y mantenimiento del proyecto a lo largo de su vida útil, son menores o iguales a los beneficios, a partir del pago tarifario aprobado para cada usuario.

Esquema de gestión:





3.11 CARPETA TECNICA

Es el documento que contiene los requisitos mínimos, técnicos y administrativos, para poder gestionar el financiamiento necesario, la concesión y el desarrollo del proyecto, ante instituciones, organismos gubernamentales y/o no gubernamentales, personas naturales o jurídicas. La carpeta técnica se elabora a partir de la evaluación de toda la información y estudios sociales, económicos y técnicos, verificados en campo, así como el análisis de la viabilidad. Contiene alcances del proyecto y todos los aspectos relacionados

con el desarrollo del proyecto priorizando durante el proceso de planificación participativa. Este procedimiento es para garantizar que el proyecto cumpla en forma eficiente con su propósito en los aspectos: físico, técnicos, económicos/financieros, sociales y ambientales. La carpeta técnica la elaborará un profesional del ramo, el cual evaluará y reflejará los costos contra los beneficios del proyecto, conteniendo lo siguiente:

Aspectos Técnicos: análisis de los criterios de diseño del emplazamiento hidroeléctrico y cada uno de sus componentes físicos, los materiales y equipo electromecánico propuestos, su dimensionamiento, la mano de obra calificada, el período de tiempo previsto para el desarrollo del proyecto.

Aspecto social: análisis de las condiciones socioeconómicas de los beneficiarios, la organización social comunitaria para la ejecución, operación y mantenimiento del proyecto, la voluntad y forma de participación organizada de los beneficiarios.

Aspectos de género: se estudiarán los elementos relacionados con el impacto que el proyecto tendrá sobre las familias en las fases de ejecución y operación, los beneficios equitativos durante y después de la realización del proyecto, la garantía de la sostenibilidad del proyecto durante su vida útil.

Aspectos legales: estudio de la situación de la propiedad de terrenos que pertenecen al área de interés del emplazamiento hidroeléctrico, permisos para la realización de estudios técnicos de campo, de paso o acceso, la propiedad de la obra, tenencia del proyecto, comodatos, donaciones, traspasos, condiciones y modalidades, nuevas consideraciones por cambios al interior del proyecto o estructuras administrativas. En el caso del proyecto Minicentral Comunidad La Chacra, la solicitud de concesión y la contrata de concesión se realizó a nombre de un representante de la ONG Asociación Saneamiento Básico, Educación Sanitaria y Energías Alternativas (SABES), que financiaba y apoyaba técnica y administrativamente a los beneficiarios en la realización del proyecto, y que actualmente, en la etapa de operación, sigue dando seguimiento y apoyo al proyecto. Ver anexo 3.4, Acuerdo de Concesión del Proyecto Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra.

Aspectos económicos-financieros: análisis de los costos del proyecto desde su formulación, gestión, realización, operación; y el financiamiento del mismo, el cual es uno de los puntos más importantes debido a que las comunidades rurales tienen muy pocos recursos y siempre requerirán financiamiento por entidades gubernamentales (por ejemplo: Alcaldías Municipales), entidades no gubernamentales (ONG's), ayuda internacional, con el aporte de la comunidad que puede ser con dinero, de acuerdo a sus pocas posibilidades, mano de obra en la realización del proyecto, organización

comunitaria para la operación y mantenimiento del proyecto. En el caso de la comunidad La Chacra, fue cofinanciada por la ONG SABES, la comunidad se organizó para que en la etapa de construcción, por lo menos un miembro por familia (de 53 familias) aportó mano de obra en el proceso constructivo; actualmente, en la etapa de operación, se han asignado personas capacitadas que se encargan del manejo y control del equipo turbogenerador, dos personas para la limpieza general del canal de conducción, y un representante por familia para las reparaciones menores como son fugas en el canal de conducción, las reparaciones mayores, como es el caso del equipo turbogenerador y la subestación, está a cargo de la ONG SABES.

Aspectos ambientales: es el Estudio de Impacto Ambiental de todas las actividades a realizar en la etapa de ejecución y operación del proyecto, acompañado de las medidas de prevención y mitigación, uso óptimo y adecuado de los recursos naturales. Este estudio es solicitado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) encargado de velar por el uso racional y sostenible de los recursos naturales, que después de evaluar el estudio extiende el permiso ambiental, requerido para el proceso de solicitud de concesión ante la SIGET.

Aspectos institucional/gerencial: se analiza la capacidad de asegurar la gestión del proyecto, la modalidad de ejecución de este (por administración

directa o indirecta), esto se puede basar en los parámetros establecidos por la entidad donante o de financiamiento del proyecto, ya sea gubernamental o no gubernamental.

Estudios técnicos para la ingeniería del proyecto: sus resultados se utilizan para elaborar la carpeta del proyecto, basada en los estudios de suelos, geológicos, topográficos, hidrológicos, hidráulicos, impacto ambiental, social, financiero y económico; los cuales respaldan la factibilidad del proyecto, a la vez, estos serán útiles en el desarrollo de la obra y durante su vida útil.

Al finalizar la carpeta técnica, esta se evalúa, previo a la aprobación y el financiamiento. Para esto se requiere la participación de todos los interesados, como: el comité de proyecto, representantes de la comunidad, un evaluador asignado por la institución donante o cofinanciadores (gubernamental y/o no gubernamental). El desarrollo de esta etapa consiste en una visita de campo de los interesados y la persona que formuló la carpeta, con el objetivo de determinar si lo que está plasmado en la carpeta técnica se apega a las condiciones de campo y a las necesidades a solventar. Una segunda visita se realiza a partir del resultado de la primera, esta consiste en revisar el volumen de obra y los costos unitarios de los materiales a utilizar en la construcción del proyecto, para verificar que estos son los correctos y están de acuerdo a lo requerido.

La aprobación de la carpeta será dada por un miembro del comité de proyecto, un representante de la comunidad, y el/los representante/s de la/s institución/es financiadoras.

3.11.1. CARPETA TECNICA GENERAL DEL PROYECTO

La carpeta técnica, este documento deberá contener los elementos mínimos que a continuación se plantean:

a) Hoja de presentación: en la cual se incluye el nombre y tipificación del proyecto, así como los datos de ubicación (Cantón, caserío o comunidad, municipio y departamento). También deberán a parecer los datos de la persona responsable de la elaboración del proyecto y de la carpeta, la cual colocará su firma y sello del profesional autorizado, en cada una de las páginas de esta. El monto global del proyecto, se expresará en la moneda en vigencia en el país.

b) Financiamiento del proyecto. Si en esta etapa de elaboración de carpeta aún se está gestionando el financiamiento del proyecto, se incluye la solicitud de financiación, reflejado los datos específicos del proyecto con respecto al presupuesto, y un resumen del presupuesto en el cual se definan las fuentes de financiamiento que se tienen. El monto a solicitar será reflejado en el cuadro resumen (ver Anexo 3.5), en el que se especifican los costos totales por rubro y el aporte de la comunidad, y la diferencia a solicitar será el monto a solicitar.

Si se tiene el financiamiento del proyecto, se refleja quiénes son los organismos cofinanciadores, la contraparte de la comunidad y el monto del aporte de cada uno de estos. Se especificará la institución bancaria en la cual se depositarán los fondos para la ejecución del proyecto y con ello poder llevar un mejor control del uso de los fondos.

c) Certificación de Acuerdo o de compromisos de financiamiento: en caso que sea una entidad gubernamental como Alcaldía municipal, se incluirá el documento de certificación de Acuerdo Municipal que respalde la priorización del proyecto, que incluirá el nombre exacto con el que fue priorizado, fecha y hora del libro de actas en el que fue asentado, legitimado por la firma del Alcalde, un miembro del consejo y el secretario municipal y se sellará esta certificación, con la cual, se dará el aval. En caso de ser una institución no gubernamental, se hará un documento en el cual se compromete a participar en el financiamiento y/o apoyo técnico del proyecto, especificando el monto o la forma de apoyo, firmado por el representante legal del organismo y el representante de la misma asignado al proyecto.

d) Resumen de presupuesto: se hace un cuadro resumen en el que se consolida el total del presupuesto (ver anexo 3.5). En este se detallan los rubros de mano de obra, costos de maquinaria y herramientas, materiales de construcción, incluyendo en los rubros el costo del rótulo de identificación de la

obra. Del total obtenido se obtiene entre el 0% y el 10% que servirá para imprevistos, este parámetro dependerá de la magnitud o relevancia del proyecto, así como de la época en que se construirá el proyecto, siendo la época lluviosa la más difícil y riesgosa para los trabajos de construcción. De la suma total más el imprevisto se obtiene el monto total del proyecto.

e) Presupuesto del proyecto: para cada actividad o partida, se presenta un desglose de cantidad de materiales, mano de obra, herramienta o maquinaria, subcontratos y otros, con los costos existentes en plaza para obtener el precio unitario por partida. Al terminar de obtener el precio unitario de cada actividad, se coloca en el cuadro resumen del presupuesto, en el cual se colocan también los volúmenes de obra a desarrollar por actividad o partida, lo cual servirá como término de referencia en el proceso de licitación y ejecución del proyecto. (ver Anexo 3.6).

f) Descripción general y alcances: se hace una descripción breve de la ubicación del municipio, así como de la ubicación exacta del proyecto; también se describe la cantidad de obra a realizar. Aquí se hace notar la forma de participación de la comunidad, ya sea en mano de obra, económico u otra forma.

g) Planos y especificaciones técnicas: aquí se presentan los planos de ubicación del proyecto, uno del municipio en cuestión dentro del departamento respectivo y otro que representa la ubicación exacta donde se realizará el proyecto. Planos que presentan la distribución geométrica, donde se ubica cada uno de los componentes de la minicentral hidroeléctrica, así como planos con los detalles constructivos de las obras civiles a construir, describiendo las especificaciones técnicas para cada actividad, que sirva para la correcta realización de los procesos constructivos y por consiguiente, la calidad de la obra.

h) Cronograma de actividades: donde se ordenan de manera lógica cada una de las actividades y se representa gráficamente la duración en el tiempo y secuencia de las mismas. También se presenta una proyección físico-financiera en un cuadro, donde se refleje el flujo de efectivo según la inversión y avance de las actividades.

i) Memoria de cálculo: se presenta de manera concisa, la memoria de cálculo par el diseño final de las obras, así como de los materiales y mano de obra para las actividades a realizar. Así mismo, se anexa los estudios pertinentes, realizados con anticipación, que sirvieron de base para el diseño de ingeniería final.

j) Rótulo del proyecto: consiste en el modelo de la información que contendrá el rótulo de identificación del proyecto, tales como el nombre, el monto, fecha de inicio, de finalización y el nombre de las entidades u organismos que estén financiando el proyecto.

3.12 COMPOSICIÓN METODOLÓGICA Y SISTEMÁTICA PARA LA REALIZACIÓN DE PEQUEÑOS PROYECTOS DE APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO

La metodología consiste en una secuencia lógica estructurada de actividades que permitan la aplicación de las diferentes etapas desde la idea hasta la realización concreta del proyecto funcionando.

Se debe buscar la mayor concreción posible en la identificación del problema o necesidad estudiados, determinando los aspectos específicos y las características más importantes, las posibles causas y repercusiones del problema o necesidad y las condiciones en que se está presentando tal situación.

Descripción del problema.

Para describir el problema o necesidad se utilizará el Formato¹, “Descripción del problema”, el cual se divide en tres secciones, las cuales se explican a continuación:

Sección A. En esta sección, describir el problema o la necesidad en los términos más concretos posibles, haciendo especial énfasis en los siguientes aspectos:

- Descripción general del problema o necesidad.
- Aspectos sociales, económicos, y políticos que estén directamente relacionados con el problema o necesidad.
- Localización de la población afectada y área afectada por el problema.
- Algunos antecedentes sobre cómo ha evolucionado el problema, y qué intentos de solución se han presentado anteriormente.
- Consecuencias que está generando actualmente el problema.
- Principales usos que se le da a la energía eléctrica en la zona.
- Si la zona posee actividades agroindustriales, éstas deben describirse.

Sección B. Describa y cuantifique si es posible, el tipo de actividades que se desarrollan en la zona y requieren de energía eléctrica, así como el nivel productivo de estas actividades, expresado en unidades tales como kilogramos, toneladas, etc. Haga énfasis en los usos que puede tener la energía eléctrica en la zona del problema.

Sección C. En esta sección se debe intentar cuantificar la demanda actual y proyectada y la oferta, sin proyecto, de energía eléctrica, la cual se cuantifica en kilovatios hora por año (KWH). En la columna OFERTA presente solamente la

cantidad de energía que se puede ofrecer actualmente, sin considerar la oferta que pueda tener el proyecto, esta será nula, puesto que se plantea que la comunidad no cuenta con el servicio eléctrico, en absoluto.

En la primera fila del Formato 1, usted encontrará la casilla “Nombre del proyecto”, no se coloca el nombre del proyecto aún, este se determina más adelante, cuando se haya analizado la información investigada, y elegido una alternativa, en base a esto, se enuncia el Nombre del proyecto. Proceda de igual forma con todos los formatos que se explican a continuación.

Objetivos del proyecto

Conocido el problema, sus causas, consecuencias, así como las características de la población y zona que están siendo afectadas por el mismo, plantear el objetivo que se persigue con la realización del proyecto. Este consiste en el estado deseado que se espera obtener a través de la ejecución del proyecto. El objetivo General, está relacionado con el problema que se identificó.

Los objetivos, tanto el objetivo general como los objetivos específicos del proyecto, expresarlos en términos de resultados, con el propósito de facilitar la evaluación y el futuro seguimiento de éste, teniendo las siguientes características:

- Ser importante. Tener un peso significativo dentro de los costos y beneficios del proyecto. Estar enfocado al logro, no a la actividad. Por lo tanto, palabras como apoyar, coordinar, fomentar, capacitar, etc., no deben utilizarse al definir resultados.
- Ser alcanzable. Ser realista y realizable bajo las condiciones externas que lo afectan y con los recursos previstos.
- Ser medible. Poder ser monitoreable en el tiempo a través de uno o más indicadores y metas.
- Estar delimitado en el tiempo. Tener un inicio y una terminación en el tiempo.
- Permitir comparar situación actual y futura en forma clara y precisa.
- Incorporar beneficiarios o grupos objetivo.

Para concretar y cuantificar el objetivo, es necesario incluir indicadores, que sirvan para comparar la situación actual con los resultados y metas esperadas. Los indicadores son variables o relaciones entre variables específicas, que permiten cuantificar resultados. La cuantificación del indicador es la meta (en cantidad, calidad y tiempo). Además, presentar el valor del indicador en la situación actual. Por ejemplo: la autogeneración de energía eléctrica a través, de pequeños proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico para el alumbrado domiciliar en comunidades rurales que no poseen servicio eléctrico.

Incluir esta información en el Formato 2, Objetivo del proyecto.

Relación del objetivo del proyecto con los objetivos de los planes y programas de desarrollo

Puede darse el caso en el que el proyecto cumpla con las características para integrarse a los planes o programas de desarrollo social, por ejemplo, las Alcaldías Municipales anualmente tienen programas de desarrollo que mejoren la calidad de vida de la comunidad y satisfaga sus necesidades, en un orden de prioridades. En el Formato 3, se describirán brevemente los objetivos del Plan de Desarrollo, que se relacionan con el objetivo establecido en el proyecto.

Análisis de alternativas

Una vez identificado el problema o necesidad, se deben describir brevemente cada una de las alternativas de solución del problema o necesidad. Estas alternativas deben describirse y evaluarse para escoger aquella de menor costo y de mayores beneficios. En el Formato 4, Análisis de alternativas, describir brevemente las principales características de cada una de las posibles alternativas de solución identificadas, incluir el diagrama general de la alternativa, en el que se señalen los principales componentes de estas, fotografías de la zona del proyecto y de los puntos claves, ubicación geográfica.

Para los proyectos nuevos de suministro de energía eléctrica, las posibles alternativas de solución a considerar son las siguientes (en el Anexo 3.7, se presentan algunos ejemplos de las principales componentes por alternativa):

- Micro Central Hidroeléctrica (MCH)
- Interconexión al sistema eléctrico
- Planta de Generación Diesel (Termoeléctrica)
- Generación con fuentes de energía no Convencionales (GFENC).

Dentro de las alternativas presentadas escoja aquellas que presenten las mejores características para su análisis. Descarte las que considere no viables por razones técnicas, sociales, ambientales e institucionales, o de otra índole, explicando tales razones.

Preparación y evaluación del proyecto

Este paso tiene por objeto el estudio de la(s) alternativa(s) propuesta(s), el análisis de sus costos y la selección de la alternativa de mínimo costo para realizar el proyecto.

Se deben valorar los costos de cada alternativa teniendo en cuenta todas las actividades necesarias para lograr la solución del problema planteado.

Utilizando este resultado, se debe escoger la alternativa de mínimo costo, si se identificó más de una.

Una vez tomada la decisión de la alternativa a realizar, presente solamente los formatos que hacen referencia este paso para esta alternativa. Los formatos referentes a las otras alternativas deben reposar en la entidad que evalúa el proyecto y estar dispuestos a presentarlos a la entidad encargada de dar el concepto de viabilidad, si esta lo considera pertinente.

Descripción de la alternativa

Se debe realizar una descripción de la alternativa seleccionada, la cual debe ser lo más concreta posible, haciendo énfasis en las principales características físicas y técnicas del sistema. Presente esta información en el Formato 5, Descripción de la alternativa.

El Formato 5, se divide en tres partes: en la primera parte del formato Estado de la alternativa, marcar con una "X" el estado de la información de la alternativa; para esto, se tienen cuatro opciones:

- Estado preliminar: si la información presentada por la alternativa posee una clara justificación de la necesidad del proyecto, y es acompañada de un estudio en términos de idea de lo que debe contener la solución al problema.

- Diseño y planos: si la información presentada posee los planos de diseño correspondientes y demás información de diseño necesaria.
- Presupuesto: si la información presentada, posee el presupuesto de obras de la alternativa.
- Otros: si la información presentada posee otro tipo de información, aclarar cuál es esta información en las líneas siguientes.

En la segunda parte del formato correspondiente a “descripción”, explicar brevemente en qué consiste la alternativa, mencionando los principales aspectos técnicos, y en qué medida contribuye a solucionar el problema o la necesidad identificada anteriormente. Así mismo, indicar el número de personas a beneficiar con la alternativa. El caso en estudio de generación de energía eléctrica a través de microcentrales hidroeléctricas, es una alternativa de generación con fuentes de energía no convencionales, por tanto, se deben mencionar las características del sistema de generación y distribución: recurso hidráulico (cauce y tramo del río a derivar), esquema de distribución geométrica, características del equipo turbogenerador, potencia de generación.

En la última fila, vida útil de la alternativa, indicar la cantidad de años que se espera dure la etapa de inversión y operación de esta alternativa. En la última parte del formato, presentar un esquema general del proyecto, en el caso

de Minicentral Hidroeléctrica, desde la fuente hasta la distribución, y un esquema de ubicación geográfica del proyecto.

Aspectos institucionales y comunitarios

Alcanzar los objetivos establecidos por el proyecto, se da siempre y cuando se logre llevar a cabo adecuadamente la etapa de inversión y la de operación del mismo. El desarrollo de cada una de estas etapas depende en un alto porcentaje, de la capacidad institucional de la entidad encargada de la gerencia del proyecto y del respaldo comunitario con el que se cuente. Por esto, es importante anexar al proyecto algunos aspectos de la entidad encargada del proyecto y del respaldo comunitario. El Formato 6, aspectos institucionales y comunitarios, solicita información referente a la entidad, la cual servirá para conocer la capacidad institucional de la misma y así prever el adecuado alcance de los objetivos presentados en el proyecto y a la comunidad; garantizando así el respaldo de la comunidad en la ejecución y operación de la alternativa.

Impactos ambientales y programa de mitigación

En proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico, dependiendo de su tamaño, puede generar los impactos ambientales, los cuales deben ser considerados al definir los costos atribuibles al mismo y sus obras de mitigación, los cuales se concretan en un programa de mitigación ambiental.

El Formato 7, Impactos ambientales y programa de mitigación, se divide en dos partes. En la primera se solicita la información sobre el impacto ambiental de la realización de la alternativa, y en la segunda se debe presentar el programa de mitigación ambiental considerado en el proyecto, aclarando los costos asignados a cada actividad.

Para esto, se realiza previamente un estudio de impacto ambiental, el cual se realiza en la etapa de prefactibilidad o factibilidad del proyecto. Esto servirá además, para la gestión del permiso ambiental, que extiende el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el cual se solicita por medio de un formulario ambiental, anexando a este la documentación que se describe en el anexo 3.8.

Descripción y cuantificación de los beneficios de las alternativas

Para la descripción y cuantificación de los beneficios de las alternativas del proyecto, utilice el Formato 8, Descripción y cuantificación de los principales beneficios del proyecto, para cada alternativa. En este formato, hacer una descripción de los principales beneficios de cada alternativa. Tener presente, que estos beneficios son aquellos que se obtendrán si se desarrolla efectivamente el proyecto. No incluya los beneficios que están ocurriendo, aunque no se desarrolle el proyecto estudiado.

Hacer una descripción y cuantificación en unidades físicas de los beneficios producidos utilizando la Sección A y la Sección B, como se indica a continuación.

Sección A. En esta sección, presente los principales beneficios obtenidos por la alternativa. Indique tanto los beneficios que pueden ser medidos o cuantificados en unidades físicas como aquellos que no se pueden cuantificar (cuantitativos y cualitativos).

Sección B. La información solicitada en este cuadro, busca la cuantificación de la energía producida por cada una de las alternativas, para luego contar con indicadores que faciliten la selección de la alternativa.

La columna “año calendario”, se debe presentar de acuerdo con los respectivos años calendario que se espera sean utilizados por la alternativa; así, el año cero de la columna “año del proyecto”, debe corresponder al año calendario de la vigencia presupuestal para la cual se está presentando el proyecto.

La tercera columna, hace referencia al número de usuarios o conexiones, que se presentarán a lo largo de la vida útil del proyecto. La columna “consumo promedio de energía por usuario o conexión (KWH)”, con respecto al promedio

anual de consumo de energía, expresado en kilowatios hora por usuario (conexión).

En la quinta columna, factor de valor presente, transcribir los factores de conversión correspondientes, según sea el número de años de inversión del proyecto; éstos se presentan en la tabla de factores de valor presente, ver anexo 3.9; así, si el proyecto tiene un período de inversión de 2 años, se deberán tomar los factores de la columna referenciada con DOS en el grupo de columnas denominadas número de años de inversión del proyecto. En la última columna, consumo actualizado, se debe colocar el resultado de multiplicar las columnas tercera, cuarta y quinta. En la última fila del cuadro, suma, se debe colocar el resultado de la suma de la respectiva columna.

Componentes del proyecto

Definidas las características técnicas y ambientales de la alternativa, determinar los componentes y actividades necesarias que contribuyen al logro del objetivo determinado en el proyecto. Los componentes, son los resultados concretos de las actividades, los cuales se deben definir en cantidades de obra requeridas para el alcance de la meta establecida en cada uno. Mientras que las actividades son las acciones físicas necesarias para alcanzar cada uno de los componentes, estas se deben definir en función del costo y el tiempo

requerido para cada una. Sin embargo, para beneficio de la evaluación que se está realizando, se solicita la información a nivel de componentes.

En el Formato 9, Componentes del proyecto, consignar las cantidades y precios unitarios promedios para cada uno de los componentes básicos de ejecución del proyecto, discriminados anualmente. Este cuadro será el resultado de agrupar en grandes componentes cada una de las actividades a ejecutar en el proyecto. Esto se puede obtener del cuadro resumen que se tiene del presupuesto del proyecto, por ejemplo un componente del proyecto es la “Caseta de controles”, su realización requiere llevar a cabo actividades como: excavación, compactación, solera de fundación, nervios o columnas, paredes, ventanas, techo, piso, acabados, de igual forma con otros componentes del proyecto, que agrupan sus actividades de ejecución.

En las dos primeras filas del formato aparecen los años del proyecto y los años calendario, en la fila años calendario coloque debajo del año cero del proyecto, el año calendario en el cual se estaría iniciando la ejecución del proyecto y así sucesivamente en las casillas correspondientes bajo los años 1, 2, etc.

En la columna valor unitario, se debe presentar el costo estimado por unidad de cada uno de los componentes.

Flujo de caja de inversión

En el Formato 10, Flujo de caja de inversión, presentar el resumen de los costos de inversión y reinversiones del proyecto. Todos los valores monetarios, expresar en miles de dólares (moneda vigente) del año en el cual se realiza el estudio.

En la fila años del proyecto, se presentan 8 columnas numeradas, las cuales corresponden a cada uno de los años de inversión del proyecto. En la fila años calendario coloque debajo del año cero del proyecto, el año calendario en el cual se está iniciando la inversión del proyecto. Coloque los siguientes años calendario sucesivamente en las casillas correspondientes bajo los años 1, 2, etc. Si la inversión tiene mayor duración, agregue las columnas que sean necesarias.

En la primera columna del Formato aparecen tres rubros: obras físicas y materiales, maquinaria y equipo y mano de obra. Esta clasificación es importante, ya que la razón de precio social (RPS) de cada uno de estos ítems es diferente.

- Obras Físicas y Materiales. Incluye el valor de las construcciones, de las remodelaciones y de las obras complementarias. Si se trata de construcción se

incluirá el valor comercial del terreno donde se harán las obras (no importa si es comprado o donado).

- Maquinaria y Equipo. Incluye maquinaria y equipo en general, vehículos y mobiliario.
- Mano de Obra. Incluye todo el personal requerido en la inversión. Se incluirá y valorará la participación comunitaria, así como los costos de los diseños realizados con recursos propios o por firmas contratistas. En caso que este valor haya sido incluido en forma global en otros ítems no se registrará nuevamente y se hará nota aclaratoria.

En los espacios vacíos de la primera columna desglosar cada rubro en sus principales componentes. Y en cada uno registre el costo total correspondiente en cada año calendario.

Agrupe los componentes menos importantes de cada rubro, en uno solo denominado: otros obras físicas y materiales, otros maquinaria y equipo u otros mano de obra. Realice esta agrupación por fuera de los formatos e incluya únicamente los valores anuales de cada uno.

Al final de cada componente señale sobre las columnas finales del formato, en la parte correspondiente a reinversiones, en la fila años, el año en el cual se realiza la reinversión y en la casilla correspondiente al componente

reinvertido, el costo total de reinversiones para cada año en que esta se presenta.

Al frente de las filas subtotal obras físicas y materiales, subtotal maquinaria y equipo y subtotal mano de obra, se debe calcular la suma de las inversiones realizadas en cada uno de los años del proyecto en cada rubro. Esta suma se debe efectuar para cada año de inversión y reinversión.

Al frente de la fila factor valor presente, transcribir los factores de valor presente correspondientes, según sea el número de años de inversión del proyecto; se presentan en la tabla de factores de valor presente, ver Anexo 3.9); así, si el proyecto tiene un período de inversión de 2 años, toman los factores de la columna referenciada con DOS en el grupo de columnas denominadas número de años de inversión del proyecto. En la columna de “Reinversiones y valor de salvamento”, anote el factor de valor presente correspondiente al año en el que se va a efectuar la operación.

En la columna “V.P. Precios de mercado” (valor presente a precios de mercado) realizar la suma de cada una de las filas de “Subtotal en valor presente”, realizar esta suma para cada uno de los rubros: obras físicas y materiales, maquinaria y equipo y mano de obra.

Cada uno de los anteriores resultados multiplicar por las RPS (razón a precio social) anotadas en la columna "RPS", para transformar los valores de mercado a valores sociales. Este resultado se incluirá en la columna "V.P. A precios sociales".

En la última fila "Total inversión en V.P." transcriba la suma de las casillas correspondientes a "Subtotal obras físicas y materiales en V.P.", "Subtotal maquinaria y equipo en V.P." y "Subtotal mano de obra en V.P."

Costos de operación y mantenimiento

En el Formato 11, "Costos de operación y mantenimiento", se valoran los costos de operación y mantenimiento de cada alternativa en estudio. Identificar los costos promedio estimados de operación y mantenimiento para cada uno de los años de operación del proyecto.

Desglosar los costos en los siguientes grupos:

- Insumos y Materiales: incluye insumos, materiales y materias primas tales como: cemento, aceites y lubricantes, repuestos, y otros.
- Mano de Obra: incluye todo el personal requerido para operar el sistema y realizar el mantenimiento.
- Suministro de Energía: corresponde a los costos incrementales promedio de largo plazo (CIPLP) de generación-transmisión-distribución, de acuerdo al

nivel de tensión al que se suministra la energía para la alternativa en cuestión y a las directrices y criterio de la SIGET. En los espacios vacíos de la primera columna escribir todos los ítems de costos de operación y mantenimiento desglosados en insumos, materiales y mano de obra. En la fila “Años del proyecto”, se presentan 11 columnas numeradas, las cuales deben corresponder a cada uno de los años del proyecto. En la fila “Años calendario”, coloque debajo del año cero del proyecto, el año calendario en el cual se está iniciando la inversión del proyecto, por ejemplo el año calendario 2005. Coloque los siguientes años calendario sucesivamente en las casillas correspondientes bajo los años 1, 2, etc. Si requiere más columnas, agregue las que sean necesarias. En cada una de las columnas anotar el valor estimado de los costos de operación y mantenimiento para cada año del proyecto, tanto en insumos y materiales como en mano de obra.

Los costos correspondientes al grupo “Suministro de energía” se deben diligenciarán como se describe a continuación, teniendo en cuenta las pérdidas:

- Si el proyecto es de distribución primaria, los costos de suministro de energía serán:

Costos de Generación-Transmisión= Mwh anuales suministrados * CIPLP de Generación-Transmisión

Costos de Subtransmisión =Mwh anuales suministrados * CIPLP de subtransmisión

Costos de Distribución Primaria = 0

Costos de Distribución Secundaria = 0

- Si el proyecto es de Subtransmisión, los costos de suministro de energía serán:

Costos de Generación-Transmisión = Mwh anuales suministrados *

CIPLP de Generación-Transmisión

Costos de Subtransmisión = 0

Costos de Distribución Primaria = 0

Costos de Distribución Secundaria = 0

- Si el proyecto es de Transmisión, los costos de suministro serán:

Costos de Generación-Transmisión = Mwh anuales suministrados *

80% CIPLP de Generación-Transmisión

Costos de Subtransmisión = 0

Costos de Distribución Primaria = 0

Costos de Distribución Secundaria = 0

En la fila "Subtotal insumos y materiales", sume los valores que encuentra discriminados en la casilla de la columna "Costo anual"

correspondiente al grupo “Insumos y materiales”. Proceda de igual forma en la fila “Subtotal mano de obra” pero con los valores del grupo “Mano de obra”.

Al frente de la fila “Factor valor presente”, transcribir los factores de valor presente correspondientes, según sea el número de años de inversión del proyecto; éstos se presentan en la “Tabla de factores de valor presente”, ver Anexo 3.9; así, si el proyecto tiene un período de inversión de 2 años, se tomarán los factores de la columna referenciada con “2” en el grupo de columnas denominadas “Número de años de inversión del proyecto”. Estos factores coincidirán con los presentados en el Formato 10.

La fila “Subtotal insumos y materiales en V.P.”, será el resultado de multiplicar los valores de las filas “Subtotal insumos y materiales” y “Factor de V.P.”. La suma de estos resultados se anotará en la columna “V.P. Precios de mercado”.

La fila “Subtotal mano de obra en V.P.”, es el resultado de multiplicar los valores de las filas “Subtotal mano de obra” y “Factor de V.P.”. La suma de estos resultados se anotará en la columna “V.P. Precios de mercado”.

La fila “Subtotal suministro de energía en V.P.”, es el resultado de multiplicar los valores de las filas “Subtotal suministro de energía” y “Factor de

V.P.". La suma de estos resultados se anotará en la columna "V.P. Precios de mercado".

Los valores consignados en la columna "V.P. Precios de mercado", se multiplican con los valores presentados en la columna "RPS" (Razón Precio Social), este resultado se anotar en la columna "V.P. Precios sociales".

La última fila, "Total operación y mantenimiento", es el resultado de la suma de los valores consignados en las filas "Subtotal insumos" Y "Materiales en V.P.", "Subtotal mano de obra en V.P." y "Subtotal suministro de energía en V.P".

Indicadores

En el Formato 12, "Indicadores", se presenta una serie de indicadores que servirán para la escogencia de la alternativa de mínimo costo. Las diferentes operaciones necesarias para llenar el formato, se indican en cada una de las filas correspondientes.

En el primer grupo de indicadores "Costo total de la alternativa a precios de mercado", se presentan los valores de la fila "Total inversión en V.P." del Formato 10, y los valores de la fila "Total operación y mantenimiento" del Formato 11, correspondientes a la columna "V.P. Precios de mercado" de cada

uno de los formatos mencionados. Sume estos dos valores en la fila “Total alternativa a precios de mercado”.

En el segundo grupo “Costo total de la alternativa a precios sociales”, traer los valores consignados en las filas “Total inversión en V.P. y Total operación y mantenimiento” de los Formatos 10 y 11, respectivamente, correspondientes a la columna “V.P precios sociales”, de cada uno de los formatos mencionados. Sumar estos valores en la fila “Total alternativa a precios sociales”.

En el tercer grupo, “Indicadores de costo mínimo”, indicar el número de usuarios (conexiones) del último año de operación del proyecto, cifra que corresponderá a la mencionada en el Formato 8, Sección B.

Las filas “Costo por usuario (conexión) a precios de mercado y costo por usuario (conexión) a precios sociales”, se obtendrán del resultado de dividir los valores presentados en las filas “Total alternativa a precios de mercado y total alternativa a precios sociales”, con el de la fila “Número de usuarios (conexiones) del último año de operación del proyecto”.

En la fila “Valor presente del consumo de energía”, presentar la suma de la columna “Consumo actualizado” del Formato 8, Sección B. En las filas “Costo

por kilowatio consumido a precios de mercado y costo por kilowatio consumido a precios sociales”, se coloca el resultado de la división de los valores presentados en las filas “Total alternativa a precios de mercado y total alternativa a precios sociales”, con el de la fila “Valor presente del consumo de energía”. En el tercer grupo, “Indicadores técnicos”, presentar los principales indicadores y cálculos que describen la parte técnica de la alternativa. Los indicadores solicitados son los siguientes:

- Potencia Demandada. Se refiere al total de la carga demandada estimada que suplirá el proyecto al entrar en operación. Se debe medir en kilowatios.

- Costo por Potencia Demandada a Precios de mercado y a Precios Sociales. Se refiere al costo promedio de cada kilowatio de potencia demandado, tanto a precios de mercado como a precios sociales. Para obtener el resultado de estas filas, siga cuidadosamente la fórmula que se presenta en el formato.

- Energía promedio suministrada. Se refiere al estimativo del promedio diario de energía suministrada por el proyecto.

- Energía Mensual Estimada Suministrada por Usuario. Se refiere al promedio mensual de energía, a suministrar por usuario. Para realizar este cálculo, se debe seguir la fórmula que se indica en el formato.

- Energía Anual Estimada suministrada (Mwh / Año). Se refiere al promedio anual de energía suministrada por el sistema.

- Longitud de Redes en Km. Presentar la sumatoria de las longitudes de las redes de Alta, Media y baja tensión. Este valor debe tener relación con las distancias indicadas en el Formato 1.

- Número de Usuarios por Km (Usuario/Km). Registrar el valor de dividir el número de usuarios beneficiados en el primer año por la longitud de las redes.

- Tarifa promedio de Venta (\$/Kwh-Consumidor final). Se refiere al valor estimado de la tarifa para el consumidor final, de acuerdo con las tarifas vigentes en la zona, y debe expresar en la moneda del momento en que se realiza la evaluación.

- Recaudo Estimado mensual por Usuario (\$/usuario-mes). Registrar el resultado de multiplicar la energía mensual estimada suministrada por usuario con la tarifa promedio de venta por usuario.

- Costo Mensual de Generación y Distribución por Usuario: Se refiere al costo mensual promedio de generación y distribución de energía por usuario, para este cálculo se debe seguir la fórmula presentada en esta fila. La variable N, se refiere al número de años de inversión del proyecto.

Selección de la alternativa de mínimo costo

La selección de la alternativa de mínimo costo, realizarla una vez se haya evaluado cada una de las alternativas, escogiendo la que presente un menor costo a precios sociales.

El Formato 13, "Selección de la alternativa de mínimo costo", Primero, el resumen de los principales indicadores de cada una de las alternativas evaluadas, y la segunda contiene la alternativa escogida a realizar y una breve justificación de las razones por las cuales se escogió ésta. Los indicadores que se solicitan, corresponden a los calculados en el Formato 12 de cada una de las alternativas. Para llenar estas casillas, transcribir los valores de cada uno de los indicadores de los formatos correspondientes. En la segunda parte del formato se pregunta por el número de la alternativa escogida; por lo general, esta ha de corresponder a la que presente el menor Costo Total a precios sociales. En caso de no ser esta la alternativa, se justificará claramente las razones por las cuales se ha escogido otra alternativa, en la sección "Justificación".

Selección del nombre del proyecto

Una vez que se ha identificado correctamente el proyecto, al igual que sus alternativas, se puede establecer el nombre más indicado para el proyecto. Considere para esto que el nombre debe responder a tres interrogantes:

- Qué se va a hacer?
- Sobre qué?
- Dónde?

De esta manera, se estructura el nombre considerando tres partes:

- Proceso. La acción o acciones que se van a desarrollar.
- Objeto. El motivo del proceso.
- Localización. Indica la ubicación precisa del proyecto.

Ya definido el nombre del proyecto, coloque este en el encabezado de cada uno de los formatos. Y será el que se utilizará en toda la gestión para la realización del proyecto. Al tener definida la alternativa de proyecto y todas sus caracteres, hacer la gestión para la concesión de la explotación del recurso hídrico con fines de generación hidroeléctrica, ante la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, SIGET.

Financiación del proyecto

En el Formato 14, describir y valorar las principales fuentes de financiación de la inversión a realizar, discriminadas por actividades y/o componentes. El formato está diseñado para presentar el esquema de financiación para un año específico. Llenar un formato por cada uno de los años de duración del proyecto.

En la primera columna del formato, presente las principales actividades y/o componentes del proyecto. Para cada una de éstas establezca, en miles de pesos, el valor a financiar por las diferentes fuentes de financiación. En la fila “año calendario”, “año del proyecto”, indicar el año para el cual está presentando la financiación. En la fila “Nombre de las fuentes de financiación”, presentar el nombre de los entes que colaborarán en la financiación del proyecto. Señalar inicialmente las fuentes correspondientes a recursos de inversión del Presupuesto General de la Nación-PGN (Sistema Nacional de Cofinanciación, entidades del orden nacional, otras). Luego indicar los montos provenientes de otras fuentes de inversión, como recursos del Departamento, del Municipio, de la comunidad, de crédito, etc.

Si alguna entidad piensa financiar el proyecto en cuanto a los recursos según del presupuesto de inversión y del presupuesto de funcionamiento, presentar la entidad dos veces, una haciendo referencia a los recursos de

inversión y otra a los recursos de funcionamiento. No incluir entidades con las que no se haya concertado previamente su participación en la financiación del proyecto. Cuando se determine el valor anual de la financiación de cada fuente, hay que tener en cuenta las condiciones establecidas por éstas, en términos de gastos, componentes y/o actividades susceptibles de financiación.

En la última columna, “Total financiación por actividad y/o componente, presentar”, que corresponde a la suma de las fuentes de financiación para cada actividad y/o componente, hay que tener en cuenta que este valor debe coincidir con el valor total de cada actividad y/o componente. A la vez la suma total de los valores de las actividades y/o componentes a realizar cada año, debe ser igual al valor asignado para el correspondiente año, en el Formato 9, y en caso de ser actividades y/o componentes de operación con el Formato 10.

Para la financiación de los componentes y actividades de la operación y mantenimiento del proyecto, se debe considerar las fuentes de recursos a utilizar, las cuales pueden ser ingresos propios del proyecto (cobro de una tarifa por la prestación del servicio o un precio de venta por el consumo del bien), recursos de crédito, aportes de entidades externas (gubernamentales y no gubernamentales) y otros. En caso que se este considerando financiar la operación y mantenimiento con ingresos propios del proyecto, anexar a este

formato, los supuestos utilizados para el cálculo y el esquema de recaudo a utilizar por el proyecto.

En la fila "Total financiación por fuente", sumar los valores de los aportes de financiación para cada una de las fuentes descritas. En caso de tener alguna observación acerca de las fuentes de financiación utilizadas, presentar ésta en la sección de observaciones.

En la sección 6 "Financiamiento de la Inversión", de la ficha de estadísticas básicas de inversión, incluir únicamente los costos financiados con recursos de inversión. Para la sección 7 "Costos anuales de operación del proyecto", tomar el valor promedio anual de financiación en la etapa de operación del proyecto.

Sostenibilidad

La Sostenibilidad hace referencia a las dificultades o limitaciones que se pueden presentar para el normal desarrollo del proyecto, entre las cuales encontramos aquellas en que la administración del proyecto no tiene ningún control pero que son esenciales para el cumplimiento del objetivo y las metas asociados al proyecto, y la capacidad de institucional de la entidad responsable del proyecto para afrontar tanto situaciones previstas como las no previstas dentro del normal desarrollo del proyecto. Su identificación debe señalar el nivel

de importancia e incidencia de estas condiciones sobre el logro de los indicadores del proyecto, así como las acciones y coordinación necesarias para mejorar la probabilidad de logro y cumplimiento.

En el Formato 15, describir, en orden de importancia, las dificultades que puedan impedir el logro del objetivo del proyecto, la obtención de los impactos, efectos y productos esperados con el proyecto. Para ello considerar los siguientes cuatro puntos:

- 1) Es importante saber si existen, o es posible que existan, factores externos que retrasen la inversión. Por ejemplo, requerimientos de importación de bienes, procesos de licitación largos, negociación de fuentes de financiación con otras entidades, cambios políticos en los diferentes niveles de gobierno (nacional, departamental o municipal).
- 2) Que exista una alta posibilidad que los elementos requeridos para la operación se encuentren disponibles;
- 3) Que las fuentes de financiación, tanto en la inversión como en la operación, tengan una posibilidad razonable de conseguirse;
- 4) La capacidad de gestión de la entidad encargada del proyecto, para afrontar situaciones previstas y no previstas, especialmente durante la etapa de operación del mismo.

Además, incluir en este formato los supuestos que estableció respecto a situación o decisiones (Ej.: La implementación de un proyecto complementario) fuera del alcance del proyecto.

Programación físico-financiera

La elaboración de un programa físico – financiero, permite desarrollar la información que servirá para analizar la evolución de las actividades y componentes formulados para la etapa de inversión del proyecto, es decir, para el montaje físico del proyecto. De igual manera, permite programar la financiación requerida durante la etapa de inversión del proyecto; coincidiendo con la programación de los desembolsos que deberán realizar las entidades cofinanciadoras durante el montaje del proyecto.

Utilizar el Formato 16, “Programación físico-financiera del proyecto”, para presentar la información trimestral de avance de obra y ejecución financiera del proyecto. Presentar un formato por cada año de inversión o montaje del proyecto.

La información trimestralizada debe presentarse para cada componente del proyecto. Los componentes deben clasificarse en una de las siguientes categorías de inversión: obra física, adquisición de bienes, costos complementarios, apoyo institucional, ingeniería y administración, imprevistos.

En el caso de componentes que incluyan inversiones en más de una categoría de las previstas, el componente se clasificará en aquella en dónde sea mayor el porcentaje de inversión respecto del costo total de inversión del mismo. Indicar en la columna 1 (C), la categoría de inversión del componente.

En la columna 2 describir el componente. Para cada componente, presentar su unidad de medida (columna 3), la cantidad programada en el año (columna 4), el costo unitario (columna 5) y el costo total en el año (columna 6). La información de la columna 4 deberá coincidir con la calculada en este año en el Formato 9, "Componentes del proyecto del módulo 2", para el componente respectivo. La información de la columna 6 coincidirá con la calculada en este año en el Formato 10, "Flujo de caja de inversión", del módulo 2. En las columnas 7 a 10 presentar un flujo trimestral de la anterior información. Para cada componente se presentan dos casillas por trimestre. En la casilla superior, indicar la cantidad de obra o meta física del trimestre; en la casilla inferior, indique la meta financiera o costo del trimestre.

En lo posible, presente para cada componente un desglose en sus principales actividades. Describir las actividades en la columna 2. Si se tiene la información, realizar también las columnas 3 a 6 para cada una de las actividades del componente respectivo. No debe incluirse la información trimestralizada para las actividades (columnas 7 a 10).

NOMBRE DEL PROYECTO:				
FORMATO 2: OBJETIVOS DEL PROYECTO				
Objetivo del Proyecto:				
Descripción del Indicador No.1:				
Descripción del Indicador No.2:				
Descripción del Indicador No.3:				
Descripción del Indicador No.4:				
INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ACTUAL	META	PERIODO
1.				
2.				
3.				
4.				

NOMBRE DEL PROYECTO:

FORMATO 3: RELACION DEL OBJETIVO DEL PROYECTO CON LOS OBJETIVOS DE LOS PLANES Y PROGRAMAS DE DESARROLLO

- Describa la relación entre el objetivo del proyecto y los objetivos de los planes y programas de desarrollo

NOMBRE DEL PROYECTO:
FORMATO 4: ANALISIS DE ALTERNATIVAS
Nombre de la alternativa No.1: Descripción de la alternativa:
Nombre de la alternativa No.2: Descripción de la alternativa:
Nombre de la alternativa No.3: Descripción de la alternativa:

NOMBRE DEL PROYECTO:
FORMATO 6: ASPECTOS INSTITUCIONALES Y COMUNITARIOS
- Nombre algunos proyectos de esta misma naturaleza ejecutados por el ente responsable del proyecto?
- Qué tipo de concertación y coordinación se ha dado o se dará entre el ente responsable del proyecto, otras instituciones involucradas y la comunidad.
- Entidad o tipo de ejecutor previsto para el proyecto.
- Entidad o tipo de organización encargada de la administración del proyecto.
- Participación de la comunidad en la ejecución y operación del proyecto: Actividades o aportes con los que participaría la comunidad :
- Participación de la comunidad en el mantenimiento del proyecto: Describa las acciones programadas para el mantenimiento del proyecto:

NOMBRE DEL PROYECTO:	
FORMATO 7: IMPACTOS AMBIENTALES Y PROGRAMA DE MITIGACION	
IMPACTO AMBIENTAL DE LA ALTERNATIVA	
PROGRAMA DE MITIGACION AMBIENTAL	
ACTIVIDAD	COSTO (miles de \$)

NOMBRE DEL PROYECTO:						(Continuación)
FORMATO 8: DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACION DE BENEFICIOS DEL PROYECTO (continuación)						
SECCIÓN B: CUANTIFICACION DEL BIEN O SERVICIO PRODUCIDO POR EL PROYECTO						
CONSUMO DE ENERGÍA EN USUARIOS O CONEXIONES UNIDAD DE MEDIDA: <u>KILOWATIO.HORA</u>			CONSUMO PROMEDIO DE ENERGÍA POR USUARIO O CONEXIÓN (KWH) (2)	FACTOR DE VALOR PRESENTE (*) (3)	CONSUMO ACTUALIZADO (1)*(2)*(3)	
AÑO DEL PROYECTO	AÑO CALENDARIO	NUMERO DE USUARIOS O CONEXIONES (1)				
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
SUMA						

NOTA: * Utilice los factores presentados en el anexo 3.9.

NOMBRE DEL PROYECTO: (Continua)								
FORMATO 10: FLUJO DE CAJA DE INVERSION								
Años del Proyecto	0	1	2	3	4	5	6	7
Años Calendario								
OBRAS FISICAS Y MATERIALES								
Subtotal Obras Físicas y Materiales								
Factor Valor Presente (*)								
Subtotal O.Físicas y M/les en V.P.								
MAQUINARIA Y EQUIPO								
Subtotal Maquinaria y Equipo								
Factor Valor Presente (*)								
Subtotal Maquinaria y Equipo en V.P.								
MANO DE OBRA								
Subtotal Mano de Obra								
Factor Valor Presente (*)								
Subtotal Mano de Obra en V.P.								
TOTAL INVERSION EN V.P.								

NOTA: * Utilice los factores presentados en el anexo 3.9.

NOMBRE DEL PROYECTO: (Continuación)							
FORMATO 10: FLUJO DE CAJA DE INVERSION							
Años del Proyecto	8	REINVERSIONES		VALOR DE SALVAMENTO	V.P. PRECIOS DE MERCADO	RPS	V.P. PRECIOS SOCIALES
Años Calendario							
OBRAS FISICAS Y MATERIALES					SUMA DE LA FILA SUBTOTAL EN V.P.:(1)		MULTIPLICAR EL VALOR DE (1) POR 0.80
Subtotal Obras Físicas y Materiales							
Factor Valor Presente (*)							
Subtotal O.Físicas y Matriales en Valor Presente (V.P)						0.80	
MAQUINARIA Y EQUIPO					SUMA DE LA FILA SUBTOTAL EN V.P.: (2)		MULTIPLIQUE EL VALOR DE (2) POR 0.77
Subtotal Maquinaria y Equipo							
Factor Valor Presente (V.P.) (*)							
Subtotal Maquinaria y Equipo en V.P.						0.77	
MANO DE OBRA					SUMA DE LA FILA SUBTOTAL EN V.P.: (3)		MULTIPLIQUE EL VALOR DE (3) POR 0.88
Subtotal Mano de Obra							
Factor Valor Presente (*)							
Subtotal Mano de Obra en V.P.						0.88	
TOTAL INVERSION EN V.P.							

NOTA: * Utilice los factores presentados en el anexo 3.9.

NOMBRE DEL PROYECTO: (Continua)											
FORMATO 11: COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO											
DATOS				/ COSTO ANUAL							
Años del Proyecto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Años Calendario											
INSUMOS Y MATERIALES											
Subtotal Insumos y Materiales											
Factor Valor Presente (*)											
Subtotal Insumos y Materiales en V.P. (1)											
MANO DE OBRA											
Subtotal Mano de Obra											
Factor Valor Presente (*)											
Subtotal Mano de Obra en V.P. (2)											
Subtotal Suministro de Energía											
Factor Valor Presente (*)											
Subtotal Suministro de Energía en V.P. (3)											
TOTAL OPERACION Y MANTENIMIENTO (1) + (2) + (3)											

NOTA: * Utilice los factores presentados en el anexo 3.9

NOMBRE DEL PROYECTO: (Continuación)																
FORMATO 11: COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO																
Años del Proyecto	COSTO ANUAL											V.P. PRECIOS DE MERCADO	RPS	V.P. PRECIOS SOCIALES		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
Años Calendario																
INSUMOS Y MATERIALES																
Subtotal Insumos y Materiales																
Factor Valor Presente (*)																
Subtotal Insumos y Materiales en V.P. (1)															0.79	
MANO DE OBRA																
Subtotal Mano de Obra																
Factor Valor Presente (*)																
Subtotal Mano de Obra en V.P. (2)															0.88	
Subtotal Suministro de Energía																
Factor Valor Presente (*)																
Subtotal Suministro de Energía en V.P. (3)															0.79	
TOTAL OPERACION Y MANTENIMIENTO (1) + (2) + (3)																

NOTA: * Utilice los factores presentados en el anexo 3.9

NOMBRE DEL PROYECTO :	
FORMATO 12: INDICADORES	
COSTO TOTAL DE LA ALTERNATIVA A PRECIOS DE MERCADO	
1)	Total Inversión en V.P. (Pr.Mdo)
2)	Total Operación y Mantenimiento (Pr.Mdo)
3)	TOTAL ALTERNATIVA A PRECIOS DE MERCADO (1) + (2)
COSTO TOTAL DE LA ALTERNATIVA A PRECIOS SOCIALES	
4)	Total Inversión en V.P. (Pr.Soc)
5)	Total Operación y Mantenimiento (Pr.Soc)
6)	TOTAL ALTERNATIVA A PRECIOS SOCIALES (4) + (5)
INDICADORES DE MINIMO COSTO	
7)	Número de Usuarios (Conexiones) en el último año
8)	COSTO POR USUARIO (CONEXION) A PRECIOS DE MERCADO (\$/usu) (3) / (7)
9)	COSTO POR USUARIO (CONEXION) A PRECIOS SOCIALES (\$/usu) (6) / (7)
10)	Valor presente del consumo de energía (kwh)
11)	COSTO POR KILOWATIO CONSUMIDO A PRECIOS DE MERCADO (\$/kwh) (3) / (10)
12)	COSTO POR KILOWATIO CONSUMIDO A PRECIOS SOCIALES (\$/kwh)(6) / (10)
INDICADORES TECNICOS	
13)	Potencia Demandada (Kw)
14)	Costo por Potencia Demandada a Precios de Mercado (3) / (13)
15)	Costo por Potencia Demandada a Precios Sociales (6) / (13)
16)	Energía Promedio Suministrada (Kwh / Día)
17)	Energía Mensual Estimada Suministrada por Usuario (Kwh/usu-mes) [(16) * 30] / (7)
18)	Energía Anual Estimada Suministrada (Mwh / Año) (16) * [360 / 1000]
19)	Longitud de Redes en Km (Sumar Redes de Baja y Alta Tensión)
20)	Número de Usuarios por Km (usu/Km) (7) / (19)
21)	Tarifa Promedio de Venta (\$/Kwh-Consumidor final)
22)	Recaudo Estimado Mensual por Usuario (\$/usu-mes)(17) * (21)
23)	Costo Mensual de Generación y Distribución por Usuario [[1.12^(N-1)] * (3) * 1000] / [(7) * 12] (\$/usu-mes)

NOMBRE DEL PROYECTO:

FORMATO 15: SOSTENIBILIDAD

3.13 SUSTENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Circunscribe la parte de la realidad sobre la que se va a investigar, a partir del tema de investigación, para definirla se requiere lo siguiente:

- Obtener información actualizada y de calidad sobre lo que se conoce acerca de la calidad tema, redactando una apreciación personal consignando la información acopiada, indicando las fuentes de donde se ha obtenido.

Para obtener la información necesaria y suficiente, es necesario utilizar fuentes informativas, como: documentos (estudios, investigaciones, tesis, informes, estudios de estado mayor, artículos especializados, fotografías, mapas y planos, grabaciones de audio o video, volantes, o cualquier otro documento que contenga información de interés sobre el tema). Otras fuentes de información son los testimonios (experiencias u opiniones de expertos en el tema o de participantes en acontecimientos vinculados al tema). Las fuentes deben utilizarse en un orden correcto: primero los documentos y, sólo para llenar los vacíos dejados por la insuficiente información documental, en segundo lugar, los testimonios, que deben ser obtenidos mediante entrevistas informales. Lo que el investigador debe buscar en los documentos y en los testimonios es información actualizada y de la mejor calidad sobre ¿Cómo es (cómo está, de qué manera está, en qué medida es) la situación (del tema), ¿Por qué (debido a qué causas o factores, o condiciones) está así la situación

(del tema), ¿Qué se ha hecho (o se está haciendo) respecto de la situación (del tema). Los contenidos de las notas obtenidas de los documentos y de los testimonios se organizan guiándose por la propia experiencia y por la lógica argumental. Así, es conveniente ordenar esos contenidos según el principio "de lo general a lo particular" y según el principio "de lo abstracto a lo concreto". Cada uno de los contenidos de las notas que se va a utilizar en la definición de la problemática debe redactarse en forma de proposición. Es posible producir dos tipos de proposiciones:

- Proposiciones categóricas, cuando las informaciones son conocimientos confirmados. En este caso cada una de las proposiciones es una afirmación sobre la verdad o la falsedad de algo. Las proposiciones categóricas son de tipo: "(El autor) XX afirma que...", "Se tiene conocimiento que...", "Se ha establecido que...", etc.
- Proposiciones condicionales, cuando las informaciones son conocimientos en proceso, todavía no están confirmadas pero son probables; son suposiciones con fundamento. En este caso cada una de las proposiciones supone la verdad o falsedad de algo. Las proposiciones condicionales son del tipo: "Existen indicios para considerar que...", "Es probable que...", "Todavía no se ha podido confirmar (o establecer), pero todo indica que...". "(El autor o experto) XX opina que...".

La problemática es la redacción del documento que contiene, en forma ordenada, todas las proposiciones obtenidas del examen de los documentos,

testimonios y experiencia propia del investigador, de manera que, en la medida de lo posible, pueda establecer relaciones entre esas proposiciones.

El investigador debe utilizar solamente el mínimo necesario y suficiente de documentos y testimonios para definir la problemática, pero debe ser cuidadoso de que estas fuentes sean actualizadas y de la mejor calidad académica, técnica o científica. Es un hecho, que no es posible acopiar toda la información existente sobre un tema concreto, ya que, como se sabe, no se puede conocer totalmente un aspecto de la realidad porque la realidad cambia permanentemente y porque cualquier aspecto de la realidad se le conoce únicamente desde la perspectiva o el punto de vista adoptado por el investigador.

Las proposiciones construidas (A, B, C, D, E, etc.) con las informaciones obtenidas de las fuentes (documentos y testimonios, experiencia propia) aportan algunos conocimientos de distintos aspectos de la problemática, de manera que el espacio de la problemática se nutre de contenidos, y su delimitación original se "desvanece", careciendo de importancia en lo sucesivo, lo único que interesa de la problemática, es el conjunto de proposiciones que se han podido establecer sobre ella. Este conjunto de proposiciones no es completo pero es una primera apreciación analítica del tema. Expone lo que se conoce del tema de investigación, a la luz de las informaciones obtenidas de

documentos, testimonios y de la experiencia propia del investigador. A partir de allí, es posible iniciar la tarea de detectar el problema de investigación.

Definición del área problemática. A continuación, el investigador debe sistematizar las preguntas problemáticas para dar forma al área del problema, de manera que sea posible enunciar, en forma global, la parte del tema problematizado que se va a abordar en la investigación

Al explicar, porqué se tiene una problemática de toda la comunidad, se identifican las principales variables y factores que inciden en ella, caracterizando la población afectada. Las causas del o los problemas, se sustentan con indicadores, para las variables y los efectos que producen. Para este análisis, se puede utilizar la técnica del “árbol de problemas”, la cual permite analizar una situación determinada en forma metodológica, identificando el o los problemas, verificando o definiendo adecuadamente el problema central y visualizando sus causas y efectos.

El “árbol de problemas” se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 3.3. Arbol de Problemas

ÁRBOL DE PROBLEMAS		
PROBLEMA PRINCIPAL	CAUSAS	EFFECTOS

Un ejemplo de lo descrito es el siguiente:

a) Diagnóstico:

En la Región de XXX hay una comunidad en un área agroindustrial, conformada por cuatrocientas familias, o dos mil doscientos habitantes, 6 por familia. La localidad más cercana se encuentra localizada a 25 km de distancia.

b) Problema central detectado:

No tienen acceso a la red de electrificación rural.

c) Árbol de Problemas:

- El problema: las familias no tienen acceso a la red de servicio de electrificación;
- La gestión hecha para esto indicó que cada familia debe aportar \$128 (ciento veintiocho dólares) y mano de obra no calificada en la construcción propia del proyecto, para cubrir un porcentaje del 26% del monto total estimado del proyecto, el cual es por \$ 197,000.00 (ciento noventa y siete mil dólares), donde \$ 145,800.00 es dinero efectivo y el resto representa el valor de \$ 51,200.00 en aporte de mano de obra de la comunidad. Ya que la comunidad no cubre el costo total del proyecto, la directiva de esta, requiere buscar otras formas de resolver su problemática, gestionando financiamiento en organismos gubernamentales o no gubernamentales (ONG`s).

La necesidad de establecer un asentamiento humano lejos de una localidad con infraestructura básica, se justifica por la necesidad de promover el desarrollo socioeconómico de la comunidad rural, con disponibilidad segura de mano de obra.

Ejemplo de un Árbol de Problemas

EJEMPLO DE UN ÁRBOL DE PROBLEMAS		
PROBLEMA CENTRAL	CAUSAS	EFFECTOS
Una población de 400 familias (2,200 habitantes) no tienen acceso a electrificación rural.	Necesidad de establecer un asentamiento humano alejada de una localidad con electrificación rural	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de utilizar otras fuentes de energía de alto precio. - Necesidad de recorrer grandes distancias para adquirir algunas de ellas. - Nivel de riesgo mayor por el tipo de combustible utilizado.
ALTERNATIVA DE SOLUCION		

3.14 ESTUDIOS TECNICOS

Los estudios técnicos a realizar para la construcción de este tipo de proyectos son: a) estudios financieros, este consiste en evaluar el proyecto tomando en cuenta los recursos monetarios que se tienen, o analizar las diferentes entidades que podrían financiarlo o patrocinarlo totalmente, así como determinar si el proyecto es sostenible y si conviene o no realizarlo b) estudio topográfico, este consiste en determinar las áreas de terreno donde se va a desarrollar el proyecto, las curvas de nivel para calcular pendientes mínimas y necesarias que garanticen el buen funcionamiento de la conducción del agua

extraída, c) estudio geológico, este contiene el estudio de las formaciones de rocas para establecer los lechos rocosos que puedan influir o afectar al proyecto, diferenciar y clasificar las diferentes rocas que puedan existir en el lugar de interés, evaluar si el lugar es bueno para montar las cimentaciones de algunas estructuras y a la vez determinar si pueden utilizarse para la construcción del proyecto y disminuir sus costos, d) estudio hidrológico, es el análisis de la cuenca que contiene al proyecto y las aportaciones que pueda tener en sus alrededores, intensidades de lluvia, cauce más largo, periodo de retorno, etc, esto para saber si el recurso no tendrá crecidas que puedan dañar las estructuras del proyecto o a las personas beneficiarias, e) estudio hidráulico, este consiste en estudiar todos los parámetros hidráulicos del recurso hídrico, el caudal, área transversal del cauce, profundidad de la lámina de agua, etc, todo esto, para determinar si el recurso será suficiente para satisfacer la demanda exigida por el proyecto, o para acomodar el diseño a lo que se tiene, f) estudio de impacto ambiental este consiste en evaluar el lugar donde se construirá el proyecto y todo el entorno que este pueda llegar a afectar, estudiar las diferentes etapas de este antes de construirlo y así poder analizar los impactos negativos que este pueda ocasionar para saber si es factible o no; que la explotación del recurso no sea irracional, para permitir la recuperación del recurso en tiempos relativamente cortos. El estudio es realizado por técnicos del medio ambiente (MARN).

3.15 INFRAESTRUCTURA CIVIL

El proyecto microcentral hidroeléctrica en comunidad la Chacra, cuenta con la siguiente infraestructura civil:

- El dique de retención, que es en forma de túbulo, está hecho de concreto reforzado colado insitu, y sus dimensiones son, 4.00 m de ancho, 15.00 m de largo y 0.80 m de altura, y está diseñado para trabajar a filo de agua.
- La canaleta de derivación, está hecha de mampostería de piedra recubierta con mortero, sus dimensiones son 0.60 m en su base mayor, 0.30 m en su base menor, 0.40 m de profundidad y 600 m de largo, está capacitada para transportar un caudal de 0.15 m³/s en promedio, a una velocidad promedio entre 1.4 m/s y 1.6 m/s, descargando el agua en la cámara de carga.
- La cámara de carga, está hecha de ladrillo de obra repellado, sus dimensiones son, 2.00 m de ancho, 2.00 m de largo y 1.50 m de profundidad, esta se llena de agua y retiene los últimos sedimentos que esta contiene, luego el agua es derivada hacia la turbina por medio de la tubería forzada.
- Casa de máquinas, está hecha de ladrillo de obra, repellada por el lado de afuera, sus dimensiones son, 5.00 m de largo, 3.00 m de ancho y 2.50 m de altura, esta estructura es de vital importancia en el proyecto porque es ahí donde se encuentra instalado el equipo turbogenerador y todos los equipos

electromecánicos, que son los encargados de transformar la energía cinética del recurso hídrico en energía eléctrica.

3.16 OTROS CONSIDERANDOS

Las consideraciones a tener en cuenta son las siguientes: el recurso hídrico que se transporta en el proyecto, debe ser única y exclusivamente utilizado para alimentar a la turbina y así generar energía eléctrica, además, la energía generada por la turbina sólo debe utilizarse para fines de alumbrado domiciliar y manejo de electrodomésticos de 110 v, no utilizar con fines industriales o para manejar equipo que necesite 220 v; además, no debe utilizarse para regadillos, ni para derivarla y dar de beber agua al ganado. En la última visita que se hizo a la comunidad, para evaluar el proyecto en marcha, se observó que hay una persona derivando agua, desde el rebose de la cámara de carga, y lo está utilizando para regar sus sembradillos, por lo tanto, esta agua no está regresando al río como se especifica en el diseño. Por lo cual, lo recomendable es no hacer ese tipo de práctica, de forma ilícita, si se quiere hacer otro uso del recurso, hay que notificarlo por escrito a la SIGET, para que sea esta entidad la que evalúe, si esto no afecta negativamente al recurso hídrico, porque si la SIGET, hiciera una visita de monitoreo, y se entera de esta situación, podría castigar a la comunidad con una multa o con cancelarles el proyecto, por no haber cumplido con su compromiso de utilizar el recurso únicamente con fines de generar energía eléctrica.

3.17 CONTENIDO DEL PERFIL DEL PROYECTO

ANTECEDENTES

En 1993, se instaló en la comunidad un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad, a partir de una fuente comprada por la comunidad y con financiamiento de la UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia). La comunidad llevaba varios años solicitando el agua potable. En este caso los constructores del sistema de agua potable, reconocieron ampliamente la capacidad de trabajo y voluntad de la población para mejorar su calidad de vida.

Los pobladores de la comunidad antes de 1998 gestionaron ante las instituciones pertinentes, la instalación del servicio eléctrico en la comunidad, pero nunca tuvieron eco sus peticiones, aún, habiendo manifestado que si se conseguían los fondos para la construcción e instalación, ellos estaban dispuestos a trabajar y aportar económicamente para su realización. A un kilómetro de la comunidad la Chacra se encuentra el río Lempía (conocido como río las vegas) que por conocimiento de los pobladores es permanente y que este, en algunas ocasiones, se utilizó para regar algunos terrenos en la zona y que hasta 1998 este permanecía intacto en su caudal y uso, ni anomalías respecto a sus condiciones naturales debido al camino que lo atraviesa, donde en 1984 se construyó un puente formal de concreto reforzado.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En 1998, en la comunidad la Chacra no había energía eléctrica en las viviendas, por lo cual, fue necesario construir una minicentral hidroeléctrica para dotar de energía eléctrica a cada casa de la comunidad. Sintéticamente, la comunidad La Chacra no tenía energía eléctrica en sus viviendas y ahí está muy cerca el río Lempía, útil para tales fines.

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto "MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA COMUNIDAD LA CHACRA" consiste en generar energía eléctrica de 110 v utilizando el agua del río Lempía, localmente conocido como río Las Vegas, y una minicentral hidroeléctrica de 17 Kv para iluminación domiciliar de 53 familias de la comunidad la Chacra, para mejorar sus condiciones de vida con este servicio básico, en esfuerzo conjunto de autogestión de la comunidad y el apoyo de la ASOCIACIÓN SANEAMIENTO BÁSICO, EDUCACIÓN SANITARIA Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS (SABES). De esta forma, se podrá suministrar a cada vivienda familiar de la comunidad la Chacra un promedio de 130-140 Kw/h/mes. Esta energía será utilizada principalmente para iluminación interna de cada vivienda a través de focos de bajo consumo.

La Minicentral hidroeléctrica consta de un pequeño dique de retención en el río Lempía que operara a filo de agua, canal de derivación, cámara de

sedimentación -cámara de carga, tubería forzada e instalación de una turbina Michel-Banki, generador y una línea de distribución desde una estación de transformación hacia la red principal de distribución para abastecer a la comunidad La Chacra, formada por 53 viviendas beneficiadas con este proyecto.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto es de vital importancia porque va a satisfacer la mayor parte de necesidades colectivas de la comunidad respecto a energía eléctrica, además, el proyecto va ser sostenible, porque una vez puesto en marcha los mismos pobladores le darán mantenimiento y con la cuota diferenciada podrán pagar reparaciones futuras; se justifica también, porque los beneficios que generaría el proyecto son mayores que la inversión.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

GENERAL

- Aprovechar el recurso hídrico que se tiene contiguo a la comunidad, así mismo, la mano de obra disponible entre los pobladores para minimizar los costos de inversión.

ESPECIFICOS

- Generar permanentemente energía eléctrica barata para los beneficiarios del proyecto.

- Propiciar mejores condiciones de vida a los pobladores de la comunidad.

ALCANCES Y LIMITACIONES

El proyecto será destinado para generar energía eléctrica de uso doméstico, porque ese es el fin para el que será diseñado; la energía no podrá ser usada para fines industriales ya que esa necesidad no la toma en cuenta el diseño de la turbina a utilizar, es decir, no está capacitada para esos fines; además, los recursos económicos que dispone la comunidad, el financiamiento y la especificidad del proyecto ya definida son las limitantes para que su uso sea específicamente domiciliar.

POBLACION A BENEFICIAR

Los beneficiarios serán los 53 hogares que han gestionado el proyecto y que además están dispuestos a aportar mano de obra y recursos económicos.

3.18 ANTEPROYECTO GENERAL

TITULO DEL PROYECTO

“PROYECTO MICROCENTRAL HIDROELECTRICA EN COMUNIDAD LA CHACRA”

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

En 1993, se instaló en la comunidad un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad, a partir de una fuente comprada por ellos y con

financiamiento de la UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia), después de insistir varios años solicitando el agua potable. En este caso, los constructores del sistema de agua potable, reconocieron ampliamente la capacidad de trabajo y voluntad de la población para mejorar su calidad de vida. Antes de 1998, gestionaron ante las instituciones pertinentes la instalación del servicio eléctrico, pero nunca tuvieron eco sus peticiones aún habiendo manifestado que si se conseguían los fondos para la construcción e instalación, ellos estaban dispuestos a trabajar y aportar económicamente para su realización. A un kilómetro de la comunidad la chacra se encuentra el río Lempía (conocido como río las vegas) que por conocimiento de los pobladores es permanente y en algunas ocasiones se utilizó para regar algunos terrenos en la zona, permaneciendo intacto en su caudal y uso hasta 1998, sin anomalías respecto a sus condiciones naturales debido al camino que lo atraviesa, donde en 1984 se construyó un puente formal de concreto reforzado.

DEFINICION DEL PROBLEMA

En 1998, en la comunidad la Chácra no había energía eléctrica en las viviendas, por lo cual, fue necesario construir una microcentral hidroeléctrica para dotar de energía eléctrica a cada casa de la comunidad. Sintéticamente, la comunidad tenía energía eléctrica y ahí está muy cerca el río Lempía, útil para tales fines.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto es de vital importancia porque va a satisfacer la mayor parte de necesidades colectivas de la comunidad respecto a energía eléctrica, además, el proyecto va ser sostenible, porque una vez puesto en marcha los mismos pobladores le darán mantenimiento y con la cuota diferenciada podrán pagar reparaciones futuras; se justifica también, porque los beneficios que generaría el proyecto son mayores que la inversión.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

General

- Aprovechar el recurso hídrico que se tiene contiguo a la comunidad La Chacra, así mismo, la mano de obra disponible entre los pobladores con el objetivo de minimizar costos de inversión.

Específicos

- Generar permanentemente energía eléctrica barata para los beneficiarios del proyecto.
- Propiciar mejores condiciones de vida a los pobladores de la comunidad.

ALCANCES Y LIMITACIONES

El proyecto será destinado para generar energía eléctrica de uso doméstico, porque ese es el fin para el que será diseñado, la energía no podrá

ser usada para fines industriales ya que esa necesidad no la toma en cuenta el diseño de la turbina a utilizar, es decir, no está capacitada para esos fines; además, los recursos económicos que dispone la comunidad, el financiamiento y la especificidad del proyecto, ya definida, son las limitantes para que su uso sea específicamente domiciliar.

POBLACION A BENEFICIAR

Los beneficiarios serán los 53 hogares que han gestionado el proyecto y que además están dispuestos a aportar mano de obra y recursos económicos.

TRABAJOS DESARROLLADOS

Para asegurar las posibilidades de factibilidad, se realizó en diciembre de 1998 un levantamiento topográfico desde el lugar de ubicación del dique de derivación hasta el lugar de construcción de la cámara de carga (a lo largo de la canaleta de tierra existente) y posteriormente, dónde podía estar ubicada la casa de fuerza. El resultado fue, que el desnivel existente entre el punto de salida (dique de derivación) y el de llegada de la canaleta era de 2.31 m y una longitud de 600 m. lo que da una pendiente de 0.4 %, suficiente para que el agua discurra sin problemas. Posteriormente, siguiendo las normas de la Ley general de electricidad y telecomunicaciones , se empezaron los trámites a principios de 1999 de la solicitud del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, para la valoración del Impacto Ambiental y posterior obtención del

permiso ambiental para construir en el río la presa trapezoidal, tipo túbulo, con una elevación de 80 cm sobre el nivel inferior del río y de 30 cm sobre unas rocas existentes en el río, lo cual facilitaba la construcción. Los técnicos del MARN visitaron el lugar y consideraron que no existía impacto ambiental negativo y aprobaron el permiso ambiental. Al mismo tiempo, se presentaron los trámites correspondientes a la SIGET para la inscripción como generadores – distribuidores, a través de una concesión otorgada por ella.

HIDROLOGÍA

Se solicitó a la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) la posibilidad de realizar un aforo en el río, Las Vegas, para valorar el caudal y cuánto se podría utilizar en el caso de la microcentral. El aforo se realizó en junio de 1998, teniendo en cuenta que ese año, el invierno se atrasó y prácticamente no había llovido lo suficiente como para aumentar el caudal del río. La medición del caudal dió la cantidad de 355 litros por segundo. Está medición concuerda con una que se realizó en 1996 que dió como resultado 300 litros por segundo, que se realizó por el método electrolito, añadiendo solución salina al río en un tramo y posteriormente medir la concentración, para obtener el dato del aforo.

Se intento averiguar si existían mediciones de caudales en estaciones de aforo en la zona, pero fue negativo

CONDICIONES GEOTECNICAS

Debido a que no se iba a efectuar un tratamiento agresivo en la construcción con alteración de las capas superficiales, perforaciones o cementaciones en subsuelo, no se considera necesario hacer ningún tipo de estudio geológico exhaustivo de la zona, la construcción de la presa se realizaría sobre la masa pétreo existente en el lecho del río que forma parte del mismo macizo montañoso, que cruza el cauce.

UBICACION DEL PROYECTO

La comunidad La Chácra está ubicada a 3 km. del municipio de Carolina, departamento de San Miguel y a 1 km. del río Lempía, que pasa por el sudoeste de la población de Carolina. Hay que llegar a Ciudad Barrios y desde allí tomar el desvío en dirección a Carolina y posteriormente ya en la población desviarse en dirección nortponiente al río Las Vegas.

DETALLES DEL DISEÑO

La potencia de la microcentral se hizo sobre la base técnica siguiente:

- caudal del río (Q en m³ /s)
- desnivel o salto neto (H en metros)

Potencia = 9.81 Q. H. eficiencia

Potencia = 9.81 * 0.15 *17* 0.8

Potencia = 20 Kva

Sobre la base de la potencia que se obtendría (por el caudal y el desnivel) se optó por una turbina Michel Banki, adaptable a pequeñas caídas y caudales pequeños. Las características del equipo electromecánico se mencionan más adelante.

La presa será de tipo de doble pendiente, tipo túbulo, con una elevación sobre el nivel del río de 0.80 m y de 0.30 m sobre el lecho rocoso donde se va a construir.

El canal se diseña del tipo trapecoide con una amplitud superior de 0.60 m y una inferior de 0.30 m y un lateral de 0.40 m, para evitar turbulencias debido a las numerosas curvas de la canaleta.

La cámara de carga será rectangular de 2 m por 2 m por 1.5 m, colocando la tubería de carga con altura de 0.80 m sobre el nivel del piso, con una rejilla en la entrada para evitar caídas de elementos extraños que pudieran dañar la turbina.

La tubería de carga será de 10 pulgadas de PVC-160 PSI, altura de 17 metros de salto útil, no amerita de otro tipo. Está tubería estará enterrada y anclada con hierro y concreto para evitar accidentes.

La casa de fuerza se construirá en un bordo algo levantado del nivel del río, y con una canaleta de salida para devolver totalmente el agua al río, después de su utilización.

ESTIMADO DE ENERGÍA

La producción de energía de la microcentral será:

$$E = \text{Potencia por 24 H} = (13.34 \text{ por } 24) = 320 \text{ KWh}$$

PROGRAMA DE IMPLEMENTACION	
Actividad	Periodo
Presa de Río	2 meses
Canal de Alimentación	2 meses
Cámara de carga	15 días
Tubería Forzada	1 semana
Instalación línea eléctrica	1 mes
Casa de fuerza	1 mes
Instalación equipos electromecánicos	1 mes

COSTOS ESTIMADOS \$	
Turbina, generador, cuadro de mando y regulador de voltaje	16045.83
Cámara de carga	1485.71
Tubería de carga	1828.71
Casa de fuerza	2057.14
Instalación línea eléctrica	20048.57
Presa	4000.00
Canal de alimentación	5398.97
Costo Total de Inversión (\$)	50864.80

COSTOS DE OPERACIÓN (Anual)	
Operario (171,43 dolares/mes)	\$ 2,057.14
Depreciación (14% anual) sobre la inversión	\$ 2,034.59
Administración	\$ 171.43
Mantenimiento y reparación	\$ 171.43
Total costos de operación anual	\$ 4,434.59

INGRESOS ESTIMADOS

Teniendo en cuenta los costos de operación, se puede valorar la cuota que tendrían que pagar los usuarios del sistema para poder mantenerlo y recuperar al mismo tiempo la inversión, al final de la vida útil de los equipos. Teniendo en cuenta esto, se puede hacer un cálculo sencillo:

53 beneficiarios * 7.43 dólares/mes = 393.79 dólares/mes

Por doce meses = 4724.57 dólares/año

Por 25 años vida útil= 118114.25 dólares

ANALISIS FINANCIERO

De este total ingresado a lo largo de la vida útil del equipo, se descuentan los costos fijos de operación, mantenimiento, reparación y gastos administrativos, o sea costos de operación anual al final del periodo de vida útil (25 años), se tendrá lo siguiente:

$118114.25 - (4434.59 * 25) = 118114.25 - 110864.75 = 7249.54$ dólares. Hay que tener en cuenta que se ha provisionado en los gastos el costo de depreciación del equipo se tiene provicionado, es decir, que el costo de cambiar cualquier elemento ya está incluido en los gastos anuales. Esto indica, que al final del periodo de vida útil del proyecto, habrían ciertos elementos que se tendrían que cambiar (equipo electromecánico, regulador de voltaje, etc.). Otros elementos como cables, postes, etc. tiene una vida útil mucho más grande, y no sería necesario su cambio total, sino parcial, posiblemente. Pero por la

previsión que se hizo, se tendría el capital suficiente para reponerlo, teniendo en cuenta el costo de generador y turbina y el posible aumento del costo del equipo a lo largo del tiempo.

CONCLUSION

La comunidad La Chácra al estar en un lugar del país relativamente muy aislada, se le dificulta la instalación de Energía eléctrica. Debido a esto, consiguieron un sistema alternativo para poder cubrir sus necesidades de energía eléctrica, con sustentabilidad y eficiencia. Este tipo de proyecto, es necesario para poder diversificar las fuentes de energía y aumentar la cobertura del servicio eléctrico. El proyecto, técnicamente, es factible por el tipo de diseño, y sustentable al utilizar sólo la tercera parte del recurso existente, lo que garantiza su continuidad, y no perjudica al medio ambiente, sino todo lo contrario se hace más necesario por parte de los mismos beneficiarios, su cuidado y mejoramiento para evitar que disminuya el recurso.

3.19 GESTION DEL PROYECTO

Tiene como finalidad principal poner en marcha lo que se ha planificado, para la concesión, de las actividades y de los recursos humanos y materiales que intervienen en el desarrollo del proyecto. La gestión del proyecto inicia con la promoción de la idea, realizando los estudios requeridos para la formulación de un anteproyecto, a partir del cual se evalúa su viabilidad económica, técnica

y social, si es viable, se hace la carpeta técnica del proyecto, la cual contiene toda la información técnica, social, económica, legal y de desarrollo del proyecto. Con esta carpeta se hace la gestión legal ante las instituciones relacionadas con la explotación de los recursos hídricos y la finalidad con que se desarrolla, es decir, producir energía eléctrica para alumbrado domiciliar en comunidades rurales. Las entidades relacionadas para la gestión de concesión del proyecto son: la Superintendencia de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), donde se solicita la concesión de acuerdo al procedimiento establecido en el acuerdo 283-E-2003 (ver Anexo 3.3) y El Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), en el cual se solicita el Permiso Ambiental, para lo cual el titular del proyecto debe retirar y entregar el Formulario Ambiental en la Dirección de Gestión Ambiental, la cual determinará si requiere o no de Estudio de Impacto Ambiental (EIA); si no lo requiere, lo notificará al titular, caso contrario le entregará los términos de referencia que debe satisfacer el EIA, entregado y aprobado, se presenta fianza de cumplimiento del mismo, para la emisión del permiso ambiental.

3.20 FORMULACIÓN DEL PROYECTO*²³

INTRODUCCIÓN

El proyecto denominado "microcentral hidroeléctrica comunidad la chacra", consiste en la generación de energía eléctrica de 110 a 220 v.

²³ Basado en el estudio de SABES, por el Dr Luis Boigues, R. Godínez, O. M. Rodríguez Álvarez

utilizando una parte del caudal de agua del cauce del río Lempía (también conocido como río Las Vegas) y una Microcentral Hidroeléctrica con una Potencia de Diseño de 17 Kv. De esta forma, se podrá suministrar a cada una de las 53 viviendas familiares que conforman la comunidad La Chacra un promedio de 130 -140 Kwh/mes. Esta energía será utilizada primordialmente en la iluminación domiciliar usando focos de bajo consumo. Dotando este servicio básico mejorará la condición de vida de las personas. Considerando el esfuerzo conjunto de autogestión de la comunidad y el apoyo de la asociación saneamiento básico educación sanitaria y energías alternativas (sabes).

El proyecto de la Microcentral Hidroeléctrica consta de un pequeño dique de Retención en el río Lempía (localmente conocido como río Las Vegas) que operará a filo de agua; un pequeño caudal de agua será conducido a través de una canaleta de derivación hasta una cámara de sedimentación, posteriormente, el caudal pasará a la cámara de carga y a la tubería forzada para llegar a la casa de máquinas, donde se encontrará instalado el sistema turbina y generador, que consta de una turbina tipo Michell Banky de 17 Kv de potencia; el sistema de transmisión de potencia y el generador de 20 KVA. Luego estará la línea de distribución eléctrica para abastecer de la energía eléctrica a la comunidad La Chácra.

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

La Comunidad La Chacrá pasó varios años, solicitando a las autoridades correspondientes la introducción del servicio de agua potable, sin obtener ningún resultado; fue hasta el año 1993 que se logró la instalación de un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad, a partir de una fuente comprada por la misma comunidad y con el financiamiento de la UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia).

La comunidad manifestó que desde hacía bastantes años habían solicitado a las instituciones pertinentes la introducción del servicio de energía eléctrica, pero nunca tuvieron eco en sus peticiones. En ese sentido, se consideró una forma alterna de obtención de energía eléctrica, considerando la proximidad del río Lempía (también conocido como río Las Vegas) que atraviesa la calle que va en dirección a la comunidad y que además, se contaba con la existencia de un canal de tierra que se utilizó en el pasado para regar algunos terrenos de la zona, que se podía utilizar como canal de derivación. Se hicieron algunas mediciones aproximadas de caudal de agua del río y de los desniveles del terreno existentes en la zona, obteniendo como resultado que se contaba con las condiciones preliminares para la estudiar la posibilidad de instalar una microcentral Hidroeléctrica.

Los habitantes de la Comunidad manifestaron que si se conseguían los fondos para la construcción e instalación de la MicroCentral Hidroeléctrica, ellos estaban dispuestos a trabajar en la obra y entregar un aporte económico para la realización del proyecto, así, se procedió a efectuar los primeros estudios en forma, para obtener datos técnicos que sustentarán la idea del proyecto.

ESTUDIOS TECNICOS DESARROLLADOS:

Para asegurar las posibilidades de factibilidad, se realizó en diciembre de 1998 un levantamiento topográfico desde el lugar de ubicación del dique de Retención hasta el lugar de construcción de la cámara de carga (a lo largo de la canaleta de tierra existente) y posteriormente a donde podía estar ubicada la casa de máquinas. El resultado fue, que el desnivel existente entre el punto de salida y el punto de llegada de la canaleta (dique de retención y cámara de sedimentación, respectivamente) es de 2.31 m con una longitud de 600 m. lo que da una pendiente de 0.4 %. Suficiente para que el agua discurra sin problemas.

Se solicitó a la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), la posibilidad de realizar un aforo en el río, para calcular el caudal y determinar cuánto se podría utilizar en el caso de instalar una Microcentral Hidroeléctrica. El aforo se realizó en el mes de junio de 1998, teniendo en cuenta que ese año el invierno llegó atrasado y prácticamente no había llovido

lo suficiente como para aumentar el caudal del río. La medición del caudal dió la cantidad de 355 litros por segundo. Esta medición se aproxima a otra realizada en el año de 1996 que dio como resultado 300 litros por segundo, que se realizó por el método electrolito, añadiendo solución salina al río para posteriormente medir la concentración y obtener así el valor del caudal. Se intentó averiguar si existían mediciones de caudales en estaciones de aforo cerca de la zona, obteniendo resultado negativo.

Posteriormente, siguiendo con las normas establecidas en la Ley General de Electricidad y Telecomunicaciones, en 1999 se comenzaron los trámites a de solicitud en el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, para la valoración del Impacto Ambiental y la posterior obtención del permiso Ambiental para la construcción en el río del dique de retención, con una elevación de 80 cm sobre el nivel inferior del río y de 30 cm sobre una rocas existentes en el río y que facilitaban su construcción. Los técnicos del MARN visitaron el lugar y consideraron que no existía impacto ambiental negativo y aprobaron el Permiso Ambiental requerido. Al mismo tiempo se iniciaron los trámites correspondientes ante la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicación (SIGET) para la inscripción como generadores distribuidores.

UBICACION DEL PROYECTO

La Micro Central para generar energía eléctrica por medio de la utilización de un porcentaje del caudal del cause del Río Lempía, se ubica a 3

Km al Sur Poniente del municipio de Carolina del departamento de San Miguel, localizándose este en las coordenadas geográficas Latitud 297,360 y Longitud 576.400 con elevación de 820 msnm para la posición de altura máxima sobre la cuenca; Latitud 302.630 y Longitud 573.820 con elevación de 220 msnm para la posición de altura mínima sobre la cuenca y el cauce donde se emplazará el Dique de Retención, punto de control, con una longitud del río de 6.8 Km. con una distancia de los puntos descritos de 5.84 Km en línea recta.

Identificación Del Río Lempía.

Se puede constatar, que al Sur Poniente de la ciudad de Carolina, donde se encuentra la Comunidad La Chacrá, se llega a un puente de sistema mixto, y constatando en el cuadrante 2557 IV CAROLINA, escala 1:50,000; se determinó que se trata del Río Lempía, según el inventario de este cuadrante, pero que en la comunidad La Chacrá se le conoce comúnmente como Río Las Vegas. Por lo que geográficamente en el territorio no existe ninguna duda de que se trata del Río Lempía conocido en la zona como Río las Vegas. Habiendo efectuado este reconocimiento, se procedió a efectuar el Estudio Hidrológico.

a) Estudio hidráulico del río Lempía, este estudio tiene como objetivo conocer el caudal que lleva el río Lempía tanto en la época seca como en la época de lluvia, caudal mínimo y caudal máximo respectivamente, o caudal ecológico, así como realizar un cálculo del caudal disponible (extracción del caudal) para el funcionamiento de una microcentral hidroeléctrica. Para este fin, se utiliza la

formula Racional que tiene en cuenta distintos factores de la cuenca una vez delimitada esta. En base a los registros de lluvia existentes y representativos para la (s) estacione (s) más cercanas, se construyen las gráficas de intensidad-duracion-frecuencia de lluvia, para un tiempo de concentración (T_c) para el cálculo del caudal de la cuenca.

Con los datos de lluvia registrados en la estación Z-2 de san Francisco Gotera. Latitud $13^{\circ} 41.8''$ y longitud $88^{\circ} 06.4''$. Elevación 250 msnm y los límites de la cuenca del río Lempía, que se encuentra en el mapa 1:50.000, la cuenca tiene 10.35 Km^2 . La longitud del cauce es de 6.8 km, la elevación media de la cuenca es de 545 msnm. El tiempo de concentración es de 43.1 minutos y el período de diseño considerado es de 50 años. La intensidad de diseño es de 2.15 mm/minuto. La pendiente de la cuenca es de 32.81%. Coeficiente de escorrentía de 0.48 y el caudal de la cuenca es de $Q = 178.02 \text{ m}^3/\text{s}$. (máximo).

b) Estudio hidráulico del Río Lempía

Basados en los datos de la cuenca y del cauce natural y las secciones transversales del río Lempía, se hace la curva de descarga natural, encontrando que el tirante crítico es de 0.28 m, el Caudal Mínimo es de $2.36 \text{ m}^3/\text{s}$. La velocidad correspondiente es de 2.06 m/s.

c) Diseño de la cala de derivación hacia la microcentral.

Esta tiene 600 m de longitud y una diferencia de elevaciones de 2.31 m entre el punto de extracción y la cámara (pozo) de carga. La pendiente promedio es de 0.385 %, para concreto el coeficiente de Manning es de 0.014, siendo el caudal de diseño de 0.15 m³/s. La sección propuesta es trapezoidal: 0.60m (anchura superior), 0.40m (altura), 0.30m (ancho inferior). Al calcular la curva de descarga se tiene que el tirante crítico es de 0.31 m, que es menor que la altura del canal propuesto para conducir 0.150 m³/s a la velocidad de 1.16 m/s. Habiendo hecho aforos a la entrada de la canaleta de derivación se determinó que el agua entra a la velocidad de 0.31 m/s.

d) Control de inundación en la posición del dique.

Para este propósito se calcula la curva de remanso que hace el agua al llegar al dique desde donde se hace la extracción del agua que es de 0.150 m³/s. Al tabular la ecuación de la curva de remanso dy/dx , se encuentra que esta tiene una longitud de 3,98 m de largo y una altura de remanso de 0.25 m. Por lo que se considera muy suave y no causará inundación alguna en el área de aguas arriba del dique, ya que en nada cambia los márgenes normales del canal natural del río.

e) Se presenta una memoria gráfica de los correspondientes lugares en el río Lempía para mejor comprensión de los criterios adoptados. 1) recorrido de la canaleta (panorámico); 2) canal natural del río Lempía cercano al dique; 3)

frente del dique parte baja así como el largo; 4) retención y remanso casi no perceptible; 5) toma de entrada de la canaleta o punto de extracción hacia el tanque de carga; 6) tanque de carga; 7) Turbina dentro de la casa de maquinas; 8) Salida del agua después de que ha sido utilizada por la turbina. Ver anexos

CONDICIONES GEOTÉCNICAS

Aspectos geológicos generales

El río Lempía pasa atravesando el lecho natural de roca, compuesto por la estructura rocosa de columnas basálticas de sección ochavada, continuamente dispuestas como un manto (macizo rocoso) en el área donde está el pequeño túmulo retenedor de agua (o dique). La superficie basal, es dimensionalmente profunda y de radio amplio tanto en el punto y área de interés como en áreas adyacentes. Asociada a esta estructura, se encuentran rocas aglomeráticas formando la estructura domítica propia de ambientes volcánicos y montañosos que predominan en el área, genéticamente magmática, cuyos enfriamientos provocó la estructura existente, perteneciente a la formación Morazán, surgida hace unos cincuenta millones de años. Dada la orografía de cordillera de la zona, esta permite la permanencia del río en forma de canal "V" en su cauce principal y garantiza su hidrogeología.

Aspectos geotécnicos

Donde se emplaza la obra de retención, por estar esta soportada en su base en un lecho de roca basáltica (o basalto puro, color negro, grano fino, muy denso) sana totalmente, dureza >7 escala de mohs, basta considerar su resistencia $> 1400\text{Kg/cm}^2$ la sanidad de la roca es 100%(macizo) o sea sin degradación ni metamorfizaciones por influencia del ambiente (meteorización) ni alteraciones químicas-mineralógicas que lleven a esta, fracturación normal y su densidad relativa 2.9, porosidad < 0.5 ; Disposición continua como lecho que garantiza la estabilidad de la estructura a colocar. El lecho o estructura basal de sustentación, dada la disposición de roca in-situ, permite anclar la roca de manpostería que conforma el dique de manera natural (trabazón) por los picos existentes, los cuales se aprovechan para conformar la geometría del dique que es trapezoidal, lo cual garantiza que no deslizará ni menos voltearía dada la dimensión muy baja de la estructura.

Cabe aclarar, que el dique en el río aprovecha la topografía del perfil longitudinal para su colocación en una grada de cambio de pendiente lo que favorece al río en su disipación de energía, rebalsando la pequeña retención sobre la superficie de la cresta del dique. El estudio hidráulico mostró con la curva de remanso, que no hay inundación.

Forma de explotación del recurso agua del río lempía

A través del estudio hidrológico e hidráulico de la cuenca y el río principalmente, aspectos ambientales, morfológicos y geomorfológicos, geológicos y geotécnicos así como morfogenéticos, se establece que es posible utilizar el agua del río lempía. Ya que en la cuenca se dispone de un caudal máximo de 178.02 m³/s. Un caudal mínimo de la cuenca de 2.36 m³/s y una extracción comprobada de caudal de 0.15 m³/s (150 l/s), lo cual garantiza el funcionamiento óptimo continuo del equipo de producción de energía (Microcentral Hidroeléctrica); el caudal de operación se extrae a filo de agua del río lempía a partir del dique que se establece para retención y extracción que se encausa a través de una canaleta de 600 metros de largo pendiente promedio de 0.385% entre el punto de salida (extracción) y el punto de llegada (pozo de carga) sección trapezoidal de 0.60x0.30x0.40 (metros respectivamente). Del pozo de carga se hará llegar el agua a la microcentral, a través de una tubería de 10 pulg de diámetro PVC de 160 PSI, enterrada y anclada adecuadamente (en forjados de hierro y concreto) para evitar accidentes, salvando una caída de 19 m entre el pozo de carga y la posición de la microcentral y una columna útil de 16.71 m para un caudal de 0.15 m³/s para la microcentral operando; constituida la microcentral hidroeléctrica por una turbina Michell Banki de 17 kV de diseño de 844 rpm, eficiencia mínima a plena carga 82%, caudal de trabajo de 50 l/s a 150 l/s. para generación de 18.20 Kw. La energía se distribuirá a través de una red abierta, de tendido eléctrico en la comunidad cuya longitud

consta de 1355 m de largo, de donde se extraerán de 130 - 140 Kvh/mes. garantizando así, que con el caudal ecológico disponible en el río Lempía se garantizará la producción y el suministro permanente sin ningún tipo de interrupción y sin ningún tipo de impacto tanto para el ambiente y los factores específicos implicados, garantizando también el buen estado de la microcentral hidroeléctrica, buena generación y buena distribución y entrega de la energía.

Modo de ejecución.

La ejecución de las obras que contiene el proyecto, se realiza con la participación directa totalmente de los habitantes de la comunidad La Chacra; a través de la organización que tiene la comunidad se forman cuadrillas de hombres y mujeres, para obtener así la mano de obra.

La ONG SABES, a través de la experiencia en trabajo conjunto con las comunidades para resolver este tipo de problemas, la carencia de alumbrado domiciliar en la comunidad, proyectó junto la instalación de una Microcentral Hidroeléctrica en la comunidad La Chacra, Carolina, para generar y suplir la energía, desde la toma de agua en el río hasta la red del alumbrado domiciliar de las viviendas.

BENEFICIOS.

Beneficios Sociales:

Extrayendo $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua del río Lempía, para generar energía eléctrica de uso domiciliario, a través del uso de una micro central hidroeléctrica, la comunidad La Chacra podrá disponer de este servicio básico para el alumbrado domiciliario de cada una de las 53 viviendas de este caserío, mejorando así sus condiciones de vida. Al hacer uso del recurso agua del río Lempía con la micro central hidroeléctrica del proyecto, no se generará ningún tipo de impacto ambiental, ecológico ni de biodiversidad, ya que sólo se efectuará la extracción de 6.35% el caudal del río en época seca, quedando el caudal ecológico del mismo (m^3/s), prácticamente intacto, para el buen funcionamiento de operación de la Microcentral hidroeléctrica, y por ende la disponibilidad permanente de energía eléctrica en las viviendas de la comunidad. En este proyecto, se considera que no existirán desbeneficios o antibeneficios de índole alguna, pues no habrán implicaciones al respecto.

CONDICIONES DE DISEÑO.

CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA.

Pérdidas de Carga en la Canaleta

Canal Conductor, Trapezoidal.

En un canal abierto de sección constante, trapezoidal, con un flujo de agua constante y uniforme; el cálculo de las pérdidas de carga primarias

considerando la rugosidad interna de la superficie del conducto, viene dado por la ecuación de Darcy-Weishbach (1):

$$H_r = \frac{\lambda(LV^2)}{(4Rh * 2g)} : \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Donde: H_r : Pérdidas Primarias en conductos de cualquier sección.

λ : Coeficiente de Fricción.

L: Longitud de la sección de canal o tubo.

V: Velocidad media del flujo en la sección constante.

Rh : Radio hidráulico.

Entonces para la sección del canal trapezoidal: considerando canal lleno:

$$\text{Área transversal: } A_T = A_1 + A_2 + A_3; \quad (\text{Ec. 3.2})$$

$$A_T = (0.3 \times 0.4) + (0.15 \times 0.40)/2 + 0.15 \times 0.40)/2. \quad A_T = 0.18 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro Mojado: } L_T = L_1 + L_2 + L_3; \quad (\text{Ec. 3.3})$$

$$L_T = 0.43 + 0.30 + 0.43 \quad L_T = 1.16 \text{ m}$$

Primer cálculo con el Caudal considerando $Q = 0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ y área $A = 0.18 \text{ m}^2$

$$\text{A partir de } Q = V \times A; \quad (\text{Ec. 3.4})$$

$$\text{Entonces } V = Q / A = 0.1 / 0.18, \quad V = 0.5556 \text{ m/s}$$

Para calcular el Número de Reynolds (Re):

$$Re = (VD)/\nu; \quad (\text{Ec. 3.5})$$

$$\text{Con } \nu = 1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad \text{y} \quad D = 4 R_h; \quad (\text{Ec. 3.6})$$

Donde $R_h = (\text{Área transversal} / \text{Perímetro mojado de la sección transversal})$

$$R_h = AT / LT; \quad (\text{Ec. 3.7})$$

Así $R_h = 0.18 \text{ m}^2 / 1.16 \text{ m} = 0.155 \text{ m}$; y $D = 4 \times 0.155 \text{ m} = 0.62 \text{ m}$.

Así: $Re = (0.5556 \text{ m/s} \times 0.62 \text{ m}) / 1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$; $Re = 3.41 \times 10^5$

La Rugosidad Relativa: k/D

Donde k : coeficiente de rugosidad absoluta obtenidas por tablas para cemento alisado

$k = 0.5 \text{ mm}$.

Entonces $k/D = 0.5 \text{ mm} / 620 \text{ mm}$; $k/D = 0.000806$.

Por el diagrama de Moody, el coeficiente de fricción $\lambda = 0.0205$

Así, las pérdidas primarias en el canal, considerando el caudal de $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$, será el siguiente:

$$H_r = (0.0205) \times (600 \text{ m} \times (0.5556 \text{ m/s}^2)) / (4 \times 0.155 \text{ m} \times 2 \times 9.81 \text{ m/s}^2)$$

$H_r = 0.312 \text{ m}$.

Segundo cálculo con $Q = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$, similar al ejercicio anterior se obtienen los siguientes resultados:

$$A = 0.18 \text{ m}^2 \quad V_2 = 0.833 \text{ m/s} \quad Re = 5.11 \times 10^5$$

$$R_h = 0.155 \text{ m} \quad \lambda = 0.0194 \quad H_r = 0.66 \text{ m}$$

Pérdidas de carga en la Tubería forzada:

Perdidas Primarias.

Se considera un tubo de sección circular constante con un flujo de agua constante, el cálculo de las pérdidas primarias considerando la superficie del conducto, viene calculada por la ecuación siguiente (1):

$$H_r = \lambda \cdot L \cdot V^2 / (D \cdot 2g); \quad (\text{Ec. 3.8})$$

Donde: H_r : Pérdidas Primarias en conductos de cualquier sección.

λ : Coeficiente de Fricción.

L: Longitud de la sección de canal o tubo.

V: Velocidad media del flujo en la sección constante.

D: Diámetro medio de la sección transversal del tubo.

Para la sección circular del tubo liso de 10" de diámetro y 87.86 m de longitud.

Área transversal: con $D = 10$ pulg. ó $D = 0.254$ m, se tiene que: $r = 0.127$ m.

Area transversal $A = 0.0506$ m²

Primer cálculo con el Caudal $Q = 0.1$ m³/s y área $A = 0.0506$ m²

A partir de $Q = V \times A$, entonces $V = Q / A = 0.1 / 0.0506$ m/s

$V = 1.976$ m/s.

Para calcular el Número de Reynolds (Re),

$Re = (V * D) / \nu$. Con: $\nu = 1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ y $D = 0.254 \text{ m}$. Así:

$$Re = (1.976 \text{ m/s} \times 0.254 \text{ m}) / 1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}. \quad Re = 4.97 \times 10^5$$

La Rugosidad Relativa: k/D

Donde k : Coeficiente de Rugosidad absoluta por tablas cuales para tubo liso $k = 0.001 \text{ mm}$.

$$\text{Entonces } k/D = 0.001 \text{ mm} / 254 \text{ mm} \quad k/D = 0.0000394$$

Por Diagrama de Moody, El coeficiente de fricción $\lambda = 0.0137$.

Así, las pérdidas primarias en la tubería forzada considerando el caudal de $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$. será:

$$H_r = (0.0137) \times (87.86 \text{ m} \times (1.976 \text{ m/s})^2) / (0.254 \text{ m} \times 2 \times 9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$H_r = 0.94 \text{ m}$$

Segundo cálculo con $Q_2 = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$, se obtienen los siguientes resultados:

$$A = 0.0506 \text{ m}^2 \quad ; \quad V_2 = 2.964 \text{ m/s} \quad ; \quad Re = 7.45 \times 10^5 \quad ; \quad K/D = 3.94 \times 10^5$$

$$\lambda = 0.0128 \quad ; \quad H_r = 1.98 \text{ m}$$

Pérdidas Secundarias.

Para una tubería lisa de 10 pulg. de diámetro, las pérdidas secundarias vienen dadas por (3):

$$H_r = \zeta V^2 / 2g; \quad (\text{Ec. 3.9})$$

Donde:

H_r : Pérdidas secundarias en conductos cerrados.

ζ : Coeficiente adimensional de pérdidas de cargas secundarias.

V : Velocidad media del flujo dentro del conducto.

g : Valor de la aceleración de la gravedad local.

Primer cálculo con el Caudal $Q_1=0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ y $V_1 = 1.976 \text{ m/s}$.

i) Entrada tubería con $r / D = 0$, debido a que no se tiene radio de curvatura. Por tablas $\zeta=0.50$

$$H_{rs} = (0.50) \times (1.976 \text{ m/s})^2 / (2 \times 9.81 \text{ m/s}^2) = 0.0995 \text{ m.} \quad \text{así: } H_{rs} = 0.1 \text{ m.}$$

ii) Salida tubería con $D/d = 0.254 \text{ m} / 0.2032 \text{ m} = 1.25$. así $D/d = 1.25$

Por tablas $\zeta=0.20$ Para contracciones de salida suave

$$H_{rs} = (0.20) \times (1.976 \text{ m/s})^2 / (2 \times 9.81 \text{ m/s}^2). \quad \text{asi: } H_{rs} = 0.0398 \text{ m.}$$

Segundo cálculo con Caudal $Q_2=0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ y $V_1=2.964 \text{ m/s}$.

iii) Entrada tubería $H_{rs} = (0.50) \times (2.964 \text{ m/s})^2 / (2 \times 9.81 \text{ m/s}^2).$ así:

$$H_{rs} = 0.224 \text{ m.}$$

ii) Salida tubería $H_{rs} = (0.20) \times (2.964 \text{ m/s})^2 / (2 \times 9.81 \text{ m/s}^2).$ así:

$$H_{rs} = 0.0895 \text{ m.}$$

Cuadro Resumen de Pérdidas:

Caudal Q(m ³ /s)	Perdidas primarias (m)		Perdidas Secundarias (m)		Perdidas Totales en tubería (m)
	Canal	Tubería	Entrada	Salida	
0.1	0.31	0.94	0.1	0.04	1.08
0.15	0.66	1.98	0.22	0.089	2.29

Cuadro Resumen de Alturas Netas (H_N)

Como la altura física desde la cámara de carga hasta la salida de la tubería forzada es de 19.0 m, entonces la altura neta será:

Caudal Q (m ³ /s)	Perdidas Totales en la tubería (m)	Altura neta H _N (m)
0.1	1.08	17.92
0.15	2.29	16.71

CÁLCULO DE PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE LA TURBINA.**Generalidades.**

Las turbinas Michell - Banki, son indudablemente, la mejor forma de potencia para desarrollos hidráulicos pequeños; que tengan un caudal de agua disponible de 25 l/s a 2,000 l/s, y de 12m a 50 m de altura útil. Convirtiéndose, probablemente, en la mejor elección para instalaciones pequeñas de hidropotencia, considerando además la simplicidad de construcción.

Consideraciones a tomar para la turbina Michell - Banki.

Partiendo de la formulación para Turbinas Hidráulicas del Tipo Michell Banki, se establece que para las condiciones de entrada a la turbina, la velocidad del agua antes de entrar a la rueda y hacer contacto con el álabe, viene dada por:

$$V_1 = C_v (2g H_N)^{1/2}; \quad (\text{Ec. 3.10})$$

Donde: C_v : Coeficiente de velocidad, por experimentación $C_v = 0.9$

H_N : Altura Neta.

g : Valor de la aceleración de gravedad (9.81 m/s^2)

Así mismo, para obtener más eficiencia, pero considerando la facilidad de construcción de los álabes, se determina el ángulo de entrada $\alpha = 16^\circ$. Además, por experimentación general para obtener alta eficiencia y máxima utilización, se aplica la siguiente ecuación:

$$(U_1 / V_1) = (\cos \alpha) / 2. \text{ Así: } U_1 = (V_1 \times \cos \alpha) / 2; \quad (\text{Ec. 3.11})$$

Y por último, de acuerdo a las experimentaciones en estas turbinas, se adoptan las siguientes igualdades para las condiciones de salidas, de acuerdo al análisis de velocidades y ángulos.

$$\beta_2 = \beta_1 ; U_2 = U_1 ; \quad \omega_2 = \omega_1; \quad \psi = 0.98.$$

Cálculo de velocidades y ángulos.

Los siguientes cálculos se realizan considerando: Caudal $Q_1 = 0.1 \text{ m}^3/\text{s}$. y altura neta $H_N = 17.92\text{m}$.

Condiciones de Entrada.

Partiendo de la ecuación: $V_1 = C_v (2g H_N)^{1/2} = 0.90 \times (2 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 17.92 \text{ m})^{1/2}$

$$V = 16.88 \text{ m/s}$$

Así mismo: $U_1 = (V_1 \times \text{Cos } \alpha_1) / 2$, $U_1 = (16.88 \text{ m/s} \times \text{Cos } 16^\circ) / 2$

$$U_1 = 8.11 \text{ m/s}$$

Por medio del triángulo de velocidades: $\omega_1 = (V_1^2 + U_1^2 - 2 V_1 U_1 \text{Cos } \alpha_1)^{1/2}$

Por lo tanto: $\omega_1 = [(16.88 \text{ m/s})^2 + (8.11 \text{ m/s})^2 - 2 (16.88 \text{ m/s}) \times (8.11 \text{ m/s}) \times \text{Cos } 16^\circ]^{1/2}$, $\omega_1 = 9.36 \text{ m/s}$

Para el cálculo del ángulo β_1 se usa la siguiente fórmula: $\text{Cot } \beta_1 = \text{Cot } \alpha_1 - [(U_1 / V_1) / \text{Sen } \alpha_1]$;

(Ec. 3.12)

Así: $\text{Cot } \beta_1 = \text{Cot } 16^\circ - [(8.11 \text{ m/s} / 16.88 \text{ m/s}) / \text{Sen } 16^\circ]$, $\beta_1 = 10.74^\circ$

Condiciones de Salida.

De acuerdo con las consideraciones (Ec. 3.11) antes expresadas: $\beta_2 = 10.74^\circ$,

$$U_2 = 8.11 \text{ m/s. } \omega_2 = 9.36 \text{ m/s.}$$

Por medio del triángulo de velocidades: $V_2 = (U_2^2 + \omega_2^2 - 2 U_2 \omega_2 \text{Cos } \beta_2)^{1/2}$

Por lo tanto: $V_2 = [(8.11 \text{ m/s})^2 + (9.36 \text{ m/s})^2 - 2(8.11 \text{ m/s})(9.36 \text{ m/s}) \cos 10.74^\circ]^{1/2}$ $V_2 = 2.05 \text{ m/s}$.

Para el cálculo del ángulo α_2 , se usa la siguiente fórmula: $\text{Sen } \alpha_2 = (\omega_2 \text{ Sen } \beta_2) / V_2$,

así: $\text{Sen } \alpha_2 = 9.36 \text{ m/s} \times \text{Sen } 10.74^\circ / 2.05 \text{ m/s}$; entonces $\alpha_2 = 58.31^\circ$.

Cuadro Resumen de Velocidades y ángulos.

Caudal Q(m ³ /s)	Altura Neta (m)	Condiciones de entrada					Condiciones de salida				
		V1(m/s)	U1(m/s)	ω_1 (m/s)	α_1 (°)	β_1 (°)	V1(m/s)	U1(m/s)	ω_1 (m/s)	α_1 (°)	β_1 (°)
0.1	17.92	16.88	8.11	9.36	16	10.74	2.05	8.11	9.36	58.31	10.74
0.15	16.71	16.29	7.83	9.03	16	10.73	1.98	7.83	9.03	58.11	10.73

CÁLCULO DE LA POTENCIA.

El cálculo de las Potencias para una Turbina Michell Banky, considerando las condiciones del caso, se efectúa de acuerdo a las fórmulas siguientes:

Potencia Total de la Turbina:

$$P_{\text{total}} = [(\gamma Q) / g] \times [(U_1 V_1 \cos \alpha_1) - (U_1 V_2 \cos \alpha_2)]; \quad (\text{Ec. 3.13})$$

$$P_{\text{total}} = [(10^3 \text{Kgf/m}^3 \times 0.1 \text{ m}^3/\text{s}) / (9.81 \text{ m/s}^2)] \times [(8.11 \times 16.88 \times \cos 16) \text{ m/s} - (8.11 \times 2.05 \times \cos 58.31) \text{ m/s}].$$

$$P_{\text{total}} = 1,252.3943 \text{ Kgf. m/s, por conversión:}$$

$$P_{\text{total}} = 12.28 \text{ KW}$$

Potencia de Entrada o Teórica:

$$P_{en} = (\gamma Q) \times [(v1^2 / (2 g Cv^2) = (\gamma Q H_N)]; \quad (\text{Ec. 3.14})$$

$$P_{en} = (10^3 \text{ Kgf/m}^3 \times 0.1 \text{ m}^3/\text{s}) \times [(16.88 \text{ m/s})^2 / (2 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 0.9^2)]$$

$$P_{en} = 1,792.92 \text{ Kgf. m/s, por conversión: } P_{en} = 17.58 \text{ KW}$$

Potencia de Salida:

$$P_{sal} = [(\gamma Q U1) / g] \times [(V1 \text{ Cos } \alpha1 - U1) \times (1 + \psi \times (\text{Cos } (\beta4 / \text{Cos } \beta1))]; \quad (\text{Ec. 3.15})$$

$$P_{sal} = [10^3 \text{ Kgf/m}^3 \times 0.1 \text{ m}^3/\text{s}) \times 8.11 \text{ m/s}) / 9.81 \text{ m/s}^2] \times (16.88 \text{ m/s} \times \text{Cos } (16) - 8.11 \text{ m/s}) \times (1 + 0.98 \times 1)$$

$$P_{sal} = 1,328.51 \text{ Kgf.m/s, por conversion: } P_{sal} = 13.03 \text{ KW}$$

Cuadro resumen de Potencias:

Caudal Q (m ³ /s)	Altura neta H _N (m)	Potencia Total P _{total} (KW)	Potencia entrada P _{ent} (KW)	Potencia salida P _{sal} (KW)
0.1	17.92	12.28	17.58	13.03
0.15	16.71	17.15	24.56	18.20

CÁLCULO DE LA EFICIENCIA.**Eficiencia del Conjunto Rueda - Tobera.**

La eficiencia del conjunto Rueda - Tobera, vienen dada por la siguiente formula:

$$\eta = 2Cv^2(U1/V1) \left[1 + \psi * (\text{Cos } \beta4 / \text{Cos } \beta1) \right] \left[\text{Cos } \alpha1 - (U1/V1) \right]; \quad (\text{Ec. 3.16})$$

$$\eta = 2 * 0.9^2 * (7.68 / 15.97) * \left[1 + 0.98 * (\text{Cos } 10.74 / \text{Cos } 10.74) \right] \left[\text{Cos } 16 - (7.68 / 15.97) \right]$$

$$\eta = 0.7409, \text{ entonces } \eta = 74.1\%$$

$$\eta = 0.7409, \text{ entonces } \eta = 74.1 \%$$

Eficiencia Global.

Si se considera la Eficiencia de la Turbina $\eta = 74.1\%$ y la eficiencia de un Generador Eléctrico de 90% aproximadamente, la eficiencia global del grupo Turbina-Generador será:

$$\eta_T = \eta_{Turbina} \times \eta_{Generador} = 0.741 * 0.90 = 0.667 \quad (\text{Ec. 3.17})$$

Entonces $\eta_T = 66.7\%$

CALCULO DE LA ENERGIA.

Considerando la Potencia Teórica o de Entrada, de las condiciones siguientes:

Caudal $Q = 0.1 \text{ m}^3/\text{s}$. Altura Neta $H_N = 17.92 \text{ m}$,

$$P_{ent} = Q \times \frac{1}{2} \times \frac{1^2}{(2gCv^2)} = QH_N \quad (\text{Ec. 3.18})$$

$$P_{ent} = 17.58 \text{ kw}$$

Estimado de Energía Disponible

Así el Valor de la Energía Disponible será:

$$E_{Disp} = P_{ent} \times \eta_T; \quad (\text{Ec. 3.19})$$

$$E_{Disp} = (17.58 \text{ KW}) \times (0.667)$$

$$E_{Disp} = 11.73 \text{ KW.}$$

Estimado de Energía Producibile

El Valor de la energía producible, parte del valor de energía disponible, afectado por los correspondientes factores, incluyendo el de planta.

Primer cálculo:

Considerados en conjunto = 0.83. Así, el valor de energía producible para un caudal $Q = 0.1 \text{ m}^3/\text{s}$, será.

$$E_{\text{prod}} = (11.73 \text{ KW}) \times (0.83) \times (720 \text{ hr/mes}), \text{ Entonces}$$

$$E_{\text{prod}} = 7.010 \text{ KW hr/mes.}$$

Considerándose un valor muy significativo, para las condiciones del lugar del proyecto.

Segundo cálculo:

Considerando la potencia de entrada, con el caudal $Q = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$, Altura Neta $H_N = 16.71 \text{ m}$, el estimado de la energía producible será:

$$E_{\text{prod}} = 9,790 \text{ KW hr/mes.}$$

Estimado de Consumo de energía.

Se estima que la energía producible para un caudal de $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ es de $7.010 \text{ KW hr} / \text{mes}$ ($84,120 \text{ KW hr} / \text{año}$), y que para cada una de las 50 - 53 casas, se dispondrán mensual mente de un aproximado de $130 - 140 \text{ KW hr} / \text{mes}$. Valor que se considera significativo, de acuerdo a las condiciones actuales de la comunidad, en el sentido de la carencia de energía eléctrica.

Se establece, que la energía eléctrica a producir en la micro central hidroeléctrica, se utilizará, primordialmente en la iluminación residencial de cada

casa de la comunidad, por lo que se considera que en cada casa se utilizarán de 80 a 100 w en iluminación, usando focos de bajo consumo. Por lo que en conjunto se prevé, una demanda de 5.3 KW, que es completamente cubierta con la producción de la Microcentral (representa un 54 % de la energía producible).

DESCRIPCION DE LAS PARTES.

Dentro del proyecto se han considerado para su descripción, las siguientes partes más importantes:

- 1- Recurso Hídrico.
- 2- Dique de Retención.
- 3- Canal de Derivación.
- 4- Cámara de sedimentación.
- 5- Cámara de Carga.
- 6- Tubería Forzada.
- 7- Casa de Máquina.
- 8- Equipo Turbina y Generador.
- 9- Equipo Regulador-Transformador.
- 10-Instalación Eléctrica.

RECURSO HIDRICO.

El Recurso Hídrico a utilizar para el funcionamiento de la micro central hidroeléctrica en la Comunidad La Chacra, se obtendrá del caudal del Río Lempía, también conocido como Río las Vegas, en jurisdicción del municipio Carolina del Departamento de San Miguel.

El Caudal mínimo de la cuenca del río Lempía en período de estiaje es de 2.33 m³/s a la entrada de la canaleta, y el caudal máximo de la cuenca del río en período de lluvia es de 178 m³/s. La cuenca del río se encuentra en una zona montañosa, con pendiente del curso del río bastante pronunciada que facilita el drenaje de sus aguas. El punto de emplazamiento del dique de retención y la canaleta de derivación tiene lechos o mantos rocosos, rocas basálticas de grandes dimensiones, cantos rodados y gravas, siendo un lecho sólido.

DIQUE DE RETENCION.

El dique de retención se utiliza para facilitar la entrada del agua a la canaleta, el remanso y embalse generado no producen ningún tipo de inundación que puedan causar daños en las cercanías del dique, ya que el pequeño embalse es aproximadamente de 4.00 m de longitud y aguas arriba el río tiene un curso normal; es así, que la posición de la lámina de agua y del dique no implican represado, el flujo es suficiente para rebasar a éste y proveer

al gasto necesario a conducir por la canaleta y garantizar el caudal necesario para el funcionamiento constante de la micro central hidroeléctrica.

El dique tiene 15.00 m de largo por 4.00 m de ancho y una altura de 0.80 m desde el hecho del cause del río, posee un vertedero rectangular de 0.60 m de ancho; el dique está construido con mampostería de piedra.

CANALETA DE DERIVACION.

La canaleta de derivación, está diseñada para conducir el caudal de agua necesario, desde el río hasta la cámara de sedimentación, tiene la capacidad de transportar un caudal óptimo de $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ en el período de estiaje, de manera que garantiza el funcionamiento constante de la microcentral hidroeléctrica, el porcentaje del caudal del río desviado por la canaleta en el período de estiaje es del 6.44 % del caudal de la lámina de agua, de manera que no afecta la hidrología de la zona, el porcentaje para el período de lluvia es de 0.08 % del caudal de la cuenca.

La canaleta de derivación es de concreto y sin mayores obstáculos que impidan el paso libre del agua, tiene forma trapezoidal con las dimensiones siguientes: amplitud superior 0.60 m, amplitud inferior 0.30 m, altura de 0.40 m y longitud total 600 m; el punto de inicio está junto al dique de retención a los 500.00 msnm y el final está en la cámara de sedimentación a los 497.69 msnm, teniendo una diferencia de altura 2.31 m, que genera una pendiente de 0.4 %,

que junto a la forma trapezoidal de la canaleta, se asegura un buen suministro de agua hacia la micro central de hidroeléctrica.

CAMARA DE SEDIMENTACION.

Esta construcción tendrá la finalidad de retener las partículas sólidas de hasta cierto tamaño; que por las condiciones del lugar, posiblemente sean arrastradas por el agua en la canaleta, por lo que se debe asegurar que el caudal de agua a suministrar a la tubería forzada, esté lo más libre de sedimento, posible. La cámara de sedimentación consistirá de un pozo de forma rectangular de 2.00 m de ancho, por 2.00 m de largo y 1.00 m de profundidad.

CAMARA DE CARGA.

El agua que conduce la canaleta ($0.15 \text{ m}^3/\text{s}$) después de pasar por la cámara de sedimentación, este caudal de agua pasará a la cámara de carga, donde se inicia la tubería forzada. En esta cámara, se asegura que el suministro de agua hacia la turbina sea constante con la menor turbulencia y provee un método de control.

La cámara de carga tendrá una forma rectangular de 2.00 m de ancho por 2.00 m de largo por 1.50 m de profundidad, colocando la tubería forzada a 0.80 m sobre el fondo del pozo, así mismo, se colocará una rejilla en la entrada

para evitar la caída de elementos extraños, que pudieran dañar algún componente del sistema turbo generador.

TUBERIA FORZADA.

La tubería forzada o de carga, estará instalada a partir de la cámara de carga y llegará hasta el conducto de entrada de la turbina; la tubería forzada estará formada por tubos de PVC, de 160 PSI, de 250 mm de diámetro (10 pulg.) y estará enterrada y anclada con soportes de hierro y cemento, para asegurar su estabilidad y evitar accidentes. Tendrá una longitud total de 87.86 m y un desnivel de 19.00 m, entre el punto de la recámara de carga (497.69 msnm) y la entrada a la turbina (478.69 msnm).

CASA DE MAQUINAS.

La casa de máquinas, es una estructura construida en sistema mixto, con las siguientes dimensiones: 5.00 m de largo por 3.00 m de ancho y de 2.50 de altura con base en los 478.00 msnm. En la casa de máquinas estarán instalados los componentes electromecánicos y demás controles eléctricos del sistema turbo generador, que consta de La turbina hidráulica con un sistema de transmisión de potencia que llega hasta el generador eléctrico, que junto al transformador y la red de distribución constituyen el conjunto eléctrico.

EQUIPO TURBINA Y GENERADOR.

La descripción del equipo turbina y generador, se centra en la descripción de la turbina hidráulica, el sistema de transmisión de potencia y el generador eléctrico.

TURBINA HIDRAULICA.

Luego del análisis teórico y de acuerdo a las condiciones presentes en el lugar del proyecto, se establece el uso de una turbina hidráulica tipo Michell Banki con los siguientes parámetros: potencia al eje: 17 KW, caudal de diseño: 0.15 m³/s. altura de diseño: 17 m, rotación de trabajo: 844 rpm, diámetro del rodete: 189 mm y 300 mm de ancho axial y una eficiencia a plena carga de 82 %.

Los álabes del rodete son de acero A53 grado B, soldados eléctricamente a dos discos laterales que a su vez están soldados a un eje de 55 mm de diámetro de acero, la turbina estará dentro de una carcasa de acero estructural ASTM A36 de 9.5 mm de espesor, que soportará los componentes así como el conducto de entrada del flujo, que es una sección tubular de 203 mm de diámetro, la base de la Estructura será de 540 mm por 560 mm.

SISTEMA DE TRANSMISIÓN:

El sistema de transmisión estará conformado por un juego de cuatro fajas en "V", que correrán desde la polea motriz de 355 mm de diámetro (montada en

el eje de la turbina), hasta la polea conducida de 165 mm de diámetro (montada en el eje del generador), la relación de transmisión del sistema es de 2.16, que es el indicado para obtener el número de revoluciones necesarias en el generador eléctrico.

GENERADOR ELECTRICO:

El Generador Eléctrico será Trifásico con una Potencia Nominal de 20 KVA, un voltaje de operación de 110 v, con una eficiencia a plena carga de 90.1 %, velocidad de Giro: 1.800 rpm, constituido por cuatro polos, de forma constructiva B3 y con protección de 1P22. Siendo autorregulado y auto exilado, con un régimen de servicio continuo y un sistema de refrigeración abierto. El Alternador es marca stanford, modelo BCI- 16KW. Con un Regulador automático de tensión SX-460.

REGULADOR ELECTRONICO:

El regulador electrónico de carga a utilizar, tendrá las siguientes características de operación: Potencia 20 KWA. Trifásico con 110 v de operación, con un tablero que consta de un frecuenciómetro, tres amperímetros y un voltímetro con conmutador, además se deberá contar con un banco de resistencias y conexiones como carga secundaria, que servirán para disipar la energía de exceso.

INSTALACION ELECTRICA.

La instalación eléctrica a la salida del Sistema de Generación, constará de un transformador Tr 15 KVA (7.6 / 13.2 KV, 120 / 240 v), posteriormente la energía eléctrica se conducirá a la comunidad la Chacrá, por medio de un tendido de cables designados como línea primaria (2 - ACSR 2, F*N) y una línea secundaria (2 - WP2, 1-ACSR 2), a lo largo de 1,355 m y 20 estaciones, que utilizarán postes de 26 ó 35 pies de acuerdo a las exigencias del caso, así mismo, se utilizan tres transformadores adicionales con denominación Tr 10 KVA (7.6 KVA, 120 / 240 V) con sus correspondientes corto circuitos de 15 KVA.

COSTOS ESTIMADOS

Los costos estimados en la construcción o instalación de cada una de las partes o sistemas, se detallan a continuación:

PRESUPUESTO	
Componente	Costo en \$
Dique de Retencion	4000.00
Canaleta de Derivacion	5398.97
Camara de Carga y Sedimentacion	1485.71
tuberia Forzada	1828.57
Casa de Maquinas	2057.14
Equipo Turbina Generador, Equipo Regulador-Transformador de Voltaje	12160.11
Instalacion Linea Electrica	14448.57
Total Costo de Inversion	41379.09

Nota: Estos costos varían con los de el anteproyecto porque en la instalación del equipo turbina generador y la instalación de la línea eléctrica hubo una corrección; se analizaron de una mejor manera y dio como resultado una disminución, lo que se traduce como un factor positivo para el proyecto.

3.21 APROBACION DEL PROYECTO

Para la aprobación del proyecto de una microcentral hidroeléctrica, es necesario presentar el formulario solicitud de concesión identificado con el No CH-1 y CG-1, anexando una declaración jurada firmada por el solicitante, su representante legal o apoderado; además, hay que presentar la resolución del estudio de impacto ambiental debidamente aprobada por el ministerio de medio ambiente. La SIGET, revisará los documentos en 10 días máximo, después de su presentación, y si hay observaciones, esta prevendrá a los interesados y dará un plazo para subsanar los errores, si en este plazo sin causa justificada no se entregan las correcciones, tal solicitud quedará inadmisibile, pudiéndose presentar nuevamente cuando la SIGET lo disponga procedente. Por otro lado, el plazo podrá ser prorrogado por medio de una solicitud expresa del solicitante en una sola oportunidad.

Dentro de los quince (15) días posteriores a la fecha de presentación de la solicitud o de evacuación de la prevención, la SIGET notificará al interesado si la solicitud ha sido admitida o no, y en este último caso, las razones de la no

admisión. La solicitud rechazada no podrá ser presentada dentro de los siguientes tres meses. Una vez admitida la solicitud, si se determinará la factibilidad y conveniencia de otorgar la concesión, en el mismo acuerdo, la SIGET ordenará la publicación del mismo, la cual se realizará a más tardar dentro de los cinco días posteriores a su emisión, por escrito, al menos en dos periódicos de mayor circulación nacional y en dos ocasiones con intervalo de un día entre ellas, para que cualquier interesado manifieste su interés en la explotación del mismo recurso, presentado dentro de los treinta días posteriores a la publicación, la solicitud de calificación correspondiente.

Concluido el plazo señalado anteriormente, si no hubiere presentado otro interesado por obtener la misma concesión, la SIGET contará con un plazo de veinte (20) días para evaluar la documentación presentada por el solicitante, y mediante acuerdo con expresión de motivos, pronunciarse sobre la procedencia o no del otorgamiento de la concesión. Si se determinará que es procedente otorgar la concesión de la forma solicitada por el solicitante original, se establecerá la fecha máxima para la elaboración y firma de la contrata de concesión, sin recargo alguno, de conformidad con lo establecido en el artículo 26 del Reglamento de la Ley General de Electricidad. Si se hubiere presentado interés adicional por la obtención de la misma concesión, Para el caso que proceda la concesión, la SIGET solicitará a las entidades evaluadas que dentro de un plazo de diez días presenten su oferta económica, expresando claramente el monto que están dispuestas a pagar por la concesión y la forma,

condiciones y cuantía de la garantía de oferta, que en ningún caso podrá ser inferior al 10% del monto total de ésta. Una vez recibidas las ofertas económicas, la SIGET contará con un plazo de cinco (5) días para establecer el orden de la evaluación técnica y económica, siendo la entidad mejor evaluada a quien se le adjudique la concesión. El mismo acuerdo establecerá la fecha máxima para el pago ofrecido por la concesión y la elaboración y firma de la contrata de concesión. El acuerdo a que se refiere lo anterior, será publicado y notificado al solicitante dentro del plazo de tres días contados a partir del día siguiente a la emisión del mismo. Si el adjudicatario no efectúa en el plazo estipulado, el pago correspondiente, la SIGET revocará sin más trámite la adjudicación, y se concederá ésta al interesado que haya obtenido la segundo mejor calificación, y así sucesivamente. El interesado deberá solicitar al MARN los datos por ellos publicados, con el fin que los documentos de prefactibilidad sean remitidos a la SIGET para ser tomados como parte integral de la solicitud correspondiente a la concesión. La SIGET verificará que el anteproyecto técnico que sirvió de base a la aprobación del estudio de impacto ambiental, sea el mismo utilizado en la solicitud de concesión y en el estudio de factibilidad o de ingeniería final. La aprobación del proyecto microcentral la Chacra, fue concedida por la superintendencia general de electricidad y telecomunicaciones (SIGET), por medio de Acuerdo No. 22-E-2000 de fecha veinticinco de mayo del año 2000, admitió la solicitud de la Asociación Saneamiento Básico, Educación Sanitaria y Energías Alternativas (SABES), hecha por medio de su

representante legal Señor José Manuel Peña Solís, para el otorgamiento de concesión para la explotación del recurso hídrico con la finalidad de generar energía eléctrica en el Río Lempía (también conocido como río Las Vegas), en la jurisdicción de Carolina, Departamento de San Miguel, en el área demarcada para fines indicativos por las coordenadas lambert siguientes: 302,200 Latitud Norte y 574,150 Longitud Este; y 302,630 Latitud norte y 573,820 Longitud Este, con una longitud del río de 6.8 kilómetros, con una distancia de los puntos descritos de 5.84 Kilómetros en línea recta. El 29 de mayo de ese mismo año la SIGET procedió a publicar el acuerdo de concesión de la minicentral es dos periódicos de mayor circulación a nivel nacional, para ver si no había oposición alguna por parte de cualquier persona o entidad por dicha concesión, dando como periodo de gracia para recibir tales oposiciones, del 30 de mayo al 22 de agosto de 2000, no habiendo recibido ninguna, y presentados todos los elementos técnicos y legales en orden, se procede a su licitación, quedando asentados los datos siguientes:

Tipo de operación agua.	:Sin almacenamiento, a filo de
Flujo máximo turbina	: 0.15 m ³ / seg.
Flujo promedio esperado	: 0.1 ± 0.05 m ³ / seg.
Longitud total dique-turbina, aprox.	: 618 m
Elevaciones del agua dique-turbina	: 497.61 – 478.61 msnm.
Caída bruta	: 19.00 m

Pérdidas totales	: 1.08 m
Caída neta	: 17.92 m
Energía (factor de utilización ≤ 0.8)	: (100 \pm 16) MWh/año.
Tipo de Turbina	: Michell Banki.
Potencias de entrada / salida en la turbina	: 17.60 / 13.03 KW
Eficiencias turbina, a plena carga	: 82%
Tipo de Generador	: Sincrónico
Eficiencia generador	: 91 %
Eficiencia del grupo turbogenerador	: 74.62 %
Potencia nominal del generador (rango probable)	: (15 \pm 3) KW
Velocidad del generador	: 1800 rpm
Voltaje del Generador	: 110 Voltios
Voltaje de Interconexión	: 7,620 Voltios

Luego, el acuerdo fue informado a la entidad que presentó solicitud, en este caso, al representante legal de la Asociación Saneamiento Básico, Educación Sanitaria y Energías Alternativas (SABES). Los documentos de calificación para la licitación, estuvieron disponibles en las oficinas de SIGET en el período comprendido del cuatro al ocho de septiembre del año dos mil. Luego

se procedió a publicar el acuerdo en el diario oficial y en dos periódicos de mayor circulación.

3.22 REALIZACION DEL PROYECTO

La realización del proyecto arranca con la construcción de la presa en el río (Dique de retención), el cual consiste en una estructura de concreto reforzado hecho insitu, con de las siguiente dimensiones, 15 m de largo por 4 m de ancho y altura de 0.80 m, luego se hizo la bocatoma y se colocó la rejilla, lo cual tuvo una duración de 2 meses en ser realizado, la canaleta de derivación es la parte siguiente en la construcción del proyecto siendo esta de una longitud de 600 m y una diferencia de altura de 2.31 m, esta canaleta tuvo la ventaja que se construyó sobre un canal de tierra que ya existía y se respeto el diseño geométrico que esta ofrecía, la velocidad en el canal es de 1.5 m/s en promedio, pero además los vértices de este no permiten que el agua gane energía cinética sino que por el contrario los continuos choques del agua con los vértices rústicos mantienen su velocidad dentro de los límites permitidos y por esto, no es necesario ningún dispositivo externo para controlar que no sobrepase las velocidades permitidas, esta canaleta tuvo una duración de 2 meses para su construcción. Simultáneamente con la canaleta se construye la cámara de carga que tiene las dimensiones siguientes 3 m de largo por 2 m de ancho por 1.50 m de profundidad y un periodo de construcción de 15 días, la colocación y anclajes de la tubería forzada se realizó en 1 semana, la cual tiene una longitud de 87.86 m y un desnivel de 19 m, luego se construyó la casa de

máquinas, también simultáneamente con la canaleta de conducción, esta construcción se realizó en 1 mes, y es de ladrillo de barro repellado por el lado de afuera, la casa tiene las siguientes dimensiones 5 m de largo por 3 de ancho por 2.50 m de altura, la instalación del equipo electromecánico se realizó en 1 mes y fueron montados por técnicos capacitados, luego la instalación de la línea eléctrica incluyendo postes y red de distribución fue dado por subcontrato a una empresa y lo realizó en 1 mes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las ideas de proyectos y su realización en las comunidades rurales, son el resultado de la buena organización y participación comunitaria, conciente y responsable. La comunidad La Chacra, es un modelo de esto, habiendo logrado a través de la ONG SABES, la construcción del proyecto Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra, y dotar de alumbrado eléctrico a cincuenta y tres viviendas. Para ello, es esencial, que la comunidad a ser beneficiada se encuentre cercana a una o más fuentes hídricas, capaces de abastecer la demanda requerida presente y futura, condiciones topográficas, geológicas e hidrológicas que permitan definir el diseño propio de ingeniería.

Para la construcción de la Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra, esta comunidad contribuyó con mano de obra no especializada el 20% a 30% del costo total de mano de obra y sin costo alguno, con los materiales

existentes en la zona (piedra, arena, grava, madera, etc.), para reducir los costos de las obras civiles al mínimo necesario. Por eso, es determinante que en los proyectos planteados, la comunidad misma participe directamente y efectivamente. Del mismo modo la operación y administración de las mini o micro centrales hidroeléctricas, por los propios beneficiarios, cuando a estos se les ha capacitado bien, con lo cual bajan los costos de administración y operación, ya que el personal foráneo siempre implica un costo mayor, y propicia la adopción plena del proyecto por parte de la comunidad. Esto constituye un factor determinante para el éxito del proyecto a lo largo de su vida útil.

Para la gestión de concesión de proyectos hidroeléctricos, los requisitos y normativas que se tienen es para grandes centrales hidroeléctricas y minicentrales hidroeléctricas, estas son inadecuadas para las minicentrales hidroeléctricas de poca capacidad de generación ($< 1\text{MW}$) como la de la Comunidad La Chacra, ubicada en Carolina, San Miguel, la cual ha servido para hacer modificaciones y adecuaciones correspondientes para su aplicación pertinente. Concordantemente, las exigencias a cumplir van en íntima relación con la clasificación aquí propuesta para las centrales hidroeléctricas; esta es: grandes centrales hidroeléctricas, generación $> 5\text{ MW}$; pequeñas centrales hidroeléctricas que se sub-clasifican en: minicentrales hidroeléctricas, con

generación < 5 MW y > 1 MW y microcentrales hidroeléctricas, con generación < 1MW.

La metodología propuesta, recopila y sintetiza los resultados de los estudios técnicos, sociales y económicos, para garantizar que el proyecto satisfaga las necesidades de los beneficiarios, de acuerdo a los recursos económicos de estos, considerando el cofinanciamiento económico y técnico externo que se tenga para el proyecto, el cual es clave, dado los bajos recursos de las comunidades rurales a las que está dirigido. También garantiza que se cumpla con los requerimientos técnicos y legales, ya establecidos por las entidades encargadas de extender los permisos respectivos para la concesión, realización y operación legal del proyecto.

La disponibilidad de energía eléctrica permanente, a través de proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico, permite a las comunidades rurales, la expansión de sus actividades productivas, el aprovechamiento de los recursos naturales, el aumento de las plazas de trabajo y una mejoría en el nivel económico y social de sus habitantes. Estos proyectos son de carácter social, ya que el principal beneficio no es económico sino, mejorar la calidad de vida de sus habitantes y propiciar el desarrollo social y económico del sector rural, mediante proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico que se adapten a los pocos recursos que estos tienen.

CAPÍTULO IV

**EVALUACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO EN
MARCHA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA
COMUNIDAD LA CHACRA**

INTRODUCCIÓN

En el año 2000, la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, SIGET, le otorgó a la comunidad La Chacra, la concesión de la minicentral hidroeléctrica, para su funcionamiento. Cinco años después, año 2005, se ha evaluado este proyecto desde su construcción hasta su actual etapa de funcionamiento, para lo cual, con siete jornadas de trabajo en el lugar, se verificó el sistema general del emplazamiento hidroeléctrico y sus partes, es decir, el tipo de minicentral hidroeléctrica, condiciones naturales, recursos, diseño geométrico, estado individual y en conjunto; también, por medio de encuestas a la comunidad beneficiada y entrevistas a la junta directiva comunitaria y a la ONG SABES, que les a apoyado y acompañado en todas las etapas del proyecto, se estudió la forma de administración, organización, modo de operación y mantenimiento del proyecto, la calidad del servicio y los costos y beneficios del proyecto, haciendo una proyección a diez años, para determinar su autosostenibilidad técnica y económica.

4.1 EVALUACION TÉCNICA DE PROYECTO EN MARCHA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA EN COMUNIDAD LA CHACRA.

La microcentral hidroeléctrica ubicada en la comunidad la Chacra, funciona al 59% de su capacidad, programada para producir 17 Kv y sólo está generando 10 Kv, es decir, que hay 7 Kv (41% de la capacidad) que permiten que la turbina no se sobrecargue por generación de energía; además, está capacitada para absorber futuras demandas de energía eléctrica de pobladores que quieran unirse al proyecto. En la evaluación técnica, se toma en cuenta todas las partes del proyecto. El flujo de agua del río Lempía (ver fig. 4-a, en anexo 4), aforado el 26/03/2005 es representativo de la época seca y la más crítica es el caudal ecológico del río, dando un resultado de 0.363 m³/s, ver cálculo tabulado en Hoja 1, siendo este suficiente, para derivar aproximadamente 0.15 m³/s, sin que esto tenga repercusión negativa en el flujo del río. El dique (ver fig. 4-b y 4-c, en anexo 4), está en buen estado y funcionando bien, retiene el agua necesaria sin que disminuya el rebalse para que ésta pueda ser derivada al canal y dejar pasar el resto de agua ,para no producir impactos negativos. La bocatoma ha desaparecido, el embocado enrocado que inicialmente se tenía, estaba hecho artesanalmente y simple, sin embargo, el agua es derivada al canal sin deficiencias en el caudal a conducir, embudando directamente. La rejilla, está en buenas condiciones con su manivela de compuerta para manipular su apertura y cerrado. El canal (ver fig. 4-d y 4-e, en anexo 4) que transporta el agua tiene deterioro en sus laterales y

pequeños socavados en el lecho de cimentación sin que este tenga dañada su estructura principal; sin embargo, hay grietas transversales pero mantiene su buen funcionamiento, ya que los pobladores se han ocupado de su mantenimiento. En la visita que se hizo el 26/03/2005 este presentaba reparaciones. La cámara de carga (ver fig. 4-f y 4-g, en anexo 4) está en buen estado y funciona bien, salvo que muy a menudo hay que estar limpiando la basura y trabas en su rejilla, ya que se llena de hojas o ramas que no permiten el paso completo del agua, y esta se derrama, lo que podría provocar disminución en la producción de energía eléctrica, si esto se mantiene; por lo tanto, su limpieza debe ser periódica y revisar la rejilla todos los días. La tubería forzada (ver fig 4-h y 4-i, en anexo 4), está en óptimas condiciones, muy bien anclada lo que no permite vibraciones, por lo tanto sus juntas están bien y no permite infiltraciones ni desperdicio de agua. La casa de máquinas (ver fig. 4-j y 4-k, en anexo 4) está en buenas condiciones en su infraestructura, la cual sólo necesita mantener el aseo. La turbina (ver fig. 4-l y 4-m, en anexo 4) y todo el equipo generador está trabajando muy bien y el único mantenimiento que necesita la turbina, es grasa, hay una persona encargada de vigilar a diferentes horas del día los medidores de producción, para regular si se está produciendo poca o mucha energía, y así evitar irregularidades en el servicio y descontentos de los usuarios. La salida del flujo de agua (ver fig. 4-n, en anexo 4) después de pasar por la turbina no presenta ningún problema, el agua sale libremente por una tubería de 10" de diámetro, sale limpia y con una temperatura fresca (20°C

aprox.), lo cual es lo esperado para que se una nuevamente al flujo del río aguas abajo y que no cause molestias a la vida animal y a la flora en el río, en sus riveras y en zonas aledañas al mismo. La red de distribución, está funcionando bien y no amerita mayor mantenimiento. La única situación extraña y no contemplada en el diseño aprobado por la SIGET, y que podría repercutir negativamente en el río, es una derivación de agua que se hace en la salida de la cámara de carga, la cual se utiliza para regadillo, el problema es que el agua extraída ya no regresa al flujo del río y por lo tanto constituye pérdida en su caudal original, lo que a largo plazo podría ser problema y provocar impactos negativos en la flora y fauna del río; por otro lado, la SIGET podría sancionar a la comunidad con alguna multa o cancelándoles la concesión del proyecto. Para esta evaluación ver cuadro No 4.1.

Cálculo del caudal en el Río Lempía

En la visita que se hizo el 26/03/2005 a la comunidad la chacra, con motivos de obtener información valiosa y relevante para la realización del trabajo de Graduación, se hizo el aforo del río, para conocer el caudal real que este posee y así comparar estos datos con los obtenidos por ANDA. En 1998, se realizó el aforo en una parte representativa del cauce del río, buscando un ancho promedio, de 10 m, que no tuviera muchas rocas, para que no impidiera el paso libre del agua, además se tomó una distancia de 21.48m aguas arriba para poder realizar la prueba.

La prueba consiste en medir la velocidad promedio de agua que corre por el cauce, la velocidad se toma midiendo el tiempo que se tarda un trozo de durapack en llegar desde el punto de referencia de salida $d = 0\text{m}$; hasta el punto de referencia de llegada $d = 21.48\text{ m}$, se tomaron 13 mediciones, que se pueden ver en la hoja 1, de cálculo de caudales, además para saber el área transversal del cauce del río, esta se obtuvo directamente dentro del río, midiendo la lamina de agua y el lecho del mismo; el método es el siguiente: hacer una sección transversal en el río auxiliándonos de 1 nivel de pita, 1 cordel grueso de 25m, una cinta métrica de 5m, 1 crayón y 1 regla o vara de 2m, la sección se tomó a largo de los 10m de ancho promedio, se amarro el cordel a 2 raíces de árboles, en cada extremo en las riveras del rio, nivelándolo con el nivel de pita luego sobre el cordel se marcaron una serie de distancias, generalmente a c/metro, después se tomaron medidas verticales de la altura total (desde el cordel hasta el terreno) y la altura seca (desde el cordel hasta el espejo de agua), luego se procede a calcular la altura de agua ($h_t - h_s$) ver hoja 1, de cálculo de caudales. Teniendo el dato de velocidad y el de área transversal (ver fig. 4.4), se procede a calcular el caudal por medio de la ecuación siguiente: $Q = VA$ (Ec. 4.1)

donde: Q: caudal de flujo

V: velocidad del flujo en el cauce

A: área transversal por donde pasa flujo

Calculando el caudal, se obtienen los siguientes resultados:

$$Q = V * A = 0.544 * 0.668 = 0.363 m^3 / s = 363 l / s \quad \text{Ver cálculo de área en en anexo}$$

4.1

ANDA, en 1998 obtuvo un caudal en el río de 355 l/s, comparado con 363 l/s, obtenido en este calculo, la discrepancia es solo 11 l/s, ésta bastante bien teniendo en cuenta que la base de comparación esta proporcionado por una entidad oficial y competente.

Cálculo de velocidades en la entrada y salida de la canaleta de derivación

Para el cálculo del caudal en la entrada y salida de la canaleta, se necesitan datos de velocidad, que son obtenidos por el método directo, al tomar velocidades de desplazamiento de un trozo de durapack, en un tramo de río de 25.30 m, con 6 medidas deferentes y consecutivas, el área transversal por donde pasa el flujo se obtuvo tomando las medidas del canal (base mayor, base menor y altura), se tomaron 3 secciones diferentes y se obtuvo el promedio, ya que se observaron muchos cambios de sección en ese tramo de canal (ver hoja 2), de cálculo de caudales en la entrada del canal, luego por la formula del

$$\text{trapecio, } A = \frac{b_{menor} + b_{mayor}}{2} * h, \quad (\text{Ec. 4.2})$$

Una vez teniendo el valor de área y velocidad, se procede al cálculo del caudal en la entrada por medio de la ecuación 4.1, así

$$Q_p = V_p * A_p = 1.53 m / s * 0.094 m^2 = 0.144 m^3 / s$$

El calculo del caudal a la salida, se basa en el mismo método, tomando una sola sección de canal, a la que se observo uniformidad en ese tramo (ver hoja 3), de calculo de caudal en la salida. Por medio de la ecuación 4.1 y se obtuvo que:

$$Q_p = V_p * A_p = 0.92m/s * 0.16m^2 = 0.147m^3 / s$$

Cuadro 4.1 Matriz de evaluación de la infraestructura de la minicentral hidroeléctrica en comunidad la Chacra

DIQUE	dimensiones	largo=14.00m ancho=4.50m altura=0.80 m	recomendación	monitorearlo cada cierto tiempo para determinar si el agua no lo ha dañado
	estado	B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	corrección	vigilar y/o reparar fisuramientos transversales, o daños en la mampostería
BOCATOMA	dimensiones		recomendación	hacerla utilizando la piedra del río, pero agregarle un poco de mortero
	estado	B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>	corrección	hacerla de nuevo
CANAL DE DERIVACION (600 mts)	dimensiones	largo=0.60m ancho=0.36m altura=0.50m	recomendación	monitorearla periódicamente, para evaluar si necesita reparaciones
	estado	B <input type="checkbox"/> R <input checked="" type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	corrección	Repararla con capas más gruesas de mortero, para que dure más tiempo sin dañarse
CAMARA DE CARGA	dimensiones	largo=2.00m ancho=2.00m altura=1.80m	recomendación	Limpiar periódicamente la rejilla
	estado	B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	corrección	Reparar fugas y/o fisuras laterales; igualmente en el canal de rebose
TUBERIA FORZADA	dimensiones	largo=87.16m diámetro=10" P=160 psi	recomendación	Revisar de vez en cuando que no existan infiltraciones. Revisar uniones, anclajes y bridas
	estado	B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	corrección	evitar en lo posible sobrepresiones del golpe de ariete que puedan dañarla
CASA DE MAQUINAS	dimensiones	largo= 5.00m ancho=4.00m altura=3.00m	recomendación	Asearla periódicamente. Mantenerla en buen estado
	estado	B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	corrección	Reparar daños, dar mantenimiento a cimientos, paredes y techos
	observaciones	se encuentra en buenas condiciones y cumple con su finalidad		
	observaciones	esta a desaparecido completamente, inicialmente fue hecha de forma aperchada o enrocado simple		
	observaciones	en la ultima visita (26/03/05),observamos que tenia muchas reparaciones y ademas tenia infiltraciones que no afectan en mayor cosa al caudal, osea que funciona correctamente.		
	observaciones	la camara de carga estaba en perfectas condiciones y funcionando bien, ademas las personas encargadas de cuidar estan pendientes de quitar hojas y cualquier basura de su rejilla para que el caudal sea uniforme		
	observaciones	la tubería está en perfectas condiciones superficialmente y además sus anclajes, ya que no se observan filtraciones ni fugas de agua		
	observaciones	la casa de máquinas está hecha de ladrillo de obra repellado por el lado de afuera, adentro el ladrillo es visto, y está en perfectas condiciones, y el único mantenimiento que esta requiere es el aseo.		

Continuacion Cuadro 4.1 Matriz de evaluacion de la infraestructura de la minicentral hidroelectrica en comunidad la Chacra

TURBINA	tipo	micHELL banky	recomendación	verificar todos los días que no le falte grasa, y que el eje este horizontal
	productor	peru	corrección	Revisar sus anclajes y cimentaciones, que se encuentren firmes para evitar desplazamientos o ladeos
	potencia máxima	17 Kv		
	eficiencia	80%		
	estado	B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>		
	observaciones	la turbina funciona correctamente y su unico mantenimiento es estarla engrasando		
MEDIDORES DE POTENCIA	estado	B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	recomendación	En época lluviosa, verificar que no se sobrepase la capacidad de medición
	observaciones	estos dispositivos funcionan correctamente y el unico cuidado que hay que tener al operarlo es que no se sobrepasen las potencias de produccion que este puede medir, ademas tener cuidado de regular las potencias para no dañar la red si la potencia es muy	corrección	Apagarlo en caso de sobrecarga
RED DE DISTRIBUCION	dimensiones	1000 m. aprox	recomendación	que sea monitoreada por un electricista cada cierto tiempo
	estado	B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	corrección	daños locales en la línea de conduccion y distribución
	observaciones	la red de distribucion funciona correctamente, pero la evaluacion exhaustiva debera hacerla un ingeniero electricista.		
EQUIPO TURBOGENERADOR	Componentes	motor polea transmisor	recomendación	
	estado	B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	corrección	
	observaciones	este aquiipo funciona correctamente en conjunto		
	NOTA:	este proyecto a sido dimensionado para derivar y transportar un caudal de 0.15 m³/s aprox y asi poder producir un promedio de 135 kwh/mes para 53 familias beneficiadas		

HOJA 1. CALCULO DEL CAUDAL DEL RIO LEMPIA

TABLA PARA CALCULO DE VELOCIDADES EN EL RIO

No	L(mts)	T(seg)	v(m/s)
1	21.48	74	0.29
2	21.48	34	0.63
3	21.48	33	0.65
4	21.48	53	0.41
5	21.48	65	0.33
6	21.48	27	0.80
7	21.48	28	0.77
8	21.48	70	0.31
9	21.48	45	0.48
10	21.48	45	0.48
11	21.48	31	0.69
12	21.48	28	0.77
13	21.48	45	0.48
		Σ	7.07

DATOS TOMADOS EN DIRECCION TRANSVERSAL DEL CAUCE DEL RIO

Distancia (m)	Altura Total Ht (m)	Altura Seca Hs (m)	Lamina de agua (Ht-Hs)
0.00	0.000	0.000	0.000
1.00	0.710	0.710	0.000
2.00	0.875	0.875	0.000
3.00	0.850	0.850	0.000
3.30	1.140	1.050	0.090
4.00	1.090	1.045	0.045
5.00	1.295	1.060	0.235
5.38	1.340	1.050	0.290
6.00	1.300	1.050	0.250
7.10	1.090	1.050	0.040
8.00	1.025	1.000	0.025
8.90	0.995	0.995	0.000
9.72	0.350	0.350	0.000
10.00	0.000	0.000	0.000

$$v = \frac{L}{T} \rightarrow V_{prom} = \frac{\sum v}{n} = \frac{7.07}{13} = 0.544 \text{ m/s}$$

Para calculo de area ver fig. 4.1

$$A = 0.668 \text{ m}^2$$

$$Q = V_{prom} * A = 0.544 * 0.668 = 0.363 \text{ m}^3 / \text{seg} \cong 363 \text{ l} / \text{seg}$$

HOJA 2. CALCULO DE CAUDAL EN LA ENTRADA DE LA CANALETA

TABLA PARA CALCULO DE VELOCIDADES EN EL CANAL

No	L(mts)	T(seg)	v(m/s)
1	25.30	17	1.49
2	25.30	17	1.49
3	25.30	17	1.49
4	25.30	16	1.58
5	25.30	16	1.58
6	25.30	16	1.58
		Σ	9.21

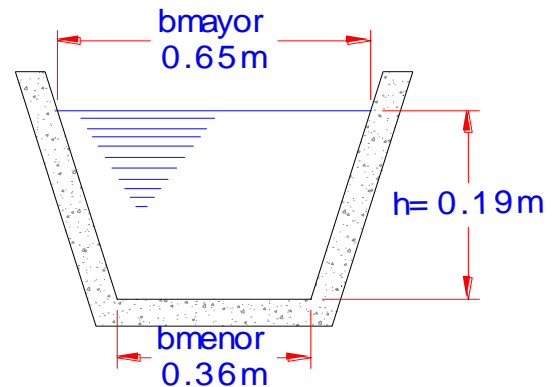
$$v = \frac{L}{T} \rightarrow V_{prom} = \frac{\sum v}{n} = \frac{9.21}{6} = 1.53 \text{ m/s}$$

DIMENSIONES CANALETA

1	b1menor=	0.35
	h1=	0.19
	b1mayor=	0.65
2	b2menor=	0.40
	h2=	0.16
	b2mayor=	0.60
3	b3menor=	0.33
	h3=	0.21
	b3mayor=	0.65

bmenor(prom)=	0.36
h(prom)=	0.19
bmayor(prom)=	0.63

$$A = \frac{b_{menor} + b_{mayor}}{2} * h \rightarrow A = \frac{0.36 + 0.63}{2} * 0.19 = 0.094 \text{ m}^2$$



Seccion Promedio de Canaleta

CALCULO DEL CAUDAL

$$Q = V_{prom} * A = 1.53 * 0.094 = 0.144 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

HOJA 3. CALCULO DE CAUDAL EN LA SALIDA DE LA CANALETA

TABLA PARA CALCULO DE VELOCIDADES EN EL CANAL

No	L(mts)	T(seg)	v(m/s)
1	25	28	0.89
2	25	27	0.93
3	25	27	0.93
4	25	26	0.96
5	25	28	0.89
6	25	27	0.93
		Σ	5.53

$$v = \frac{L}{T} \rightarrow V_{prom} = \frac{\sum v}{n} = \frac{5.53}{6} = 0.92 \text{ m/s}$$

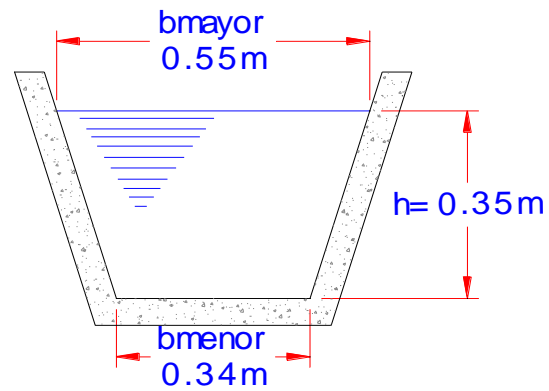
DIMENSIONES CANALETA

$$b_{menor} = 0.34$$

$$h = 0.35$$

$$b_{mayor} = 0.55$$

$$A = \frac{b_{menor} + b_{mayor}}{2} * h \rightarrow A = \frac{0.34 + 0.55}{2} * 0.35 = 0.16 \text{ m}^2$$



Seccion de Canaleta

CALCULO DEL CAUDAL

$$Q = V_{prom} * A = 0.92 * 0.16 = 0.147 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

Tabla 4.1
Condiciones del lugar

Topografía	Montañoso $S > 15\%$
Hidrología del río	<p>Area de la cuenca= 10.32 Km² Periodo de retorno = 50 años $S_m = 32.86\%$ Tiempo de concentración = 43.1 mín Intensidad = 2.15mm/min Longitud del cauce 6.4km $Q_{max} = 178.02\text{m}^3/\text{seg}$ $Q_{min} = 2.36\text{m}^3/\text{seg}$</p>
Geología	Lecho rocoso muy sano, con porosidad < 0.5 , densidad relativa de 2.9; resistencia axial $> 1400\text{kg}/\text{cm}^2$, Basalto negro y columnas basálticas con fracturas
Condiciones Hidráulicas del río	$Q_{río} = 355\text{ l}/\text{seg}$; $v = 1.6\text{ m}/\text{s}$, Remanso $h=0.25\text{m}$, $l=3.0\text{m}$, ancho de cauce= 10.5m ; lámina de agua local= 0.29m
Condiciones Naturales	Bosque y pasto permanente, recursos hídricos permanentes

Tabla 4.2
Condiciones Sociales

Ingresos Por familia	\$3.5 por día; \$9.25 por semana; \$140 por mes, en promedio	
Actividad económica predominante	Agricultura, milpa	
Nivel de Analfabetismo	60% en promedio, generalizado	
Iluminacion en Vivienda	inicialmente, 8 focos, en promedio	ahora, 3 focos, en promedio
Organización	inicialmente, junta directiva	ahora, junta directiva con personería jurídica
No de Familias en la comunidad	inicialmente, 63	ahora, 63
No de Familias Beneficiadas	inicialmente, 53	ahora, >53

Tabla 4.3 Parámetros de diseño versus parámetros de funcionamiento

Descripción	Parámetros de Diseño	Parámetros de Función
Dique	Tipo tumulo (trabajando a filo de agua) Manpostería de piedra recubierto con mortero 14.0m de largo, 4m de ancho, 0.8m alto	Tipo túmero (trabajando a filo de agua) Manposteria de piedra recubierto con mortero 14.0m de largo, 4m de ancho, 0.8m alto
Canal tipo trapezoide	b mayor = 0.60m b menor = 0.30m altura = 0.40m Q =0.15m ³ /seg V =1.53m ³ /seg	b mayor = 0.76m b menor = 0.46m altura = 0.40m Q =0.14m ³ /seg V = 1.5m ³ /seg
Cámara de Carga	Largo = 3m Ancho = 2m Altura =1.50	Largo = 2m Ancho = 2m Altura =1.50
Tubería Forzada	PVC 160 PSI JR. d = 10" H caída = 17m	Ho Go 160 PSI d = 10" H caída = 17m
Casa de Máquinas	L = 5m Ancho = 4m Alto = 2.50m Ladrillo de obra, repellado por fuera	L = 5m Ancho = 4m Alto = 2.50m Ladrillo de obra, repellado por fuera
Turbina	Michell Banky 844 rpm	Michell Banky 844 rpm
Medidores Electromecánicos	El que se diseñó no cumplió con los requisitos, no era compatible con la turbina así que se cambió, adaptando uno apropiado con el funcionamiento después de pruebas sin fallas de corto circuito u otros	

4.2 GENERALES DEL PROYECTO

El proyecto está ubicado en la comunidad La Chacra, municipio Carolina, departamento San Miguel, fue gestionado por la propia comunidad, financiado y apoyado técnicamente por la ONG SABES. La microcentral hidroeléctrica es tipo A (micro centrales hidroeléctricas en las que la comunidad está cercana al río, no hay que sobrepasar ningún obstáculo y que el caudal de un solo río es suficiente para abastecer permanentemente la demanda de energía exigida por la comunidad), ver figura 3.1 del capítulo III. Está conformado por las siguientes partes: recurso hídrico (río Lempía) dique de retención, bocatoma, rejilla, canal de derivación, cámara de carga, tubería Forzada, casa de Máquinas, equipo turbo generador, medidores electromecánicos, red de conducción y red de distribución.

La característica general que cumplen estos proyectos rurales son: que estén ubicados lo más cercano a la comunidad rural, donde sus habitantes tengan muy bajos ingresos económicos, que exista un recurso hídrico, río, aledaño a la comunidad, que sea capaz de alimentar al equipo turbogenerador para producir energía eléctrica permanentemente, que los habitantes se movilicen en gestionar los fondos para su construcción, y además, que estén dispuestos a brindar mano de obra y/o aportes económicos aún que sea simbólicamente.

El esquema general para este tipo de proyectos se muestra en la figura 4.1

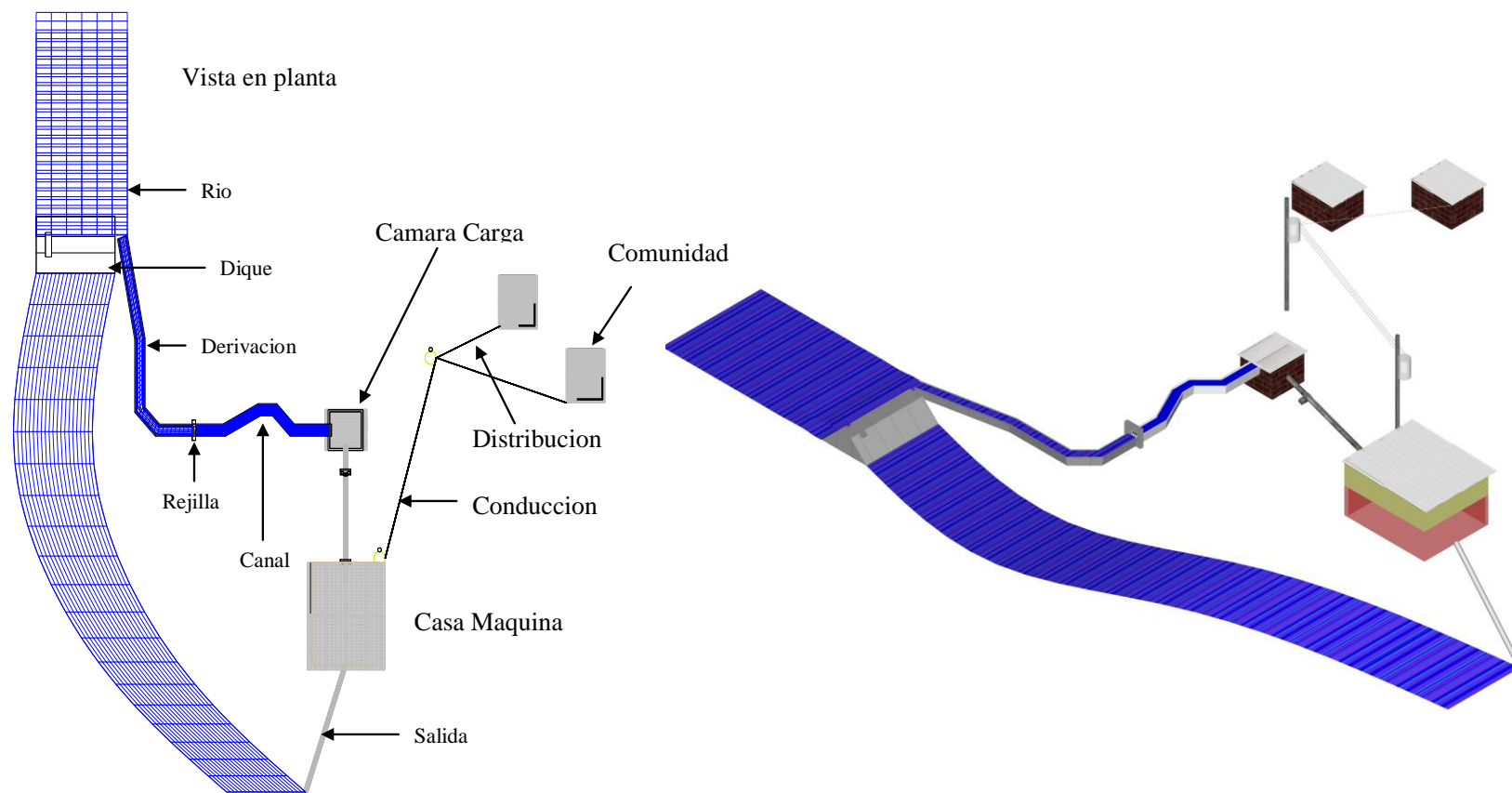


Fig 4.1 Esquema general del sistema de explotación, producción y uso domiciliario de la energía eléctrica que se produce con el río Iempía o las vegas en la comunidad la Chacra, Carolina, San Miguel, El Salvador.

4.3 ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO

4.3.1 CONDICIONES DEL PROYECTO

El proyecto de la microcentral hidroeléctrica en comunidad la chacra se encuentra en buenas condiciones, funcionando bien, produce la energía prevista y la requerida por los pobladores; donde permanentemente, se hace la toma directa del caudal por medio de la retención que hace el dique, y a través de la bocatoma se deriva 0.15 m³/s y se conduce por la canaleta el paso del agua, que se deposita en la cámara de carga, el transporte por medio de la tubería forzada la dirige directamente a la turbina y esta a su vez produce la energía eléctrica que es dirigida a la comunidad, una vez se haya transformado en la subestación por medio de los cables de la red de distribución, luego los pobladores reciben la energía eficiente, que su fruto es observable hasta que las personas encienden sus focos. En general, el proyecto funciona bien y se encuentra en buenas condiciones calificación que concuerda con las personas de la directiva de la comunidad y los pobladores o usuarios cuando encienden sus focos. Están de acuerdo en que hay que darle mantenimiento. Cuando se corta la energía, los pobladores reclaman y dicen que el proyecto no funciona, pero lo que se debe hacer, es educar a los pobladores y comunicarles lo que está pasando, para que contribuyan a mantener el sistema de producción de energía eléctrica, tomando conciencia de no sobrepasar el uso normal en cada vivienda.

4.3.2 MODO DE OPERACIÓN Y EFICIENCIA.

La operación es sencilla y la realizan las personas de la comunidad, que han sido capacitadas para este fin, lo único que tienen que hacer es revisar los medidores de potencia, que la turbina esté produciendo la energía necesaria y permanente para satisfacer la demanda de la comunidad, la turbina trabaja con una eficiencia del 80% según lo expresa SABES, en la formulación del proyecto, pero la energía producida, es de 135 kwh/mes en promedio para cada familia de la comunidad, siendo la energía suficiente para manipular todos los electrodomésticos que poseen los pobladores.

4.3.3 INFRAESTRUCTURA

La infraestructura del proyecto minicentral hidroeléctrica La Chacra, esta compuesta por las obras civiles requeridas en el tipo de sistema aplicado, el cual corresponde al caso en el que el caudal de la fuente (río Lempía) con $Q_{\min.} = 2.36 \text{ m}^3/\text{s}$ (época de estiaje) y $Q \text{ máx} = 178 \text{ m}^3/\text{s}$ (época lluviosa), es suficiente por sí solo para abastecer la demanda energética del proyecto; mediante un dique en el río se crea la inundación necesaria para derivar un caudal de $Q = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$, la topografía del terreno presenta un desnivel entre el punto de control y la cámara de carga de 2.31 mt, con una longitud de 600 m, lo que da una pendiente de 4%, lo que permite la conducción del agua por gravedad, el salto bruto entre la cámara de carga y el eje de la turbina es de 19 mt, dando un salto útil de 16.71 mt, son suficientes para la generación de una

potencia instalada de 17 KW, de la cual se están produciendo actualmente 10 KW, la técnica de conducción es por gravedad, cumpliendo con la característica de que la comunidad La Chacra se encuentra cercana al río y a la subestación, por lo que los costos de tendido eléctrico para transmisión de energía eléctrica a cada vivienda, no se ven incrementados por la distancia, tal como se muestra en la figura . 4.2

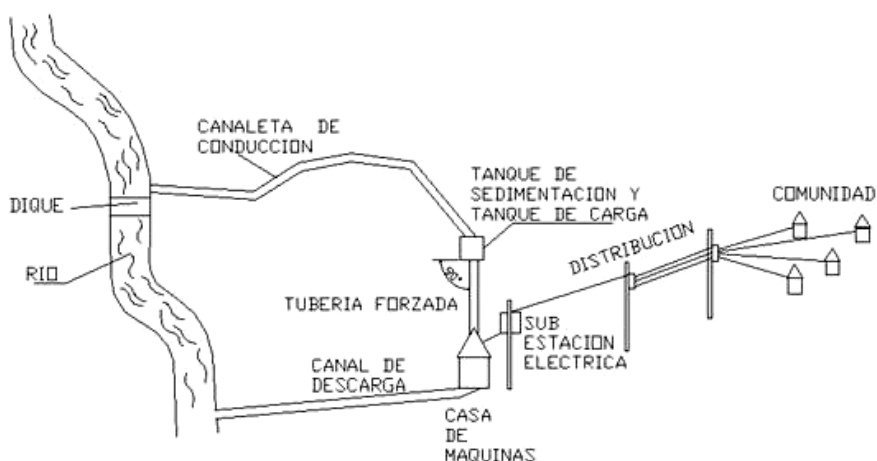


Figura 4.2 Esquema del sistema de Minicentral Hidroeléctrica La Chacra.

Normalmente las obras civiles representan entre el 20% y el 50% del costo total de implementación de un sistema de este tipo. En ese sentido, el diseño geométrico del emplazamiento hidroeléctrico, se ha hecho aprovechando las condiciones naturales del lugar, como es la topografía del lugar que permite la conducción por gravedad del agua, y el hecho de existir un canal de tierra, mismo que se utilizó para el diseño final del canal de conducción. Es importante resaltar que las partes en las que radican las

mayores oportunidades de reducción de los costos son: el canal, que casi siempre resulta de cientos y hasta de miles de metros de longitud, la tubería y la bocatoma. Otros componentes como el desarenador, las obras de arte, la casa de fuerza, etc., también ofrecen oportunidades pero éstas son menores. La infraestructura del proyecto Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra esta compuesta por:

Tabla 4.4. Descripción de la infraestructura que compone el proyecto Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra.

ELEMENTO	FUNCION	CARACTERISTICAS	OBSERVACIONES
Dique	Regula el caudal aprovechable, creado la inundación necesaria que garantice la extracción de un caudal de 0.15 m ³ /s hacia la obra de conducción.	Está construido sobre el lecho de macizo rocoso sano, natural de la zona, de mampostería de piedra con recubrimiento de concreto. Se encuentra en un quiebre del cauce del río, el cual tiene un desnivel de 0.80 m, la altura total hasta la cresta del dique es de 1.10 m, siendo la altura de embalse efectiva de 0.30 m, y una longitud de 14 m. Cuenta con un aliviadero o vertedero de 0.60 m de ancho, el cual permite que el agua excedente aportada al embalse sea	El embalse presenta una curva de remanso con una altura de 0.25 m y una longitud de 4 m, por lo que se considera muy suave y no causa inundación que represente un impacto negativo, ya que no cambia los márgenes normales del canal natural del río.

		<p>liberada y fluya directamente al cauce natural aguas abajo. La presa es de pasada, es decir, que el caudal excedente vierte sobre ella una vez que ha superado el nivel máximo de embalse.</p>	
Desarenador	<p>Permitir la deposición por sedimentación, de arena y otros sólidos que el agua arrastra y que reducen el volumen de líquidos en el embalse.</p>	<p>En un inicio se conformó con piedras grandes existentes en el lugar, al inicio de la obra de conducción. Actualmente está desconformado.</p>	<p>Reconstruir la cámara de sedimentación, colocando piedras ligadas con mortero para asegurar que no se vuelva a desconformar.</p>
Canal de conducción	<p>Es una obra de conducción de agua expuesta sobre la superficie del suelo. Realiza el traslado del caudal derivado ($Q = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$) desde el embalse hasta la cámara de carga, por gravedad, siguiendo el contorno de la ladera, con una pendiente de 0.4%.</p>	<p>Es de sección trapezoidal, con ancho inferior de 0.30 m, ancho superior de 0.60 m y altura de 0.50 m, de longitud total de 600 m, construido de mampostería de piedra recubierta de concreto, el cual tiene una rugosidad de 0.014, sin obstrucciones que impidan el paso libre del agua, se tiene una rejilla con compuerta al inicio del canal para regular la entrada del agua al canal.</p>	<p>La finalidad del revestimiento con concreto es evitar pérdidas de agua por filtración y proteger la solera y los taludes del canal contra erosiones provocadas por la velocidad del agua, de modo que el espesor de la pared se puede reducir al mínimo dentro de la funcionalidad práctica y sin correr riesgos. La regulación del caudal de entrada</p>

			al canal debe ser más cuidadosa, ya que en época lluviosa, el canal rebalsa y esto puede generar socavación en el terreno circundante.
Cámara de Carga	Es una estructura de protección del canal y de la tubería de presión, dentro de la cámara el agua recupera el nivel que haya en el embalse al cerrarse las válvulas de admisión de la Casa de Máquinas, además, absorbe la onda de choque, llamada Golpe de Ariete, producida por el cierre de válvulas. Esta onda incrementa considerablemente la presión interna de la tubería y se propaga hasta el tanque, el cual se ha llenado previa y muy rápidamente, el agua en él acumulada amortigua el Golpe de Ariete. Además de asumir este	Construida de concreto, con las siguientes dimensiones: 1.76 m (ancho), 2.26 m (largo) y 1.5 m (profundidad), ubicada en un punto más alto que la turbina, con un desnivel entre ambas de 19 m.	

	<p>rechazo de carga cumple otra función cuando las válvulas se abren de nuevo. Si no existiese esta cámara, al abrirse las válvulas la succión producida aprovecharía el agua que haya en la Tubería de Presión, dejándola vacía. La presión interna sería nula ante la presión atmosférica, que podría dañar la Tubería. El agua almacenada en la cámara de carga, llena la tubería de presión mientras llega un flujo constante desde el embalse; de esta forma se evita el daño a la tubería.</p>		
Tubería Forzada	<p>Transportar un el caudal de agua desde la cámara de carga hasta la turbina. Soporta las máximas presiones internas causadas por el agua. Cuenta con una válvula disipadora de energía y de admisión para regular el flujo hacia las turbinas.</p>	<p>Es tubería de PVC de 10" a 160 psi, enterrada y anclada con soportes de hierro y cemento y un desnivel de 19 m entre la cámara de carga y la entrada a la turbina, el salto útil aprovechado es de 16.71m.</p>	<p>La reducción del costo radica en usar tubería PVC de alta presión en lugar de tubería de Hierro. El montaje es más sencillo y por su bajo peso facilita y reduce los costos de transporte. La mano de obra semicalificada o calificada para el</p>

			<p>montaje se puede obtener rápidamente, capacitando en obra a personal del lugar. Posee alta resistencia química. Tiene un bajo índice de rugosidad y porosidad. No se utiliza equipos de soldadura, sino pegamento para uniones rígidas y anillos de jebe con lubricante para el caso de unión flexible. Cuenta con accesorios que facilitan la reparación. No le es permitido trabajar expuesto al ambiente, pues los rayos infrarrojos pueden menguar su resistencia y durabilidad. Además, deben de ir enterrados para evitar daños por el impacto de piedras o de elementos pesados. A altas temperaturas, tiende a dilatarse. Su vida útil es de 30 años. No son necesario apoyos</p>
--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			de concreto y los anclajes son menos costosos.
Equipo Turbogenerador	<p>Turbina: Es el elemento que transforma la energía hidráulica en mecánica para accionar al generador.</p> <p>Generador: Es la máquina que transforma la energía mecánica en eléctrica. Se le llama también Alternador porque produce corriente alterna.</p>	<p>Constituido por un acoplamiento entre una turbina y un generador.</p> <p>La turbina hidráulica del tipo Michell Banki</p>	
Casa de Maquinas	Resguarda de la intemperie el equipo turbogenerador y los controles del mismo.	Es de ladrillo de bloque, la cubierta de techo es con lámina de fibrocemento, las dimensiones son de 5.0 m de largo por 3.0 m de ancho y de 2.50 m de altura.	Está ubicada cerca del río, en un punto más elevado respecto al cauce del mismo, lo suficiente como para que aún en época lluviosa no la inunde.
Canal de descarga	Devuelve al cauce del río el agua turbinaza.	Es de tubería de PVC de 8" que llega a un canal de 0.40 de ancho de mampostería de piedra revestido de microcemento hasta el cauce del río.	No usar el agua para otros usos, el total de agua derivada debe devolverse en su totalidad al cauce del río, para evitar impactos negativos en el río.
Subestación	Reduce el voltaje generado, para distribuir la	La subestación está instalada contiguo a la planta	

	<p>corriente en la zona</p>	<p>generadora y en ella se encuentran los siguientes equipos: 2 transformadores de 25 KVA cada uno, se usan para elevar el voltaje al nivel adecuado de transmisión. DISYUNTORES: sirven para interrumpir el paso de la corriente. AISLADORES DE PASO: sostienen las partes energizadas y aíslan los cables de unión entre los distintos equipos.</p> <p>PARARRAYOS: para la protección de los equipos contra las descargas atmosféricas (rayos). RED DE TIERRA: es un enrejado subterráneo de cables que descargan los voltajes inducidos en las estructuras. HILOS – GUARDA O NEUTRO: es una malla aérea de protección para evitar la caída de las descargas atmosféricas</p>	
--	-----------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

		directamente sobre los equipos de la subestación.	
Tendido eléctrico	El sistema de distribución de la energía eléctrica se compone de líneas de transmisión de alta y baja tensión, que llevan la misma hasta cada uno de los usuarios, a través de líneas primarias que llevan la energía eléctrica desde los transformadores hacia la comunidad y la línea secundaria es la que lleva la energía eléctrica a cada uno de los usuarios.	Línea primaria: cable 2 – ACSR No 2, F+N, Línea secundaria: 2 –WP 2 + 1 –ACSR No 2, a lo largo de 1,355 m y 20 estaciones que utilizan postes de concreto centrifugado de 26' y 30', de acuerdo a las exigencias del caso.	

En el anexo 4.2 se presentan fotos de los elementos principales que componen la infraestructura del proyecto, en su estado actual (año 2005)

4.3.4 CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO

El control del funcionamiento por acuerdo mutuo y requerimientos del proyecto hidroeléctrico, es por administración compartida, principalmente a cargo de la comunidad La Chacra, guiada (apoyada) por la ONG Asociación Saneamiento Básico, Educación Sanitaria y Energías Alternativas (SABES); esta asociación, desde el inicio del proyecto les apoya técnica y

económicamente para la gestión, concesión²⁴, construcción y actualmente también en la etapa de funcionamiento y mantenimiento del proyecto.

La Comunidad La Chacra, cuentan con una directiva comunitaria que la representa, tiene personería jurídica, la Asociación para el Desarrollo Económico y Social Comunitario (ADESCO), para efectuar gestiones ante organismos gubernamentales o no gubernamentales y la organización para la implementación y operación del proyecto a cargo de la misma comunidad beneficiada. Para el control del funcionamiento se capacitó a dos miembros de la comunidad para que éstas controlen el funcionamiento de la turbina, verifiquen la lectura del panel de control eléctrico, la alarma automática, el chorro de caída a la turbina por medio de una válvula de control colocada en el acople entre la tubería forzada y el cabezal de la turbina. Así mismo, que verifiquen diariamente el funcionamiento del equipo turbogenerador. También se designa a dos personas para que hagan el chapeo en los laterales del canal de conducción, así como quitar objetos (palos, piedras) que afecten la conducción normal de agua, en cantidad y velocidad, que llegue a la cámara de carga el caudal requerido, también se controla la entrada del caudal al canal de conducción por medio de una compuerta, que cuenta con una rejilla para que no penetren objetos grandes al mismo, esto se da, sobre todo, en la época lluviosa, en la que, dado que la toma es por derivación directa a filo de agua y

²⁴ Se establece en el contrato de concesión Esc. N° 1 del libro N° 26, el siete de Diciembre del 2000, celebrado entre la SIGET y la ONG SABES.

que el caudal natural del río tiende a aumentar su lámina permanente de agua y las crecidas durante la época lluviosa en gran medida, esto provoca que penetre gran cantidad de caudal al canal de conducción, llenándolo hasta revalzar, sobrepasando el caudal de diseñado en la derivación, conducción, llegada a la cámara de carga y al equipo turbogenerador, provocando cambios continuos en el ariete, por eso, se cierra o entrecierra la compuerta al inicio del canal, para que penetre a este sólo el caudal requerido y el sobrante se devuelva al cauce del río por un canal de desagüe. Por otra parte, la junta directiva se encarga de la recaudación de las cuotas de pago por los beneficiarios, y de llevar los libros de control de esto. Cuando se requiere reparaciones menores, por ejemplo del canal de conducción, la junta directiva convoca a la comunidad para establecer las acciones a tomar y los requerimientos de las mismas, si se pueden realizar con el dinero que se tiene recaudado, después que se ha utilizado parte para el mantenimiento rutinario (preventivo) o si es necesario que se aporte una cuota adicional para tal fin. Se organiza un grupo que por lo general está conformado por uno o dos miembros por familia, para realizar los trabajos de reparación. De todo esto, la junta directiva comunitaria, presenta un informe a la ONG SABES, en el cual se reporta el funcionamiento del proyecto, la calidad del servicio, notificando principalmente sobre el funcionamiento normal o irregular del equipo turbogenerador, el panel de control eléctrico y la subestación, pues de estos componentes es de los que principalmente se encarga de vigilar la ONG

SABES, ya que éstos requieren personal especializado para su mantenimiento. Por tanto, en caso de mal funcionamiento de cualquiera de estos elementos, se envía a un técnico especialista para su revisión y respectiva reparación.

4.3.5 MANTENIMIENTO.

El mantenimiento del proyecto es realizado por los mismos pobladores de la comunidad La Chacra, que están siendo beneficiado, por ejemplo, el engrase del impulsor de la turbina, lo hacen dos personas encargadas y que tienen llave de la casa de máquinas, devengando un salario por realizar este trabajo, además de mantener libre de obstáculos la toma de agua como cuando hay atascos de rocas en la entrada de la derivación, limpieza del canal para evitar que disminuya el caudal que cae en la turbina, reparaciones en el recubrimiento de microcemento en el interior de la canaleta (sellado de fisuras), limpieza de rejilla al inicio del canal y a la entrada de la cámara de carga, para esto se organizan grupos de personas que cumplan esa labor.

Basado en las acciones de mantenimiento rutinario que se hacen al sistema de producción de energía hidroeléctrica de la Comunidad La Chacra, se establece como acciones preventivas y correctivas para cada parte del mismo, como lo indica la tabla. 4.5

Tabla 4.5 Mantenimiento

ELEMENTO	MANTENIMIENTO		PERSONAL ASIGNADO	RECOMENDACIONES
	PREVENTIVO	CORRECTIVO		
DIQUE	Verificar el buen estado del recubrimiento de concreto, si no hay socavación, limpieza de acumulación por azolve de sedimentos en exceso, retirar ramas o troncos grandes arrastrados por la corriente. Se realiza semanalmente.	En caso de avenidas o caudales muy fuertes con arrastre de piedras, troncos u otros objetos que dañen el dique, se repara bajo la dirección de un ingeniero civil que dirija los trabajos de reparación. Reciben apoyo técnico de la ONG SABES. No se ha dado este caso hasta la fecha (2005)	Preventivo: 1 persona asignada por la comunidad. Correctivo: 1 ingeniero civil, 3 albañiles, 3 auxiliares*	Verificar que no haya exceso de sedimentos, acumulación de piedras y palos que afecten la altura de diseño del dique. Así mismo, verificar la existencia de flora y fauna (y especies micro de estas), pernoctando para convertirse en banco, que pueda crear impactos negativos. En reparaciones, usar materiales anti-abrasivos.
BOCATOMA	Toma lateral que desvía el agua directamente del río hacia la cámara de sedimentación y luego hacia el canal de conducción, se vigila la regulación del caudal de entrada	Reconformar el embocamiento de extracción, a través de asentado roca simple, tal como era inicialmente, para el control del flujo durante la conducción agua	3 auxiliares, 1 albañil, 1 técnico que de las instrucciones exactas.	Se debe tener especial cuidado en la época lluviosa, cuando se pueden moderadas hasta grandes crecidas del caudal en el río. Hacer la reconformación durante el verano.

	al canal de conducción mediante una compuerta que se cierra parcial o totalmente, y el agua se regresa al río.	extraída. La reconformación se acoplará exactamente a la boquilla de la bocatoma con la entrada de embudo, siguiendo la abertura del ángulo actual hacia afuera, terminando en rebuelo de acople.		
DESARENADOR	Verificar daños por la corriente, evacuar los sedimentos acumulado en el fondo. En el caso de la minicentral hidroeléctrica de la Comunidad La Chacra, esta cámara que estaba conformada por piedras del lugar se ha desconformado y ha la fecha no se ha reconstruido.	Reconstruir la cámara con piedras existentes en el lugar, que sirve de desarenador para el agua que se deriva del río hacia el canal de conducción.	Preventivo: 1 persona asignada por la comunidad. Correctivo: 1 ingeniero civil, 1 albañiles, 3 auxiliares*	Al reconstruir la cámara de sedimentación, hacerla de mampostería de piedra con mortero, para que no se desconforme nuevamente.

Cont. Tabla 4.5

ELEMENTO	MANTENIMIENTO		PERSONAL ASIGNADO	RECOMENDACIONES
	PREVENTIVO	CORRECTIVO		
CANAL DE CONDUCCION	<p>Limpieza manual, periódicamente, de hojas, palos, piedras que caen dentro del mismo; así como de sedimentos arrastrados por la corriente.</p> <p>Limpieza de rejilla y compuerta ubicada una al inicio del canal y la rejilla a la llegada de la cámara de carga, para que esto no afecte la velocidad y cantidad del caudal conducido, ni penetren y obstruyan la tubería forzada.</p>	<p>El canal de conducción construido de mampostería de piedra, repellido en su sección interna, se desgasta por el paso de la corriente abrasiva o dañarse por golpes de animales que pasa sobre el (caballos, ganado) y produciéndose filtraciones de agua.</p> <p>Definidos los puntos de fuga por inspección, se cierra la compuerta al</p>	<p>2 personas de la comunidad que revisan el estado del canal, realizando la limpieza manual cuando es requerido, de hojas, sedimentos, piedras, palos periódicamente. En caso de reparación de fugas en el canal, la comunidad se organiza y asignan una persona por familia beneficiaria, para realizar las reparaciones pertinentes, comprando los materiales para la reparación de la cuota recaudada del pago por servicio.</p>	<p>Verificar la acumulación de sedimentos que son arrastrados por el agua, mensualmente, así como la infiltración de agua al rebosar el canal, que puede producir socavación en el asentamiento del canal. Proteger cimientos o base del canal, exteriormente (laterales y bordes), para evitar quebraduras que puedan llevar a suspender el servicio eléctrico por largo tiempo por reparaciones.</p>

	<p>Para evitar desbordes del agua en el canal por el aumento del caudal del río en época lluviosa, que luego pueden producir socavación bajo este, y afectar el funcionamiento del equipo turbogenerador. Se regula el caudal derivado al canal de conducción, mediante una compuerta colocada al inicio del mismo, devolviéndose así el agua excedente hacia el cauce del río; así mismo, sirve para cerrar el paso del agua al canal para fines</p>	<p>inicio del canal y se repara la mampostería de piedra y el repello. Según informe de daños. También, se limpia el crecimiento de algas o plantas acuáticas si estas llegan a afectar el paso del agua por el canal. Retirar piedras y vegetación que caen de la ladera.</p>		
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

	<p>de mantenimiento o reparaciones del mismo o de otros elementos como por ejemplo la cámara de carga o el equipo turbogenerador. También hay un canal de rebose del canal de conducción, de manera que a la llegada del agua a la cámara de carga esta se rebase a través del canal de rebose y se regrese al río.</p>			
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

ELEMENTO	MANTENIMIENTO	PERSONAL ASIGNADO	RECOMENDACIONES	ELEMENTO
CAMARA DE CARGA	Limpieza de la rejilla a la entrada y salida de la misma, limpieza interna de la cámara, dos veces a la semana, a las 6:00 a.m., considerada hora de menos demanda de energía.	Reparación de daños producidos por socavación si se infiltra el agua, o por golpe de animales, hasta el momento no se ha dado el caso. Reparar la tapadera metálica y colocarle candados para evitar que la abran curiosos.	1 albañil, 3 auxiliares*	Mantener con llave la tapadera por seguridad para el agua que llega a la turbina y evitar y evitar depósito de materiales.
TUBERÍA FORZADA	Control del golpe de ariete en la cámara de carga, regulando la entrada del caudal de agua al canal de conducción mediante el cierre de la compuerta al	Reparación de tramos que presenten fugas, cortando el tramo y colocando uno nuevo ajustándolo al	Preventivo: 2 personas asignadas a la verificación, limpieza y chapeo cuando es requerido. Correctivo: 1 ingeniero civil, 1 fontanero, 1 auxiliar*	Esta es de PVC 10", la cual se encuentra enterrada, solamente un tramo está superficial, verificar si el sector donde está la tubería forzada se presenta fugas, un indicador

	<p>inicio del canal y de la caída ha la turbina mediante una válvula de regulación, la cual se cierra o entrecierra para regular la entrada de la caída de agua. Chapeo y limpieza en los tramos que no están enterrados para mejor verificación en caso de rupturas en la tubería.</p>	<p>ya existente por junta rápida o cementada.</p>		<p>puede ser la excesiva humedad alrededor de la tubería, y disminución en la eficiencia del equipo turbogenerador por la caída del agua, en condiciones normales.</p>
<p>EQUIPO TURBOGENERADOR</p>	<p>Engrase del impulsor de la turbina cada 2 días. Válvula de control para regular la caída del agua a la turbina.</p>	<p>Por informes del funcionamiento del equipo irregularmente y del servicio, la ONG SABES, envía un técnico en la materia que repare el desperfecto.</p>	<p>1 Electricista.</p>	<p>Este, si es utilizado adecuadamente, no requiere una constante revisión, solamente si se perciben cambios negativos en la calidad del servicio o irregularidades en su funcionamiento. Mantener puestas las cuatro fajas de la transmisión y poner a ésta una defensa lateral.</p>

Cont. Tabla 4.5

ELEMENTO	MANTENIMIENTO		PERSONAL ASIGNADO	RECOMENDACIONES
	PREVENTIVO	CORRECTIVO		
PANEL DE CONTROL ELECTRICO	Control automático que mediante una sirena de alarma avisa las fluctuaciones de voltaje para que se tomen las medidas de regulación pertinentes. Revisión cada 2 meses por parte de un técnico profesional en la materia, que verifique el buen funcionamiento del panel de control.	Calibrar, o sustituir los aparatos o piezas que miden los índices de regulación del panel de control, de acuerdo con las revisiones y observaciones del técnico electricista. No se ha dado el caso a la fecha.	1 Electricista.	Este si es utilizado adecuadamente, no requiere una constante revisión, solamente si se perciben cambios negativos en la calidad del servicio o irregularidades en su funcionamiento.
SUB ESTACION ELECTRICA	Revisión cada 6 meses por parte de un técnico electricista o por notificación de los mismos usuarios, que pueden indicar la calidad del servicio, e irregularidades que	Cambio de herrajes, o transformador en caso de dañarse, por ejemplo se hizo cambio de los aisladores, los cuales se habían fracturado por los	1 Electricista.	Este si es utilizado adecuadamente, no requiere una constante revisión, solamente si se perciben cambios negativos en la calidad del servicio o irregularidades en su

	infiere en defectos de funcionamiento de los equipos y/o fallas en su operación.	rayos, y esto creaba inestabilidad en el servicio eléctrico.		funcionamiento.
CASA DE MAQUINAS	No usar para almacenamiento de materiales, solamente para el panel de control eléctrico, aparatos de regulación, y equipo turbogenerador, se mantiene ordenado y limpio, chapeo de sus alrededores.	No se ha requerido hasta la fecha (2005). A futuro podría darse el caso de reparación de goteras en la cubierta de techo, repello en paredes por infiltración de agua.	1 persona asignada por la comunidad, puede ser el mismo que revisa los controles electromecánicos.	De ser posible plantar árboles cercanos a la casa de maquinas que le de sombra, para evitar sobrecalentamiento en los equipos electromecánicos.
CANAL DE DESCARGA	Limpieza manual de piedras, hojas, palos, ramas, no derivar el agua para otros usos, limpieza y chapeo de su entorno.	Reparación de mampostería y repello, desmonte de sus orillas, limpieza de objetos como hojas y palos.	Preventivo: 1 persona asignada por la comunidad. Correctivo: 1 albañil, 2 auxiliares	Xxx

* Mano de obra no calificada es proporcionada sin paga por la comunidad beneficiada, como aporte por mantenimiento para la sostenibilidad del proyecto.

4.3.6 INVERSION Y SOSTENIBILIDAD

La comunidad se encargo de gestionar los fondos que servirían para realizar el proyecto de la microcentral hidroeléctrica, estos fueron aportados por la ONG SABES. La inversión del proyecto fue de \$41379.09 más la mano de obra que aportó la comunidad beneficiaria, ver la tabla 4.6, y los costos de operación anuales en la tabla 4.7., este proyecto es de baja inversión, a pesar de la importancia de esta hidroeléctrica, para satisfacer necesidades de iluminación básica de las viviendas de los pobladores usuarios para brindarles una mejor calidad de vida. Además, el proyecto es sostenible porque una vez puesto en marcha, los mismos pobladores se están encargando de su mantenimiento, la cuota de \$ 6.00 que pagan los usuarios es simbólica y se lleva a cuenta de ahorro para los gastos en reparaciones futuras y para pagar la mensualidad a las 2 personas asignadas para operar el equipo turbogenerador y dar mantenimiento a la turbina, instaladas en la casa de máquinas.

COSTOS DE INVERSION

Los costos estimados en la construcción e instalación de cada una de las partes del sistema de la minicentral hidroeléctrica están contenidos en la tabla 4.6 como sigue:

Tabla 4.6 Presupuesto para inversión del proyecto microcentral hidroeléctrica la Chacra

PRESUPUESTO		
OBRA	Costo en \$	%
Dique de Retención	4000.00	9.67
Canaleta de Derivación	5398.97	13.05
Cámara de Carga y Sedimentación	1485.71	3.59
tubería Forzada	1828.57	4.42
Casa de Máquinas	2057.14	4.97
Equipo Turbina Generador, Equipo Regulador-Transformador de Voltaje	12160.11	29.39
Instalación Línea Eléctrica	14448.57	34.91
Total Costo de Inversión	41379.07	100.00

Tabla 4.7 Costos de operación anual de la microcentral hidroeléctrica la Chacra

concepto	\$	%
Operario (171.43 dolares/mes)	2057.16	56.49
Depreciación (3% anual) sobre la inversión	1241.37	34.09
Administracion	171.43	4.71
Mantenimiento y reparación	171.43	4.71
Total costos de operación anual	3641.39	100.00

INGRESOS ESTIMADOS

Teniendo en cuenta los costos de operación, se puede valorar la cuota que tendrían que pagar los usuarios del sistema para poder mantenerlo y recuperar al mismo tiempo la inversión, al final de la vida útil de los equipos. El calculo es el siguiente:

53 beneficiarios * 6.00 dólares/mes = 318.00 dólares/mes

Por doce meses = 3,816.00 dólares/año

Por 25 años vida útil= 95,400 dólares

ANALISIS FINANCIERO (global)

Si de este total ingresado a lo largo de la vida útil del equipo, se descuentan los costos fijos de operación, mantenimiento, reparación y gastos administrativos, o sea costos de operación anual al final del periodo de vida útil (25 años), se obtiene un pequeño remanente, como sigue:

$$95,400 - (3,641.39 * 25) = 95,400 - 91,034.75 = 4,365.25 \text{ dólares}$$

este proyecto no es con fines de lucro, pero se ha provisionado en los gastos el costo de depreciación del equipo, es decir, que el costo de cambiar cualquier elemento ya está incluido en los gastos anuales. Esto indica, que al final del periodo de vida útil del proyecto habría que cambiar equipo electromecánico, regulador de voltaje, etc., otros elementos como cables, postes, etc. tiene mayor vida útil, por lo que no sería necesario su cambio total, sino parcial, posiblemente. Pero, por la previsión que se hizo (imponer la cuota diferenciada promedio de \$6.00, para absorber los costos de operación anual, ver tabla 4.7) se tendría el capital suficiente para reponerlo, teniendo en cuenta el costo de generador y turbina y el posible aumento del costo del equipo a lo largo del tiempo.

4.3.7. RENTABILIDAD

El costo de un proyecto es la suma del valor de los recursos o insumos que en el proyecto ocupa durante toda esa vida útil. La aplicación de recursos

se justifica sólo sí a partir de la utilización de ellos se genera un beneficio para la sociedad, o parte de ella. Si el “valor” de estos beneficios es mayor que el “valor” de los recursos utilizados para conseguirlos, se establece que el proyecto es rentable.

En proyectos de rurales que son de carácter social, como el de la Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra, al promover el desarrollo socioeconómico y la mejora de la calidad de vida, las utilidades en dinero no son las más importantes, más bien, consisten en mejorar la situación de este sector, para el caso, con electrificación para iluminación domiciliar, uso de electrodomésticos, como: refrigerador, televisor y radio, tener molino de motor en la comunidad; también potenciando el desarrollo productivo y comercial local, a través de pequeños negocios como tiendas; así mismo, el desarrollo comunitario y social, mediante el mejoramiento de las condiciones de seguridad con al alumbrado público.

El proyecto actualmente está generando una potencia de 10 KW, inicialmente destinado para alumbrado eléctrico de 53 viviendas beneficiadas de la Comunidad La Chacra, considerando 2 focos por vivienda; sin embargo, hoy los habitantes tienen electrodomésticos como: radio, plancha como los más comunes; y en menor uso: refrigerador, televisor. En la comunidad existe una tienda, la cual provee de comida y artículos básicos en forma inmediata, no

teniendo que viajar 2 Km hasta Carolina, además cuentan con un molino de motor. La generación de la planta es suficiente para estos usos ya que hay un promedio de entrega de energía por usuario de 230W.

Para el análisis de la rentabilidad, se considera un horizonte de evaluación de 10 años.

Costos del proyecto. La aplicación de recursos de un proyecto se efectúa en dos etapas: en la primera se construye o implementa el proyecto, etapa de inversión; en la segunda, el proyecto opera mediante la atención de usuarios y la consecución de los impactos y beneficios previstos, esta es la etapa de operación. Para el análisis, los costos se clasifican como siguen:

a) Costos de Inversión. Corresponden a los recursos e insumos usados para la ejecución o implementación del proyecto e incluyen: diseño organizacional, capacitación de personal, obras civiles, estructuras soportantes para el tendido eléctrico, equipo turbogenerador de energía eléctrica, protecciones, líneas de distribución, transformadores, empalmes instalaciones interiores y cualquier otro que sea previo al funcionamiento del proyecto.

Los costos de construcción e instalación de cada una de las partes del sistema, se detallan a continuación:

Tabla 4.8. Gastos de Inversión para la implementación del proyecto Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra.

PRESUPUESTO	
Componente	Costo en \$
Dique de Retencion	4,000.00
Canaleta de Derivacion	5,398.97
Camara de Carga y Sedimentacion	1,485.71
tuberia Forzada	1,828.57
Casa de Maquinas	2,057.14
Equipo Turbina Generador, Equipo Regulador-Transformador de Voltaje	12,160.11
Instalacion Linea Electrica	14,448.57
Total Costo de Inversion	41,379.09

Los costos para cada una de las actividades que se representa en la tabla 4.8, consideran los rubros de: materiales, mano de obra, equipo y herramienta, para su ejecución, estos mismos se reflejan en el desglose de costos del cuadro 4.2.

Cuadro 4.2. Análisis de Costos de Inversión para construcción del proyecto Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra (1999-2000) desglosados.

Cuadro 4.2

CUADRO CALENDARIZADO DE COSTOS DE INVERSION			
ÍTEM	CATEGORÍA DE COSTOS DE INVERSIÓN	PERIODO ANUAL	
		1	2
1.0	BIENES EXISTENTES Y USADOS	1050.00	600.00

1.1	Terreno	450.00	-
1.2	Maquinaria y equipo transporte	600.00	600.00
2.0	EJECUCIÓN OBRAS	7,095.40	17,947.33
2.1	Diseños	400.00	-
2.2	Construcciones	6,695.40	16,797.33
2.3	Obras menores	00.00	1,150.00
3.0	MANO DE OBRA	5,996.93	6,689.43
3.1	• M.O. Calificada	3,663.00	4,307.50
3.2	• M.O. No Calificada	2,333.93	2,381.93
4.0	MAQUINARIA Y EQUIPO	900.00	1,100.00
4.1	Maquinaria/ equipo de producción	700.00	900.00
4.2	Equipos varios	200.00	200.00
	OTROS		
	TOTAL	15,042.33	26,336.76

Este costo de inversión para la construcción física del proyecto, se cubre por medio de la donación monetaria de la ONG SABES y un 25% del costo por parte de la Comunidad La Chacra este aporte está representado una parte en contribución de una cuota monetaria y el aporte de mano de obra no calificada para la construcción del proyecto por cada familia incluida dentro de los beneficios que produciría el proyecto. Por tanto en el análisis de rentabilidad solo se incluirán los costos anuales de operación y mantenimiento vrs ingresos anuales, para un período de 10 años.

b) Costos de Operación y Mantenimiento. Son los que permiten que el proyecto cumpla con los objetivos para los cuales fue implementado. Estos son:

Cuadro 4.3

COSTOS DE OPERACIÓN (Anual)	
Operario (171.43 dolares/mes)	2,057.14
Depreciación sobre la inversión	629.20
Dique de Retencion (1%)	40.00
Canaleta de Derivacion (3%)	161.97
Camara de Carga y Sedimentacion (3%)	44.57
tuberia Forzada (3%)	54.86
Casa de Maquinas (3%)	61.71
Equipo Turbina Generador, Equipo Regulador-	121.60
Transformador de Voltaje (1%)	144.49
Instalacion Linea Electrica (1%)	144.49
Administración	171.43
Mantenimiento y reparación	620.00
Total costos de operación anual	3,477.77

Estos costos se toman como el costo de operación y mantenimiento que en promedio se invierten anualmente, durante los 10 años que se están evaluando.

	limpieza										
2.3	- servicios técnicos y profesional	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
2.4	- Depreciación	629.20	629.20	629.20	629.20	629.20	629.20	629.20	629.20	629.20	629.20
3.0	MATERIALES Y SUMINISTROS	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00	74.00
3.1	- materiales	24.00	29.76	29.76	29.76	29.76	29.76	29.76	29.76	29.76	29.76
3.2	- Otros materiales y suministros	50.00	41.67	41.67	41.67	41.67	41.67	41.67	41.67	41.67	41.67
4.0	OTROS COSTOS DE OPERACIÓN	205.71	205.71	205.71	205.71	205.71	205.71	205.71	205.71	205.71	205.71
	TOTAL	3,477.77	3477.77	3,477.77	3477.77	3,477.77	3477.77	3,477.77	3477.77	3,477.77	3477.77

Beneficios. Todo proyecto de inversión tiene sentido si genera beneficios, que sean mayores que los costos. Esta situación sólo puede saberse, si es posible cuantificar los costos y los beneficios.

Los beneficios, se identifican y miden o cuantifican, en el momento en que se producen, en los beneficiarios que se apropian de estos. Los beneficios de un proyecto están en estrecha relación con los problemas detectados al inicio y que han dado origen a los objetivos planteados en el proyecto de solución. En el caso de la Comunidad La Chacra, el beneficio consiste en la electrificación en red aislada para la iluminación de 53 viviendas de la Comunidad La Chacra, usos de electrodomésticos, mini empresas como una tienda y un molino, por lo que los usuarios están dispuestos a pagar una cuota por este servicio, lo cual contribuye a la sostenibilidad del proyecto. Parte de los beneficios del proyecto Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra, se pueden cuantificar por medio del ingreso obtenido por la recaudación de la cuota fijada por la junta directiva comunitaria y la ONG SABES, la cual depende del número de focos y electrodomésticos que cada familia tenga. Esta cuota actualmente es en promedio de \$6.00 mensuales por cada una de las 53 familias beneficiadas, por tanto el ingreso mensual por cuota de pago por servicio, es de:

$$\$6.00 \times 53 \text{ familias} = \$ 318.00/\text{mes};$$

lo cual representa un ingreso total anual de:

$$\$18.00 \times 12 \text{ meses} = \$ 3,816.00/\text{anual}$$

Es de hacer notar que dentro de los gastos totales de operación del proyecto, el costo considerado para apoyo al funcionamiento del proyecto, que es de ciento setenta y un 43/100 dólares anuales, de manera compartida a cargo de la junta directiva comunitaria y la ONG SABES, se perciben nuevamente como un ingreso anual, contribuido por ambas entidades encargadas de la administración del proyecto. Otro aspecto a considerar es el aporte económico en los costos de operación, por parte de la ONG SABES, en el rubro de servicios técnicos y profesionales requeridos para el mantenimiento del equipo turbogenerador y subestación, los cuales se cuantifican en quinientos dólares anuales.

Por tanto el ingreso anual total se resume en el cuadro: 4.5.

Cuadro 4.5. Resumen de ingresos anuales en la etapa de operación del proyecto.

INGRESOS ANUALES (\$)	
Pago de cuota por familia por servicio de suministro de energía eléctrica	3,816.00
Aporte de Junta Directiva de la Comunidad La Chacra y la ONG SABES	173.43
Aporte de ONG SABES para personal profesional y técnico para el mantenimiento del equipo turbogenerador y subestación eléctrica	500.00
TOTAL	4489.43

En la Tabla 4.10, se presenta el flujo de caja neto, a partir de los ingresos y egresos del proyecto, para calcular el primer indicador que es el Valora Actual Neto (VAN) utilizando la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad \text{Ec. 4.2}$$

Donde:

VAN: valor actual neto²⁵.

B_t : beneficio del año t del proyecto.

C_t : costo del año t del proyecto.

t: año correspondiente al período de análisis que varía de 0 a n.

0: año inicial del proyecto, en el cual comienza la inversión.

r: tasa económica de descuento (15%)

Así mismo se calcula otro indicador, la Tasa Interna de Retorno (TIR), la cual se define como aquella tasa de descuento que hace igual a cero el valor actual Neto (VAN) de un flujo de beneficios netos, es decir, los beneficios actualizados iguales a los costos actualizados y está dada por la siguiente fórmula:

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad \text{Ec. 4.3}$$

²⁵ El término neto, se refiere a la diferencia entre los beneficios y los costos, el VAN incorpora el valor del dinero en el tiempo.

Los criterios para evaluar la rentabilidad del proyecto son:

Una inversión es rentable solo si el valor actual del flujo de beneficios es mayor que el flujo actualizado de los costos, cuando ambos son actualizados usando una tasa de descuento pertinente, se obtiene el VAN.

Criterios de decisión respecto al VAN: Que el flujo descontado de los beneficios supere el flujo descontado de los costos. Como el centro de atención es el resultado de beneficios menos costos, el análisis se efectúa en torno a cero.

Tabla 4.10.

RESULTADO	DECISION
Positivo (VAN mayor que cero)	Rentable
Nulo (VAN igual a cero)	Indiferente
Negativo (VAN menor que cero)	No Rentable

Por otra parte la TIR mide la rentabilidad económica del proyecto. Como criterio general, debe compararse la TIR del proyecto con la tasa de descuento económica

Tabla 4.11.

RESULTADO	DECISION
Mayor (TIR mayor que 15%)	Rentable
Igual (TIR igual a 15%)	Indiferente
Menor (TIR menor que 15%)	No rentable

Como se puede ver en los resultados obtenidos en la tabla 4.10, para el proyecto Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra, el VAN es mayor que

cero y la TIR es mayor que la tasa económica de descuento(15%), por tanto el proyecto es rentable. Es de hacer notar que con éste proyecto no se pretende obtener beneficios económicos, los más importantes son los beneficios sociales, pues el principal objetivo del proyecto hidroeléctrico es mejorar la calidad de vida, potenciar el desarrollo económico, cultural y social de la Comunidad La Chacra, mismo que se está cumpliendo garantizando la sostenibilidad del proyecto.

4.3.8 FACTORES DE SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO, COSTOS A MEDIANO Y LARGO PLAZO

Para sostenibilidad del proyecto Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra, el factor fundamental es la organización y participación activa comunitaria de los beneficiarios, que existe, demostrado interés responsable y comprometido en la operación y mantenimiento del proyecto. Otro factor es el apoyo técnico y económico de la ONG SABES, para la operación y mantenimiento del proyecto, y la capacidad institucional de esta entidad como responsable del mismo ante la SIGET, para afrontar tanto situaciones previstas como las no previstas, lo cual ha demostrado que es factible para la superación de las dificultades o limitaciones que se han y pueden presentarse en el normal desarrollo del proyecto. La forma en que se maneja el proyecto, de manera compartida entre la ONG SABES y la Comunidad La Chacra representada por su Junta Directiva, la cual consta de personería jurídica, y que vigila y da seguimiento organizado a la operación y mantenimiento general de la planta

hidroeléctrica, manteniendo informada a la ONG SABES de los pormenores y desarrollo de las actividades para este fin, del funcionamiento y calidad del servicio, ya que aspectos técnicos que requieran ser revisados por profesionales se encarga la ONG SABES de asignarlos. Particularmente, la comunidad se encarga de la operación del proyecto y mantenimiento general, informando sobre el funcionamiento del equipo turbogenerador, subestación y tendido eléctrico a la ONG SABES, por ejemplo para la calibración del chorro de caída a la turbina, la Junta Directiva Comunitaria informó del funcionamiento irregular del equipo turbogenerador a la ONG SABES y ésta asignó un técnico especialista para la revisión del mismo, el cual determinó que se requería calibrar el chorro de caída a la turbina, lo cual se hizo, asumiendo los costo la ONG. Así mismo, la Junta Directiva Comunitaria organiza a la comunidad para realizar trabajos de reparación rutinario, como por ejemplo, en el canal de conducción, para evitar la filtraciones del agua conducida por el desgaste del recubrimiento de micro cemento del mismo, contribuyendo con la mano de obra y cobrando un costo mínimo el personal asignado a la operación del equipo turbogenerador y revisión general del proyecto.

Los costos a mediano y largo plazo se reflejan en el cuadro 4.5 de Flujo de Caja Neto para un plazo de 10 años, el cual refleja un VAN positivo y una TIR mayor que 15%, lo que significa que no hay pérdidas, al balancear los gastos con los beneficios. Por tanto, el proyecto en su etapa de operación y

mantenimiento es auto sostenible. El proyecto podría ser sensible a variables económicas por ingresos, sociales de organización, técnicos por repuesto del equipo turbogenerador, que podrían afectar la sostenibilidad del proyecto. Sin embargo, el tamaño del proyecto que conlleva el número de beneficiados, este es suficiente como para que con una cuota mínima por familia por pago de servicio, de acuerdo a sus recursos, sea suficiente para cubrir los costos de operación y mantenimiento. El restante de ingresos después de los gastos, es el respaldo para posibles cambios de equipo. Si la vida útil de los elementos principales que componen la microcentral hidroeléctrica superan la vida útil del proyecto, esta supuesta revisión cada 10 años, pudiera requerir reemplazar partes del equipo turbogenerador, panel de control y subestación, ya que se consideran que son más susceptibles a ser dañados.

CAPÍTULO V
RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 RESULTADOS Y ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

El agua que se tiene en la superficie terrestre y en sus profundidades, es un recurso natural renovable a partir del ciclo hidrológico y la influencia de los factores meteorológicos que lo hacen posible en los climas regionales y locales. Está contenida en ríos, lagos, quebradas permanentes, humedades, estratos cenagosos del subsuelo o agua subterránea, etc. Su uso para la construcción de mini o micro centrales hidroeléctricas es posible cuando éste cumpla los parámetros de calidad exigidos para tal propósito; así, las técnicas de conducción del agua pueden ser por: gravedad, bombeo, captación o una combinación de ambas, según el caso a resolver, hacia la generación de energía hidroeléctrica, la cual se sabe que es la que se produce a menor costo en el país. Estos proyectos se hacen posibles, al predominar los recursos sobre las necesidades, la proactividad de la comunidad a través de una buena organización, gestión y administración para su sostenibilidad.

Los proyectos para explotar el agua natural existente, superficialmente, subterráneamente, y obtener su concesión, se formulan apegándose a los lineamientos establecidos por la SIGET, procedimientos, normas, regulaciones, acuerdos, decretos y leyes a cumplir dentro de la legalidad en el país (ver anexo del 1 al 13). La formulación del proyecto para una mini o micro central hidroeléctrica, también requiere una gestión, siguiendo los pasos lógicos correspondientes, es decir, aplicando una metodología hacia la concesión del

proyecto, la idea el perfil temático, la factibilidad, la gestión de permisos y legalidad, la carpeta técnica, realización, operación, mantenimiento y la sostenibilidad, (ver página 522). Para la realización de la infraestructura para obtener el fluido eléctrico, obra civil, electromecánica, transformación y tendido para la conducción de la electricidad generada, es necesario hacer los correspondientes estudios técnicos en el ámbito donde están los recursos naturales y donde permanece asentada la comunidad, los costos del proyecto, la sostenibilidad de este, de la realización con participación organizada de la comunidad y el mantenimiento de la concesión en la generación y distribución de energía eléctrica producida. Estos estudios, es necesario que, preferentemente, los hagan los especialistas en cada disciplina implicada, ya que ellos podrían garantizar los buenos resultados, para aprobación de la concesión por la SIGET.

Con la realización de los estudios temáticos que implica el proyecto, que llevan a la ingeniería del proyecto para las obra a realizar, la formulación del proyecto y la carpeta técnica, se obtienen algunos criterios y parámetros que son útiles para el diseño, formulación y realización. Los valores que resultan en cada uno de los parámetros, para fines ilustrativos se asignan del proyecto Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra, como los contiene la síntesis en el anexo 5.1.

Evaluación del funcionamiento del sistema mini hidroeléctrico de la Comunidad La Chacra.

La evaluación del funcionamiento del sistema con el que se produce energía eléctrica desde el río Lempía a la Comunidad La Chacra, se realiza en partes, la del proyecto como obra civil, electromecánicamente y eléctrica, y la administrativa. Se evalúa buen funcionamiento de las partes y la sostenibilidad actual y futura, o sea los cinco años que tiene de funcionamiento, el período previsto de duración y las proyecciones de largo plazo.

El sistema productor de energía eléctrica y sus partes integrantes se pueden evaluar con una escala de atributos que lo cualifique y una escala de puntajes que cuantitativamente estos atributos que indiquen el grado de buen funcionamiento. Así, esta asignación se da en la siguiente escala:

Tabla 5.1. Atributos y puntajes para evaluar el funcionamiento de la minicentral hidroeléctrica Comunidad La Chacra.

ATRIBUTO	PUNTAJE (%)	CON VALORES MINIMOS INDICAN ALERTA, CON RESPECTO AL FUNCIONAMIENTO
Muy bueno o muy bien	> 90 – 100	Verde
Bueno o bien	> 70 – 90	Amarilla
Regular	> 55 – 70	Naranja
Malo, mal estado, deficiente, con impacto o repercusión negativa.	< 55	Roja

El sistema en condiciones menores que las previstas cualitativamente y cuantitativamente, de acuerdo con la alerta indicada, requiere intervención con mantenimiento, según el caso: leve, moderado, severo.

Primera evaluación del funcionamiento: habiendo hecho la inspección del sistema y sus partes el 27 de marzo de 2005, y asignado los puntajes según los atributos de la tabla 5.1, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 5.2 Resultados de la primera evaluación del funcionamiento de los elementos que componen la Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra.

ELEMENTOS (en la cuenta)	PUNTAJE ASIGNADO (% atributo)
Flujo del Río	100
Caudal Ecológico	100
Dique	100
Rejilla	90
Canal	80
Cámara de carga	95
Tubería Forzada	100
Casa de Máquinas	100
Equipo Turbogenerador	100
Medidores	95
Servicio	80
Salida del flujo turbinado	100
Red de distribución eléctrica	100
Impactos Generados: Rebalse del canal (50) Extracción para riego (50)	-100
Sub -Total (positivos)	1325
Sub - Total (negativos)	100
TOTAL (positivos menos negativos)	1225
PROMEDIO (= TOTAL/ # total de elementos)	77%

Se califica el funcionamiento como Bueno o bien, según la escala en tabla 5.1.

Segunda evaluación del funcionamiento del sistema hidroeléctrico: basado en la opinión que tienen los habitantes usuarios del sistema, hecho el 14 de mayo de 2005, por encuesta directa, como un cuestionario (ver anexo 3.1. Encuesta de hogares Comunidad La Chacra).

A su criterio, cómo funciona el proyecto de la minicentral hidroeléctrica? Responde: Bueno el 66.77%, regular el 28.5% y malo el 4.8%.

Tercera evaluación del funcionamiento del sistema hidroeléctrico, aplicando el cuadro 4.1. y sopesando en detalle las características propias de cada elemento y el estado actual en que se encuentra, incluye impactos, se tiene que:

Tabla 5.3. Tercera evaluación del sistema hidroeléctrico, según detalle y estado actual de cada elemento que lo componen.

ELEMENTO	PUNTAJE (% atributo)	ESTADO ACTUAL
Dique	100	Sin daños
Bocatoma	50	Desconformada, desaparecido enrocado de que estaba hecha
Canal de derivación o de conducción	70	Fisuras, quitar desborde, basura y sedimentos
Cámara de carga	95	Quitar sedimentos
Tubería forzada	90	Sin daños, se calibra con la válvula a la entrada de esta a la turbina.
Casa de Máquinas	100	Sin daños, nada que acotar

Turbina	100	Sin daños
Medidor de potencia	95	Se calibran
Red de distribución	100	Nada que acotar
Equipo turbogenerador	90	Sin daños. Le faltan 2 correas de la transmisión
Σ TOTAL PUNTAJE	890	
PUNTAJE PROMEDIO	89	

Ponderando las evaluaciones realizadas con los criterios descritos y asignando un peso de fiabilidad del criterio, para ser más objetivos en la asignación del atributo y el puntaje, de tal manera que los sesgos cualitativos en la apreciación de opinión y observación, no influyan determinativamente en el resultado final. Se obtiene lo siguiente:

Tabla 5.4. Resumen de las tres evaluaciones del sistema hidroeléctrico.

EVALUACIÓN	PUNTAJE (% atributos)	PESO	TOTAL PUNTOS
Primera evaluación, por inspección generalizada	77.00	1	77.00
Segunda evaluación, por opinión de la comunidad	66.79	2	133.58
Tercera evaluación, cuadro de detalle	89.00	1	89.00
TOTAL		4	299.58

Puntaje ponderado = $299.58 / 4 = 74.90 \approx 75\%$

Por la fórmula estadística: $\frac{77 + 4(66.79) + 89}{6} = 72.19\%$

Así, 75% ó 72.2 es > 70%, de tabla 5.1, se considera un buen funcionamiento, pero requiere atención de mantenimiento. Según lo indica la misma tabla 5.1. Alerta amarilla, respecto a buen funcionamiento del proyecto y sus partes.

La evaluación de la administración, para este caso, quedará diferida, debido a que los registros que se pudieran disponer puntualmente, no ha sido posible reunirlos para hacer un estudio que revele el estado de la administración que lleva la junta directiva de la comunidad. Sin embargo, la directiva informó que hay registros de actas que llevan en libros y registro de los cobros y gastos que realizan por servicio y mantenimiento, así como de otras gestiones realizan.

De acuerdo con la evaluación al sistema, la opinión de los usuarios de la comunidad La Chacra, la administración que actualmente hace la junta directiva, la coordinación, vigilancia y mantenimiento que hace la ONG, SABES, el sistema se ha mantenido funcionando bien en los cinco años que lleva de dada la concesión para producir energía hidroeléctrica y ha cumplido con la sostenibilidad del proyecto en marcha (Julio 2005). A la fecha, se sabe que se esta gestionando ampliar la producción de energía eléctrica, con el fin de que hayan talleres de capacitación en la Comunidad La Chacra y promover la piscicultura.

La Sostenibilidad del sistema y del Proyecto.

Una vez realizado el proyecto y concesionado, ha sido posible su funcionamiento, basado en las garantías técnicas se dieron al hacer la ingeniería del proyecto, la buena organización y administración mantenida durante los cinco años de operación produciendo energía eléctrica e iluminando las 55 viviendas que abarca los beneficios del proyecto. Está siendo un proyecto autosostenible, en base a una asunción de responsabilidad, respondiendo positivamente a los requerimientos del proyecto, técnica y financieramente para garantizar el funcionamiento a la fecha (Julio 2005) y el buen funcionamiento a largo plazo. En tales condiciones, el proyecto está siendo sostenible y ha generado la posibilidad de ampliar la producción de energía eléctrica, para contribuir al desarrollo económico y bienestar social de las familias y cada de cada una de las personas que están en la posibilidad de ser o que sean económicamente activos, adolescentes y adultos.

CAPÍTULO VI

CONSIDERACIONES, CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

6.1 CONSIDERACIONES

La electrificación rural con minicentrales hidroeléctricas, con fines de iluminación domiciliar, impulsa el desarrollo socioeconómico, diversifica las ocupaciones y es fuentes de empleo en este sector y principalmente mejora la calidad de vida de sus habitantes en los aspectos básicos de bienestar familiar.

Hasta el año 1999, en Carolina, comunidad La Chacra, en las viviendas de estas familias no era posible alumbrarse con energía eléctrica, contrastando con la población de algunos alrededores. Teniendo buena organización, conciencia del problema y sus necesidades, habiendo gestionado con instituciones del estado, no se les posibilitaba tal beneficio. La extrema pobreza con que se enfrentan, los dejaba sin opciones de bienestar y les provocaba grandes limitaciones; esto, es causa para que, aunque los recursos naturales del lugar tengan la posibilidad de explotación, su concesión requiere inversión y formas sistematizadas de gestión que viabilicen la solución de cada uno de los problemas que impactan el bienestar y la permanencia de los pobladores en sus cantones, en tal caso, el alumbrado eléctrico domiciliar.

La realización de pequeños proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico en comunidades rurales, a partir de los muy pocos recursos con que cuentan los habitantes de este sector, son de carácter social. Para la realización de estos proyectos, sobretodo, en la etapa de construcción donde se da la

inversión más grande en poco tiempo y con los pocos recursos que pueden aportar para este fin las comunidades rurales a las que están dirigidos, es importante el apoyo económico externo, por entidades gubernamentales y no gubernamentales, en forma de inversión social, donaciones, donde no se busca rentabilidad económica, sino, aportar al desarrollo social del sector rural, por medio de la electrificación, además de integrarlos a los otros sectores sociales del país. También, es importante el apoyo técnico, que garantice que cada etapa del proyecto se apegue a los requerimientos técnicos y legales ya establecidos por las instituciones a cargo de la concesión de estos proyectos.

El interés comunitario, como beneficiarios, en la realización de los proyectos hidroeléctricos, y la agilidad del proceso a seguir en su formulación, gestión, concesión, realización, operación y mantenimiento, es de vital importancia, así como el compromiso, responsabilidad y participación activa organizada de la comunidad en todas estas etapas, para que se desarrolle con éxito, tal como en la comunidad La Chacra, ubicada en Carolina San Miguel, la cual está siendo beneficiada con la energía eléctrica que genera la Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra, la cual, está organizada y representada por una junta directiva que tiene personería jurídica como ADESCO (Asociación para el Desarrollo Social Comunitario), está siendo apoyada por la ONG SABES, económica y técnicamente, en todas las etapas del proyecto, incluso

en la etapa actual de operación y mantenimiento, lo cual ha facilitado la gestión y realización de las diferentes etapas del proyecto.

Es determinante, que para la factibilidad de este tipo de proyectos, la comunidad esté cerca de un río con caudal ecológico permanente y suficiente, con el potencial hidráulico capaz de abastecer la demanda de la comunidad, se aprovechen los recursos naturales y la topografía del lugar, tener pleno conocimiento de las condiciones y condición de los recursos con que se cuenta, a través de los distintos estudios técnicos temáticos, tal que el diseño de la infraestructura y de la obra electromecánica, la maquinaria y equipo de la minicentral hidroeléctrica, tome en cuenta todos estos aspectos, con el propósito de minimizar los costos de inversión para su realización, y a la vez, que sea funcional con tecnología simplificada, modo de operación y mantenimiento sencillo, para que la misma comunidad, previa capacitación, participe haciéndose cargo de esta etapa, tal como sucede en la comunidad la Minicentral Hidroeléctrica La Chacra, en la que la comunidad misma asigna al personal para la operación y mantenimiento rutinario de todo el sistema de generación de energía eléctrica, organizándose en grupos para realizar reparaciones, según lo requiera el caso; de todas esta actividades está informada la ONG SABES, que colabora con la verificación y reparación de los elementos que requieren de personal profesional especializado.

Al realizar la planificación y financiamiento de pequeños proyectos hidroeléctricos para el desarrollo rural, es importante tomar en cuenta los fondos necesarios para asegurar el mantenimiento y la eventual reparación de obras y equipos durante las etapas iniciales del funcionamiento por ajustes y calibración de equipos, cuando aún el proyecto no haya generado fondos propios para estos fines, al no hacerlo, se procurará la paralización de la planta hidroeléctrica.

Actualmente, hay procedimientos más ágiles, métodos y técnicas, profesionales técnicos que con enfoques de tecnología apropiada y comunidades con buena organización comunal, posibilitan realización de los proyectos de baja o pequeña escala, que mejoran la calidad de vida de las personas y desarrollan el área geográfica que habitan. Esto, en tanto se cumpla con requisitos y factores propios de la concesión de los proyectos, tales como: económicos, legales, administrativos y organizacionales; así como los de interés propio de la comunidad beneficiaria.

6.2 CONCLUSIONES

- La buena organización que poseen los habitantes de la comunidad la Chacra es fundamental para que el proyecto funcione permanentemente y tenga ya 5 años de operación eficiente, sustentando la necesidad de energía eléctrica a los beneficiarios y ayuda a interrelacionarse con el

medio exterior de la comunidad, ya que por medio de la radio y televisión pueden enterarse de lo que está pasando a su alrededor, en su entorno local y regional.

- Este tipo de proyectos son sostenibles y sustentables, por lo que ayudan a los beneficiarios a salir de la extrema pobreza, relativamente, basado en la producción de energía eléctrica, generando grandes beneficios predominantemente sociales con inversiones a baja escala.
- Por lo general, las personas que habitan en una comunidad rural usualmente no tienen una educación formal, sin embargo, es posible crear un modelo organizacional para realizar proyectos en beneficio de todos, buscando bienestar común y superar la extrema pobreza.
- Los proyectos mini centrales hidroeléctricas, siguen una metodología cumpliendo requisitos legales, casi siempre en la realidad se ven rebasados por la necesidad de un interés real en la administración y mantenimiento del proyecto, para lo cual, se requiere un sistema de organización activo en la operación del proyecto. En el caso de la Comunidad La Chacra esta tiene una junta directiva con personería jurídica, la cual en administración compartida con la ONG SABES, controlan el funcionamiento de la minicentral hidroeléctrica, de manera

que los beneficios resultantes satisfagan a los usuarios, que a su vez tienen una responsabilidad de colaboración conjunta para actividades de mantenimiento preventivo y correctivo del proyecto en cuanto a mano de obra y económicamente, según sus posibilidades, respaldados por la ONG SABES.

- La capacidad de gestión ante organismos gubernamentales y no gubernamentales, conlleva hacer planteamientos reales con datos apegados a la realidad que logren convencer al donante o al inversionista, que vale la pena aportar o invertir en este tipo de proyectos de beneficio colectivo y de larga duración. En este sentido, algunos de los líderes comunales se involucran en el proyecto de tal forma que una vez iniciado el proceso, se llegue a un feliz término. Por lo cual, son importantes las siguientes etapas: gestión, ejecución, terminación de la obra, y mantenimiento, que implica un seguimiento permanente de los problemas administrativos. Asimismo, informar a la comunidad periódicamente para el buen desarrollo de los proyectos y fomentar la confianza interna.

6.3 RECOMENDACIONES

- A la directiva de la comunidad y a la ONG, SABES, Formular un manual técnico y administrativo y un reglamento, conteniendo lineamientos para

el mantenimiento, control y uso de la minicentral hidroeléctrica la Chacra, éste deberá ser redactado en un lenguaje sencillo y de fácil comprensión para personas que sólo sepan leer y escribir; además, que contenga gráficos y dibujos que muestren cómo realizar cada actividad, así, las personas que aún no puedan leer, se guíen por medio de los dibujos.

- A los operadores encargados de manipular y vigilar los controles de funcionamiento, concientizarlos de monitorear periódicamente todas las partes de la minicentral hidroeléctrica con el objetivo de poder detectar preventiva y correctivamente, cualquier anomalía o fallo en una o las partes del sistema de la minicentral hidroeléctrica, y así poder aplicar el mantenimiento correctivo a tiempo, antes que el problema se pueda volver más crítico. Si lo observado está fuera del alcance de los pobladores encargados, esto requiere que inmediatamente se informe a la ONG (Dr. Boigues) para que sea él quien determine a la persona idónea para revisar y solventar cualquier inconveniente del buen funcionamiento.
- A las comunidades, en los proyectos hidroeléctricos, cuando se haga uso del agua de pequeños ríos, es necesario que el agua extraída, se reintegre en su totalidad, luego de ser utilizada por la turbina; por lo tanto, no se deben permitir extracciones piratas ya que a mediano o largo

plazo pueden causar impactos negativos en el recurso, y la SIGET podría cancelarles el proyecto.

- Al gobierno central y a las municipalidades, promover proyectos de capacitación, para ir reduciendo cada vez, el nivel de analfabetismo en este tipo de comunidades y la desocupación de los pobladores con la creación de talleres vocacionales, donde las personas puedan aprender un oficio diferente a la agricultura, que les sirva como medio de trabajo y superación para poder así disminuir el nivel de extrema pobreza en el que se encuentran estas familias y comunidades

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOTECA ENCARTA 2004

Carlos Lemus Ayala, 1970. "Investigación Sobre La Factibilidad de Construir un Embalse en el Río Sucio para el Abastecimiento de Agua Potable", Tesis-UES D.I. Civ. 1970, I 5. Volumen 3

Carrasco, Alfonso. "La electricidad en el Perú, política estatal y electrificación rural" - ITDG - Lima 1990.

Conesa García, C., Alarcón, C., escudero, A.L., Ruiz, O. y Sánchez, L.(1993): Impacto medioambiental de la presa del Azud de Ojós (curso medio del Segura), en Nuevos Procesos Territoriales. XIII Cong. Nac. de Geografía, Sevilla.

Chow, Ven Te. 1985.Hidráulica de los canales abiertos. Edit. Diana. México. 633 pp.

Cubillo, F. , C. Casado y V. Castrillo. Estudio de Regímenes de Caudales Mínimos en los Cauces de la Comunidad de Madrid. Agencia de Medio Ambiente. Madrid. 305 pg.

Boies Luis, R. Godínez y O. M. Alvarez .1999.Estudio de factibilidad técnica, para minicentral hidroeléctrica en comunidad la Chacra, El Salvador.

Encuesta de Hogares,1994,Digestyc

Garcia De Jalon, D. 1990. Técnicas hidrobiológicas para la fijación de caudales ecológicos mínimos. En: Libro homenaje al Profesor D. M. García de Viedma. A. Ramos, A. Notario & R. Baragaño (eds.). FUCOVASA. UPM. Madrid.Diccionario de los Municipios,1990, Digestyc.

Gonzalez G., Luis. 1960. Turbinas Hidroeléctricas, Teoría de las Turbinas Banki o Michell.(art.37 a 47). Publicación de la Universidad de Costa Rica, Serie Ingeniería y Arquitectura Nº 2. Ciudad Universitaria. Cap V. Pág. 153 a 180. Costa Rica, C.A.

Guido Armando Lucha, 1959. "Estudio de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos del Valle de Zapotitan" , Tesis UES D.I. Civ. 1959 L8.

Huaroto y Nuñez. "La problemática energética global". Ponencia I, Seminario de Hidroenergía y Desarrollo Rural - Cusco 1988.

Huaroto y Nuñez. 1988. La problemática energética global. Ponencia I, Seminario de Hidroenergía y Desarrollo Rural – Cusco, Perú.

MIDEPLAN-CNE. Evaluación de Proyectos de Electrificación Rural, 2002.

Nassir y Reinaldo Sapag Chain. 1995. Preparación y Evaluación de Proyectos. Tercera Edición.

MIDEPLAN, Departamento de Inversiones, 1992. Inversión Pública, Eficiencia y Equidad. Chile

PETTS, G.E. 1978. The adjustment of River Channel Capacity Downstream from Reservoirs in Great Britain. Univ. of Southampton, UK.

PETTS, G.E. 1980b). Morphological changes of river channels consequent upon eadwater impoundment. Journal of the Institution of Water Engineers and Scientits.

PETTS, G.E. y PRATT, J.D. (1983): «Channel changes resulting from low-flow regulation on a lowland river, England», Catena, 10 (V2), pp. 77-85.

Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, SIGET.
Acuerdo N°. 59-E-2001 “Normas Aplicables al Procedimiento de Licitacion para el Otorgamiento de Concesiones de Recursos Geotermicos e Hidraulicos con Fines de Generación Eléctrica”, Agosto del 2001, El Salvador.

Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, SIGET,
Acuerdo N°. 283-E-2003 “Procedimiento Abreviado para el Otorgamiento de Concesiones de Recursos Geotérmicos e Hidráulicos con Fines de Generación Eléctrica para Plantas Generadoras con Capacidad Nominal Total, Igual o Menor de Cinco Megavatios”, Octubre 2003, El Salvador.

[www .siget.gob.sv/Electricidad/leyelectricidad.htm](http://www.siget.gob.sv/Electricidad/leyelectricidad.htm).

[www.siget.gob.sv/sector electricidad/leyes reglamentos y acuerdos/ Acuerdos Gerencia de Electricidad 2001](http://www.siget.gob.sv/sector%20electricidad/leyes%20reglamentos%20y%20acuerdos/Acuerdos%20Gerencia%20de%20Electricidad%202001).

www.geocities.com/RainForest/Watershed/7506/aems/marco_manual.htm

www.anda.gob.sv

www.marn.gob.sv

www.conae.gob.mx/work/secciones/763/imagenes/CursoMCH-Cajamarca.doc

www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/NotTecnicas/ENE RHIDROEL/mh.htm

www2.ing.puc.cl/power/alumno98/rural/pagina9.html

www.nadi-ingenieros.com/nadi/energias_renovables/minicentrales.html

www.geocities.com/RainForest/Watershed/7506/aems/definicion/definicion.html

Alberto Agirre Gaitero. Definición y Funcionamiento de La Minicentral Hidroeléctrica.

www.cps.unizar.es/~isf/html/mimr03a.html

www.uclm.es/area/ing_rural/Trans_hidr/Tema10.PDF

www.idae.es/revision-rite/documentos/ITE-03-5.pdf

www.um.es/dp-geografia/papeles/n30. Carmelo Conesa García, 1999. Cambio ambiental y Equilibrio Dinámico de los Cauces. Papeles de Geografía, nº 30.
LEOPOLD, L.B. 1973. River channel change with time: an example, Bulletin of the Geological Society of America.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Algas epilíticas. Viven en diversos sustratos como rocas, sobre otras plantas.

Alta tensión (electricidad): Tensión cuyo valor entre fases es superior a 400 V.

Amperio [A]: El amperio es la intensidad de una corriente eléctrica constante que, mantenida en dos conductores rectilíneos paralelos, de longitud infinita con sección circular despreciable y colocados a 1 metro de distancia uno de otro en el vacío, produciría entre dichos conductores una fuerza igual a $2 \cdot 10^{-7}$ newtonios por metro de longitud. Alternativamente, es la velocidad de flujo de carga en un conductor de 1 culombio por segundo.

Ambiente Hiporreico. Es el agua que empapa el lecho del río.

Amperio-hora [Ah]: Cantidad de electricidad que corresponde al peso de un amperio durante una hora. Generalmente se utiliza esta unidad para medir la capacidad de carga de una batería.

Area frágil. Zona costera-marina ambientalmente degradada, áreas silvestres protegidas y zonas de amortiguamiento, zonas de recarga acuífera y pendientes de más de treinta grados sin cobertura vegetal ni medidas de conservación y otras que por ley se hayan decretado como tales.

Area natural protegida. Aquellas partes del territorio nacional legalmente establecida con el objeto de posibilitar la conservación, el manejo sostenible y restauración de la flora y la fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significación por su función o sus valores genético, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores, de tal manera que preserven el estado natural de las comunidades bióticas y los fenómenos geomorfológicos únicos.

Baja tensión (electricidad): Tensión cuyo valor entre fases es igual o inferior a 400 V.

Bentos. Constituido por los organismos tanto vegetales como animales que viven relacionados con el fondo, semienterrados, fijos o que pueden moverse sin alejarse demasiado de él, su hábitat suele ser la superficie y los pocos centímetros superiores del material del fondo del lecho del río formado por arena, rocas o fango. Las comunidades bentónicas son muy diversas según la naturaleza del sustrato (roca, arena, limo) y la profundidad. Los organismos bentónicos tienen escasa o ninguna capacidad de natación, lo cual les permite adoptar formas que no se ajustan a exigencias hidrodinámicas y, como no se enfrentan con problemas de flotación, pueden desarrollar estructuras esqueléticas gruesas como conchas y alcanzar tamaños considerables; por

ejemplo, el molusco bivalvo del Pacífico. Dentro de los bentos, los organismos vegetales se fijan directamente en el fondo, mientras que los animales se pueden anclar, enterrar o reptar.

Biomasa. Masa de materia orgánica, no fósil, de origen biológico. Una parte de este recurso puede ser explotado eventualmente, con fines energéticos. Aunque las distintas formas de energía de la biomasa se consideran siempre como renovables ha de hacerse notar que su índice de renovación es variable; está condicionado por los ciclos estacionales y diarios del flujo solar, los azares climáticos y el ciclo de crecimiento de las plantas, y puede ser afectado por una explotación demasiado intensiva. Sin embargo, por razones estadísticas puede considerarse su renovación por ciclos anuales.

Biogas: Gas constituido principalmente por una mezcla de metano y bióxido de carbono y que proviene de la fermentación anaerobia (denominada "fermentación metánica") de la biomasa. El metano obtenido después de la separación se llama biometano.

Capacidad de carga. Propiedad del ambiente para absorber o soportar agentes externos, sin sufrir deterioro tal que afecte su propia regeneración o impida su renovación natural en plazos y condiciones normales o reduzca significativamente sus funciones ecológicas.

Clausura. El cierre e inhibición de funcionamiento de un establecimiento, edificio o instalación, por resolución administrativa o judicial, cuando, de acuerdo a la ley, su funcionamiento contamine o ponga en peligro los elementos del ambiente, el equilibrio del ecosistema, o la salud y calidad de vida de la población.

Compensación ambiental. Conjunto de Mecanismos que el Estado y la población puede adoptar conforme a la ley para reponer o compensar los impactos inevitables que cause su presencia en el medio ambiente. Las compensaciones pueden ser efectuadas en forma directa o a través de agentes especializados, en el sitio del impacto, en zonas aledañas o en zonas más propicias para su reposición o recuperación.

Conservación. Conjunto de actividades humanas para garantizar el uso sostenible del ambiente, incluyendo las medidas para la protección, el mantenimiento, la rehabilitación, la restauración, el manejo y el mejoramiento de los recursos naturales y ecosistema.

Consumo equivalente: Es el consumo de energía expresado en una unidad común, como por ejemplo en kWh, utilizando para ello factores de conversión.

Contaminación. La presencia o introducción al ambiente de elementos nocivos a la vida, la flora o la fauna, o que degraden la calidad de la atmósfera, del agua, del suelo o de los bienes y recursos naturales en general, conforme lo establece la ley.

Contaminación sónica. Sonidos que por su nivel, prolongación o frecuencia afecten la salud humana o la calidad de vida de la población, sobrepasando los niveles permisibles legalmente establecidos.

Contaminante. Toda materia, elemento, compuesto, sustancias, derivados químicos o biológicos, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos en cualquiera de sus estados físicos que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier otro elemento del ambiente, altere o modifique su composición natural y degrade su calidad, poniendo en riesgo la salud de las personas y la preservación o conservación del ambiente.

Control ambiental. La fiscalización, seguimiento y aplicación de medidas para la conservación del ambiente.

Culombio [C]: El culombio es la unidad de cantidad de electricidad transportada en 1 segundo por una corriente de 1 amperio.

Daño ambiental. Toda pérdida, disminución, deterioro o perjuicio que se ocasione al ambiente o a uno o más de sus componentes, en contravención a las normas legales. El daño podrá ser grave cuando ponga en peligro la salud de grupos humanos, ecosistema o especies de flora y fauna e irreversible, cuando los efectos que produzca sean irreparables y definitivos.

Desarrollo sostenible. Es el mejoramiento de la calidad de vida de las presentes generaciones, con desarrollo económico, democracia política, equidad y equilibrio ecológico, sin menoscabo de la calidad de vida de las generaciones venideras.

Desastre ambiental. Todo acontecimiento de alteración del medio ambiente, de origen natural o inducido, o producido por acción humana, que por su gravedad y magnitud ponga en peligro la vida o las actividades humanas o genere un daño significativo para los recursos naturales, produciendo severas pérdidas al país o a una región.

Desechos. Material o energía resultante de la ineficiencia de los procesos y actividades, que no tienen uso directo y es descartado permanentemente.

Desechos peligrosos. Cualquier material sin uso directo o descartado permanentemente que por su actividad química o por sus características corrosivas, reactivas, inflamables, tóxicas, explosivas, combustión espontánea, oxidante, infecciosas, bioacumulativas, ecotóxicas o radioactivas u otras características, que ocasionen peligro o ponen en riesgo la salud humana o el ambiente, ya sea por si solo o al contacto con otro desecho.

Desertificación. El proceso de la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y sub-húmedas, secas resultantes de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas. Proceso mediante el cual una zona se va convirtiendo en un desierto.

Destrucción, disposición final o desnaturalización. Eliminación física, o transformación en productos inocuos de bienes nocivos o peligrosos para el ambiente, el equilibrio de los ecosistemas y la salud y calidad de vida de la población, bajo estrictas normas de control.

Dimensión ambiental. Estrecha interrelación que debe existir entre el ambiente y el desarrollo; indica una característica que debe tener todo plan de desarrollo, bien sea local, regional, nacional o global, y que se expresa en la necesidad de tener en cuenta la situación ambiental existente y su proyección futura,

incorporando elementos de manera integral en el proceso de planificación y aplicación práctica.

Diversidad biológica. Variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres y marinos, otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte. Comprende la diversidad de genes, especies y ecosistemas.

Ecoeficiencia. Forma de producir o de prestar un servicio, con énfasis en la disminución de costos económicos y ambientales, así como de la intensidad del uso de los recursos, a través del ciclo de vida del producto o servicio, respetando la capacidad de carga de los ecosistemas.

Ecosistema. Es la unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados.

Educación ambiental. Proceso de formación ambiental ciudadana, formal, no formal e informal, para la toma de conciencia y el desarrollo de valores, concepto y actitudes frente a la protección, conservación o restauración, y el uso sostenible de los recursos naturales y el medio ambiente.

Endémico. Especie o fenómeno que se circunscribe u ocurre, o se encuentra mayormente o preferentemente, en un territorio o ecosistema determinado.

Energía eólica. La energía eólica está ligada a la actividad solar que origina sobre el planeta diferencias de presión atmosférica y de temperatura. Las corrientes horizontales de aire actúan permanentemente sobre el conjunto del globo con flujos verticales de aire debido a la evaporación de superficies marítimas extensas.

Energía hidráulica: Energía potencial y cinética de las aguas.

Energía solar: Aunque las energías eólica, hidráulica, de la biomasa y otras tienen también origen solar, para los fines de este glosario se considerará como energía solar a aquella en que se utiliza directamente el calor o la luz del sol.

Energía: Capacidad de un sistema para producir acciones externas (Max Planck). Entre las formas que se manifiesta están: Energías mecánicas, energía eléctrica. En un contexto técnico económico, el término trabajo se utiliza, a veces, para designar la energía consumida en un proceso, mientras que potencia es el trabajo realizado por unidad de tiempo (o dicho de otra forma, una potencia de 1 kW ejercida durante una hora, equivale a una energía de 1 kWh). Fuerza, que, en sentido estricto, es un factor vectorial que produce

cambios de dirección o velocidad en un cuerpo en movimiento, o deformaciones en el caso de un cuerpo mantenido en equilibrio por otras fuerzas, se usa a veces para designar energía o potencia (como ocurre, por ejemplo, con la expresión fuerza hidráulica empleada algunas veces en textos oficiales). Unidad : el julio o Joule (J).

Energía comercial o convencional: Energía que es objeto de una transacción comercial, lo que facilita su cuantificación.

Energía final (energía suministrada): Energía suministrada al consumidor para ser convertida en energía útil.

Energía no comercial o no convencional (recursos energéticos no comerciales). Formas de energía que no son objeto de intercambio comercial, difícilmente contabilizables en los balances, aunque éstos se establezcan a partir de flujos físicos no monetarios, ya que los productos obtenidos por apropiación directa no pueden ser cuantificados más que mediante encuestas hechas a los propios consumidores. Esta definición es teórica ya que no corresponde totalmente a la práctica en la que se utiliza, con frecuencia, la expresión "energía no comercial" en lugar de "energía tradicional". Por ejemplo la leña, el carbón vegetal y los desechos pueden ser objeto de transacciones comerciales. La energía denominada "no comercial" procede generalmente de productos vegetales o

animales, a veces como subproducto de actividades agrícolas, forestales o incluso industriales; también puede aplicarse este término a la energía solar o eólica o a pequeñas instalaciones hidráulicas en explotaciones individuales o semi-individuales.

Energía primaria: Energía que no ha sido sometida a ningún proceso de conversión.

Energía útil o neta: Energía de que dispone el consumidor después de la última conversión realizada por sus propios aparatos, es decir, descontando todas las pérdidas.

Energización (de actividades): Uso de mayor cantidad de energía en proporción al esfuerzo humano.

Elasticidad-precio de la demanda: Relación entre el incremento relativo del volumen de la demanda y el incremento relativo de la variación de los precios.

Electrificación: Proceso de suministro de electricidad a una para diversos usos en poblados, comunidades, cantones, sector o zona.

Erosión: Desgaste de la superficie terrestre por agentes externos como el agua o el viento.

Establecimiento o instalación peligrosa. Aquella que por el tipo de los productos que elabora; o de la materia prima que utiliza, puede poner en grave peligro la salud, la vida o el medio ambiente, tales como fábricas de explosivos, almacenes de sustancias tóxicas o peligrosas, fundiciones de minerales y las que produzcan radiaciones.

Estudio de impacto ambiental. Instrumento de diagnóstico, evaluación, planificación y control, constituido por un conjunto de actividades técnicas y científicas realizadas por un equipo multidisciplinario, destinadas a la identificación, predicción y control de los impactos ambientales, positivos y negativos, de una actividad, obra o proyecto, durante todo su ciclo vital, y sus alternativas, presentado en un informe técnico; y realizado según los criterios establecidos legalmente.

Evaluación ambiental. El proceso o conjunto de procedimientos, que permite al Estado, en base a un estudio de impacto ambiental, estimar los efectos y consecuencias que la ejecución de una determinada obra, actividad o proyecto puedan causar sobre el ambiente, asegurar la ejecución y seguimiento de las

medidas que puedan prevenir, eliminar, corregir, atender, compensar o potenciar, según sea el caso, dichos impactos.

Factor de carga: Relación entre el consumo en un período de tiempo especificado (año, mes, día, etc.) y el consumo que resultaría de la utilización continua de la demanda máxima, u otra especificada, que se haya producido en el mismo período.

Fitoplancton. Está constituido por algas microscópicas unicelulares, filamentosas o coloniales, generalmente con capacidad fotosintética y que contienen, entre otros, pigmentos clorofílicos.

Formulario ambiental. Documento con carácter de declaración jurada que se presenta a la autoridad ambiental competente, de acuerdo a un formato pre-establecido, que describe las características básicas de la actividad o proyecto a realizar, que por ley requiera de una evaluación de impacto ambiental como condición previa a la obtención de un permiso ambiental.

Frezadero. Lugar donde los peces se reproducen, derivado de Freza o Desove, nombre con que se conoce tanto al periodo de reproducción de los peces como al acto de reproducción en sí mismo, siendo esta última acepción la más estrictamente correcta.

Fuerza motriz: Es aquel uso final de la energía que permite el desplazamiento de objetos.

Gestión pública ambiental. Todas las actividades o mandatos legales que realiza o ejecuta el Estado o las municipalidades en relación al medio ambiente con consecuencia o impacto en el mismo.

Hábitat lóticos. Los hábitats de las corrientes de agua o lóticos, incluyen todas las partes del curso de los ríos: los arroyos y manantiales de su cabecera, la zona central del valle, con sus remansos y sus rápidos, la zona de la llanura aluvial, y los estuarios en los que vierten sus aguas al mar.

Hábitat léntico. Los ecosistemas de las aguas inmóviles, llamados lénticos (lagunas, pantanos y lagos de agua dulce), se pueden distinguir varios Hábitats. Una zona de aguas poco profundas próxima a la orilla (zona litoral); una zona de aguas abiertas superficiales que recibe luz suficiente para que pueda producirse la fotosíntesis (zona limnética o pelágica) y una zona, que se sitúa debajo de la anterior, en la que la luz no llega con la intensidad suficiente para que pueda desarrollarse la fotosíntesis (zona profunda).

Impacto ambiental. Cualquier alteración significativa, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocados por acción humana o fenómenos naturales en un área de influencia definida.

Impacto ambiental: Efecto de los cambios debido a factores bióticos y no bióticos sobre un ecosistema. Los factores bióticos son los provocados por la acción de organismos vivos (hombres, animales, plantas) y los no bióticos, provocados por la influencia de factores inanimados (climatológicos, edafológicos).

Inversor (alternador): Instalación cuya finalidad es convertir la corriente continua en corriente alterna.

Macroinvertebrados acuáticos. Se emplea como abstracción que incluye aquellos animales invertebrados, que por su tamaño relativamente grande, son retenidos por redes de luz de malla entre 250-300 μm . La gran mayoría de los mismos (alrededor del 80%) corresponden a los artrópodos, como los insectos, especialmente en su forma larvaria.

Medio ambiente. El sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con los individuos y con la

comunidad en la que viven, determinando su relación y sobrevivencia, en el tiempo y el espacio.

Módulo solar: Elemento básico, manejable o transportable, de un sistema fotovoltaico compuesto por células solares interconectadas. La densidad de ocupación expresa la relación entre la superficie de todas las células y la del módulo sobre el que están montadas.

Niveles permisibles de concentración. Valores o parámetros que establecen el máximo grado de concentración de contaminantes que pueden ser vertidos en una fuente, ducto o chimenea, en lugares en donde se efectúa un monitoreo o control de los contaminantes durante el proceso de producción o la realización de una actividad.

Niveles permisibles de exposición. Valores de un parámetro físico, químico o biológico, que indican el máximo o mínimo grado de concentración, o los períodos de tiempos de exposición a determinados elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, cuya presencia en un elemento ambiental puede causar daños o constituir riesgo para la salud humana.

Normas técnicas de calidad ambiental. Aquellas que establecen los valores límite de concentración y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, derivados químicos o biológicos, radiaciones, vibraciones, ruidos, olores o combinaciones de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueden constituir un riesgo para la salud o el bienestar humano, la vida y conservación de la naturaleza.

Obligación de reparar el daño. Deber legal de restablecer el medio ambiente o ecosistema, a la situación anterior al hecho, que lo contaminó, deterioró o destruyó, cuando sea posible, o en dar una compensación a la sociedad en su conjunto, que sustituya de la forma más adecuada y equitativa el daño, además de indemnizar a particulares por perjuicios conexos con el daño ambiental, según corresponda.

Ohmio [Ω]: El ohmio es la unidad de resistencia eléctrica: resistencia entre dos puntos de un conductor, cuando una diferencia constante de potencial de 1 voltio, aplicada entre ellos, produce en ese conductor una corriente de 1 amperio, siempre que no exista una fuerza electromotriz en el conductor.

Panel solar: Conjunto de módulos solares, montados en serie, en paralelo, o en forma mixta. La estructura global constituida por esas distintas configuraciones

de paneles y su soporte forman un generador solar cuyas características (superficie ocupada, corriente suministrada, etc.) pueden definirse claramente.

Perifiton. Algas microscópicas que crecen adheridas a substratos sólidos en el medio acuático, ya sean piedras, palos, vegetación acuática, etc.

Permiso ambiental. Acto administrativo por medio del cual el Ministerio de acuerdo a esta ley y su reglamento, a solicitud del titular de una actividad, obra o proyecto, autoriza a que estas se realicen, sujetas al cumplimiento de las condiciones que este acto establezca.

Plan de abandono. El documento, debidamente aprobado por el Ministerio, que contiene las acciones y plazos para su realización, que legalmente debe realizar el titular de una concesión de exploración o explotación de minerales o hidrocarburos, para restablecer el medio ambiente o realizar medidas compensatorias, en su caso, después de terminar las labores de exploración o explotación.

Plancton. Organismos acuáticos microscópicos que viven en suspensión en el agua.

Procesos ecológicos esenciales. Aquellos procesos que sustentan la productividad, adaptabilidad y capacidad de renovación de los suelos, aguas, aire y de todas las manifestaciones de vida.

Procesos peligrosos o de peligro. Los que por el tipo de tecnología que aplican, la materia prima que usan o transforman o los productos que generen, pongan o puedan poner en peligro la salud, la vida humana, los ecosistemas o el medio ambiente, tales como la fabricación, manipulación, almacenamiento y disposición final de sustancias tóxicas, peligrosas, radioactivas.

Potencia: Energía suministrada por unidad de tiempo (ver definición de energía).

Potencia nominal: Potencia máxima, en régimen continuo, para lo que ha sido prevista y dimensionada la instalación.

Potencialidades de desarrollo: Mejoras posibles en los diversos ámbitos que contribuyen al desarrollo de una sociedad. Se entiende por desarrollo de la sociedad al proceso en el cual se procura obtener, en forma armónica: 1) el mejoramiento de la capacidad de autodeterminación, o capacidad de la sociedad para tomar sus decisiones de acuerdo a sus propios intereses; 2) el mejoramiento de la calidad de vida, o capacidad de la sociedad para satisfacer

las necesidades de sus miembros y para permitirles ejercitar sus potencialidades personales; y 3) el mejoramiento de la sustentabilidad de la sociedad, o capacidad de mantener en el largo plazo el mejoramiento de la calidad de vida, base de recursos propios.

Recursos naturales. Elementos naturales que el hombre puede aprovechar para satisfacer sus necesidades económicas, sociales y culturales.

Red de distribución: Conjunto de conducciones, canalizaciones, estaciones de servicio y otras instalaciones comunicadas entre sí (interconectadas). La denominación de una red depende de su función, manera de explotarla, tensión, presión, calidad y estatuto jurídico.

Reglas técnicas. Las directrices o criterios que regulan las relaciones del ser humano con su medio ambiente con la finalidad de asegurar el equilibrio ecológico.

Requerimientos energéticos: Mínimo flujo de energía que se debe suministrar para una actividad. Los requerimientos se presentan en forma de energía útil.

Sistema energético centralizado: Sistema de transformación de energía basado en la explotación de recursos concentrados para satisfacer grandes requerimientos concentrados.

Sistema energético descentralizado (SED): Sistema de transformación de energía basado en la operación de unidades con una potencia equivalente inferior a 200 kW, cuyo objeto sea abastecer los requerimientos de localidades rurales aisladas, y que utilizan, más frecuentemente que en el caso de los sistemas centralizados, recursos locales (materias primas, recursos energéticos, mano de obra, etc.).

Sistema híbrido: Sistema de transformación de energía basado en la operación de unidades que utilizan dos o más fuentes distintas de energía, como por ejemplo los sistemas diesel-eólicos.

Sustentabilidad: Capacidad de mantenerse en el largo plazo.

Suspensión. La cesación temporal de permisos, licencias, concesiones, o cualquier autorización de instalación o de funcionamiento de una actividad, obra o proyecto, cuando conforme a los preceptos y procedimientos establecidos por ley se compruebe que se han violado las leyes y reglamentos

ambientales que dieron lugar al otorgamiento de dichos permisos, licencias y concesiones.

Sustancias peligrosas. Todo material con características corrosivas, reactivas, radioactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o con actividad biológica.

Tracción: Acción y efecto de tirar de alguna cosa para moverla o arrastrarla.

Uso final de la energía: Se refiere al uso de energía para satisfacer los requerimientos iluminación, calefacción, fuerza motriz, etc.

Vegetación riparia. Vegetación ubicada en las márgenes de los Ríos, Arroyos, Cañadas con agua y Secas. Este tipo de cobertura esta limitada en amplitud ya que bordea las fuentes de agua o patrones de drenajes naturales. Su importancia radica en ser unidades protectoras de agua, nichos de hábitat para alimentación y refugio de fauna.

Voltio [V]: El voltio es la unidad de fuerza electromotriz, de diferencia de potencial o de tensión: diferencia de potencial eléctrico existente entre dos puntos de un conductor recorrido por una corriente de 1 amperio, desarrollando una potencia de 1 watio.

Watio [W]: El watio es la unidad de potencia de un sistema energético al que es transferida uniformemente una energía de 1 julio durante 1 segundo.

Zona de recarga acuífera. Lugar o área en donde las aguas lluvias se infiltran en el suelo, las cuales pasan a formar parte de las aguas subterráneas o freáticas.

Zooplancton. Embargo, está formado por animales microscópicos, básicamente microcrustáceos, rotíferos y protozoos.

ANEXOS

**1.1 PROGRAMA DE VISITAS AL PROYECTO MINICENTRAL
HIDROELECTRICA COMUNIDAD LA CHACRA.**

VISITA	OBJETIVO	FECHA	CONTACTOS
VISITA 1	Reconocimiento del lugar del proyecto y sus condiciones. Reconocer los componentes del sistema de Minicentral Hidroeléctrica La Chacra	22/05/2004	Directiva de la Comunidad y encargado del sistema de Generación.
VISITA 2	Condiciones de la obra civil del la Minicentral Hidroeléctrica la Chacra, Coordinación de Administración y Mantenimiento de la misma	19/06/2004	Directiva de la Comunidad y encargado del sistema de Generación.
VISITA 3	Condiciones de la obra civil del la Minicentral Hidroeléctrica la Chacra, Coordinación de Administración y Mantenimiento de la misma	03/08/2004	Directiva de la Comunidad y encargado del sistema de Generación.
VISITA 4	Costos de operación y Mantenimiento del Proyecto en Marcha	24/02/2005	Directiva de la Comunidad y encargado del sistema de Generación.
VISITA 5	Encuesta a la población sobre cuotas de pago por uso del servicio de la Minicentral Hidroeléctrica La Chacra	07/03/2005	Directiva de la Comunidad y encargado del sistema de Generación.
VISITA 6	Forma de Administración y control del funcionamiento del proyecto	18/07/2005	Directiva de la Comunidad .
VISITA 7	Verificación de estado actual de la infraestructura y calidad del servicio	24/03/2005	Directiva de la Comunidad y encargado del sistema de Generación.

ANEXO 1.3 RECURSOS Y PRESUPUESTO

Presupuesto de los costos estimados de este estudio.

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO US(\$)	TOTAL US(\$)
Electricidad	600	kwh	0.08	48.00
Papel bond	12	Resmas	3.85	46.20
Folder	85	Unidad	0.08	6.80
Fastener	85	Unidad	0.08	6.80
Reproducción (copias)	4,000	unidad	0.02	80.00
Uso de computadora	1	s.g.	320.00	320.00
Uso de Internet	175	Horas	1.00	175.00
Teléfono	1	s.g.	150.00	150.00
Disco flexible	4	Caja	3.50	14.00
CD's (Regrabable)	20	Unidad	1.00	20.00
CD-R	1	Torre	18.00	18.00
Casete	10	Unidad	0.60	6.00
Videocasete	5	Unidad	5.00	25.00
Rollo y Revelado de Fotografías	4	Rollo	16.00	64.00
Transporte	1	s.g.	480.00	480.00
Alimentación	1	s.g.	200.00	200.00
Tinta para computadora	8	cartucho	25.00	200.00
Empastado	5	Unidad	11.00	55.00
Refrigerios	4	c/u	100.00	400.00
Varios	1	s.g.	100.00	100.00
Gastos Administrativos	1	s.g.	100.00	100.00
Sub total				2,514.80
Imprevistos (10%)				251.48
Total				2,766.28

Anexo. 2.1 Mapa Indice de cuadrantes topográficos de El Salvador,

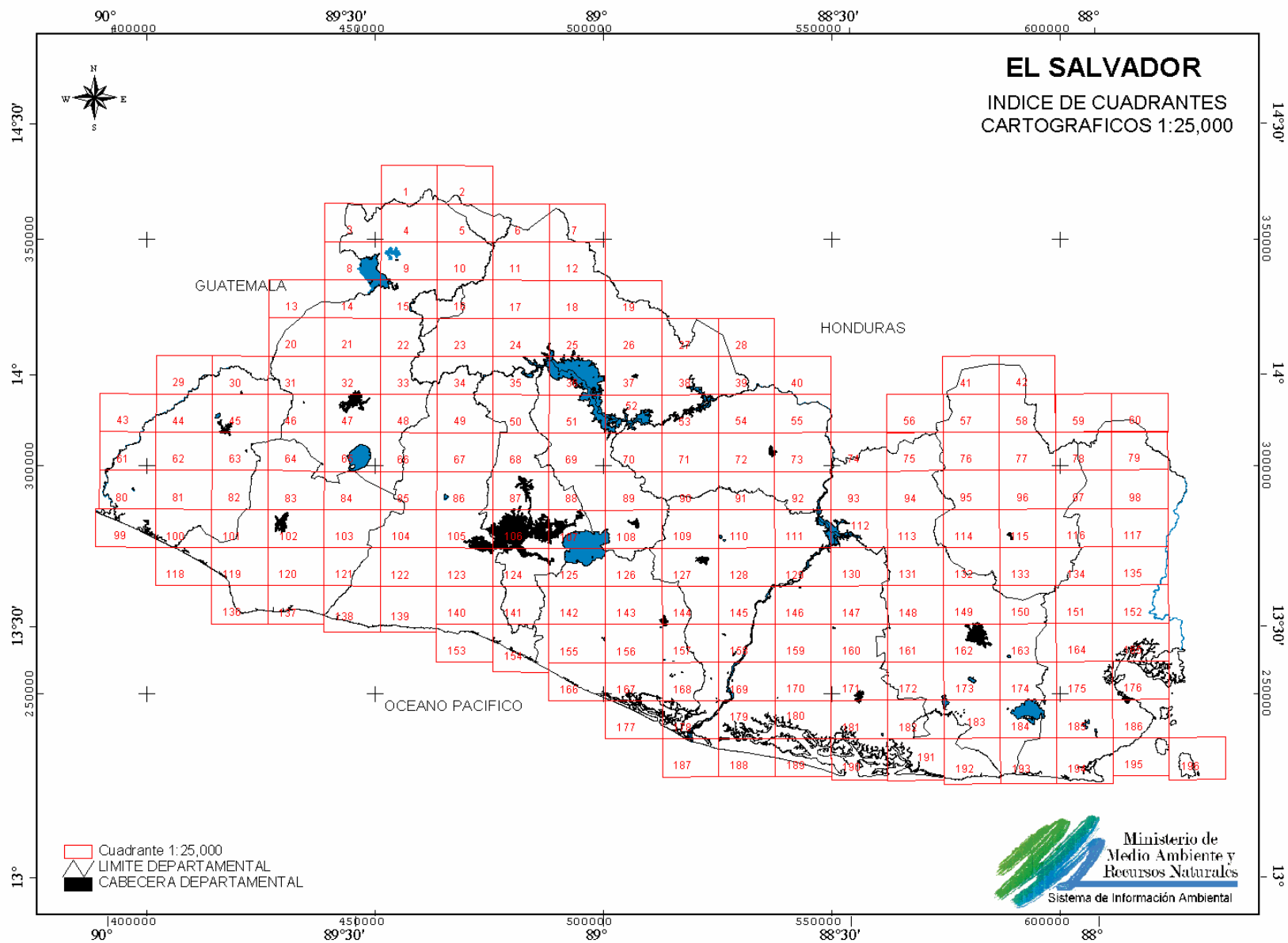
Esc. 1: 25,000 y 1: 50,000

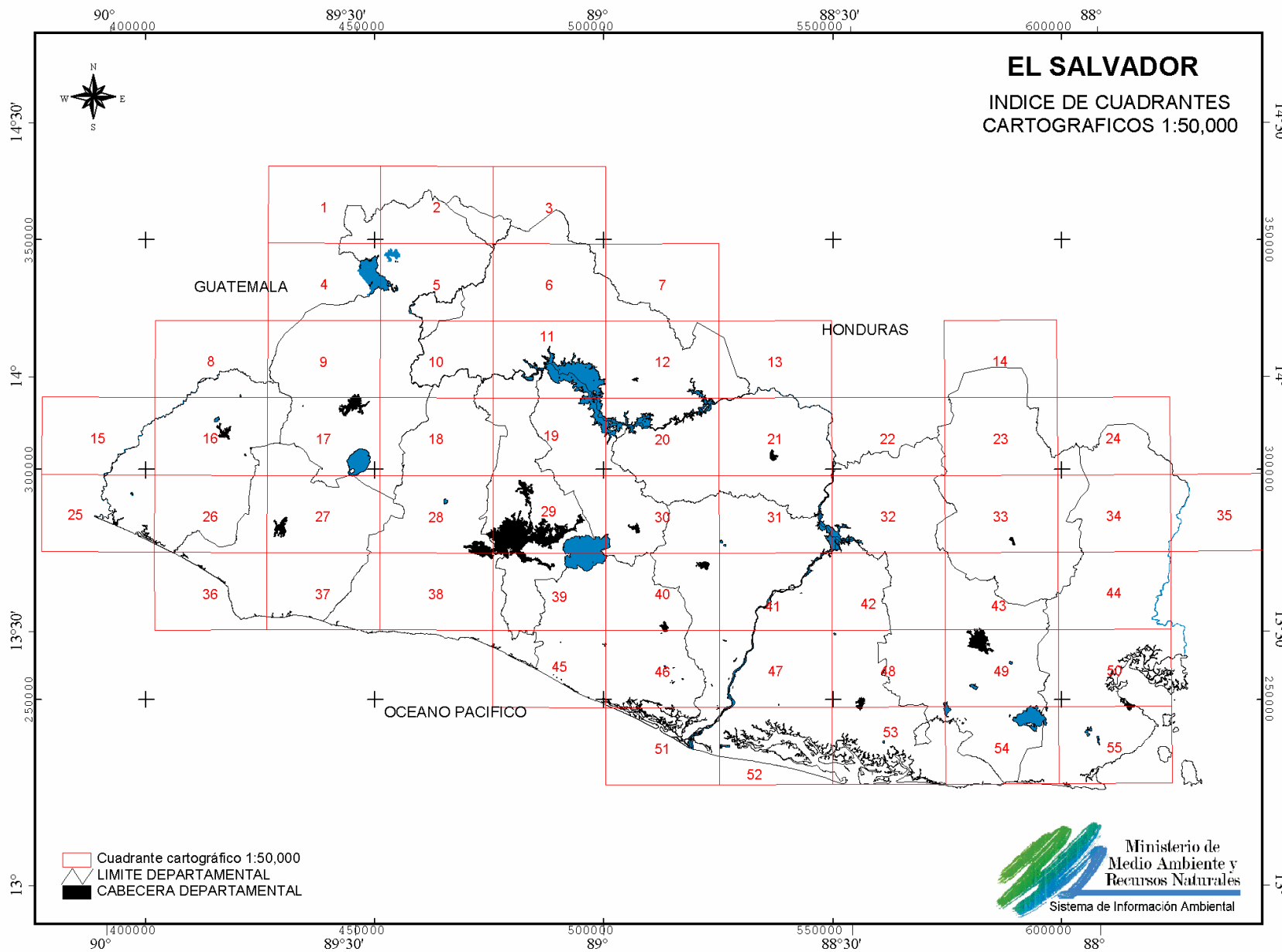
Indice de Cuadrantes 1:25,000

El Salvador está contenido en 196 hojas (cuadrantes) cartográficas a escala 1:25,000 que cubren todo el territorio nacional, de las cuales falta publicar al rededor de 40, las que se ubican principalmente en la zona norte fronteriza con Honduras. El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)posee los cuadrantes escaneados y georeferenciados para su uso en sistemas de información geográfico (GIS). Cada hoja cartográfica contiene el nombre del cuadrante, número de hoja. El número indicado sobre la hoja es el número de índice para el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Una hoja equivale a 7 minutos con 30 segundos de ancho (meridional) por 5 minutos de largo (longitud septentrional). Actualmente (año 2005) el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y la cooperación Japonesa finalizaron la cartografía digital a 1:25,000. Cuatro cuadrantes de 1:25,000 equivalen a uno de 1:50,000.

Indice de Cuadrantes 1:50,000

El Salvador posee 55 hojas (cuadrantes) cartográficas a escala 1:50,000 que cubren todo el territorio nacional. El MARN posee los cuadrantes escaneados y georeferenciados para su uso en sistemas de información geográficos GIS. Contienen el nombre del cuadrante, número de hoja. El número indicado sobre la hoja es el número de índice para el MARN. Una hoja cubre una zona equivalente a 15 minutos de ancho (meridional) por 10 minutos de largo (longitud septentrional). Todos los cuadrantes se encuentran levantados actualmente por el IGN. Un cuadrante de 1:50,000 equivale a cuatro de 1:25,000.



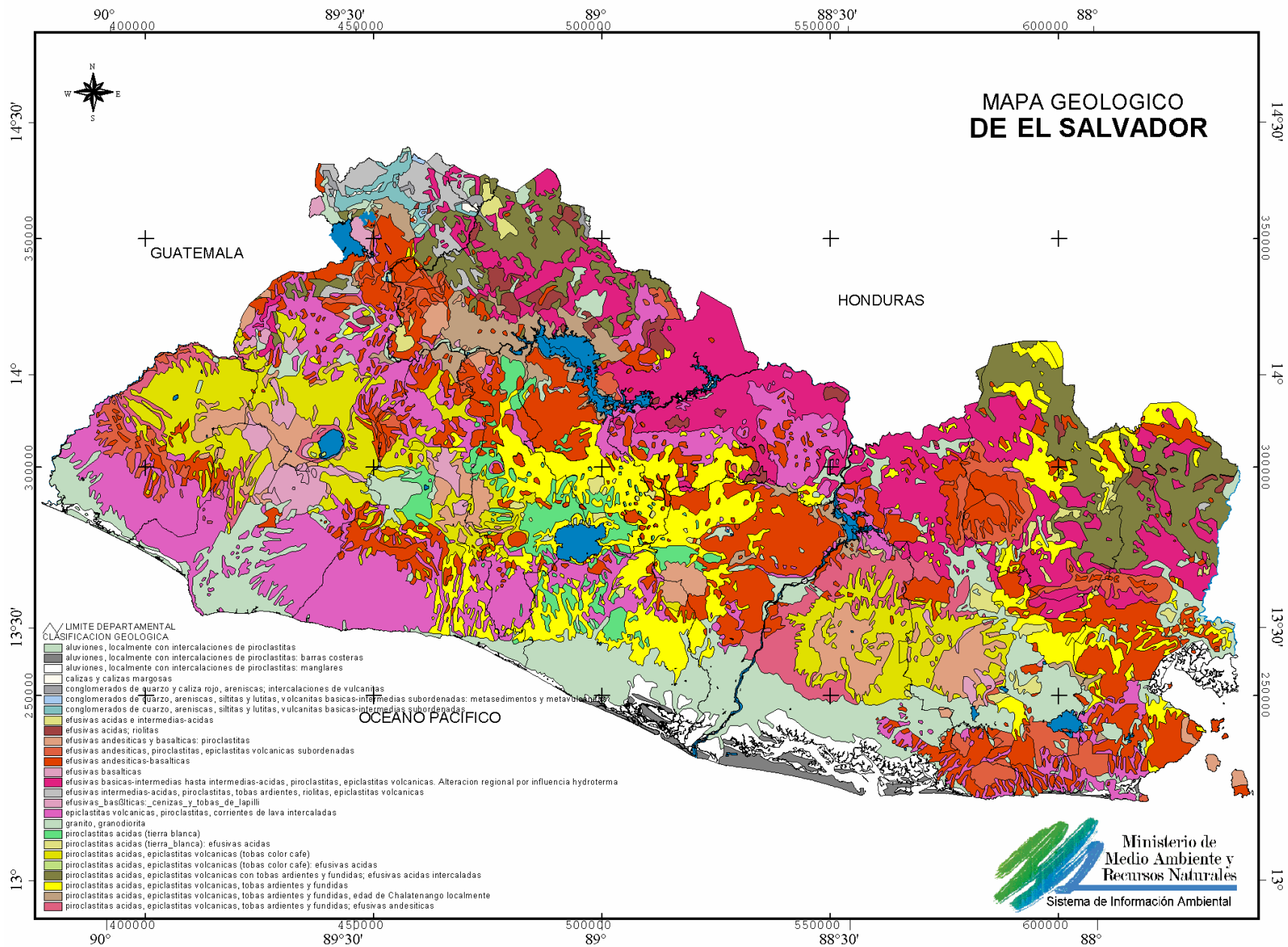


Anexo 2.2 Mapa Geológico de El Salvador

Elaborado por la Misión Geológica Alemana en El Salvador en colaboración con el Centro de Estudios e Investigaciones Geotécnicas (1967-1971), El mapa Geológico de El Salvador, tiene como base el Mapa Topográfico 1/100,000, está contenido en 6 hojas y es cartográfico, convencionalmente mapeadas e identificadas geológicamente. Dentro de la información científica se encuentran las eras geológicas ocurridas dentro de lo que es hoy la República de El Salvador; estas eras van desde el Jurásico-cretácico hasta el Holoceno.

El mapa Geológico representa las diferentes y múltiples formaciones volcano-estratigráficas del país. En el se encuentran los nombres de las formaciones: San Salvador, Cuscatlan, Bálsamo, Chalatenango, Morazan y Metapan, también el periodo o era a la cual pertenecen según su aparición en el tiempo. Cada formación esta integrada por tres o mas Modalidades estratigráficas, cada una de ellas están representadas tanto por colores como por símbolos alfa numéricos, internacionalmente convencionales.

Las características principales que revisten las formaciones del territorio nacional son: Elementos Geológicos, Elementos Estratigráficos y Elementos Tectónicos. Tiene un cubrimiento de 40 minutos de latitud por 50 minutos de longitud. Muestra plicas cada 10 minutos, en latitud y longitud. La configuración del terreno es topográficamente mostrada por medio de las curvas de nivel, con intervalos de 50 mts. El mapa geológico puede manejar de dos formas: por las descripciones y por las formaciones de dichas estructuras. En el siguiente mapa geológico digitalizado por el Ministerio del Medio Ambiente, se puede encontrar las áreas, perímetros, descripciones, y formaciones pertenecientes de cada una de las estructuras volcano-estratigráficas detalladas en el mapa.



Anexo 2.3- Estaciones Climatológicas de El Salvador con Registros de Intendencia de Lluvia

Santa Ana

- A-2 Hacienda Montecristo
- A-12 Santa Ana, El Palmar
- A-15 Güija
- A-18 Los Andes
- A-19 Coatepeque
- A-20 La Majadita
- A-27 Candelaria de la Frontera
- A-31 Planes de Montecristo
- A-32 Hacienda San José Ignacio
- A-35 Cerro Verde

Ahuachapán

- H-3 Apaneca
- H-8 Ahuachapán
- H-13 Apaneca Santa Leticia
- H-14 La Hechadura
- H-20 Atiquizaya

Sonsonate

- T-3 Izalco
- T-6 Acajutla
- T-9 Hacienda El Jobo
- T-18 Armenia
- T-24 Los Naranjos

La Libertad

- L-4 San Andrés

Cuscatán

- C-5 Hacienda Asunción
- C-8 Ingenio San Francisco Aguilares
- C-9 Cojutepeque

Cabañas

- B-1 Chorrera de Guayabo
- B-6 Sensuntepeque
- B-10 Cerrón Grande

La Paz

- P-11 Astoria
- P-16 Aeropuerto del El Salvador

San Vicente

- V-6 Santa Cruz Porrillo
- V-9 Puente Cuscatlán
- V-13 Apastepeque
- V-15 Jiboa Tepetitán

Usulután

- U-6 Santiago de María
- U-11 Beneficio La Carrera
- U-13 Jucuarán
- U-19 Berlín
- U-21 Nueva Granada

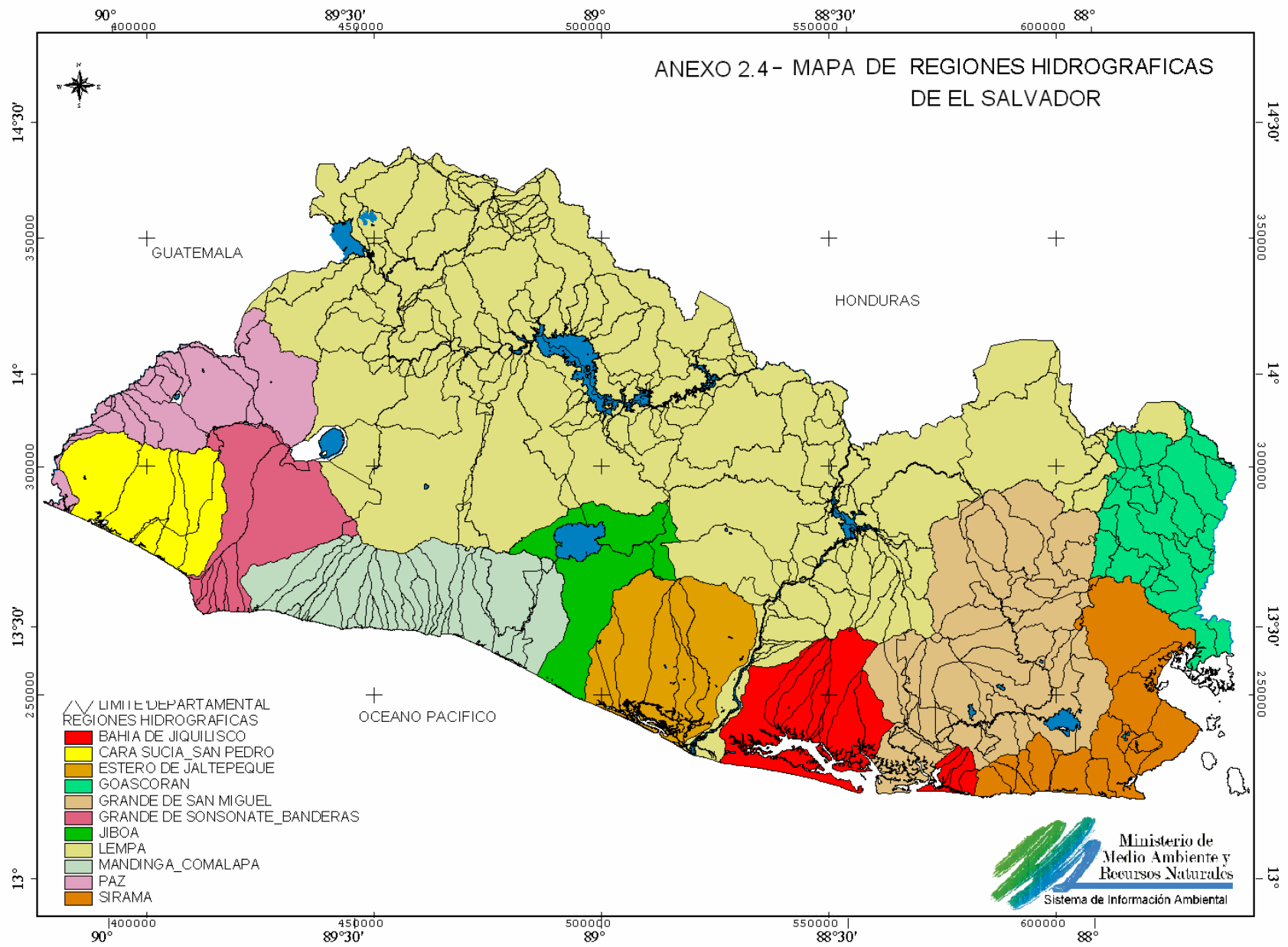
San Miguel

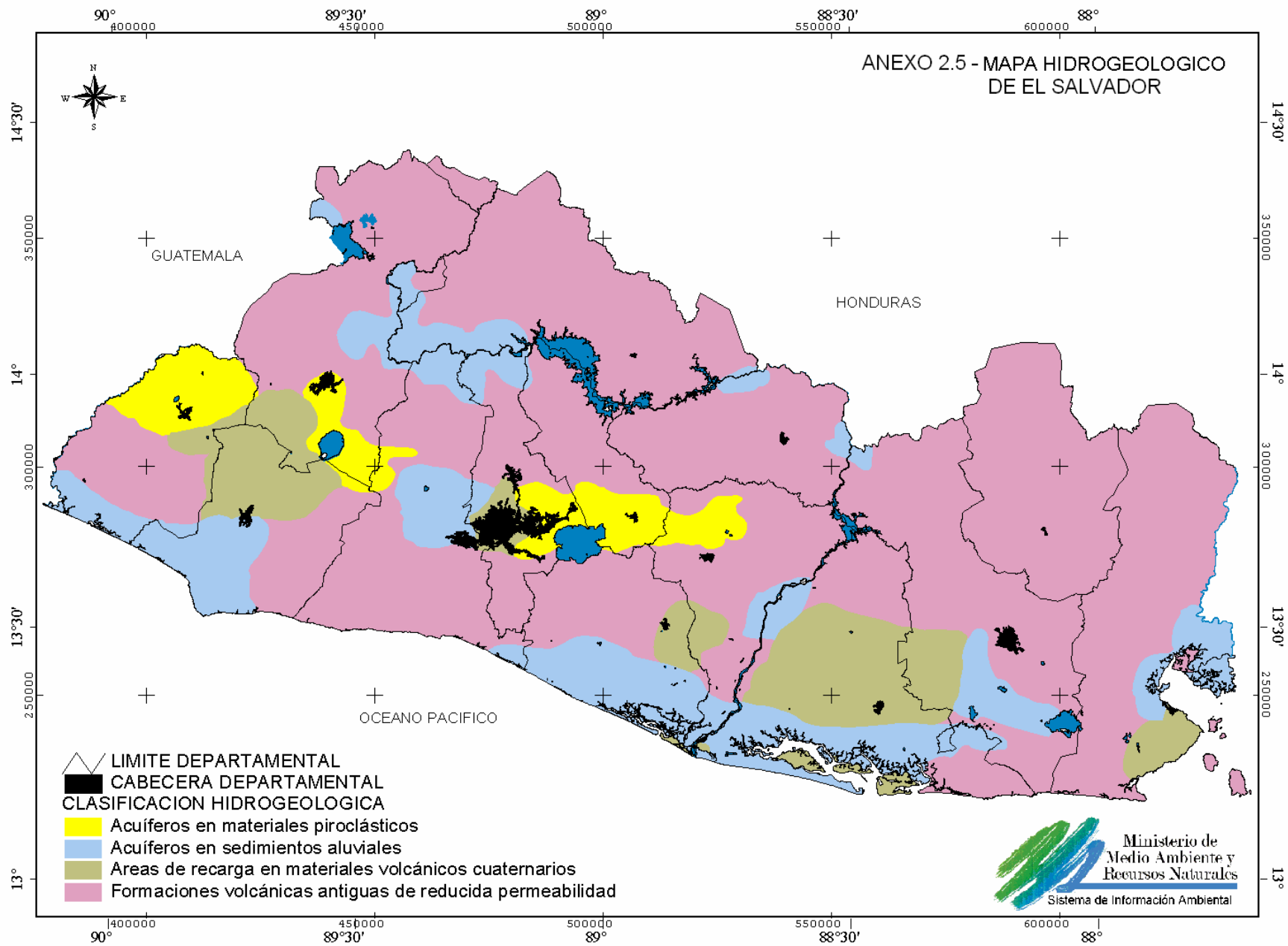
L-8	Santa Tecla	M-6	El Pantano
L-17	Jayaque Beneficio El Paraíso	M-14	Hacienda San José
L-18	El Boquerón	M-18	Sesori
L-20	Beneficio Ateos	M-23	Cerro Cacahuatique
L-27	Chiltuipán		
L-35	Finca El Chorro		
L-36	San Diego		
L-42	Hacienda Atiocoyo		
San Salvador		Morazán	
S-4	San Salvador ITIC	Z-2	San Francisco Gotera
S-5	Observatorio	Z-3	Perquín
S-10	Ilopango	Z-4	La Galera
S-17	Apopa INSINCA	Z-5	Corinto
S-27	Estación Matriz		
Chalatenango		La Unión	
G-3	Nueva Concepción	N-10	El Encatado
G-4	La Palma	N-12	Pasaquinas
G-5	El Paraíso	N-13	Intipucá
G-12	Concepción Quezaltepeque	N-15	La Unión
G-13	Las Pilas	N-18	Polorós

Cuya ubicación se identifica en el siguiente mapa de El Salvador:

MAPA DE ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS DE EL SALVADOR.







ANEXO 2.6 CANALES DE CONDUCCIÓN ABIERTOS



a) Canal de tierra.



b) Canal revestido de mampostería de piedra.



c) Canal de concreto.

ANEXO 3.1 ENCUESTA DE HOGARES, PARA OBTENER DATOS IMPORTANTES EN EL DESARROLLO DE UN TRABAJO DE GRADUACION A PRESENTAR EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR Y ASI PODER OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL. LA ENCUESTA ES CON FINES DE OBTENER UN DIAGNOSTICO DE CONDICION ACTUAL EN LA COMUNIDAD LA CHACARA.

Nombre del trabajo:

Metodología para la realización de pequeños proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico en comunidades rurales.

1. Todas las familias del Cantón están siendo beneficiadas con el proyecto.

Si 9 (42.9%) No 12 (57.1%)

2. N° de personas que integran la familia.

6 Por familia en promedio

3. Estime el ingreso familiar.

\$ 3.5 por día \$9.25 por semana \$ 140 por mes. Estos son valores promedios

4. Cual es la actividad económica principal en la que trabaja.

Agricultura 18 (85.7%) Artesanías _____ Comercio 3 (14.3%)

Otros. Albañil, ayudante de albañil, atender expendios en San Miguel, venta de artículos varios

5. Recibe remesas del extranjero.

Si 6 (28.6%) No 15 (71.4%)

6. Estime los gastos fijos de la familia.

\$ 3 por día , \$13.80 por semana , \$ 102.75 por mes. Estos son valores promedios

San Miguel, 15/04/2005

San Miguel, 15/04/2005

7. Cual es el nivel de estudio de los miembros de la familia.

NIVEL MIEMBRO	EDUCACION BASICA											TOTAL	% ALFABETAS	
	PARVULARIA	PRIMER CICLO			SEGUNDO SICLO			TERCER CICLO			Bto.			U
	KINDER	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º				
Padre		2	1		1	1	1						6	28.6
Madre			1	1	1	1	1						5	23.8
Hijos	1	3	2	5	6	2	2	2	1	2	1		27	21.4

8. Què tipo de cultivos se dan en la zona.

Café__, Azúcar__, Maíz 17 (80.9%) Maicillo 8 (38.1%) Arroz 4 (19.1%)

Caña (14.3%) Otros 7 fríjol. (33.3%)

9. A su criterio , cómo funciona el proyecto de la minicentral hidroeléctrica

B14 (66.79%) R 6 (28.5%) M1 (4.8%)

10. N° de focos que tiene en su hogar.

3 en promedio

11. Cuáles son los aparatos eléctricos que posee.

Televisor 16 (76.2%) Radio 13 (61.9%) Plancha 5 (23.8%) Refrigeradora 4 (19.1%) Lavadora__ Dvd 1 (4.8%) Otros Licuadora 3, Ventilador 1, Gravadora 1, Teléfono celular 1 , VHS 2, Equipo de sonido 1. Maquina de coser 2 Tostador 1.

12. Cual es la cuota que paga actualmente.

\$ 4.32 por mes. En promedio

13. Cuales son los servicios públicos con los que cuenta la comunidad.

Agua potable 19 (90.5%) Aguas negras __, Correos__, Escuela 15, (71.4%)

PNC____, Unidad de Salud, 5 (23.8%) Otros 2 Agua del valle, teléfono (9.5%)

14. Poseen fosa séptica

Si 6 (28.6%), No 15 (71.4%)

San Miguel 15/07/05

Otras modalidades. Pozo profundo 3 (4.3%), fosa de lavar 1, va al patio 1.

Observaciones no hay letrina no tienen letrina.

15. Como disponen los desechos sólidos (Basura)

Predio para basura 7 (33.3%), otros 15 de los cuales, a la quebrada 5 (23.8%),

la queman 10 (47.6%) Donde les parezca. Enterrado

16. Cuáles cree usted que son las necesidades de la comunidad en la actualidad

- a. Comida para mayores y menores, niños
- b. Mejor atención escolar
- c. Taller vocacional
- d. Unidad de salud (6)
- e. Trabajo para ganar sueldo
- f. Mejorar físicamente la escuela
- g. Mejorar las calles (2)
- h. Servicios Sanitarios (3)
- i. Capacitación
- j. Pileta para criar pescado
- k. Fosa sanitaria
- l. Aguas negras
- m. Proyectos
- n. Servicios de lavar o letrina abonera
- o. Fuente de empleos

17. Los directivos resuelven las necesidades de la comunidad

Si 15 (71.4%), No 5 (23.8%)

18. A que instituciones acuden los miembros de la directiva

- a) SABES (Dr. Luis) 5 (23.8%)

b) Funsal Prodesse 1 (4.8%)

c) ASDI 1 (4.8%)

d) Alcaldía 4 (19.1%)

e) ONG'S 6 (28.6%)

19. la alcaldía conoce las necesidades de la comunidad.

Si 12 (57.1%), No 9 (42.9%)

20. Las resuelve

Si 4 (19.1%), No 11 (52.4%)

21. Hay familias nuevas que quieran integrarse al proyecto, actualmente.

Si 11 (52.4%), No 7 (33.3%)

**ANEXO 3.2 - NORMAS APLICABLES AL PROCEDIMIENTO DE LICITACION
PARA EL OTORGAMIENTO DE CONCESIONES DE RECURSOS GEOTERMICOS E
HIDRAULICOS CON FINES DE GENERACION ELECTRICA**

ACUERDO 59 – E -2001

LA SUPERINTENDENCIA GENERAL DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES,
CONSIDERANDO QUE:

I. De conformidad con el artículo 5, literales c) y g) de la Ley de Creación de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, son atribuciones de esta Institución, entre otras, dictar normas y estándares técnicos aplicables a los sectores de electricidad y telecomunicaciones y mantener la más estrecha relación de coordinación con las autoridades en materia de medio ambiente.

II. El artículo 2 de la Ley General de Electricidad, en los literales a), c) y d) establece que son objetivos que deberán tomarse en cuenta para la aplicación de dicha Ley, los siguientes: Desarrollo de un mercado competitivo en las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica; el uso racional y eficiente de los recursos y el fomento del acceso al suministro de energía eléctrica para todos los sectores de la población.

III. Los artículos 5 y 16 de la Ley General de Electricidad, disponen respectivamente, que la generación de energía eléctrica a partir de recursos hidráulicos y geotérmicos requerirá de concesión otorgada por la SIGET de conformidad con las disposiciones de dicha Ley; y que tales concesiones deberán otorgarse previo el establecimiento de competencia por medio de licitación.

IV. El artículo 17 de la Ley General de Electricidad, faculta a la SIGET para que dicte las normas aplicables al procedimiento de licitación para el otorgamiento de concesiones para la explotación de recursos naturales con fines de generación de energía eléctrica.

V. De conformidad con la Ley de Adquisiciones y Contrataciones de la Administración Pública, contenida en el Decreto Legislativo número ochocientos sesenta y ocho, del cinco de abril del año dos mil, publicado en el Diario Oficial número ochenta y ocho tomo trescientos cuarenta y dos, del quince de mayo del año antes citado, las adquisiciones y contrataciones de obras, bienes y servicios que deben celebrar las instituciones del Estado, estarán sujetos a las disposiciones que contenga dicha Ley. El

artículo 132 de la antes mencionada Ley establece que los contratos de concesión para la explotación de los recursos naturales y del subsuelo, estarán sujetos a leyes específicas según el recurso de que se trate. El artículo 133 de la mencionada Ley de Adquisiciones y Contrataciones de la Administración Pública, por su parte, establece que la forma de seleccionar al concesionario para cualquier tipo de contrato de concesión, será la licitación pública y se regirá por las disposiciones que regulan las licitaciones en la Ley últimamente mencionada.

VI. Las experiencias obtenidas en los procesos de otorgamiento de concesiones geotérmicas e hidráulicas realizados hasta la fecha, indican la conveniencia y necesidad de complementar, diferenciar y desarrollar en mayor grado de detalle, los procedimientos aplicables a cada tipo de recurso, a fin de tomar en consideración la complejidad técnica propia de los proyectos geotérmicos, las diferencias metodológicas entre el desarrollo de proyectos geotérmicos e hidráulicos y las diferencias entre el desarrollo de pequeños y grandes proyectos hidráulicos, por lo que es procedente emitir una Normativa que mejore el proceso de otorgamiento de las concesiones de recursos hidráulicos y geotérmicos con fines de generación de energía eléctrica.

POR TANTO,

En uso de sus facultades legales, ACUERDA:

I) Aprobar las “NORMAS APLICABLES AL PROCEDIMIENTO DE LICITACION PARA EL OTORGAMIENTO DE CONCESIONES DE RECURSOS GEOTERMICOS E HIDRAULICOS CON FINES DE GENERACION ELECTRICA” bajo las disposiciones siguientes:

CAPITULO I - DISPOSICIONES GENERALES y DEFINICIONES

Art.1. La presente normativa tiene por objeto desarrollar en mayor grado de detalle los procedimientos aplicables a los procesos de licitación de concesiones de recursos naturales geotérmicos o hidráulicos, complementando y diferenciando los pasos correspondientes a cada uno de ellos, a fin de tomar en consideración la complejidad técnica propia de los proyectos geotérmicos, las diferencias metodológicas entre el desarrollo de proyectos hidráulicos y geotérmicos y las diferencias entre el desarrollo de pequeños y grandes proyectos hidráulicos.

Art.2. Para efectos de la presente Normativa, se establecen las siguientes definiciones:

- a) **Anomalías geotérmicas.** Entornos de valores anormalmente altos del flujo de calor y de otros parámetros físicos o químicos, que se determinan en la prospección de un área y que en forma conjunta se consideran indicadores de la posible presencia de un reservorio geotérmico en el subsuelo.

- b) Area geotérmica.** Area geográfica con evidencia de manifestaciones geotérmicas, tales como fumarolas o fuentes termales, y/o con anomalías geotérmicas, por lo cual se le considera de interés para realizar una exploración de recursos geotérmicos.
- c) Area de emplazamiento de una concesión geotérmica o área de concesión geotérmica:** el área superficial correspondiente a la proyección vertical del cuerpo subterráneo que se considera contiene o incluye el reservorio principal del recurso geotérmico.
- d) Area de emplazamiento de una concesión hidráulica:** La franja de terreno alrededor del lecho del río, que se extiende desde el (o los) dique (s) de derivación del agua hasta la zona de descarga de la turbina. En una central hidráulica de gran tamaño, el área del embalse desde sus puntos de captación hasta la zona de descarga de la turbina.
- e) Campo Geotérmico.** Area geotérmica que contiene pozos productivos y eventualmente otras instalaciones u obras apropiadas para el aprovechamiento parcial o total del recurso geotérmico en la generación eléctrica.
- f) Complejo Geotermoeléctrico.** Conjunto funcional integrado por el campo geotérmico, con sus pozos, equipos de separación, tuberías y canales para el transporte de fluidos geotérmicos, obras, instalaciones y bienes empleados para la operación del mismo; y por la planta geotermoeléctrica, integrada por la casa de máquinas, con sus equipos turbogeneradores e instalaciones principales y auxiliares, así como por todos los bienes, instalaciones y obras periféricas.
- g) Complejo Hidroeléctrico.** Conjunto funcional integrado por el embalse (si existe), presa, diques, desarenadores, canales, tuberías, túneles, cámaras de carga, casa de máquinas con sus equipos turbogeneradores e instalaciones principales y auxiliares, así como por todos los bienes, instalaciones y obras periféricas.
- h) Desarrollo o desarrollo del campo.** La perforación de pozos destinados a la intersección del reservorio principal, a la producción de vapor de alta presión para alimentar las turbinas de vapor y a la reinyección de fluidos residuales de la producción de energía eléctrica.
- i) Diseño conceptual.** El diseño inicial general, sin detalles constructivos, usualmente asociado a un estudio de factibilidad, en el cual las especificaciones técnicas tienen la finalidad de constituir el marco de referencia de los diseños finales, siendo a la vez suficientemente indicativas de las eficiencias y costos a obtener. El marco técnico general dentro del cual se efectuarán las actividades.
- j) Diseño constructivo.** El diseño final de máximo detalle con especificaciones técnicas y planos constructivos de todas y cada una de las actividades del proyecto, usualmente empleado en las licitaciones y contrataciones de las obras y equipamientos.
- k) Etapas geotérmicas.** Las partes sucesivas del proceso requerido para alcanzar la etapa de explotación de un campo geotérmico. La cantidad de etapas puede variar ligeramente dependiendo de que se realice un proceso convencional o uno no-convencional o modular. Los procesos de desarrollo convencional se consideran compuestos de 6 etapas, así: Etapa 1, exploración de superficie; etapa 2, exploración profunda o perforación exploratoria; etapa 3, confirmación y evaluación del

recurso, que incluye las obras y el estudio de ingeniería sobre la factibilidad técnico-económica del primer proyecto de explotación comercial; etapa 4, desarrollo del campo (o perforación de pozos de explotación y construcción de la planta); etapa 5, explotación u operación comercial; etapa 6, abandono. Modernamente, se emplean procesos de desarrollo no-convencional o modular, en los cuales la etapa 4 - perforación de pozos e instalación de plantas generadoras - se puede implementar gradualmente desde la segunda etapa exploratoria instalando plantas pequeñas de construcción modular que permiten una recuperación más temprana de las inversiones y operan complementariamente con las centrales de gran tamaño, hasta conseguir el aprovechamiento de la potencia total disponible en el área.

l) Exploración. El conjunto de actividades de la exploración superficial y la exploración profunda.

m) Exploración profunda. Se dice fundamentalmente de la perforación de pozos de diferentes objetivos exploratorios tales como, gradiente térmico, estratigrafía, litología continua, tipos de acuíferos, etc.

n) Exploración superficial. Las prospecciones en superficie, de tipo geológico, geofísico o geoquímico, realizadas para la delimitación de un área de interés geotérmico.

o) Explotación. El conjunto de actividades realizadas para la producción de vapor, reinyección de fluidos geotérmicos, control del yacimiento y generación de energía eléctrica.

p) Ingeniería final. El conjunto de documentos y planos conteniendo las especificaciones, normas, estándares y diseños constructivos.

q) Proceso de otorgamiento de la concesión. El proceso completo que incluye las fases de i) estudios iniciales y tramitación de la solicitud de concesión; ii) consulta pública y selección del proyecto a licitar; iii) licitación y contrata de la concesión.

r) Proyecto excluyente. El proyecto que, formulado en forma completa y de acuerdo a los mismos estándares del estudio de factibilidad del proyecto original, excluiría o no permitiría la realización de este último.

s) Recurso geotérmico objeto de concesión. Los fluidos geotérmicos contenidos en el (o los) reservorio(s) situado(s) debajo del área de concesión en forma de estratos discretos en profundidad, cada uno con sus propias características termodinámicas.

t) Recurso hidráulico objeto de concesión. Las porciones de caudal de agua provenientes del río principal, sobre cuyo curso se ubicará la central generadora, y de los ríos afluentes situados en el área de emplazamiento de la concesión.

u) Reservorio o yacimiento geotérmico. El acuífero o volumen de roca permeable conteniendo el recurso (agua y gases) a alta presión y temperatura, a grandes profundidades.

Art. 3. Para efectos de aplicación de la presente Normativa, los plazos en ella indicados, a menos que se especifique lo contrario, se contarán en días hábiles, siendo éstos perentorios e improrrogables, salvo justa causa.

CAPITULO II - DE LOS ESTUDIOS INICIALES

Art.4. El interesado en obtener información existente o de referencia sobre un determinado lugar que reúne características apropiadas para la realización de un proyecto geotérmico o hidráulico, deberá presentar solicitud por escrito a la SIGET acompañada de la información siguiente:

- a) Datos de la persona natural o jurídica solicitante, relativos a: 1) su existencia; 2) capacidad legal; y, 3) actividad económica que desarrolla, la cual debe ser compatible con este tipo de actividades.
- b) Area geográfica o río, delimitada en cuadrícula geográfica de escala 1:25 000, donde se localiza el proyecto hidráulico o geotérmico de interés.
- c) Objetivos específicos y descripción del proyecto para el cual solicita la información técnica.
- d) Listado descriptivo de la información solicitada.

Art.5. Recibida la solicitud de información existente, la Superintendencia contará con un plazo máximo de sesenta (60) días para realizar gestiones ante la(s) entidad(es) que corresponda y dar respuesta escrita al solicitante de acuerdo a los resultados obtenidos.

Art.6. La SIGET, fomentará el uso extensivo, racional, eficiente y sostenible de todo recurso geotérmico o hidráulico apropiado para la generación de energía eléctrica; prestando el apoyo o respaldo que las entidades interesadas soliciten para la obtención de información o establecimiento de contactos con entidades, instituciones y organismos que desarrollan actividades en el sector eléctrico, en particular en el ámbito de las minicentrales, pequeñas centrales hidroeléctricas o pequeñas plantas modulares geotérmicas, instalaciones que pueden resultar más accesibles a las zonas rurales no electrificadas.

Art. 7. Para los efectos del artículo 8 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, los estudios referidos comprenden en general, estudios de campo complementarios para la formulación del proyecto, determinación de su impacto ambiental, estudios de ingeniería para el diseño y formulación de la factibilidad del proyecto geotérmico o hidráulico a solicitar en concesión. Por tanto, con la solicitud de permiso para realizar estudios y en relación con el literal d) del artículo antes mencionado, la entidad solicitante deberá: a) Identificar la fase de reconocimiento, prefactibilidad o factibilidad en que se encuentra el proyecto; b) listar y anexar copia de los estudios existentes que le hayan sido proporcionados por otras instancias, documentos que, salvo que la solicitud de concesión no fuere aprobada, quedarán en poder de SIGET para su uso en el proceso de otorgamiento de la concesión, excepto información protegida por derechos de autor; c) Describir los estudios o trabajos complementarios a realizar por el solicitante, diferenciando los relacionados al proyecto y al estudio de impacto ambiental.

Art. 8. En relación con los requerimientos establecidos en los literales b), c) y d) del artículo 8 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, el área geográfica que se solicita para realizar los estudios iniciales de una concesión geotérmica, podrá ser mayor que el área de concesión y ésta mayor que aquella en la que se estima está contenido el recurso. En el caso de las concesiones que deban ser otorgadas estando el área o campo geotérmico en etapas previas a la de evaluación y confirmación, el área de concesión podrá ser modificada a solicitud del interesado, después de

realizarse los trabajos y estudios para la formulación de la factibilidad del proyecto, siempre que la modificación no exceda los límites originales del área de concesión y no afecte áreas otorgadas a otros concesionarios.

Art. 9. En relación con la información solicitada en el literal b) del artículo 8 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, el solicitante deberá presentar un mapa catastral de la zona, identificando los propietarios y límites de sus correspondientes parcelas, incluyendo los terrenos propiedad del Estado para los cuales deberá indicar el tipo de interés o relación que reúnen para los fines de la concesión.

Art. 10. Para efectos del literal c) del artículo 8 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, la naturaleza, tipo y detalle de un recurso geotérmico deberán identificarse proporcionando el rango estimado de temperatura, fluido de reservorio (líquido dominante o vapor seco) y ambiente geológico general (caldera, volcanismo, tectonismo, etc). Para un recurso hidráulico, dicha identificación se deberá efectuar en primer término por medio del rango de altura del salto (menor de quince metros, entre quince y cincuenta metros o mayor de cincuenta metros), caudal medio anual estimado y luego por el tipo de embalse o lugar de emplazamiento; es decir, agua fluyente, pie de presa, subterránea, etc.

Art.11. Los estudios a realizarse para la formulación o diseño de un proyecto geotérmico o hidráulico, afectan usualmente uno o más terrenos de propiedad privada, cuyo permiso deberá ser obtenido por el interesado en base al programa técnico presentado a la SIGET. En caso de oposición del propietario de un terreno para conceder permiso para estudios, el interesado podrá gestionar respaldo de SIGET quien lo prestará de acuerdo a las facultades que le confiere la Ley. La entidad interesada será la responsable de negociar el otorgamiento de permisos para la ejecución de estudios con los propietarios de terrenos relacionados.

Art. 12. La SIGET hará de conocimiento público el acuerdo de otorgamiento de permiso para la realización de estudios con fines de solicitud de concesión, a través de una sola publicación en un periódico de amplia circulación.

CAPITULO III - DE LA SOLICITUD DE CONCESION

Art. 13. En los datos del solicitante requeridos en el literal a) del artículo 13 de la Ley General de Electricidad, las entidades deben demostrar que la finalidad de sus actividades es compatible con las asociadas al desarrollo de la concesión.

Art.14. Para los efectos del literal b) del artículo 13 de la Ley General de Electricidad, se considerará que un estudio de factibilidad es completo, si contiene además los componentes siguientes:

- a) Descripción actualizada del sistema y del mercado eléctrico de El Salvador.
- b) Localización y delimitación geográfica del área solicitada en concesión en cuadrículas geográficas de escala 1:25000 o menor.
- c) Resumen técnico del proyecto. Tamaño en términos de potencia (MW) y de energía (MW-año), obras principales, síntesis del estudio de mercado, del estudio técnico y del estudio financiero, a partir de los cuales especifique al menos el potencial total estimado del área, potencia nominal instalable inicialmente, tecnologías posibles en la construcción de cada componente del proyecto, necesidades totales de capital propio y de créditos, indicadores de la rentabilidad

financiera, forma del financiamiento, plazo para la realización del proyecto y fecha de entrada en operación comercial y forma proyectada de esta última.

- d) Estudio de mercado
- e) Caracterización y evaluación del recurso.
- f) Ingeniería del proyecto. Diseños conceptuales de todas las obras del complejo hidroeléctrico o geotermoeléctrico, con especificaciones, datos y planos de diseño conceptual, desde los diques o desde los pozos geotérmicos en su caso hasta la interconexión a línea de transmisión; identificación de las normas y estándares a aplicar; metodología a desarrollar para la selección del tipo de planta y ciclo termodinámico; tecnología prevista de la perforación y de los equipos de la central generadora; descripción de la forma de operación de la planta, propuesta de mediciones y controles para asegurar una explotación eficiente, racional y sostenible del recurso. Identificación de requerimientos sobre posibles transferencias de derechos de propiedad o de uso de bienes del Estado existentes en el área de concesión.
- g) Modo de ejecución del proyecto en cada una de sus obras componentes. Consideraciones ambientales para la construcción y la operación.
- h) Programación empleando diagramas de Gantt con método de ruta crítica y diagramas funcionales de la organización para la construcción y para la operación del proyecto. En esta programación y para los fines de determinar la fecha de entrada en operación comercial, el solicitante deberá tomar en consideración el tiempo requerido después de la firma de la contrata, para iniciar las actividades de campo de la concesión, como se describe en el artículo 54 de la presente normativa.
- i) Presupuesto, forma de financiamiento, flujo de ingresos y egresos desde la construcción hasta horizontes de veinticinco años o menos de vida útil, análisis financiero con indicación de los parámetros utilizados y resultados de Tasa Interna de Retorno, Razón Beneficio /Costo, Tiempo de Recuperación de Capital y Valor Actual Neto, para cada uno de los escenarios en los que el proyecto es factible y conveniente. Destacar el escenario más probable o adoptado para los fines del proceso de otorgamiento.
- j) Plan de abandono.
- k) Cuadros, planos y figuras.
- l) Lista de todas las referencias empleadas para la elaboración del estudio de factibilidad.

Art. 15. Para los efectos del literal c) del artículo 13 de la Ley General de Electricidad, considerando que en la formulación de proyectos con recursos renovables y particularmente en el campo de la geotermia, si el área no ha sido desarrollada hasta la etapa de confirmación y evaluación, no es posible conocer las características físicas reales del proyecto, la entidad podrá presentar a SIGET un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) General, aprobado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en adelante el MARN, en forma condicionada a que la entidad presente posteriormente EIAs específicos de la etapa a realizar, empleando resultados de la etapa precedente. La entidad deberá solicitar al MARN que la aprobación del estudio de impacto ambiental le sea otorgada al proyecto presentado,

en tal forma que conserve su validez independientemente de la entidad que resulte finalmente concesionaria y ejecutora del mismo. Estas gestiones por parte de la entidad interesada ante el MARN, podrán realizarse al momento de presentar el formulario ambiental. La SIGET verificará que el proyecto técnico que sirvió de base a la aprobación del estudio de impacto ambiental, sea el mismo utilizado en el estudio de factibilidad. En cualquier EIA se deberá proporcionar la lista completa de las referencias empleadas en el estudio.

Art. 16. En ausencia de normas ambientales locales específicas para proyectos hidroeléctricos o geotérmicos, las entidades solicitantes podrán efectuar los EsIA tomando como referencia las *“Directrices del Banco Mundial sobre el ambiente, la salud y la seguridad”* y las *“Directrices de la Organización Mundial de la Salud para la calidad del agua potable”*. Antes del inicio de actividades de cada etapa, la entidad concesionaria deberá proporcionar a SIGET una copia del respectivo EsIA, tal como ha sido aprobado por el MARN, junto con los resultados de la etapa precedente y la ingeniería de la etapa siguiente. Asimismo, deberá presentar una copia de los programas de manejo ambiental aprobados para las etapas de construcción, operación y abandono.

Art.17. Tanto los estudios iniciales de referencia proporcionados por otras entidades, como aquellos complementados por el solicitante pasarán, al darse la aprobación de la solicitud de concesión, a ser de uso irrestricto de SIGET quien podrá disponer de ellos en la forma que demande el proceso de otorgamiento de la concesión.

Art.18. Los documentos que sean presentados por las entidades interesadas en obtener las concesiones, pueden incluir información confidencial. La SIGET tomará las medidas razonables para proteger dicha información, siempre que la entidad la identifique claramente como tal, justifique las razones de dicha confidencialidad y la SIGET acepte tal calidad. No obstante lo anterior, la SIGET se reserva el derecho de manejar dicha información con sus empleados, asesores y consultores que participen en el proceso de otorgamiento de la respectiva concesión.

Art.19. Asociado al estudio ambiental, las entidades deberán presentar un plan de abandono del proyecto hidroeléctrico o geotérmico, conteniendo la descripción de las acciones y actividades de campo a realizar después de terminada la vida útil de los equipos e instalaciones o en cualquier momento que se suspenda la operación en forma definitiva, a fin de restaurar las condiciones ambientales del sitio a su condición original. Se consideran acciones mínimas comprendidas en estos planes: actividades de demolición, desmontajes, traslados de equipo y maquinaria, cierre de túneles, obras de conservación de suelos, cierre y taponamiento de pozos, reforestación y atención del impacto socioeconómico.

Art. 20. La SIGET podrá en cualquier momento, anterior o posterior a la admisión de una solicitud de concesión, otorgar permisos para realización de estudios a otras entidades que lo soliciten para fines de presentar proyectos excluyentes, lo que hará bajo las mismas condiciones establecidas en la Sección I, Capítulo II del Reglamento de la Ley General de Electricidad, y/o poner a su disposición, una vez admitida la solicitud, los estudios existentes utilizados por la entidad solicitante, lo que no incluye la información aceptada por SIGET como confidencial .

Art.21. Con la documentación de solicitudes de concesión hidráulica, en las que el terreno asociado sea único y propiedad del solicitante de la concesión, y con el fin de garantizar la ejecución de los procesos conforme lo requiere la Ley General de Electricidad y su Reglamento, la SIGET requerirá del solicitante una declaración jurada en la que autorice desde ese momento que otros participantes interesados tengan

acceso al sitio para realizar estudios para proyectos excluyentes o para fines de la licitación.

CAPITULO IV - DE LOS DATOS DEL PROYECTO

Art.22. La publicación de los datos del proyecto para fines de recibir oposiciones y proyectos excluyentes, será única o múltiple a discreción de la SIGET en función del interés público del proyecto que se trate.

Art.23. A efecto de la aplicación de lo dispuesto en los literales a), b) y c) del artículo 16 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, la publicación de los datos del proyecto deberá incluir, al menos lo siguiente:

- a) Descripción del recurso objeto de concesión, sea hidráulico o geotérmico, conforme las definiciones contenidas en el artículo 2 de la presente normativa.
- b) Los datos del solicitante refiriendo brevemente su identificación, capacidad técnica y experiencia para la realización del proyecto.
- c) Las características técnicas del proyecto deberán resumirse a partir de la siguiente información:

<u>Proyecto Hidráulico</u>	<u>Proyecto geotérmico</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Río principal (donde se ubicará la casa de máquinas), flujo medio anual del mismo y de los afluentes, si los hay. • Extensión del área de emplazamiento del proyecto, coordenadas Lambert de los puntos de captación del recurso, delimitación de la cuenca o subcuenca, arreglo general de la instalación y coordenadas de los puntos principales (diques, embalse y casa de maquinas), todo ello en cuadrícula geográfica escala 1:25 000 o menor que incluya los asentamientos humanos y otros elementos activos de la zona. • Evaluación del recurso <ul style="list-style-type: none"> ○ Caudal medio anual a utilizar en el proyecto (valor medio \pm incerteza porcentual), aportes del río principal y los afluentes. ○ Caídas bruta y neta, en metros. ○ Comportamiento anual de la disponibilidad del recurso. • Tipo de operación prevista <ul style="list-style-type: none"> ○ Almacenamiento o hilo de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre del campo geotérmico y municipio o departamento donde se localiza • Extensión del área geotérmica solicitada, coordenadas Lambert de delimitación en longitud y latitud; elevación media del área en metros sobre el nivel del mar (msnm). Arreglo general de la instalación completa, pozos-sistema de acarreo-central generadora. Se deberá mostrar una cuadrícula geográfica de escala 1:25000 que incluya los asentamientos humanos y otros elementos activos de la zona. • Evaluación actual del recurso <ul style="list-style-type: none"> ○ Volumen total y profundidad del reservorio ○ Potencia total estimada ○ Energía total extraíble ○ Temperatura del recurso ○ Quimismo (salinidad total, iones y gases principales) ○ Descripción resumida del ambiente geológico y geotérmico. • Tipo de Operación prevista

<u>Proyecto Hidráulico</u>	<u>Proyecto geotérmico</u>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Factor de utilización ● Identificación de bienes del Estado a ser transferidos. ● Tamaño de la instalación propuesta <ul style="list-style-type: none"> ○ Potencia nominal total de la central generadora y condiciones de operación. ○ Cantidad de unidades y potencia de cada una. ● Fecha de entrada en operación comercial ● Características de las obras principales <ul style="list-style-type: none"> ○ Elevaciones y coordenadas de los diques (nivel superior del agua) y de la descarga de la turbina. ○ Distancia de lecho de río entre el (los) dique(s) de derivación y casa de máquinas ○ características constructivas. ○ Dimensiones principales de la casa de máquinas y ubicación. ○ Embalse ○ Area total y longitud ○ Capacidad total y Capacidad útil ○ Cota máxima de almacenamiento normal ○ Cota de llena excepcional ○ Cota mínima excepcional ○ Cota de coronamiento del dique ● Delimitación geográfica en cuadrículas 1:25000 ● Provisiones ante impactos ambientales ● Beneficios a la comunidad ● Equipamiento principal ● Turbina <ul style="list-style-type: none"> ○ Tipo ○ Eficiencia ○ Potencia nominal y máxima ○ Flujo requerido a potencia nominal ○ Velocidad ● Generador 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Régimen de carga ○ Factor de utilización ● Identificación de bienes del Estado a ser transferidos ● Tamaño de la instalación propuesta <ul style="list-style-type: none"> ○ Potencia nominal total de la central generadora y condiciones de operación. ○ Cantidad de unidades y potencia de cada una ● Fecha de entrada en operación comercial ● Características de las obras principales <ul style="list-style-type: none"> ○ Estudios especiales ○ completamientos típicos y cantidades de pozos de exploración, producción y reinyección. ○ Diámetros y longitudes del sistema de acarreo. ○ Capacidades en los equipos de separación ○ Torres de enfriamiento ○ Casa de máquinas ○ Obras de reinyección y otras provisiones ante impactos ambientales ● Obras principales en cada una de las etapas del proyecto: ● En actividades de exploración superficial se indicará el nombre y alcance de los estudios geológicos, geofísicos y geoquímicos a realizar, el tamaño de superficie a cubrir, la metodología general y el nivel de detalle de los sondeos; para las etapas de perforación se describirá la tecnología de perforación, profundidades y típica de pozos (direccionales y verticales), completamientos típicos de los mismos, principales servicios de perforación y de control que se espera utilizar y cantidad total de terrenos asociada. Para sistemas de acarreo se deberán indicar las longitudes totales y rango de diámetros de líneas

<u>Proyecto Hidráulico</u>	<u>Proyecto geotérmico</u>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Tipo ○ Potencia nominal de salida (valor medio esperado \pm variación) ○ Factor de potencia ○ Eficiencia ○ Velocidad ○ Reductor de velocidad, si lo hay • Eficiencia del grupo turbogenerador • Transformador, <ul style="list-style-type: none"> ○ Tipo ○ Voltajes primario y secundario • Dimensiones de las obras civiles <ul style="list-style-type: none"> ○ Volumen total de excavaciones ○ Dimensiones de casa máquinas ○ Longitud total de diques • Area total de terrenos afectada y medidas asociadas • Compromisos relevantes del Estudio de Impacto Ambiental aprobado por el MARN. 	<p>de tuberías, canaletas y canales abiertos, así como obras civiles asociadas a la protección de taludes y riesgo sísmico.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equipamiento principal • Turbina <ul style="list-style-type: none"> ○ Tipo ○ Eficiencia ○ Potencia nominal y máxima ○ Flujo requerido a potencia nominal ○ Velocidad • Generador <ul style="list-style-type: none"> ○ Tipo ○ Potencia nominal de salida (valor medio esperado \pm variación) ○ Factor de potencia ○ Eficiencia ○ Velocidad ○ Reductor de velocidad, si lo hay • Eficiencia grupo turbogenerador. • Transformador, Tipo y voltajes primario y secundario • Compromisos relevantes del Estudio de Impacto Ambiental aprobado por el MARN.

CAPITULO V - DELAS O POSICIONES Y PROYECTOS EXCLUYENTES

Art.24. Todo proyecto excluyente deberá presentarse con los requisitos establecidos en el artículo 13 de la Ley General de Electricidad. El estudio de factibilidad deberá ser formulado en forma completa con ingeniería del proyecto, diseños conceptuales de todos los componentes, costos, análisis financiero y programa de construcción; no obstante, el interesado no está obligado a incluir o a tomar en consideración los estudios complementarios efectuados por la entidad solicitante. La entidad que presente un proyecto excluyente, podrá solicitar una aprobación condicionada del estudio de impacto ambiental en la misma forma que el solicitante de la concesión.

Art.25. Para efectos de la aplicación de los artículos 17, 18 y 19 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, no se considerarán como excluyentes aquellos proyectos cuya presentación sea incompleta con respecto a los estándares de presentación de estudios de factibilidad o a los requerimientos generales establecidos en el artículo 13 de la Ley General de Electricidad.

Art. 26. Toda oposición a un proyecto objeto de solicitud de concesión deberá ser remitida en forma escrita al Superintendente, conteniendo una detallada exposición de los motivos y justificaciones de la oposición, debidamente firmada por la persona o

representante legal de la entidad que la origina, consignando además un lugar para oír notificaciones, y podrá incluir como forma especial de notificación, cualquier medio electrónico, en cuyo caso, el acto se tendrá por notificado transcurridos veinticuatro horas de su realización o envío.

Art. 27. Inmediatamente después de recibida una oposición o proyecto excluyente, la SIGET iniciará su estudio, con el fin de realizar oportunamente las aclaraciones que considere necesarias, antes de someterlas al pronunciamiento del solicitante de la concesión. Dichas aclaraciones podrán ser realizadas por medio de correspondencia o mediante reuniones entre el solicitante de la concesión y las entidades que hayan presentado oposición o proyectos excluyentes, en las cuales estará siempre presente la SIGET en calidad de coordinador y moderador de tales reuniones, levantando al final un acta de lo tratado y acordado.

Art.28. Una vez finalizada la fase de recepción de oposiciones y proyectos excluyentes, la SIGET determinará el diseño conceptual final del proyecto a ser licitado; estableciendo también si en el proceso de licitación será admisible la consideración de otros escenarios constructivos compatibles con dicho diseño conceptual.

Art.29. La SIGET, publicará los datos del proyecto en el Diario Oficial y en dos periódicos de circulación nacional, y de acuerdo al proyecto de que se trate, podrá hacer otras publicaciones en revistas de nivel internacional, para fines de presentación de proyectos excluyentes, determinando el intervalo de tiempo entre cada una de ellas.

Art. 30. En caso que el solicitante de la concesión se retire oficialmente del proceso después que su solicitud haya sido aprobada, o que dicho solicitante o la entidad que presentó un proyecto excluyente se retirasen en cualquier momento después que la SIGET seleccionó su respectivo proyecto para licitación, la SIGET continuará desarrollando el proceso de otorgamiento dando aplicación a las siguientes condiciones:

- a) La documentación provista a la SIGET hasta ese momento, sea por el solicitante de la concesión o por la entidad que presentó un proyecto excluyente seleccionado, pasará a ser propiedad de ésta y como consecuencia, podrá ser accesible a los participantes que lo soliciten, en cualquier momento del proceso de calificación y oferta, a discreción de la SIGET.
- b) La SIGET no tendrá ninguna responsabilidad por eventuales impactos negativos provenientes de la difusión de dicha información.

CAPITULO VI - DE LA PROMOCION Y CALIFICACIÓN

Art. 31. El plazo entre la puesta a disposición de los documentos de calificación y el aviso por medio del cual se establezca y publique los días y el lugar en que estarán disponibles dichos documentos, no podrá ser inferior a treinta días.

Art. 32. La SIGET podrá realizar estudios especiales adicionales para revisar o respaldar la evaluación del recurso, el análisis económico financiero u otros aspectos del estudio de factibilidad del proyecto, para fines de fortalecer la promoción o caracterización del proyecto de concesión. Los resultados de estas re-evaluaciones podrán también ser puestos a disposición de las entidades que participen en el

proceso de calificación. No obstante, dichas reevaluaciones solamente podrán tener carácter suplementario y optativo para el participante.

Art.33. Los procesos de licitación de las concesiones, tomando en consideración la naturaleza especializada de las obras, equipos y servicios asociados a las concesiones geotérmicas e hidráulicas y en atención a lo establecido en los artículos 47 y 48 de la Ley de Adquisiciones y Contrataciones de la Administración Pública, recibirán publicidad y convocatorias en la siguiente forma:

- a) Para concesiones de minicentrales hidráulicas de capacidades totales inferiores a 1 MW, las publicaciones se harán en forma notoria y destacada en al menos dos medios de prensa escrita de la República, en los que se indicarán las obras, bienes o servicios a contratar, el lugar donde los interesados pueden retirar los documentos de información pertinentes, los derechos a pagar por las bases, el plazo para recibir ofertas y para la apertura de las mismas. La recepción de los documentos podrá ser documentada mediante correo electrónico y fax.
- b) Para concesiones de pequeñas centrales hidroeléctricas o geotérmicas, de tamaños comprendidos en el rango de potencia entre 1 y 5 MW, la licitación de la concesión será de carácter internacional haciéndose correspondientemente una convocatoria internacional en forma notoria y destacada en al menos dos medios de prensa nacionales y un periódico, boletín, revista u otro medio internacional de amplia circulación y/o especializado del sector energético, tales como "Development Business", OLADE, IGA NEWS, Geothermal Resources Council (GRC), Power Engineering, GEA Newsletter, etc.
- c) Para concesiones hidráulicas o geotérmicas de mayor tamaño que el indicado en el literal anterior, las licitaciones serán internacionales, debiendo hacerse amplia publicidad y convocatoria internacionales en forma notoria y destacada en los medios de prensa, embajadas y consulados del país, Internet, revistas, periódicos o publicaciones internacionales de amplia circulación, entre los cuales se encuentran los mencionados en el literal anterior. Adicionalmente, la publicidad podrá comprender presentaciones en otros países, ante inversionistas involucrados en la producción de energía eléctrica, directamente o contando con el apoyo de organismos o instituciones que colaboran en el sector eléctrico; edición de boletines publicitarios en idioma nacional e inglés; y preparación de cuartos de información en donde los interesados puedan consultar la información que les interese sobre el país y el proyecto.

Art.34. A efectos de la aplicación del artículo 21 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, la SIGET para cada licitación calificará previamente a las entidades que deseen participar en la misma, incluyendo al solicitante de la concesión. Si el solicitante de la concesión no resultare calificado, la SIGET podrá continuar el proceso de licitación aplicando las condiciones establecidas en los literales a) y b) del artículo 30 de la presente normativa, siempre que quedase al menos un participante calificado.

Art.35. Las entidades solicitantes de concesión que deseen asegurarse previamente que reúnen los requisitos de calificación, podrán solicitarlo por escrito a la SIGET en el momento de presentar la solicitud de permiso para realizar estudios o la solicitud de concesión, adjuntando la información que demuestre que posee capacidad legal, técnica y financiera para realizar las actividades de construcción del proyecto y operación de la concesión. SIGET realizará el análisis y dará la respuesta correspondiente a la entidad solicitante en un plazo máximo de sesenta días calendario contados a partir de la presentación de la solicitud; no eximiendo lo anterior a la entidad solicitante de presentar nuevamente la información completa y actualizada

conforme lo requieran los documentos de calificación y de esperar los resultados correspondientes.

Art. 36. Los documentos de calificación para concesiones geotérmicas o hidráulicas, deberán contener una apropiada transcripción de los aspectos esenciales contenidos en los documentos originales de los estudios de factibilidad del proyecto y del estudio ambiental, según el caso, del solicitante de la concesión o del propietario del proyecto excluyente, con el fin de que las otras entidades participantes cuenten con la misma información sustantiva para la preparación de su calificación, oferta económica e ingeniería final del proyecto en caso de ser adjudicados.

Art. 37. Los documentos de calificación contendrán, además de lo indicado en el artículo 22 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, al menos lo siguiente:

- a) Definiciones de los términos empleados en los documentos.
- b) Antecedentes
- c) Instrucciones a los participantes, que incluyan la naturaleza de las entidades que pueden participar, formas y plazos límite para realizar aclaraciones y modificaciones a los documentos de calificación durante el proceso de calificación, actividades previas al cierre y posteriores a la calificación, causales de descalificación, límites y condiciones de confidencialidad de la información, modelo o formato para declaración jurada sobre la veracidad de la información presentada; y lugar, fecha y hora de entrega de los documentos. Las instrucciones relativas al proyecto técnico deberán indicar claramente que el diseño conceptual del mismo no podrá ser en ningún momento sustancialmente modificado por el participante, condición que permitirá mantener vigente la aprobación del estudio de impacto ambiental.
- d) El documento del proyecto que se va a licitar, en tal forma que describa suficientemente el diseño conceptual y los aspectos ambientales del mismo tal como fueron aprobados por la autoridad competente.
- e) Como parte de las condiciones especiales de la contrata, los aprovechamientos incluidos y/o excluidos en la siguiente forma; estará excluido de la concesión hidroeléctrica cualquier otro aprovechamiento del recurso hidráulico ajeno a la generación de energía. Estará excluido de la concesión geotermoeléctrica, cualquier aprovechamiento del vapor primario o secundario ajeno a la generación de energía eléctrica; no obstante la concesionaria podrá realizar o conferir derecho a terceros para que realicen usos no eléctricos de los fluidos geotérmicos residuales, siempre que dichos aprovechamientos no obstaculicen la buena operación de la generación eléctrica, limiten la eficiencia de la explotación del recurso en el uso eléctrico o interfieran en el adecuado manejo ambiental de la concesión.

Art. 38. Los documentos de calificación serán puestos a disposición de los interesados a un precio establecido en función de los gastos de preparación, tomando en consideración si han sido realizados por personal propio y/o por consultorías, reproducción, edición, distribución, administración, materiales y otros costos directos o indirectos. Tales costos serán determinados por la gerencia o departamento que origina la licitación y aprobados por el Superintendente o quien éste designe.

Art.39. La recepción de documentos de calificación, dentro de los límites de tiempo y forma prescritos en las bases, será realizada por la SIGET consignando la fecha y

hora de recibo y dando constancia de la misma a las entidades. Después de dicha recepción, los sobres de los documentos presentados pasarán de inmediato a la custodia del Departamento y Gerencia encargados de la licitación, en donde permanecerán sin abrir hasta la fecha y hora de apertura publicadas en las bases de calificación, pasando en este acto a la responsabilidad del Coordinador o Director del Comité de Apertura.

Art. 40. De conformidad con lo establecido en el artículo 20 de la Ley de Adquisiciones y Contrataciones de la Administración Pública, el titular de SIGET o a quien éste designe, conformará los comités de evaluación requeridos en los procesos de licitación de concesiones hidroeléctricas o geotermoeléctricas de tal forma que dispongan de representantes en al menos las áreas funcionales que para cada caso en particular, se citan a continuación:

- a) Comités de calificación de firmas en licitaciones de concesiones a nivel nacional (minihidroeléctricas).
 - i) El Jefe de la Unidad de Adquisiciones y Contrataciones Institucional o la persona que él designe.
 - ii) Representante técnico de la gerencia o departamento que solicita la calificación.
 - iii) Profesional con experiencia técnica o Asesor del proceso de la concesión.

- b) Comités para calificación de firmas en licitaciones de concesiones hidroeléctricas o geotérmicas desarrolladas a nivel internacional.
 - i) El Jefe de la Unidad de Adquisiciones y Contrataciones Institucional o la persona que él designe.
 - ii) Dos representantes por la gerencia o departamento que origina la licitación (asociado a la elaboración de documentación)
 - iii) Un Analista Financiero
 - iv) Asesor del proceso de concesión

- c) Comités de evaluación de ofertas económicas en licitaciones de concesiones desarrolladas a nivel nacional.
 - i) El Jefe de la Unidad de Adquisiciones y Contrataciones Institucional o la persona que él designe.
 - ii) Representante Técnico por la gerencia o departamento que origina la licitación.
 - iii) Analista financiero
 - iv) Asesor del proceso de la concesión

- d) Comités de evaluación de ofertas económicas en licitaciones de concesiones desarrolladas a nivel internacional.
 - i) El Jefe de la Unidad de Adquisiciones y Contrataciones Institucional o la persona que él designe.
 - ii) Dos representantes de la gerencia o departamento que origina la licitación.
 - iii) Analista financiero

iv) Asesor del proceso de la concesión

Art.41. Los comités para la Apertura de sobres o de documentos de licitaciones de nivel nacional o internacional, sean éstos de calificación o de ofertas, estarán integrados al menos por un representante de cada una de las siguientes instancias:

- i) El Jefe de la Unidad de Adquisiciones y Contrataciones Institucional o la persona que él designe
- ii) Representante técnico de la gerencia o departamento que solicita el concurso.
- iii) Gerencia Legal
- iv) Profesional con experiencia técnica o Asesor del proceso de la concesión.

Art.42. Los comités de apertura, de calificación y de evaluación de ofertas, serán nombrados con al menos cinco días hábiles de anticipación a la fecha de apertura de los correspondientes sobres. Para cada proceso de concesión se conservará, siempre que sea posible, las personas que representaron cada unidad funcional.

Art. 43. Los comités de apertura deberán realizar, en la fecha y hora publicada en los documentos de calificación o de licitación, un acto de apertura en el cual realizarán al menos las siguientes acciones:

- a) Se abrirán a la vista de los presentes los documentos presentados por cada entidad participante y se dará lectura a los datos generales de cada sobre o documento;
- b) Todos los miembros del comité de apertura deberán poner su “media firma” o rúbrica en cada página de los documentos originales presentados por cada entidad, a fin de prevenir alteraciones u otras anomalías en el proceso.
- c) El comité dejará un ejemplar firmado de cada conjunto de documentación de cada entidad bajo resguardo de la Institución, lo que estará a cargo del Jefe de la Unidad de Adquisiciones y Contrataciones Institucional o la persona que él designe.
- d) Previo al cierre del acto de apertura, los miembros del comité levantarán y firmarán un Acta de Apertura de los sobres de calificación o de oferta de la licitación, en la que se hará constar la fecha y horas de realización del evento, los presentes en el acto, las firmas que presentaron documentos, las documentaciones no completas con respecto a lo indicado en las bases de calificación o licitación y cualquier anomalía observada en la ceremonia.
- e) Los actos de apertura de ofertas de la licitación de concesiones serán públicos, pudiendo participar cualquier persona, tenga o no interés particular en la licitación.

Art. 44. El Coordinador o Director del Comité de Apertura, después de separar el original que de cada entidad quedará en resguardo de la Institución, deberá traspasar de inmediato todos los documentos originales y copias restantes al Comité de Calificación o de Evaluación de Ofertas, recepción que hará el representante que dicho comité designe.

Art. 45. Los miembros de cada comité de calificación o de evaluación de ofertas, una vez nombrados realizarán en la forma organizativa que decidan internamente, la preparación de la metodología de detalle a utilizar en la evaluación, uniformizando los criterios de asignación de puntos para las ponderaciones publicadas en los

documentos de calificación o de licitación. Dicha metodología de detalle deberá estar acordada y accesible a todos los miembros del comité, no menos de dos días hábiles antes del inicio del período de calificación o de evaluación de ofertas publicado en las respectivas bases.

Art. 46. Los comités de calificación contarán con un plazo máximo de veinte días a partir de la apertura de los documentos para entregar el correspondiente informe de resultados de la calificación firmado por todos los miembros del comité, remitiéndolo para su visto bueno al Superintendente, debiendo proporcionar también los borradores de acuerdo, de la publicación de resultados y de la notificación a las entidades participantes, a los que se refiere el Artículo 24 del Reglamento de la Ley General de Electricidad.

Art. 47. Si además del solicitante de la concesión no hubieron otras entidades que presentaren los documentos para calificación, el comité de calificación procederá a elaborar, dentro de un plazo máximo de ocho días, el informe correspondiente que incluya la evaluación de los documentos presentados por el solicitante y el borrador de acuerdo de otorgamiento a la entidad solicitante, así como los borradores de publicación de resultados y de notificación que incluyan la fecha de firma del contrato de concesión.

Art. 48. En caso que a la calificación se presente un único participante, distinto del solicitante de la concesión o del presentador de un proyecto excluyente, la SIGET dará curso a las fases subsiguientes conforme lo normado en los artículos 21 al 26 del Reglamento de la Ley General de Electricidad y a los literales a) y b) del artículo 30 de la presente normativa.

CAPITULO VII - DELA FASE DE OFERTA

Art.49. Los documentos de invitación a presentar oferta contendrán al menos, lo siguiente:

- a) Resumen del marco normativo y procedimiento a seguir en la fase de oferta, incluidos los plazos a partir de la apertura para la adjudicación, pago de la concesión y firma del contrato.
- b) Instrucciones sobre el plazo, forma de presentación y contenido de la oferta, incluyendo modelos de carta de remisión y de la oferta económica.
- c) Datos y requisitos legales del oferente, todos en forma congruente con los que fueron establecidos en la fase de calificación.
- d) Los períodos para la emisión de Adendas o Enmiendas y para consultas, lo que deberá realizarse de conformidad con lo establecido en los artículos 50 y 51 de la Ley de Adquisiciones y Contrataciones de la Administración Pública.
- e) Otorgamiento de garantías según lo establecido en las bases de licitación.
- f) Indicación de que la garantía de mantenimiento de oferta se hará efectiva en los siguientes casos si el ofertante no concurre a formalizar el contrato en el plazo establecido, si no se presentare la garantía de cumplimiento de contrato dentro del plazo determinado en las bases de licitación y si el ofertante retirase su oferta injustificadamente.
- g) Forma de pago de la concesión por parte de la entidad adjudicada, de conformidad a lo establecido en las bases de licitación.

h) Instrucciones en el sentido que, luego de la firma de la contrata, la SIGET procederá en un plazo no mayor de 10 días, a inscribir la contrata en el Registro de Electricidad y Telecomunicaciones adscrito a la SIGET y posteriormente a entregar al concesionario el Testimonio de Escritura Pública de la contrata de concesión.

Art. 50. Si a la convocatoria de la licitación se presentare un solo ofertante, no concurren ofertante alguno, o se declare desierta la licitación por segunda vez, se procederá de conformidad a lo establecido respectivamente, en los Artículos 63, 64 y 65 de la Ley de Adquisiciones y Contrataciones de la Administración Pública.

CAPITULO VIII - DEL MARCO NORMATIVO

Art.51. El marco normativo al cual estarán sujetos tanto la SIGET como los participantes en el proceso de otorgamiento de concesiones de recursos geotérmicos e hidráulicos, está constituido por:

- a) Constitución de la República de El Salvador, contenida en el Decreto Legislativo número treinta y ocho del quince de diciembre de mil novecientos ochenta y tres, publicado en el Diario Oficial número doscientos treinta y cuatro, tomo doscientos ochenta y uno del dieciséis de ese mismo mes y año.
- b) Ley de Creación de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, contenida en el Decreto Legislativo número ochocientos ocho del doce de septiembre mil novecientos noventa y seis, publicado en el Diario Oficial número ciento ochenta y nueve, tomo trescientos treinta y tres del nueve de octubre de mil novecientos noventa y seis y su reforma contenida en el Decreto Legislativo números ciento setenta y cinco del cuatro de diciembre de mil novecientos noventa y siete, publicada en el Diario Oficial número doscientos treinta y nueve, tomo trescientos treinta y siete del veintidós de diciembre de mil novecientos noventa y siete.
- c) Ley General de Electricidad, contenida en el Decreto Legislativo número ochocientos cuarenta y tres de fecha diez de octubre de mil novecientos noventa y seis, publicado en el Diario Oficial número doscientos uno, tomo trescientos treinta y tres, del veinticinco de ese mismo mes y año.
- d) Reglamento de la Ley General de Electricidad, contenido en el Decreto Ejecutivo número setenta del veinticinco de julio de mil novecientos noventa y siete, publicado en el Diario Oficial número ciento treinta y ocho, tomo trescientos treinta y seis, del veinticinco de julio de mil novecientos noventa y siete.
- e) Ley de Medio Ambiente, contenida en el Decreto Legislativo número doscientos treinta y tres, publicado en el Diario Oficial número setenta y nueve, tomo trescientos treinta y nueve del cuatro de mayo de mil novecientos noventa y ocho;
- f) Reglamento General de la Ley de Medio Ambiente, contenido en el Decreto Ejecutivo número diecisiete del veintiuno de marzo del año dos mil, publicado en el Diario Oficial número setenta y tres, tomo trescientos cuarenta y siete, del doce de abril del año dos mil; así como los Reglamentos Especiales contenidos en los Decretos Ejecutivos números treinta y ocho “Sobre el control de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono”; número treinta y nueve “Aguas Residuales”; número cuarenta “ Normas Técnicas de Calidad Ambiental”; número cuarenta y uno “Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos”; y, número cuarenta y dos “Sobre el manejo integral de los desechos sólidos”, todos

de fecha treinta y uno de mayo del año dos mil, publicados en el Diario Oficial número ciento uno, tomo trescientos cuarenta y siete, del uno de junio del año dos mil.

g) Ley de Adquisiciones y Contrataciones de la Administración Pública, contenida en el Decreto Legislativo número ochocientos sesenta y ocho del cinco de abril del año dos mil, publicado en el Diario Oficial número ochenta y ocho tomo trescientos cuarenta y dos del quince de mayo de dos mil.

h) Ley de Inversiones, contenida en el Decreto Legislativo número setecientos treinta y dos del catorce de octubre de mil novecientos noventa y nueve, publicado en el Diario Oficial número doscientos diez, tomo trescientos cuarenta y cinco del once de noviembre de mil novecientos noventa y nueve.

i) Ley Especial de Protección al Patrimonio Cultural de El Salvador, contenida en el Decreto Legislativo número quinientos trece, del veintidós de abril de mil novecientos noventa y tres, publicado en el Diario Oficial número sesenta y ocho, tomo trescientos treinta y uno, del quince de abril de mil novecientos noventa y seis.

j) Reglamento de la Ley Especial de Protección al Patrimonio Cultural, contenida en el Decreto Ejecutivo número veintinueve, publicado en el Diario Oficial número sesenta y ocho, tomo trescientos treinta y uno, del quince de abril de mil novecientos noventa y seis.

k) Ley Forestal, contenida en el Decreto Legislativo número doscientos sesenta y ocho, publicado en el Diario Oficial número cincuenta, tomo doscientos treinta y ocho, del trece de marzo de mil novecientos setenta y tres, y su reforma contenida en el Decreto Legislativo número cuatrocientos dieciocho, publicado en el Diario Oficial número ciento cuarenta y dos, tomo doscientos noventa y dos, del treinta y uno de julio de mil novecientos ochenta y seis.

l) Convenio de La Haya sobre la eliminación del requisito de legalización de documentos públicos extranjeros, ratificado por Decreto Legislativo número ochocientos once, del doce de septiembre de mil novecientos noventa y seis, publicado en el Diario Oficial número ciento noventa y cuatro, tomo trescientos treinta y tres, del dieciséis de octubre de mil novecientos noventa y seis.

m) Legislaciones y ordenanzas municipales.

n) La presente normativa.

CAPITULO IX - DE LA CONTRATA DE CONCESIÓN Y FASE POSTERIOR

Art. 52. En el borrador de contrata de concesión, anexo a las bases de licitación, la SIGET incluirá al menos los aspectos siguientes:

a) Definiciones necesarias o convenientes para la correcta interpretación de los términos utilizados en la contrata.

b) Descripción técnica apropiada del recurso a concesionar y derechos inherentes a la concesión; así como también aprovechamientos incluidos y excluidos de la misma.

- c) Descripción de la forma de ejecución y de operación del proyecto técnico a ser implementado en la concesión, plazo de construcción y fecha de entrada en operación comercial.
- d) Condiciones especiales de la contrata que fueron contempladas en los documentos de calificación.
- e) Marco normativo que regirá la ejecución de la concesión.
- f) Obligaciones y derechos de las partes en la construcción y en la operación del proyecto hasta el abandono del mismo; incluyendo la descripción de los informes que deberán ser presentados por la concesionaria a SIGET.
- g) Obligaciones de la concesionaria para garantizar el uso eficiente, racional y sostenible del recurso; así como también en materia de preservación de las instalaciones del complejo.
- h) Obligación de concesionarios extranjeros de establecer, dentro de un determinado plazo después de la firma de la contrata, una sucursal o sociedad que tendrá a cargo la ejecución del proyecto de la concesión.
- i) Seguros, en particular a terceros y riesgos naturales.
- j) Resumen de los compromisos ambientales.
- k) Eventuales incentivos ofrecidos por el Estado, por tratarse de proyectos que deben iniciarse a partir de etapas de riesgo o preinversión.
- a) l) Anexos previstos de la contrata, tales como el documento del proyecto, si el otorgamiento se realizó para un proyecto en fase de factibilidad; o documento metodológico, si el proyecto se encuentra en cualquier etapa de preinversión; mapas de ubicación del área de concesión y cronograma de ejecución.

Art. 53. En los casos en que la concesión se otorga para proyectos que deberán comenzarse con actividades complementarias de preinversión, tanto en el texto de la contrata como en sus anexos se identificará como "proyecto" a la metodología general para la implementación del mismo.

Art. 54. Después de firmada la contrata de concesión, la entidad concesionaria dispondrá de un plazo máximo de seis meses calendario para presentar a SIGET el documento conteniendo la ingeniería del proyecto hidráulico o de la etapa inicial del proyecto geotérmico, incluyendo especificaciones técnicas de los estudios, perforaciones, equipamientos, normas y estándares, así como los planos de diseño conceptual o de nivel constructivo si dispone de éste. Esta documentación deberá también acompañarse de una copia del correspondiente permiso ambiental. La fecha en que la entidad concesionaria entregará a SIGET la información antes mencionada quedará explícitamente establecida dentro de la contrata y la entidad no podrá dar inicio a las actividades de campo mientras no haya suplido este requerimiento.

Art.55. Los concesionarios extranjeros contarán con un plazo de hasta treinta días contados a partir de la firma de la contrata, para establecer una sucursal o nueva sociedad que tendrá a su cargo localmente la ejecución del proyecto de la concesión. Dicha sucursal o sociedad deberá estar debidamente constituida e inscrita en el

Registro de Comercio, para el ejercicio de sus funciones conforme a las leyes de la República de El Salvador.

Art.56. Toda entidad concesionaria deberá informar a SIGET, antes de contratar nuevas obras, las características técnicas de eventuales proyectos de ampliación o modificación de las instalaciones, a fin de que la SIGET pueda verificar oportunamente que tales ampliaciones o modificaciones corresponden a la concesión otorgada. La información sobre ampliaciones proyectadas podrá ser provista en los formularios para registro de instalaciones proporcionados por la SIGET.

CAPITULO X – VIGENCIA.

Art.57. Estas Normas entrarán en vigencia al siguiente día de su publicación en el Diario Oficial.

II) Inscribir el presente Acuerdo en la Sección de Actos y Contratos del Registro de Electricidad y Telecomunicaciones adscrito a esta Superintendencia.

III) Publíquese.

San Salvador, a los catorce días del mes de agosto del año dos mil uno.

Licenciado Ernesto Lima Mena
Superintendente

**ANEXO 3.3 –PROCEDIMIENTO ABREVIADO PARA EL OTORGAMIENTO
DE CONCESIONES DE RECURSOS GEOTERMICOS E HIDRAULICOS CON
FINES DE GENERACION ELECTRICA PARA PLANTAS GENERADORAS
CON CAPACIDAD NOMINAL TOTAL, IGUAL O MENOR DE CINCO
MEGAVATIOSPROCEDIMIENTO ABREVIADO PARA LA CONCESIÓN
MINICENTRAL HIDROELECTRICA COMUNIDAD LA CHACRA**

ACUERDO N°. 283-E-2003

LA SUPERINTENDENCIA GENERAL DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES, San Salvador, a las nueve horas del día trece de octubre del año dos mil tres.

CONSIDERANDO QUE:

- I. De conformidad con el artículo 4 de la Ley de Creación de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones y el artículo 3 de la Ley General de Electricidad, esta Institución es la responsable del cumplimiento de las normas de carácter general aplicables a las actividades del sector eléctrico.
- II. El artículo 5 literal c) de su Ley de Creación establece que la SIGET es competente para dictar normas y estándares técnicos aplicables a los sectores de electricidad y de telecomunicaciones. Por su parte el literal r) del mencionado artículo, dispone como otra de sus atribuciones el realizar todos los actos, contratos y operaciones que sean necesarios para cumplir con los objetivos que le impongan las leyes, reglamentos y demás disposiciones de carácter general, así como mantener la más estrecha relación de coordinación con las autoridades en materia de medio ambiente.
- III. Por disposición de la Ley General de Electricidad, a esta Superintendencia se le ha encomendado el desarrollo de un mercado competitivo en las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica; el uso racional y eficiente de los recursos y el fomento del acceso al suministro de energía eléctrica para todos los sectores de la población, siendo la responsable del cumplimiento de las disposiciones contenidas en dicha Ley.
- IV. El artículo 5 de la Ley General de Electricidad, dispone que la generación de energía eléctrica a partir de recursos hidráulicos y geotérmicos requerirá de concesión otorgada por la SIGET de conformidad con las disposiciones de dicha Ley; sin embargo, la concesión para plantas generadoras con capacidad nominal total, igual o menor de cinco megavatios se tramitará mediante un procedimiento abreviado, según la metodología que por acuerdo emita la SIGET.
- V. La potestad reglamentaria, tanto en lo relativo a la organización interna como en lo relativo a la ejecución de las leyes, deriva de competencias que la propia Constitución otorga a la Administración, por considerar que su funcionamiento

normal y cotidiano la requiere como un medio indispensable para el cumplimiento de sus fines, siendo ésta parte integrante de la función administrativa. El ejercicio de dicha potestad implica la existencia de una norma, de rango legal, que la autorice expresa o implícitamente. Tal autorización se encuentra incorporada en el señalado artículo 5 de la Ley General de Electricidad, al establecer que será la SIGET quien emitirá el procedimiento correspondiente para la concesión de tales plantas generadoras.

La creación del señalado procedimiento tiene como fin incentivar la inversión privada en el sector electricidad, no solo por medio del empleo de grandes capitales, sino también a través de proyectos que se encuentran al alcance de la mayor parte de la población, como son aquellas concesiones para plantas generadoras con capacidad nominal total que no sobrepasen cinco megavatios. Para facilitar su alcance, es necesario crear un procedimiento abreviado con relación al que la Ley General de Electricidad establece para las concesiones que superan tal capacidad, mismo que permita su obtención a la mayor brevedad posible, sin el sometimiento a trámites innecesarios que desmotivan a los interesados a continuar con el procedimiento.

El acto administrativo de la concesión, por su incidencia en la esfera jurídica de un particular, es un acto favorable, por cuanto declara, reconoce o amplía la esfera jurídica del mismo; sin embargo, este otorgamiento debe fomentar el desarrollo de un mercado competitivo en las actividades de generación de energía eléctrica, que trae como resultado el acceso a este suministro para mas sectores de la población. Es por ello que el Estado a través de este ente regulador, ha conservado las funciones de regulación y control sobre esta clase de actividades, por esta causa, la SIGET, como gestor principal del bien común que implica este servicio, debe asegurar mediante la regulación, ordenamiento y organización y fiscalización, que los objetivos de la Ley General de Electricidad, sean cumplidos, ya que la misma se pretende satisfacer a través del concesionario. Así las cosas, es procedente emitir el respectivo procedimiento.

Esta Superintendencia, siguiendo las ideas y directrices del precepto

constitucional que establece la defensa de la competencia artículo y 5 de la citada

Ley, el cual pretende incentivar la generación de energía eléctrica y los diferentes

disposiciones administrativas regulatorios de la ley General de Electricidad, es

procedente emitir el respectivo procedimiento.

- VI. La Ley de Medio Ambiente, en su artículo 25 literal b), expresa que “Para aquellos estudios de Impacto Ambiental cuyos resultados reflejan la posibilidad de afectar la calidad de vida de la población o de amenazar riesgos para la salud y bienestar humano y el medio ambiente, se organizará por el ministerio una consulta pública del estudio en el o los municipios donde se piense llevar a cabo la actividad, obra o proyecto”. Por lo anterior, al efectuarse el procedimiento de

consulta pública por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, se atiende lo establecido en el inciso segundo del artículo 16 de la Ley General de Electricidad, sobre el requerimiento de publicar los datos del proyecto en dos periódicos de amplia circulación nacional, a efecto que se pronuncien quienes pudiesen tener oposición al mismo.

POR TANTO,

En uso de sus facultades legales, ACUERDA:

a) Aprobar el “PROCEDIMIENTO ABREVIADO PARA EL OTORGAMIENTO DE CONCESIONES DE RECURSOS GEOTERMICOS E HIDRAULICOS CON FINES DE GENERACION ELECTRICA PARA PLANTAS GENERADORAS CON CAPACIDAD NOMINAL TOTAL, IGUAL O MENOR DE CINCO MEGAVATIOS” bajo las disposiciones siguientes:

CAPITULO I - AMBITO DE APLICACIÓN DEL PRESENTE PROCEDIMIENTO

Art.1. El presente procedimiento tiene por objeto establecer un mecanismo abreviado y ágil para el otorgamiento de concesiones de recursos naturales geotérmicos o hidráulicos, para plantas generadoras de energía eléctrica con capacidad nominal total, igual o menor de cinco megavatios.

Art. 2. Para efectos de aplicación del presente procedimiento, los plazos en ella indicados, a menos que se especifique lo contrario, se contarán en días hábiles, siendo éstos perentorios e improrrogables, salvo justa causa.

Art. 3. Una concesión sólo podrá amparar una central de generación. Sin embargo, una misma persona natural o jurídica podrá ser el titular de más de una concesión, siempre que (El artículo 22, literal b, del RLGE estipula que cualquier entidad que pretenda ser concesionario debe CALIFICAR. La diferencia ahora es que esos requisitos técnicos, legales y financieros serán menores y estarán en un documento de calificación;) califique para construir y operar proyectos de esta naturaleza, establecidos por la SIGET en este procedimiento.

Art. 4. Las concesiones serán otorgadas por la SIGET a personas naturales o jurídicas mediante Acuerdo, y se formalizarán y regirán por una contrata conforme a las normas que establezca la SIGET.

Art. 5. El presente procedimiento es únicamente para el otorgamiento por parte de la SIGET de concesiones de recursos para plantas generadoras de energía eléctrica con capacidad nominal total, igual o menor de cinco megavatios

Art. 6. Las entidades interesadas en obtener Concesión para la explotación de recursos hidráulicos o geotérmicos para generación de energía eléctrica,

deberán presentar solicitud por escrito a la SIGET, la que deberá cumplir con lo dispuesto en el Capítulo II del presente Acuerdo.

CAPITULO II - DE LA SOLICITUD Y PROCEDIMIENTO PARA EL OTORGAMIENTO DE LA CONCESIÓN.

Art. 7. La solicitud correspondiente deberá realizarse mediante un Formulario de Solicitud de Concesión identificado con el **No. CH-1** y **No. CG-1** para la Concesión Hidráulica y la Concesión Geotérmica, respectivamente y que la SIGET mantendrá a disposición de los interesados.

Art. 8. Dicho formulario deberá entregarlo el solicitante con la información completa que en él se indica, sobre cuya autenticidad anexará declaración jurada. El formulario deberá ser firmado por el solicitante, su Representante Legal o Apoderado, según corresponda.

Art. 9. Si la solicitud de concesión no cumple con los requisitos legales y técnicos, dentro de los diez(10) días posteriores a la presentación de la misma, la SIGET le prevendrá para que dentro del plazo que ésta fije, en consideración a la naturaleza del déficit de la solicitud, subsane lo observado.

Si el interesado sin causa debidamente justificada y comprobable no cumple en el plazo legal con la prevención formulada por la SIGET, la solicitud se declarará inadmisibles, quedando a salvo su derecho de presentar nueva solicitud cuando fuere procedente.

Por causa justificada y comprobable el plazo establecido en la prevención, podrá ser prorrogado a solicitud expresa del solicitante en una sola oportunidad.

Art. 10. Dentro de los quince (15) días posteriores a la fecha de presentación de la solicitud o de evacuación de la prevención, la SIGET notificará al interesado si la solicitud ha sido admitida o no, y en este último caso, las razones de la no admisión. La solicitud rechazada no podrá ser presentada dentro de los siguientes tres meses.

Una vez admitida la solicitud, si se determinará la factibilidad y conveniencia de otorgar la concesión, en el mismo Acuerdo la SIGET ordenará la publicación del mismo, la cual se realizará a más tardar dentro de los cinco días posteriores a su emisión, por escrito, al menos en dos periódicos de mayor circulación nacional y en dos ocasiones con intervalo de un día entre ellas, para que cualquier interesado manifieste su interés en la explotación del mismo recurso, presentado dentro de los treinta días posteriores a la publicación, la solicitud de calificación correspondiente.

Art. 11. Concluido el plazo señalado en el artículo anterior, si no se hubiere presentado interés por obtener la misma concesión, la SIGET contará con un plazo de veinte (20) días para evaluar la documentación presentada por el solicitante, y mediante Acuerdo con expresión de motivos, pronunciarse sobre la procedencia o no del otorgamiento de la concesión.

Si se determinará que es procedente otorgar la concesión de la forma solicitada por el solicitante original, se establecerá la fecha máxima para la elaboración y firma de

la contrata de concesión, sin recargo alguno, de conformidad con lo establecido en el artículo 26 del Reglamento de la Ley General de Electricidad.

Art. 12. Si se hubiere presentado interés adicional por la obtención de la misma concesión, la SIGET contará con un plazo de veinte días para evaluar la documentación presentada por el solicitante y los interesados, y mediante Acuerdo con expresión de motivos, pronunciarse sobre el resultado de la evaluación y la procedencia o no del otorgamiento de la concesión.

Para el caso que proceda la concesión, la SIGET solicitará a las entidades evaluadas que dentro de un plazo de diez días presenten su oferta económica, expresando claramente el monto que están dispuestas a pagar por la concesión y la forma, condiciones y cuantía de la garantía de oferta, que en ningún caso podrá ser inferior al 10% del monto total de ésta.

Una vez recibidas las ofertas económicas, la SIGET contará con un plazo de cinco (5) días para establecer el orden de la evaluación técnica y económica, siendo la entidad mejor evaluado a quien se le adjudique la concesión.

El mismo Acuerdo establecerá la fecha máxima para el pago ofrecido por la concesión y la elaboración y firma de la contrata de concesión.

Art. 13. El Acuerdo a que se refiere el artículo anterior, será publicado y notificado al solicitante dentro del plazo de tres días contados a partir del día siguiente a la emisión del mismo.

Art. 14. Si el adjudicatario no efectuara en el plazo estipulado el pago correspondiente, la SIGET revocará sin más trámite la adjudicación, y se concederá ésta al interesado que haya obtenido la segundo mejor calificación, y así sucesivamente.

CAPITULO III – DISPOSICIONES GENERALES

Art. 15. Considerando que en la formulación de proyectos de recursos geotérmicos, si el proyecto no ha sido desarrollada hasta la etapa de factibilidad, no es posible conocer con precisión las características físicas reales del recurso ni del proyecto en su totalidad, el solicitante la entidad podrá presentar a la SIGET un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de carácter general referido a la prefactibilidad, aprobado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en adelante el MARN, en forma condicionada a que la entidad presentará posteriormente – una vez realice el estudio de factibilidad e/o ingeniería final - un EIA específico del proyecto en el que se evaluarán las características diseñadas para la construcción, operación y abandono. Por lo anterior, el estudio de factibilidad deberá ser un componente esencial detallado en la programación del desarrollo del estudio de prefactibilidad incluido en la solicitud, así como en la respectiva contrata.

Art. 16. El interesado deberá solicitar al MARN los datos por ellos publicados, con el fin que los documentos de prefactibilidad sean remitidos a la SIGET para ser tomados como parte integral de la solicitud correspondiente a la concesión. La SIGET verificará que el anteproyecto técnico que sirvió de base

a la aprobación del estudio de impacto ambiental, sea el mismo utilizado en la solicitud de concesión y en el estudio de factibilidad o de ingeniería final.

Art. 17. En ausencia de normas ambientales locales específicas para proyectos hidroeléctricos o geotérmicos, los solicitantes podrán efectuar los EsIA tomando como referencia las *“Directrices del Banco Mundial sobre el ambiente, la salud y la seguridad”* y las *“Directrices de la Organización Mundial de la Salud para la calidad del agua potable”*.

CAPITULO IV - DE LA CONTRATA DE CONCESIÓN Y FASE POSTERIOR

Art. 18. En la contrata de concesión, la SIGET incluirá al menos los aspectos siguientes:

- a) Definiciones necesarias o convenientes para la correcta interpretación de los términos utilizados en la contrata.
- b) Descripción técnica apropiada del recurso a concesionar y derechos inherentes a la concesión; así como también aprovechamientos incluidos y excluidos de la misma.
- c) Descripción de la forma de ejecución y de operación del proyecto técnico a ser implementado en la concesión, plazo de construcción y fecha de entrada en operación comercial.
- d) Condiciones especiales de la contrata que deberán continuar siendo aceptadas por el concesionario, incluyendo aquellas cuya aceptación inicial fue requerida desde la presentación de la solicitud.
- e) Marco normativo que regirá la ejecución de la concesión.
- f) Obligaciones y derechos de las partes en la construcción y en la operación del proyecto hasta el abandono del mismo; incluyendo la descripción de los informes que deberán ser presentados por la concesionaria a SIGET.
- g) Obligaciones de la concesionaria para garantizar el uso eficiente, racional y sostenible del recurso; así como también en materia de preservación de las instalaciones del complejo.
- h) Obligación de concesionarios extranjeros de establecer, dentro de un determinado plazo después de la firma de la contrata, una sucursal o sociedad que tendrá a cargo la ejecución del proyecto de la concesión.
- i) Seguros, incluyendo daños a terceros y riesgos naturales.
- j) Compromisos ambientales.
- k) Anexos indispensables de la contrata, tales como el “Documento técnico-económico del proyecto”; mapas de ubicación del proyecto de la concesión, en relación con cuencas, asentamientos humanos, tendido eléctrico y otros

elementos importantes del área y el cronograma detallado de construcción y operación.

l) Status documentado de todos los derechos y permisos permanentes requeridos para la factibilidad de ejecutar el proyecto de la concesión, así como de las obligaciones que en torno a éstos adquiere el Estado, a través de la SIGET, y el concesionario. El listado deberá incluir al menos los relacionados con terrenos, servidumbres, uso de pozos, plataformas de pozos y cualquier otro tipo de instalaciones o bienes inmuebles que pertenezcan a instituciones autónomas o no autónomas del Estado en las cuencas o áreas concesionadas; así como también los de entidades privadas propietarias o poseedoras de derechos de elementos claves para la ejecución del proyecto.

m) Derechos inherentes a la concesión.

n) Entendimientos, compromisos, garantías o cualquier tipo de acuerdos para la venta de energía del proyecto.

o) Forma en que se financiará la construcción del proyecto.

Art. 19. En los casos en que la concesión se otorga para proyectos que deberán comenzarse con actividades complementarias de preinversión, tanto en el texto de la contrata como en sus anexos se identificará como “proyecto” a la metodología general para la implementación del mismo.

Art. 20. Después de firmada la contrata de concesión, el concesionario dispondrá de un plazo máximo de seis meses calendario para presentar a la SIGET el documento conteniendo la ingeniería del proyecto hidráulico o de la etapa inicial del proyecto geotérmico, incluyendo especificaciones técnicas de los estudios, perforaciones, equipamientos, normas y estándares, así como los planos de diseño conceptual o de nivel constructivo si dispone de éste. Esta documentación deberá también acompañarse de una copia del correspondiente permiso ambiental. La fecha en que el concesionario entregará a la SIGET la información antes mencionada, quedará explícitamente establecida dentro de la contrata y el concesionario no podrá dar inicio a las actividades de campo mientras no haya suplido este requerimiento.

Art.21. Los concesionarios extranjeros contarán con un plazo de hasta sesenta días contados a partir de la firma de la contrata, para establecer una sucursal o nueva sociedad que tendrá a su cargo localmente la ejecución del proyecto de la concesión. Dicha sucursal o sociedad deberá estar debidamente constituida e inscrita en el Registro de Comercio, para el ejercicio de sus funciones conforme a las leyes de la República de El Salvador.

Art.22. Toda entidad concesionaria deberá informar a la SIGET, antes de contratar nuevas obras, las características técnicas de eventuales proyectos de ampliación o modificación de las instalaciones, a fin de que la SIGET pueda verificar oportunamente que tales ampliaciones o modificaciones corresponden a la concesión otorgada. La información sobre ampliaciones proyectadas podrá

ser provista en los formularios para registro de instalaciones proporcionados por la SIGET.

CAPITULO V –DEL MARCO NORMATIVO

Art. 23. El marco normativo al cual estarán sujetos tanto la SIGET como el solicitante de concesiones de recursos geotérmicos o hidráulicos de baja potencia, está constituido por:

- a) Constitución de la República de El Salvador, contenida en el Decreto Legislativo número treinta y ocho del quince de diciembre de mil novecientos ochenta y tres, publicado en el Diario Oficial número doscientos treinta y cuatro, tomo doscientos ochenta y uno del dieciséis de ese mismo mes y año.
- b) Ley de Creación de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, contenida en el Decreto Legislativo número ochocientos ocho del doce de septiembre mil novecientos noventa y seis, publicado en el Diario Oficial número ciento ochenta y nueve, tomo trescientos treinta y tres del nueve de octubre de mil novecientos noventa y seis y su reforma contenida en el Decreto Legislativo números ciento setenta y cinco del cuatro de diciembre de mil novecientos noventa y siete, publicada en el Diario Oficial número doscientos treinta y nueve, tomo trescientos treinta y siete del veintidós de diciembre de mil novecientos noventa y siete.
- c) Ley General de Electricidad y sus reformas, contenida en el Decreto Legislativo número ochocientos cuarenta y tres de fecha diez de octubre de mil novecientos noventa y seis, publicado en el Diario Oficial número doscientos uno, tomo trescientos treinta y tres, del veinticinco de ese mismo mes y año.
- d) Reglamento de la Ley General de Electricidad, contenido en el Decreto Ejecutivo número setenta del veinticinco de julio de mil novecientos noventa y siete, publicado en el Diario Oficial número ciento treinta y ocho, tomo trescientos treinta y seis, del veinticinco de julio de mil novecientos noventa y siete.
- e) Ley de Medio Ambiente, contenida en el Decreto Legislativo número doscientos treinta y tres, publicado en el Diario Oficial número setenta y nueve, tomo trescientos treinta y nueve del cuatro de mayo de mil novecientos noventa y ocho;
- f) Reglamento General de la Ley de Medio Ambiente, contenido en el Decreto Ejecutivo número diecisiete del veintiuno de marzo del año dos mil, publicado en el Diario Oficial número setenta y tres, tomo trescientos cuarenta y siete, del doce de abril del año dos mil; así como los Reglamentos Especiales contenidos en los Decretos Ejecutivos números treinta y ocho “Sobre el control de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono”; número treinta y nueve “ Aguas Residuales”; número cuarenta “ Normas Técnicas de Calidad Ambiental”; número cuarenta y uno “Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos”; y, número cuarenta y dos “Sobre el manejo integral de los desechos sólidos”, todos de fecha treinta y uno de mayo del año dos mil,

publicados en el Diario Oficial número ciento uno, tomo trescientos cuarenta y siete, del uno de junio del año dos mil.

g) Ley de Inversiones, contenida en el Decreto Legislativo número setecientos treinta y dos del catorce de octubre de mil novecientos noventa y nueve, publicado en el Diario Oficial número doscientos diez, tomo trescientos cuarenta y cinco del once de noviembre de mil novecientos noventa y nueve.

h) Ley Especial de Protección al Patrimonio Cultural de El Salvador, contenida en el Decreto Legislativo número quinientos trece, del veintidós de abril de mil novecientos noventa y tres, publicado en el Diario Oficial número sesenta y ocho, tomo trescientos treinta y uno, del quince de abril de mil novecientos noventa y seis.

i) Reglamento de la Ley Especial de Protección al Patrimonio Cultural, contenida en el Decreto Ejecutivo número veintinueve, publicado en el Diario Oficial número sesenta y ocho, tomo trescientos treinta y uno, del quince de abril de mil novecientos noventa y seis.

j) Ley Forestal, contenida en el Decreto Legislativo número doscientos sesenta y ocho, publicado en el Diario Oficial número cincuenta, tomo doscientos treinta y ocho, del trece de marzo de mil novecientos setenta y tres, y su reforma contenida en el Decreto Legislativo número cuatrocientos dieciocho, publicado en el Diario Oficial número ciento cuarenta y dos, tomo doscientos noventa y dos, del treinta y uno de julio de mil novecientos ochenta y seis.

k) Legislaciones y ordenanzas municipales.

CAPITULO VI – VIGENCIA.

Art.24. El presente procedimiento entrará en vigencia al siguiente día de su publicación en el Diario Oficial.

**El artículo 22, literal b, del RLGE estipula que cualquier entidad que pretenda ser concesionario debe CALIFICAR. La diferencia ahora es que esos requisitos técnicos, legales y financieros serán menores y estarán en un documento de calificación;

**

b) Inscribir el presente Acuerdo en la Sección de Actos y Contratos del Registro de Electricidad y Telecomunicaciones adscrito a esta Superintendencia.

c) Publíquese.

José Luis Trigueros
Superintendente

**ANEXO 3.4- ACUERDO DE CONCESIÓN MINICENTRAL
HIDROELECTRICA COMUNIDAD LA CHACRA**

ACUERDO No. 42-E-2000

**LA SUPERINTENDENCIA GENERAL DE ELECTRICIDAD Y
TELECOMUNICACIONES,**

CONSIDERANDO QUE:

- I. Que esta Superintendencia, por medio de Acuerdo No. 22-E-2000 de fecha veinticinco de mayo del año 2000, admitió la solicitud de la Asociación Saneamiento Básico, Educación Sanitaria y Energías Alternativas (SABES), hecha por medio de su representante legal Señor José Manuel Peña Solís, para el otorgamiento de concesión para la explotación del recurso hídrico con la finalidad de generar energía eléctrica en el Río Lempía (también conocido como río Las Vegas), en la jurisdicción de Carolina, Departamento de San Miguel, en el área demarcada para fines indicativos por las coordenadas lambert siguientes: 302,200 Latitud Norte y 574,150 Longitud Este; y 302,630 Latitud norte y 573,820 Longitud Este, con una longitud del río de 6.8 kilómetros, con una distancia de los puntos descritos de 5.84 Kilómetros en línea recta.
- II. Que el veintinueve de mayo del presente año, esta Superintendencia procedió a publicar los datos del proyecto “Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chácara”, en dos periódicos de amplia circulación nacional, a efecto de que cualquier persona natural o jurídica presentará oposición al mismo o bien los proyectos excluyentes correspondientes, de conformidad con el Artículo 16 de la Ley General de Electricidad y Art. 17 del Reglamento de dicha Ley;
- III. Que durante el período comprendido entre el treinta de mayo y el veintidós de agosto del año en curso, señalado para la admisión de oposiciones y proyectos excluyentes al proyecto Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chácara, esta Superintendencia no recibió ni oposiciones, ni proyectos excluyentes.
- IV. Que en la solicitud de concesión presentada por la Asociación Saneamiento Básico, Educación Sanitaria y Energías Alternativas (SABES), se han aportado los elementos técnicos y legales suficientes para determinar que el proyecto Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chácara, será sometido a licitación.
- V. La SIGET procederá a dar cumplimiento a lo establecido en el Art.19 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, publicando y notificando el presente Acuerdo a la Asociación Saneamiento Básico, Educación Sanitaria y Energías Alternativas (SABES).
- VI. De conformidad al Art. 20 del Reglamento de la Ley General de Electricidad, la SIGET establecerá y publicará los días y el lugar en que estarán disponibles los Documentos de Calificación, que serán elaborados de acuerdo al Art. 22 del mencionado Reglamento.

POR TANTO, en uso de sus facultades legales, ACUERDA:

- a. Determinar que el proyecto “Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chácara”, presentado por la Asociación Saneamiento Básico, Educación Sanitaria y Energías Alternativas (SABES), para la explotación del recurso hidráulico del Río Lempía(también conocido como río Las Vegas), en la jurisdicción de Carolina, Departamento de San Miguel, con la finalidad de generar energía eléctrica; será sometido a licitación con los parámetros de diseño que a continuación se indican:

Tipo de operación

Sin almacenamiento, a filo de agua

Flujo máximo turbina	0.15 m ³ /seg.
Flujo promedio esperado	0.1 ± 0.05 m ³ /seg.
Longitud total dique-turbina, aprox.	618 m
Elevaciones del agua dique-turbina	497.61 – 478.61 msnm
Caída bruta	19.00 m
Pérdidas totales	1.08 m
Caída neta	17.92 m
Energía (factor de utilización ≤ 0.8)	(100±16) MWh/año
Tipo de Turbina	Michell Banki
Potencias de entrada / salida en la turbina	17.60 / 13.03 KW
Eficiencias turbina, a plena carga	82%
Tipo de Generador	Sincrónico
Eficiencia generador	91 %
Eficiencia del grupo turbogenerador	74.62 %
Potencia nominal del generador (rango probable)	(15 ± 3) KW
Velocidad del generador	1800 rpm
Voltaje del Generador	110 Voltios
Voltaje de Interconexión	7,620 Voltios

- b. Para los efectos legales correspondientes, notifíquese el presente Acuerdo al representante legal de la Asociación Saneamiento Básico, Educación Sanitaria y Energías Alternativas (SABES).
- c. Los documentos de calificación correspondientes estarán disponibles en las oficinas de SIGET en el período comprendido del cuatro al ocho de septiembre del año dos mil.
- d. Publíquese el presente Acuerdo en el Diario Oficial y en dos periódicos de circulación nacional.

San Salvador, veintiocho de Agosto del dos mil.

Lic. Ernesto Lima Mena

Superintendente

ANEXO 3.5 - CUADRO RESUMEN DE PRESUPUESTO

OFERTA PRESENTADA POR:

PARA: _____

FECHA: _____

	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNI DAD	COSTO DIRECTO			TOTAL COSTO DIRECTO	COSTO INDIRECTO	I.V.A. 13%	TOTAL COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL
				MATERIAL	M. O.	OTROS					
	COSTO TOTAL	(LETRAS)									
	IVA	(LETRAS)									
	VALOR DE LA OFERTA	(LETRAS)									

EL PRECIO UNITARIO DE CADA ITEM DEBERA SER EL MISMO EXPRESADO EN LAS FICHAS DE ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS, DE ACUERDO AL ANEXO 3.6.

ANEXO 3.7 - COMPONENTES PARA LOS DIFERENTES PROYECTOS

A continuación se presentan algunos ejemplos de los principales componentes de los proyectos de electrificación rural.

MICROCENTRALES HIDROELÉCTRICAS (MCH)

La construcción de una MCH, comprende la construcción de una obra civil, con accesos y demás obras de desviación y conducción hacia la central, a continuación se listan los principales componentes de la MCH.

- CONSTRUCCION OBRAS CIVILES
 Movilización de contratista y transporte
 Construcción de campamentos
 Adecuación de fuentes de material en playa
 Vías de accesos (Carreteras)
 Presa vertedero
- OBRAS DE DESVIACION
 Canal de conducción
 Tuberías de presión, suministro e instalación
 Casa de maquinas
- INSTALACION Y MONTAJE
 Equipos electromecánicos
- CONSTRUCCION DE LINEAS Y REDES
 Línea de transmisión, subestaciones y redes de distribución

La vida útil de estos proyectos, es de 25 a 30 años para las obras civiles y de 10 a 15 años para los equipos.

PLANTAS DIESEL

La instalación de una planta Diesel, comprende la construcción de una base o fundación, para la planta (Obra civil), la cual incluye un relleno de recebo y arena, y unas redes de distribución de energía.

A continuación se listan los componentes de la obra civil, la caseta de una planta diesel de 40 a 100 kw y de un kilómetro de red.

COMPONENTE	CANTIDAD	UNIDAD
CONSTRUCCION CASETA 3x4 METROS		
Piedra grande	6	m3
Piedra fina	10	m3
Arena	3	m3
Cemento	6	bulto
Ladrillos	5000	unidad
Tejas	30	unidad
Madera (Listones)	90	metros
Mano de obra (3 horas diarias)	15	dia
Ingeniería	0.5	mes
Tanque almacenamiento de combustible (500 galones)	1	unidad
Tanques de combustible (55 galones)	10	unidad
Terreno	1	hectárea
Hierro 1/2"	100	metros
CONSTRUCCION REDES POR KILOMETRO		
Postes en madera	34	unidad
Estructuras de B.T.	34	unidad
Estructuras de A.T.	17	unidad
Conductores (ACSR Calibre 2/0 - 4/0)	4500	metros
Templetes	12	metros
Mano de obra (Ahoyada)	34	unidad
Parada postes	34	unidad
Mano de obra técnicos	5	dia
Ingeniería	3	dia
Transformadores (1S/E.D)	3	unidad
Vida Útil de la planta	8 años	
Vida Útil de las redes	15 años	
Promedio de uso diario	4 - 6 horas	

PROYECTOS FOTOVOLTAICOS

Los proyectos fotovoltaicos requieren de una obra civil muy reducida, compuesta por la incada de un poste de madero o concreto, o en casos de sistemas comunales, bases de cemento para los soportes de los paneles solares.

Los componentes básicos del sistema fotovoltaico para un área rural con un panel de con una capacidad de 53 w - 83 w, son los siguientes:

COMPONENTE		
Poste de madera de 8 metros	1	Unidad
Soportes para asegurar el panel	1	Unidad
Panel solar VLX-53	1	Unidad
Batería Estacionaria de plomo ácido 50 AH	1	Unidad
Regulador RPI12-10	1	Unidad
Lámparas fluorescentes de 20w SC12-20	2	Unidad
Ventilador de 12 vdc	1	Unidad
Juego de instalación #1-2	1	Unidad
Vida Útil de los paneles	20-25 años	
Vida Útil del regulador	8 años	
Vida Útil de la batería solar	15 años	
Promedio de uso diario	4 horas	

ANEXO 3.8 FORMULARIO DE SOLICITUD DE PERMISO AMBIENTAL

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

DIRECCION DE GESTIÓN AMBIENTAL

FORMULARIO AMBIENTAL

No. de entrada: _____

No. de salida: _____

No. base de datos: _____

**PROYECTOS TERMOELÉCTRICOS, GEOTÉRMICOS E HIDROELÉCTRICOS
Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN****A.- INFORMACION GENERAL**

Información del (propietario) que propone la actividad, obra o proyecto, sea persona natural o jurídica, pública o privada (anexar para personas jurídicas, fotocopia de la personería de la empresa y de la representación legal)

I.- DEL TITULAR (propietario)**DATOS PERSONALES**

1. NOMBRE DEL TITULAR: _____

2. DOCUMENTO UNICO DE IDENTIDAD (D.U.I.): _____
3. DOMICILIO PRINCIPAL. Calle/Avenida: _____ Número: _____
Colonia: _____ Mpio/Dpto: _____
Tel: _____ Fax: _____ Correo Electrónico: _____
4. DIRECCION PARA NOTIFICACIÓN Y/O CITACIÓN: _____

5. REPRESENTANTE LEGAL: _____

II.- IDENTIFICACIÓN, UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD, OBRA O PROYECTO

1. NOMBRE DEL PROYECTO: _____
2. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO: **Deberá incluir mapa/ croquis, indicando linderos y colindantes**
Calle/Avenida : _____ Colonia/Cantón: _____
Municipio: _____ Departamento: _____
3. FORMA PARTE DE UN: (*Sólo aplica para el Sector Público*) [] Plan [] Programa [] Proyecto aislado
Nombre del Plan/Programa: _____
4. Realizó Evaluación Ambiental Estratégica: [] Sí [] No
5. AMBITO DE ACCION: [] Urbano [] Rural [] Costero – Marino [] Area protegida
6. TIPO DE PROYECTO: [] Termoeléctrico [] Geotérmico [] Hidroeléctrico [] Líneas de Trasmisión [] Plantas de Distribución
7. NATURALEZA: [] Nuevo [] Ampliación [] Rehabilitación [] Mejoramiento [] Otro _____
8. TENENCIA DEL INMUEBLE : [] Propiedad [] Con opción a compra
9. DERECHOS DE SERVIDUMBRE: Sólo para líneas de trasmisión (Presentar certificaciones).
10. NECESIDAD DE REUBICAR PERSONAS: [] Sí [] No [] Permanente [] Transitoria
[] < 50 personas [] 50 a 100 personas [] > 100 personas

III. DE LAS CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DE LA ACTIVIDAD, OBRA O PROYECTO

1. ESTADO DEL PROYECTO: [] Prefactibilidad [] Factibilidad [] Diseño Final

2. ETAPAS DE EJECUCION: Construcción Funcionamiento Mantenimiento Cierre
3. AREA: Total del terreno: _____ m². Ocupada por el proyecto: _____ m²
4. ACCESO AL PROYECTO: Distancia en kilómetros desde la carretera más cercana.
 Requiere apertura de camino: Permanente Temporal _____ kms.
 Por camino de tierra _____ kms. Por carretera asfaltada _____ kms.
 Por agua _____ kms Otros. Especifique: _____ kms
5. TIPO DE PROYECTO DE GENERACIÓN: Marque el que corresponda
Termoeléctricos: Turbinas a gas Turbinas a vapor
 De combustión De ciclo sencillo o combinado Combustión de carbón.
 Geotérmicos: de vapor seco de vapor de primera y/o segunda generación Ciclo Binario.
 Hidroeléctricos: de almacenamiento de caída
6. CAPACIDAD DE GENERACIÓN: mayor de 50 MW(e) De 3 a 50 MW(e) menor de 3MW(e)
7. COMBUSTIBLES UTILIZADOS: Sólido (carbón) Líquido(Diesel- Fuel Oil) Gas (natural o líquido)
8. Enumere otros insumos a ser requeridos para la generación de energía:

INSUMOS	CANTIDAD/SEMANA O MES

9. DESCRIPCION DE LAS ACCIONES TIPICAS EN LAS ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN

ETAPAS	ACCIONES TIPICAS (actividades)	VOLUMEN/ CANTIDAD
CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES DE EQUIPOS		
OPERACIÓN		
CIERRE		

10. SERVICIOS A SER REQUERIDOS DURANTE LA EJECUCION DEL PROYECTO

Recolección desechos sólidos (kg/día) _____ [] Alcantarillado pluvial (m. lineales) _____
 Alcantarillado Sanitario (m. lineales) _____ [] Fuente de abastecimiento de agua: Especifique:

11. RECURSO HUMANO. Detallar el número de personas que serán requeridas en las diferentes etapas

Mano de obra requerida	CONSTRUCCIÓN		OPERACIÓN		CIERRE
	PERMANENTE	TEMPORAL	PERMANENTE	TEMPORAL	TEMPORAL

12. ALTERNATIVAS Y TECNOLOGIAS

Se consideró o están consideradas alternativas de localización? Sí [] No []

Si la respuesta es afirmativa, indique cuales y porqué fueron desestimadas las otras alternativas:

13. Se consideró el uso de tecnologías y procesos alternativos? Sí [] No []

Si la respuesta es afirmativa, indique cuales y porqué fueron desestimadas las otras alternativas:

IV. DE LA DESCRIPCION DEL AREA DE LA ACTIVIDAD, OBRA O PROYECTO. **Definir las características ambientales básicas del área a ser ocupada por el proyecto.**

1. DESCRIPCION DEL RELIEVE Y PENDIENTES DEL TERRENO:

[] Plano a Ondulado [] Quebrado [] Muy Accidentado

2. DESCRIPCION CLIMATICA. Estación meteorológica más cercana al proyecto: _____

Precipitación anual prom. (mm.) _____ Temperatura prom. anual (°C) _____

3. GRAN GRUPO Y CLASES DE SUELOS: _____

4. COBERTURA VEGETAL:

Vegetación predominante: [] Pastos [] Matorrales [] Arbustos [] Cultivo: _____

[] Bosque Ralo [] Bosque Denso

Especies vegetales y animales predominantes: _____

5. EN EL AREA DEL PROYECTO SE ENCUENTRAN: [] Ríos [] Manantial [] Escuelas

[] Industrias [] Areas Protegidas [] Lugares turísticos [] Sitios valor cultural

[] Centros Poblados [] Hospitales

Nombrar las que han sido marcadas: _____

1. EL AREA DEL PROYECTO SE ENCUENTRA EN UNA ZONA SUSCEPTIBLE A:
 Sismos Inundaciones Erosión Hundimiento Deslizamientos Marejadas

V. ASPECTOS DE LOS MEDIOS FÍSICO, BIOLÓGICO Y SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL QUE PODRIAN SER AFECTADOS POR LA EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD, OBRA O PROYECTO. Marque con una X los recursos a ser afectados en cada una de las etapas que comprende la ejecución del proyecto

ETAPAS	RECURSOS					CUANTIFICACIÓN	
	SUELOS	AGUA	VEGETACIÓN	FAUNA	AIRE	m ²	kms
CONSTRUCCIÓN							
OPERACIÓN							
CIERRE							

V.1 INDIQUE SI. AFECTARÁ MONUMENTOS NATURALES, VALORES CULTURALES O EL PAISAJE: _____

VI. IDENTIFICACIÓN DE LOS POSIBLES IMPACTOS CAUSADOS POR LA ACTIVIDAD, OBRA O PROYECTO. Indique los posibles impactos causados por la ejecución de las diferentes actividades de cada etapa,

IMPACTOS POTENCIALES	DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS	ORIGEN	CANTIDAD ESTIMADA	SITIO DE DISPOSICION MEDIO RECEPTOR
SUELOS				
AGUAS				
VEGETACIÓN				
FAUNA				
AIRE				
MEDIO SOCIO ECONÓMICO				

VI.1 POSIBLES ACCIDENTES, RIESGOS Y CONTINGENCIAS

INDIQUE LOS POSIBLES ACCIDENTES, RIESGOS Y CONTINGENCIAS QUE PUEDAN OCASIONARSE EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO (construcción, funcionamiento o cierre)

VII. MARCO LEGAL APLICABLE (A nivel Nacional, Sectorial y Municipal)

NOTA: En caso de existir en el marco legal (Nacional, Sectorial y Municipal), una norma que prohíba expresamente la ejecución de la actividad, obra o proyecto en el área propuesta, la tramitación realizada ante éste Ministerio quedará sin efecto

DECLARACION JURADA

El suscrito _____ en calidad de titular del proyecto, doy fe de la veracidad de la información detallada en el presente documento, cumpliendo con los requisitos de ley exigidos, razón por la cual asumo la responsabilidad consecuente derivada de esta declaración, que tiene calidad de declaración jurada.

Lugar y fecha: _____

Nombre del titular (propietario)

Firma del titular (propietario)

La presente no tiene validez sin nombre y firma del titular (propietario).

LINEAMIENTOS PARA EL LLENADO DEL FORMULARIO AMBIENTAL (PARA NUEVAS ACTIVIDADES, OBRAS O PROYECTOS).

1. Del Objeto

Los presentes lineamientos tienen por objeto, proporcionar los elementos básicos necesarios para el adecuado llenado del Formulario Ambiental y que la información proporcionada por el titular (propietario) de la actividad, obra o proyecto, permita al equipo técnico profesional designado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, conjuntamente con los resultados de la inspección al sitio propuesto para el desarrollo y determinar la procedencia de exigir o no, la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.

2. De La Definición del Formulario Ambiental

Es el instrumento establecido en los artículos 21 y 22 de la Ley del Medio Ambiente y en el artículo 20 del Reglamento General del Medio Ambiente, mediante el cual el titular de una actividad, obra o proyecto (nuevo), suministra la información que el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, requiere en el Formulario Ambiental correspondiente, para iniciar el trámite administrativo, tendente a obtener el permiso ambiental correspondiente.

3. De La Presentación del Formulario Ambiental

El Formulario Ambiental, deberá ser presentado por el titular o el representante legal debidamente acreditado, de toda nueva actividad, obra o proyecto o que pretenda realizar ampliación, rehabilitación o conversión del desarrollo que requiera Permiso Ambiental. El Formulario Ambiental, será presentado al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con una nota de remisión.

4. Del Contenido del Formulario Ambiental

El Formulario Ambiental contiene como mínimo, de acuerdo al artículo 21 del Reglamento de la Ley de Medio Ambiente, lo siguiente:

- Información del titular, que propone la actividad, obra o proyecto;
- Identificación, ubicación y descripción de la actividad, obra o proyecto;
- Aspectos de los medios físico, biológico, socioeconómico y cultural, que podrían ser afectados por la ejecución del proyecto;
- Identificación y priorización preliminar de impactos potenciales, posibles riesgos y contingencias y estimación de las medidas ambientales correspondientes;
- Declaración jurada sobre la responsabilidad del titular en la veracidad de la información proporcionada y;
- Marco legal aplicable (nivel nacional, regional y/o local);

El Formulario Ambiental. Se deberá responder en lo que sea pertinente a la actividad, obra o proyecto propuesto.

5. De La Responsabilidad del Contenido de la Información Proporcionada y Remisión del Formulario Ambiental

El titular de la actividad, obra o proyecto, será responsable de la veracidad de la información proporcionada en el formulario ambiental.

La información requerida en el formulario ambiental, deberá ser respondida en los diferentes aspectos de la actividad, obra o proyecto.

6. De La Reserva De La Información

El Ministerio de Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, mantendrá en reserva la información que pudiera afectar derechos de propiedad industrial, intelectual o intereses lícitos mercantiles.

7. De La Tramitación Del Formulario Ambiental

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de acuerdo a lo establecido en la normativa legal vigente y una vez efectuada la recepción del Formulario Ambiental, dará curso a la tramitación del mismo, siguiendo el procedimiento técnico administrativo que a continuación se describe:

7.1 De La Evaluación De La Información Contendida En El Formulario Ambiental

El equipo técnico profesional designado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en cumplimiento a lo establecido al artículo 22 del Reglamento General de Medio Ambiente, procederá al análisis de la información contenida en el Formulario Ambiental correspondiente (instrumento específico) para la actividad, obra o proyecto.

La información proporcionada en el formulario ambiental, será calificada con base a la cantidad y calidad de la información, que aplica a la actividad, obra o proyecto, que el titular (propietario), propone desarrollar.

El resultado de la evaluación de la información contenida en el Formulario Ambiental, se reflejará en la planilla de análisis ambiental, la cual forma parte de los instrumentos que integran el procedimiento técnico administrativo interno de tramitación del MARN.

7.2 De La Inspección Al Sitio De Ubicación De La Actividad, Obra O Proyecto

El Ministerio de Medio Ambiente y de Recursos Naturales, designará un equipo técnico profesional de acuerdo a la tipología y naturaleza del proyecto, el cual realizará la inspección al sitio de la actividad, obra o proyecto y determinará la sensibilidad del área donde se pretende implantar la actividad, obra o proyecto, el resultado de la inspección al sitio por parte del equipo profesional, se reflejará en el instrumento interno de tramitación del MARN (formulario ambiental inspección de campo).

8. De La Categorización De La Actividad, Obra O Proyecto

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, conforme al resultado del análisis de información del formulario ambiental y determinación de la sensibilidad del medio ambiente, que a continuación se detalla:

8.1 Del Análisis De La Información Contendida En El Formulario Ambiental

El análisis de la información contenida en el Formulario Ambiental, proporcionará los elementos para determinar la envergadura de la actividad, obra o proyecto y

8.2 Sensibilidad Del Área De Posible Implantación De La Actividad, Obra O Proyecto Y Naturaleza Del Impacto Potencial

La sensibilidad del área de ubicación de la actividad, obra o proyecto, se determinará como resultado de la inspección al sitio y se utilizarán indicadores ambientales predefinidos, proporcionándose así, los elementos para determinar la naturaleza del impacto potencial.

9. De Los Criterios Para Establecer La Envergadura De La Actividad, Obra O Proyecto Y La Calificación De La Sensibilidad Del Medio Ambiente

Envergadura De La Actividad, Obra O Proyecto

La envergadura se refiere al tamaño (magnitud), de la instalación, el criterio al ser integrado con la tipología de la actividad, obra o proyecto, permite definir la categorías para exigir la presentación o no, de un Estudio de Impacto Ambiental.

Para establecer la envergadura de la actividad, obra o proyecto, y la sensibilidad del medio, el Ministerio se basará en los criterios siguientes:

- Tipología de la actividad, obra o proyecto y localización;
- Superficie total y ocupada por el proyecto;
- Longitud del proyecto o, densidad de población;
- Cantidad de materias primas, insumos, combustibles y recurso agua a utilizar y volumen de producción;
- Cantidad estimada y calidad de efluentes, emisiones y residuos o desechos que puedan generar la actividad, obra o proyecto;

Calificación De La Sensibilidad Del Medio Ambiente

La calificación sensibilidad del medio ambiente, se hará con base a los indicadores ambientales predeterminados y que contemplan los recursos: suelos, vegetación, fauna, zonas frágiles, agua, aire, calidad de vida u otro de particular importancia identificado en la inspección al sitio del proyecto. La Calificación que se asignará será la siguiente:

- Calificación No. 1: No afectable por la actividad, obra o proyecto.
- Calificación No. 2: Sensible, los recursos del medio físico, biológico y social y económico, que serán afectados de forma parcial y/o temporal, no se coloca en peligro la integridad del sitio.
- Calificación No. 3: Muy sensible, los recursos naturales del medio físico, biológico y socioeconómico son afectados de forma total y/o permanente, se incluirán los elementos del patrimonio histórico y cultural.

- En función directa de la sensibilidad del medio ambiente, se definirá la naturaleza del impacto potencial.

10. De Las Categorías De La Actividad, Obra O Proyecto

La categoría de la actividad, obra o proyecto determinará el nivel del EsIA, de acuerdo a lo siguiente:

- **Categoría 1:** No requiere de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), debido a la tipología de la actividad, obra o proyecto, la envergadura y la naturaleza de las acciones a ejecutar.
- **Categoría 2:** Requiere de la presentación de un EsIA, debido a que la tipología de la actividad, obra o proyecto, causa efectos sobre el medio ambiente bien definidos, pero que dependiendo de la envergadura de las acciones que pretenden ser realizadas, éstas deberán ser cuantificadas en su real magnitud, por lo cual el estudio ambiental, deberá enfatizar en la satisfacción de los requerimientos específicos de información.
- **Categoría 3:** Siempre se requerirá de la presentación del EsIA, por la tipología y la envergadura, magnitud de demanda de recursos y los potenciales efectos sobre el medio ambiente que pueden generar impactos negativos e irreversibles para el medio ambiente, la salud y calidad de vida de la población

11. De La Resolución De Categorización Y De Los Lineamientos Términos De Referencia

Mediante la aplicación de los criterios antes indicados el Ministerio, categorizará la actividad, obra o proyecto y determinará la procedencia de exigir o no la presentación de estudio de impacto ambiental y el nivel de detalle de dicho estudio.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales emitirá, en un plazo máximo de veinte (20) días hábiles a partir de la recepción del formulario ambiental, la resolución sobre la procedencia de presentación de un estudio de impacto ambiental de la actividad, obra o proyecto, la cual será acompañada de los lineamientos de términos de referencia para elaborar el EsIA.

12. De La Vigencia De La Resolución De Categorización De La Actividad, Obra O Proyecto

La vigencia de la resolución de categorización será por un (1) año, a partir de la fecha de notificación de la misma, transcurrido el lapso indicado se deberá actualizar la información suministrada



DOCUMENTOS A PRESENTAR

Nombre del titular: _____

Nombre del Representante judicial o extrajudicial: _____

Nombre del proyecto: _____

Ubicación física del proyecto: _____

DOCUMENTOS	PRESENTADO	
	SI	NO
FORMULARIO AMBIENTAL (original y copia)		
TESTIMONIO DE ESCRITURA DE CONSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD O ASOCIACIÓN EN ORIGINAL Y FOTOCOPIA O COPIA CERTIFICADA E INSCRITA EN EL REGISTRO CORRESPONDIENTE, CUANDO FUERE EL CASO		
CREDENCIAL DE JUNTA DIRECTIVA O ADMINISTRADOR ÚNICO EN ORIGINAL Y FOTOCOPIA O COPIA CERTIFICADA E INSCRITA EN EL REGISTRO CORRESPONDIENTE		
TESTIMONIO DE PODER OTORGADO, SI SE TRATARE DE APODERADO, CUANDO FUERE EL CASO		
COPIA DE DUI CERTIFICADA DEL TITULAR		
COPIA DE NIT CERTIFICADA DEL TITULAR Y REPRESENTANTE LEGAL.-		
COPIA DE PASAPORTE CERTIFICADA, SI ES EXTRANJERO (A)		
COPIA DE TARJETA DE RESIDENCIA CERTIFICADA		
TESTIMONIO DE ESCRITURA DE COMPRAVENTA, O CUALQUIER OTRO DOCUMENTO QUE LEGITIME LA POSESIÓN O TENENCIA, EN ORIGINAL Y FOTOCOPIA O COPIA CERTIFICADA		
CONTRATO DE TRANSPORTE ORIGINAL Y FOTOCOPIA O COPIA CERTIFICADA SI ESTE NO TIENE EL SERVICIO		
MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO O EMPRESA		
PLANO DE DISTRIBUCIÓN DEL PROYECTO		
PLANO DE CURVAS A NIVEL Y ACCIDENTES NATURALES		
LICENCIA, DUI Y TARJETAS DE CIRCULACIÓN CERTIFICADAS (en el caso de ser F.A. TMP)		
OTROS:		

* LOS ANTERIORES REQUISITOS EN LO QUE FUERE APLICABLE

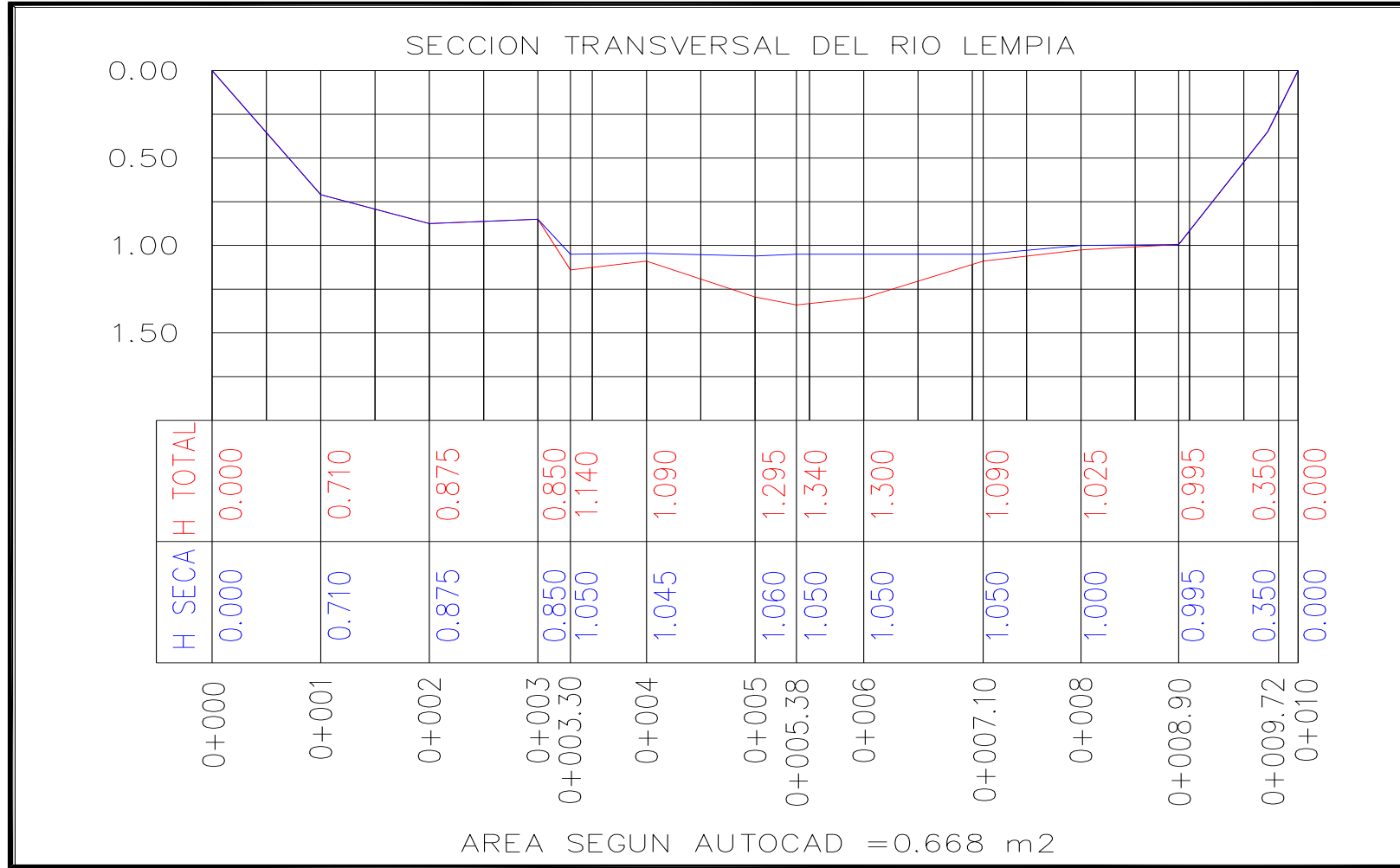
 NOMBRE Y FIRMA DEL TITULAR DEL PROYECTO
 PRESENTAR DOCUMENTO DE IDENTIDAD.
 SI LA PERSONA QUE PRESENTA EL FORMULARIO NO ES EL FIRMANTE,
 LA FIRMA DEL TITULAR DEBERÁ ESTAR LEGALIZADA POR NOTARIO

ANEXO 3.9 - FACTORES DE VALOR PRESENTE

Para los **Formatos 6, 7 y 8** , se deben utilizar los factores que se presentan a continuación, teniendo en cuenta los años de inversión del proyecto así: si el proyecto tiene un período de inversión de 2 años (año 0 y año 1 del proyecto), se deberán tomar los factores de la columna referenciada con DOS en el grupo de columnas denominadas NÚMERO DE AÑOS DE INVERSIÓN DEL PROYECTO.

AÑO DEL PROYECTO	NUMERO DE ANOS DE INVERSION DEL PROYECTO									
	UNO	DOS	TRES	CUATRO	CINCO	SEIS	SIETE	OCHO	NUEVE	DIEZ
0	1.000	1.1200	1.2544	1.4049	1.5735	1.7623	1.9738	2.2107	2.4760	2.7731
1	0.8929	1.000	1.1200	1.2544	1.4049	1.5735	1.7623	1.9738	2.2107	2.4760
2	0.7972	0.8929	1.000	1.1200	1.2544	1.4049	1.5735	1.7623	1.9738	2.2107
3	0.7118	0.7972	0.8929	1.000	1.1200	1.2544	1.4049	1.5735	1.7623	1.9738
4	0.6355	0.7118	0.7972	0.8929	1.000	1.1200	1.2544	1.4049	1.5735	1.7623
5	0.5674	0.6355	0.7118	0.7972	0.8929	1.000	1.1200	1.2544	1.4049	1.5735
6	0.5066	0.5674	0.6355	0.7118	0.7972	0.8929	1.000	1.1200	1.2544	1.4049
7	0.4523	0.5066	0.5674	0.6355	0.7118	0.7972	0.8929	1.000	1.1200	1.2544
8	0.4039	0.4523	0.5066	0.5674	0.6355	0.7118	0.7972	0.8929	1.000	1.1200
9	0.3606	0.4039	0.4523	0.5066	0.5674	0.6355	0.7118	0.7972	0.8929	1.000
10	0.3220	0.3606	0.4039	0.4523	0.5066	0.5674	0.6355	0.7118	0.7972	0.8929
11	0.2875	0.3220	0.3606	0.4039	0.4523	0.5066	0.5674	0.6355	0.7118	0.7972
12	0.2567	0.2875	0.3220	0.3606	0.4039	0.4523	0.5066	0.5674	0.6355	0.7118
13	0.2292	0.2567	0.2875	0.3220	0.3606	0.4039	0.4523	0.5066	0.5674	0.6355
14	0.2046	0.2292	0.2567	0.2875	0.3220	0.3606	0.4039	0.4523	0.5066	0.5674
15	0.1827	0.2046	0.2292	0.2567	0.2875	0.3220	0.3606	0.4039	0.4523	0.5066
16	0.1631	0.1827	0.2046	0.2292	0.2567	0.2875	0.3220	0.3606	0.4039	0.4523
17	0.1456	0.1631	0.1827	0.2046	0.2292	0.2567	0.2875	0.3220	0.3606	0.4039
18	0.1300	0.1456	0.1631	0.1827	0.2046	0.2292	0.2567	0.2875	0.3220	0.3606
19	0.1161	0.1300	0.1456	0.1631	0.1827	0.2046	0.2292	0.2567	0.2875	0.3220

ANEXO 4.1



Anexo 4.1. Fotos de los elementos principales que componen la Infraestructura del proyecto Minicentral Hidroeléctrica Comunidad La Chacra.



Río Lempía, tramo contiguo a la casa de máquinas.

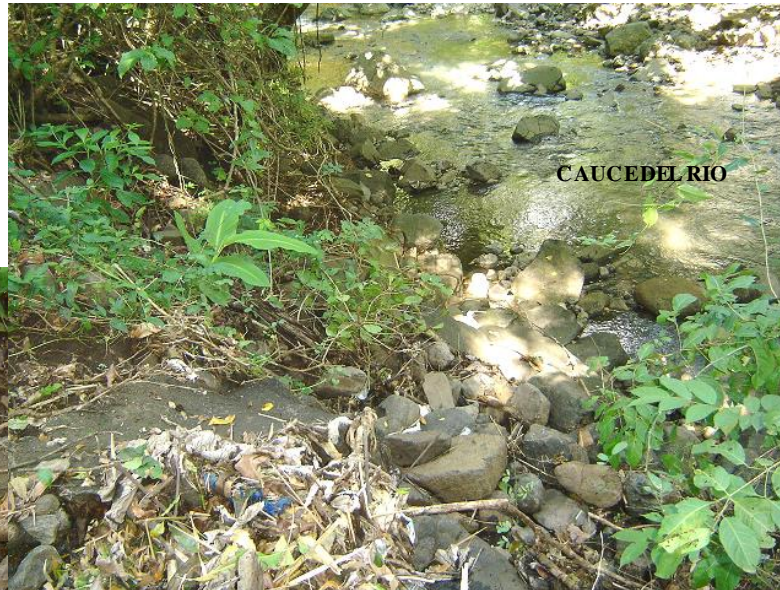


Dique de mampostería de piedra con recubrimiento de concreto y vertedero de 0.60 m de ancho.

Entrada al Canal de Conducción y compuerta de regulación de entrada del caudal derivado del río.



Canal de desborde que regresa el agua que no entra al canal de conducción, hacia el cauce del río.



Canal de Conducción de mampostería de piedra recubierto de concreto. Las curvas y quiebres en la geometría del canal ayudan a controlar la velocidad del agua que circula en este.





Revalse del del agua en canal de conducción.



Rejilla de entrada a Cámara Revalse de Carga.



Cámara de Carga



Entrada de agua a tubería Forzada.



Tubería Forzada Tubería Forzada, PVC 10" a 160 psi, tramo superficial, el resto está enterrada y anclada.



Casa de Máquinas y Subestación Eléctrica.



Llegada de Tubería Forzada, Válvula de control, Turbi Michell Banki, Generador Eléctrico y Panel de Control Eléctrico.



Canal de Descarga.

Anexo 5.1. Síntesis de Criterios y Parámetros que Resultan de los Estudios que se hacen para Proyectos de Mini y Micro centrales Hidroeléctricas.

- Diagnóstico socioeconómico con valores promedios representativos de la comunidad La Chacra:

Población: 63 familias (378 personas).

Ingresos: \$ 3.50 diarios por familia.

Gastos: \$ 3.00 diarios por familia.

Alfabetos: 52.4 %

Analfabetos: 47.6 %

Servicios básicos: 90.50 %, de cobertura de agua potable.

Los problemas más sentidos de la comunidad, son la deposición de basura y excretas directamente al ambiente en superficie. Similarmente, ocupación y la falta de comida, contribuyen a su problemática. En correlación con la Alcaldía Municipal de Carolina, el 57.1% considera que esta conoce las necesidades de la comunidad y 52.4 % opina no se las resuelven. El funcionamiento de la microcentral hidroeléctrica, la población de beneficiarios considera: 66.7 % que es bueno, 28.5% que es regular y el 4.80% que es malo. La iluminación de las viviendas consta en promedio de 3 focos por vivienda beneficiándose, además, tienen y usan variados aparatos electrodomésticos. Por servicio de energía eléctrica autoproducida del río Lempía, cada familia beneficiaria paga en promedio \$ 4.32 por mes. Consideran también, el 52.4%, que hay familias que quieren integrarse al proyecto.

- Potencia a desarrollar (basada en potencia demandada): Potencia máxima 17 KW, actualmente se produce 10 KW, quedando para ampliación de servicios para otros usos a parte de el alumbrado eléctrico domiciliario, 7 KW o 41.2% del total de capacidad real.

- Estudios Técnicos.

Topografía: 600 metros de longitud en ladera, siguiendo el canal de tierra existente hasta salir a la calle, viniendo del río Lempía (fuente de agua); pendiente detectada en 2.31 m de diferencia de elevaciones entre el punto de extracción y la cámara de carga, es de 0.4%, la cual es suficiente para derivar el agua por gravedad.

Aforos del río Lempía: en Junio de 1998 se midió un caudal en el río de 355 l/s, en Junio fue de 300 l/s.

Dique: dispuesto en un quiebre río abajo, con 80 cm arriba de ese fondo, más altura de dique aguas arriba, de 30 cm efectivos para embalse, con longitud de 14 m y 4.5 m de ancho, con compuerta de vertedero de 0.6 m de ancho.

La longitud del tramo del río hasta el punto de control (dique), 5.84 Km y longitud total del río 6.8 Km. Posición de inicio del río: latitud 297,360; longitud 576,400; elevación 820 msnm. Ubicación del punto de control (dique): latitud 302,630; longitud 573,820; elevación 220 msnm. Estos datos son tomados del cuadrante topográfico hoja 2557 III y 2557 IV, escala 1:50,000, correspondientes a Carolina, San Miguel.

- Estudio Hidrológico: datos de lluvia de la estación meteorológica Z-2, ubicada en San Francisco Gotera, en mapa escala 1:50,000: latitud $13^{\circ} 41.8'$ y $88^{\circ} 03.4'$, elevación 250 msnm; el área de la cuenca es de 10.35 Km^2 , la longitud del río Lempía es de 6.8 Km, la elevación media de la cuenca es de 545 msnm, el tiempo de concentración es de 43.1 minutos, el período de diseño considerado para este estudio es de 50 años, la intensidad de diseño es de 2.15 mm/min, la pendiente de la cuenca es de 32.81%, el coeficiente de escorrentía es de 0.48, el caudal de la cuenca es de $178.02 \text{ m}^3/\text{s}$ (máximo).
- Estudio Hidráulico del río Lempía: tirante crítico de 0.28 m, caudal mínimo de $2.36 \text{ m}^3/\text{s}$ ó 2,360 l/s, velocidad correspondiente 2.06 m/s. Cala de derivación para el canal de conducción de 600 m de longitud, diferencia de elevación entre el punto de extracción y la cámara de carga 2.31 m y pendiente promedio en este tramo 0.4%, para canal revestido con microcemento el coeficiente manning es 0.014, caudal de diseño o caudal de extracción $Q= 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$; sección del canal trapezoidal con ancho superior 0.60 m, ancho inferior 0.30 m, altura 0.40 m, en la curva de descarga el tirante crítico es de 0.31 m, la cual es menor que la altura propuesta para conducir $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ a velocidad de 1.16 m/s, según aforo; en la canaletta el agua entra a velocidad de 0.31 m/s.

- La curva de remanso: para control de inundación provocada por el dique, haciendo dy/dx , la curva de remanso se extiende hasta 3.98 m aguas arriba del dique, remansando 0.25 m en el paramento interno de este, respecto a la horizontal, lo cual indica que es muy suave y no causará inundación mayor de la requerida, aguas arriba del dique, por tanto no habrá impacto negativo debido a la retención efectiva del dique de 0.3 m de altura del lecho del río en la caída o quiebre en este punto del cauce; aunque la laguneta que se hace, tiene máxima profundidad de mas o menos 1 m, al centro.
- Estudio Geotécnico, Geología: roca de la formación Morazán y la formación Bálsamo, piroclastos, basaltos, respectivamente, ambiente volcánico, asociación domítica, se data a unos 50 millones de años de existencia, orografía de cordillera conteniendo el cauce del río Lempía en forma de U, garantizando la hidrología. Geotécnica: el basalto negro es $> 1,400 \text{ Kg/cm}^2$ de resistencia, roca 100% macizo sano, no degradación ni metamorfización, rocas soldadas dispuestas en flujo que se enfrió formando columnas basálticas poco fracturadas, dispuestas apropiadamente para garantizar la cimentación del dique sin daños permanentes.
- Forma de Explotación del agua del río Lempía: extrayendo $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ de los $2.36 \text{ m}^3/\text{s}$, que constituye el caudal ecológico mínimo natural del río Lempía, pudiendo llegar a un caudal máximo de $178 \text{ m}^3/\text{s}$; el caudal extraído se conduce a la cámara de carga de $2.00 \times 2.00 \times 1.80$ (metros) que equivalen a 7.20 m^3 , que llega a esta a través del canal trapezoidal de dimensiones $0.6 \times 0.3 \times 0.4$ (metros); de la cámara de carga se descarga en una tubería de PVC de 10" de diámetro a 160 psi, enterrada y anclada, trabajando forzada para el ariete hidráulico en una caída bruta 19 m y una caída útil de 17 m, para el caudal conducido hacia la turbina ubicada en la casa de maquinas, con lo que se acciona la turbina Michell Banki, con capacidad de 17 KW de diseño de 844 rpm, eficiencia mínima a plena carga 82%, caudal de trabajo de 50 l/s a 150 l/s, que puede generar hasta 18.2 KW. La energía transformada se conduce en red abierta hasta la comunidad La Chacra en 1,355 m de largo, de donde se extraen 130 Kv/h por mes, hasta 140 Kv/h por

mes, para entrega domiciliar considerando suministro real para 3 focos por vivienda.

- La turbina Michell Banki, para el sistema de generación de energía, requiere estimar las pérdidas de carga totales (primarias + secundarias = 2.29 m) en el canal de conducción y en la tubería forzada, respectivamente; para este caso, con un caudal de $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ correspondiente a la altura útil de descarga de 17 m. Se calculan las velocidades y el ángulo de entrada en la turbina para calcular la potencia, esta es de 18.2 KW a la salida, constituyendo la especificación pedida; con 86.7% de eficiencia para el caudal de $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ y altura de caída útil de 17 m, la energía de producción será 10 KW/hora por mes. El consumo de energía para el caso más favorable, si sólo se condujera $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ es de 7.01 KW/hora por mes (84,120 KW/hora por año), para 50 a 53 viviendas se estima mensualmente 130 a 140 Kw/hora por mes. Considerando que en cada vivienda se utilizarán de 80 a 100 W para iluminación con 3 focos de bajo consumo, se prevé una demanda total del conjunto de viviendas de 5.3 KW ó 54% de la energía total producible.