

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**DISEÑO Y PRESUPUESTO DE UN COMPLEJO ECO
TURÍSTICO SUSTENTABLE EN LA RESERVA
ECOLÓGICA MACHE-CHINDUL SECTOR LA LAGUNA,
PROVINCIA DE ESMERALDAS**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
MENCIÓN ESTRUCTURAS E HIDRÁULICA**

MANOLO DAVID REMACHE RODRÍGUEZ
ing_remake@hotmail.com

CARLA SOFÍA ZULETA CEVALLOS
carsofizuce@hotmail.com

DIRECTOR: ING. M.Sc. PABLO ALEJANDRO PINTO GAIBOR

CODIRECTORA: ING. M.Sc. MARÍA CRISTINA TORRES GUERRÓN

Quito, 2017

DECLARACIÓN

Nosotros, Manolo Remache y Carla Zuleta, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa vigente.

**MANOLO DAVID
REMACHE RODRÍGUEZ**

**CARLA SOFÍA
ZULETA CEVALLOS**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Manolo David Remache Rodríguez y Carla Sofía Zuleta Cevallos, bajo nuestra supervisión.

ING. PABLO PINTO GAIBOR

DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. MARÍA TORRES GUERRÓN

CODIRECTORA DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento más grande a Dios por permitirme estar vivo y ser parte del juego de cada día, hasta cuando él lo ordene.

Gracias infinitas a mis tres motores principales de mi familia Maritza, Blanca y Manuel. Sin el aporte de cada uno de ustedes, esto jamás hubiese sido posible.

Al Ing. Pablo Pinto por ser un verdadero modelo de ser humano y profesional a seguir. En verdad gracias por su paciencia.

A la Ing. Cristina Torres por su disposición y ayuda hacia nosotros.

A cada uno de ustedes que colocaron un granito de fe en mí y fueron parte de esta hermosa travesía llamada vida.

Y finalmente el agradecimiento más profundo a mis compañeras de tesis Carla y Joselyn por toda su paciencia y comprensión a lo largo de esta experiencia.

MANOLO DAVID REMACHE RODRÍGUEZ

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque en cada experiencia que he vivido lo encuentro a Él, y a todos los ángeles que ha puesto en mi vida.

A mi madre, por su esfuerzo y tenacidad para que mis hermanos y yo vivamos una buena vida.

A mi hermana, por siempre hacer su mejor esfuerzo y estar a mi lado en momentos cruciales de mi vida.

Al Ing. Pablo Pinto por sus enseñanzas, y por siempre estar presto a compartir su experiencia y ayuda.

A la Ing. Cristina Torres por su guía y por contribuir de la mejor manera con su tiempo y dedicación.

A mis amigas Betsabé, Daniela, Karen, y Talía, porque al pasar tantas cosas a mi lado, han llegado a convertirse en mis hermanas de otra madre.

A Christian, por ser un gran compañero que con su paciencia, soporte y buen ánimo me ayuda a atravesar cualquier momento.

A Josselyn por permitirme compartir grandes experiencias a su lado y mostrarme el gran ser humano que es.

A Manolo, quien ha sido un amigo incondicional con quien he compartido tanto lo bueno como lo malo y que a pesar de todo siempre continúa a mi lado. Que nuestra amistad sea imperecedera.

A todas las personas que formaron parte de mi experiencia en la Universidad, ya que gracias a ellas he aprendido las más valiosas lecciones.

CARLA SOFÍA ZULETA CEVALLOS

DEDICATORIA

Simplemente a ti, fuente de motivación, fuerza, coraje, vida y valentía.

Blanca Margarita Rodríguez este logro es más tuyo que mío.

MANOLO DAVID REMACHE RODRÍGUEZ

DEDICATORIA

A Dios por convertir cada reto en una oportunidad.

A mi madre quien lo ha hecho todo por mí.

A mis hermanos que a mi lado conforman el todo.

A la Cuqui que alegra mis días.

CARLA SOFÍA ZULETA CEVALLOS

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	VI
CONTENIDO	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XVIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XXI
INDICE DE FOTOGRAFÍAS	XXII
ANEXOS	XXIII
SIMBOLOGÍA	XXIV
RESUMEN	XXVI
ABSTRACT	XXVIII
PRESENTACIÓN	XXX
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo general	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 Alcance	5
1.4 Justificación	6
1.5 Marco conceptual de trabajo	7
CAPÍTULO 2	9

2. MARCO TEÓRICO	9
2.1 Desarrollo sostenible.....	9
2.2 Construcción sostenible	9
2.2.1 Principios de la construcción sostenible.....	11
2.2.2 Arquitectura ecológica	13
2.2.3 Diseño bioclimático.....	15
2.2.4 Construcción sostenible en Latinoamérica y Ecuador.....	19
2.2.5 Sistemas de certificación para construcción sostenible	23
2.3 Sistema constructivo	26
2.3.1 Bahareque encementado	27
2.3.2 Bambú guadúa	28
2.3.3 Sismoresistencia en las estructuras.....	30
2.3.4 Sistema Estructural.....	31
2.4 Gestión de residuos sólidos y escombros	33
2.4.1 Reciclaje o reutilización	34
2.4.2 Disposición final.....	35
2.5 Net zero water.....	35
2.5.1 Factor ambiental.....	36
2.5.2 Factor sociocultural.....	36
2.5.3 Factor económico	37
2.6 Energías alternativas	38
2.7 Turismo sostenible	41
2.7.1 El ecoturismo.....	42
2.7.2 El turismo en Ecuador	44
2.7.3 El ecoturismo en Ecuador.....	45
2.8 Aspectos legales	47
CAPÍTULO 3.....	50

3.	METODOLOGÍA	50
3.1	Definición del área de estudio	50
3.2	Etapa 1: Recopilación de información	51
3.2.1	Información de campo	51
3.2.2	Información bibliográfica	53
3.3	Etapa 2: Procesamiento de información.....	54
3.3.1	Información de campo	55
3.3.2	Información bibliográfica	56
3.4	Etapa 3: Bases de diseño	58
3.4.1	Sistema arquitectónico	58
3.4.2	Sistema estructural	60
3.4.3	Sistema hidrosanitario	60
3.5	Etapa 4: Diseño de sistemas definitivos	61
3.5.1	Sistema arquitectónico	61
3.5.2	Sistema estructural	62
3.5.3	Sistema hidrosanitario	62
3.6	Etapa 5: Propuesta de alternativa energética.....	63
3.7	Etapa 6: Cantidades de obra y presupuesto	64
3.7.1	Análisis de precios unitarios	65
3.7.2	Costos directos.....	66
3.7.3	Costos indirectos	67
3.7.4	Procedimiento para elaboración del presupuesto	68
	CAPÍTULO 4	71
4.	PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	71
4.1	Tabulación de encuestas	71
4.1.1	Situación socioeconómica del área de estudio	71
4.2	Aspectos físicos del área de estudio	75

4.2.1	Topografía	75
4.2.2	Tipos de suelo	76
4.2.3	Meteorología.....	77
4.2.4	Información de recursos disponibles.....	77
4.2.5	Atractivos turísticos.....	81
4.3	Sistema arquitectónico	84
4.3.1	Selección de materiales.....	84
4.4	Sistema hidrosanitario.....	84
4.4.1	Relleno de datos en estaciones meteorológicas	84
4.4.2	Resultados de análisis de calidad de agua	86
4.4.3	Selección de fuente de agua	88
CAPÍTULO 5.....		89
5.	BASES DE DISEÑO	89
5.1	Sistema arquitectónico	89
5.1.1	Proyecto conceptual	89
5.1.2	Diseño bioclimático.....	90
5.2	Sistema estructural	111
5.2.1	Cubierta.....	111
5.2.2	Muros estructurales	113
5.2.3	Columnas de caña guadúa	120
5.2.4	Cimentación.....	120
5.2.5	Uniones	123
5.3	Sistema de agua potable.....	129
5.3.1	Selección de componentes.....	129
5.3.2	Demanda de agua (análisis de consumo).....	132
5.3.3	Captación de agua lluvia	134
5.3.4	Captación de agua de fuente alternativa mediante bombeo	136

5.3.5	Reservorio de agua	137
5.3.6	Filtro lento de arena (FLA).....	138
5.3.7	Desinfección.....	141
5.3.8	Cisterna de almacenamiento	142
5.3.9	Distribución.....	143
5.4	Sistema de aguas residuales	143
5.4.1	Selección de componentes.....	143
5.4.2	Producción de aguas residuales.....	147
5.4.3	Laguna de bajo calado	147
5.4.4	Humedal subsuperficial	149
5.4.5	Biodigestor	152
CAPÍTULO 6	157
6.	DISEÑO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO	157
6.1	Arquitectónico	157
6.1.1	Proyecto Conceptual	157
6.1.2	Diseño Bioclimático	159
6.2	Estructural.....	174
6.2.1	Diseño de cubiertas	174
6.2.2	Diseño de muros estructurales	176
6.2.3	Diseño de columnas de caña guadúa.....	180
6.2.4	Diseño de cimentación	181
6.2.5	Uniones	186
CAPÍTULO 7	191
7.	DISEÑO DEL SISTEMA HIDROSANITARIO	191
7.1	Agua Potable	191
7.1.1	Reservorio de agua	191
7.1.2	Filtro lento de arena.....	193

7.1.3	Desinfección.....	196
7.1.4	Cisterna de almacenamiento	196
7.2	Aguas Residuales	198
7.2.1	Laguna de bajo calado	198
7.2.2	Humedal subsuperficial	199
7.2.3	Biodigestor	201
CAPÍTULO 8.....		202
8.	ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA ENERGÉTICO	202
8.1	Requerimientos energéticos.....	202
8.2	Alternativas de generación y dotación.....	203
8.2.1	Energía fotovoltaica	204
8.2.2	Energía eólica.....	206
8.2.3	Energía de biomasa.....	207
8.2.4	Energía termo-solar	208
8.3	Comparación de alternativas.....	210
8.4	Selección del sistema	211
CAPÍTULO 9.....		213
PRESUPUESTO.....		213
9.1	Definición y componentes	213
9.2	Resultados.....	213
CAPITULO 10.....		218
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		218
10.1	CONCLUSIONES	218
10.2	RECOMENDACIONES.....	220
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		222

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. REMACH como parte del SNAP	1
Figura 1-2. Cantones que integran la REMACH.....	2
Figura 1-3. Marco conceptual de trabajo	8
Figura 2-1. Pilares de la sostenibilidad en la construcción	12
Figura 2-2. Estrategias de sostenibilidad en edificaciones	13
Figura 2-3. Principios básicos de la arquitectura ecológica	14
Figura 2-4. Certificaciones utilizadas alrededor del mundo	25
Figura 2-5. Aumento costo de la edificación.....	26
Figura 2-6. Componentes del muro de bahareque encementado.....	27
Figura 2-7. Principios de la sismorresistencia.	31
Figura 2-8. Disposición de muros estructurales.....	32
Figura 2-9. Continuidad vertical de muros.....	33
Figura 2-10. Clasificación de los residuos de construcción.	34
Figura 2-11. Clasificación de las fuentes de energía	39
Figura 2-12. Producción de energía e importaciones (GWH)	40
Figura 2-13. Objetivos del turismo sostenible.....	42
Figura 2-14. Tipos de ecoturismo.....	44
Figura 3-1. Mapa del área de estudio.....	50
Figura 3-2. Recopilación de información	51
Figura 3-3. Localización de fuentes de agua	53
Figura 3-4. Procesamiento de información.....	55
Figura 3-5. Bases de diseño	58
Figura 3-6. Diseño de sistemas definitivos	61
Figura 3-7. Planteamiento de alternativa energética	64
Figura 3-8. Cantidades de obra y presupuesto	65
Figura 4-1. Ubicación estaciones meteorológicas	85
Figura 5-1. Componentes de la capacidad de carga.	89
Figura 5-2. Aprovechamiento de energía solar.....	91
Figura 5-3. Trayectoria del sol en diferentes lugares del planeta.	93
Figura 5-4. Incidencia topográfica en el clima.	93

Figura 5-5. Utilización de la vegetación para sombrear la edificación.	96
Figura 5-6. Efectos de los materiales y el color de techo en la absorción de calor.....	97
Figura 5-7. Detalle de colocación de material aislante en el techo.	97
Figura 5-8. Mecanismo de inercia térmica en una pared.	98
Figura 5-9. Detalle de pared con material aislante.	99
Figura 5-10. Detalle de protecciones horizontales en fachadas	100
Figura 5-11. Eficiencia de protectores tipo	101
Figura 5-12. Ubicación adecuada según la dirección de los vientos dominantes.	103
Figura 5-13. Vegetación ubicada para favorecer la ventilación natural.....	104
Figura 5-14. Uso adecuado de aberturas para la ventilación natural.....	104
Figura 5-15. Aberturas ubicadas en paredes adyacentes.	105
Figura 5-16. Cerramientos permeables para ambientes interiores.	106
Figura 5-17. Ejemplos de ventilación natural alrededor del techo.	107
Figura 5-18. Índices de efectividad para la ventilación natural	108
Figura 5-19. Recorrido aparente del sol en la bóveda celeste.....	109
Figura 5-20. Proporciones del ambiente interior adecuadas a la penetración de la luz.....	110
Figura 5-21. Detalle de pie de amigo.	113
Figura 5-22. Detalle del anclaje del refuerzo longitudinal en vigas de cimentación.....	121
Figura 5-23. Pilares para estabilizar cimentaciones en terrenos inclinados.....	122
Figura 5-24. Tipos de corte en elementos de caña guadúa.....	123
Figura 5-25. Unión pernada en planos paralelos.....	124
Figura 5-26. Unión perno tensor.....	124
Figura 5-27. Unión muro de bahareque con solera de madera a cimiento.	126
Figura 5-28. Unión muros en el mismo plano.....	126
Figura 5-29. Unión de muros en L.....	127
Figura 5-30. Unión de muros en T.....	127
Figura 5-31. Unión de muros en cruz.	128

Figura 5-32. Unión vigueta de cubierta a solera.	128
Figura 5-33. Esquema del sistema de agua potable	132
Figura 5-34. Ventajas y desventajas del sistema SCAPT	134
Figura 5-35. Área de recolección de agua lluvia.....	135
Figura 5-36. Corte longitudinal de un FLA.....	139
Figura 5-37. Dosificador de tabletas.....	142
Figura 5-38. Sistema para el tratamiento de aguas residuales.....	147
Figura 5-39. Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal	150
Figura 5-40. Esquema básico de un biodigestor	153
Figura 6-1. Perspectiva de la propuesta arquitectónica.....	157
Figura 6-2. Distribución espacial de cabaña cuádruple.	160
Figura 6-3. Distribución espacial del sistema de servicios.....	160
Figura 6-4. Diseño arquitectónico de cabaña tipo	161
Figura 6-5. Diseño arquitectónico del restaurante	162
Figura 6-6. Orientación óptima según software Ecotect Analysis 2011.	163
Figura 6-7. Trayectoria solar diaria y anual.	164
Figura 6-8. Esquema de implantación general del sistema	165
Figura 6-9. Ventilación cruzada en habitaciones.	166
Figura 6-10. Fachada frontal de cabaña tipo.....	167
Figura 6-11. Fachada lateral este de cabaña tipo	168
Figura 6-12. Corte transversal de cabaña tipo (fachada este).....	169
Figura 6-13. Niveles diarios de luz natural (Ecotect Analysis)	169
Figura 6-14. Esquema arquitectónico de cabaña tipo	171
Figura 6-15. Detalle de aislamiento en cubierta.	172
Figura 6-16. Detalle de aislamiento en paredes.	172
Figura 6-17. Incidencia de luz solar en cabañas. (8h00)	173
Figura 6-18. Radiación solar promedio diaria. (de 7:00 a 18:00 hrs)	174
Figura 6-19. Detalle estructural en planta de cubierta tipo.	175
Figura 6-20. Detalle de alero y pie de amigo en cubierta.	176
Figura 6-21. Esquema de diseño de pared estructural.....	178
Figura 6-22. Vista en planta de columna de guadúa tipo.....	180
Figura 6-23. Vista lateral de columnas de guadúa tipo.....	181
Figura 6-24. Detalle de viga de cimentación.	182

Figura 6-25. Detalle de refuerzo de cimentación.....	183
Figura 6-26. Detalle de cimentación para columnas.....	184
Figura 6-27. Esquema de cimentación tipo	185
Figura 6-28. detalle de uniones con tarugos y pernos.....	186
Figura 6-29. Detalle de unión con perno y mortero.	187
Figura 6-30. Detalle de unión longitudinal con pieza de madera.	187
Figura 6-31. Detalle de unión entre muros.	188
Figura 6-32. Detalle unión muro-cubierta.	189
Figura 6-33. Detalle de unión columna-cimentación con anclaje interno.....	190
Figura 6-34. Detalle de unión muro-cimentación con varilla de acero roscada.	190
Figura 7-1. Reservorio de agua cubierto con geomembrana.....	191
Figura 7-2. Vista en planta del reservorio.....	192
Figura 7-3. Vista lateral del reservorio.....	193
Figura 7-4. Vista en planta del filtro lento de arena.	195
Figura 7-5. Vista lateral del filtro lento de arena.	195
Figura 7-6. Dosificador de tabletas de hipoclorito de calcio.....	196
Figura 7-7. Vista lateral de la cisterna de almacenamiento.	197
Figura 7-8. Vista en planta de la cisterna de almacenamiento.	197
Figura 7-9. Vista en planta de laguna de bajo calado.....	199
Figura 7-10. Vista lateral laguna de bajo calado.....	199
Figura 7-11. Vista lateral humedal subsuperficial.	200
Figura 7-12. Vista lateral biodigestor.....	201
Figura 8-1. Equipos que componen un sistema fotovoltaico	204
Figura 8-2. Ventajas y desventajas del sistema fotovoltaico	205
Figura 8-3. Componentes del sistema eólico	206
Figura 8-4. Ventajas y desventajas del sistema eólico	207
Figura 8-5. Ventajas y desventajas del sistema de biomasa	208
Figura 8-6. Sistema termo-solar por termosifón	209
Figura 8-7. Ventajas y desventajas del sistema termo-solar por termosifón	210
Figura 8-8. Poste de luz con panel solar	212

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Situación de la eficiencia energética en América Latina	21
Tabla 2-2. Situación de la construcción sostenible en América Latina.	22
Tabla 2-3. Sistemas de certificación destacados alrededor del mundo	24
Tabla 3-1. Información bibliográfica más relevante para el proyecto	54
Tabla 3-2. Parámetros de evaluación multicriterio para selección de materiales.	57
Tabla 3-3. Normas y estudios aplicados para el diseño hidrosanitario	63
Tabla 4-1. Composición familiar por edades	71
Tabla 4-2. Composición familiar por género	72
Tabla 4-3. Nivel de escolaridad	72
Tabla 4-4. Grado de alfabetización	72
Tabla 4-5. Principales actividades económicas	73
Tabla 4-6. Abastecimiento de agua	74
Tabla 4-7. Disposición de aguas residuales	74
Tabla 4-8. Respuesta de comunidad al desarrollo turístico comunitario	75
Tabla 4-9. Descripción de la topografía del terreno	76
Tabla 4-10. Tipos de suelo en la REMACH	76
Tabla 4-11. Descripción de fuentes de agua analizadas	79
Tabla 4-12. Atractivos turísticos cercanos a la Laguna de Cube	83
Tabla 4-13. Resultados evaluación multicriterio para selección de materiales.	84
Tabla 4-14. Resultados de relleno de datos de precipitación media mensual (mm)	86
Tabla 4-15. Parámetros del agua medidos en laboratorio	87
Tabla 4-16. Evaluación de alternativas	88
Tabla 5-1. Requisitos mínimos para un lodge de clasificación 4 estrellas	90
Tabla 5-2. Factores y elementos que influyen en el clima.	92
Tabla 5-3. Elementos del clima	94
Tabla 5-4. Datos de reflectancia y absorbancia para diferentes materiales y pinturas.	99

Tabla 5-5. Datos de v_{ltc} y $shgc$ para diferentes tipos de vidrios de ventanas.	102
Tabla 5-6. Niveles de luminancia recomendados.	111
Tabla 5-7. Secciones requeridas para viguetas de guadúa.	112
Tabla 5-8. Valores del coeficiente del bahareque c_b (sísmico).	114
Tabla 5-9. Longitudes mínimas requeridas de muros continuos.	114
Tabla 5-10. Cargas verticales para estructura tipo.	116
Tabla 5-11. Resultados del cálculo del corte basal.	117
Tabla 5-12. Determinación de carga sísmica reactiva.	118
Tabla 5-13. Resistencia al corte admisible en muros de bahareque encementado.	119
Tabla 5-14. Carga admisible para columnas de guadúa en kg.	120
Tabla 5-15. Valores mínimos para dimensiones, resistencia y refuerzo de cimentaciones.	121
Tabla 5-16. Criterios de selección de los procesos de tratamiento de agua.	131
Tabla 5-17. Coeficientes de escurrimiento de acuerdo con el material.	135
Tabla 5-18. Talud para reservorio de acuerdo al material de excavación.	137
Tabla 5-19. Parámetros de diseño para drenajes por tuberías.	140
Tabla 5-20. Parámetros de diseño de laterales.	140
Tabla 5-21. Tamaño de material granular para lecho filtrante.	140
Tabla 5-22. Parámetros de diseño del lecho filtrante.	141
Tabla 5-23. Características del material granular.	141
Tabla 5-24. Caracterización promedio de aguas residuales.	144
Tabla 5-25. Requisitos de agua residual tratada.	146
Tabla 5-26. Características típicas de los medios para humedales fss.	151
Tabla 5-27. Tiempo de retención en biodigestores según la temperatura.	155
Tabla 5-28. Producción de estiércol fresco diario.	155
Tabla 5-29. Dimensiones para biodigestores.	156
Tabla 6-1. Capacidad de carga para hospedaje.	158
Tabla 6-2. Capacidad de carga para personal de servicio.	158

Tabla 6-3. Sistemas globales del proyecto.....	159
Tabla 6-4. Estrategias para ventilación adecuada.....	167
Tabla 6-5. Estrategias para una iluminación adecuada.....	170
Tabla 6-6. Estrategias de aislamiento adecuado.....	171
Tabla 6-7. Resultados de diseño de correas en cubiertas.....	174
Tabla 6-8. Longitudes existentes de muros estructurales.....	177
Tabla 6-9. Verificación de resistencia al corte de muros estructurales.....	178
Tabla 6-10. Comprobación de simetría de la estructura tipo.....	179
Tabla 6-11. Diseño de columna de caña guadúa tipo.....	180
Tabla 6-12. Diseño de vigas de cimentación.....	182
Tabla 7-1. Resultados diseño del reservorio de agua.....	192
Tabla 7-2. Resultados diseño del filtro lento de arena.....	194
Tabla 7-3. Resultados diseño de la cisterna de almacenamiento.....	196
Tabla 7-4. Resultados diseño laguna bajo calado.....	198
Tabla 7-5. Resultados diseño humedal subsuperficial.....	200
Tabla 7-6. Resultados diseño biodigestor.....	201
Tabla 8-1. Principales requerimientos energéticos del proyecto.....	202
Tabla 8-2. Impacto ambiental en las formas de producir electricidad.....	203
Tabla 8-3. Comparación de alternativas de sistemas de energía.....	211
Tabla 9-1. Resumen de presupuesto general.....	214
Tabla 9-2. Cronograma valorado del proyecto.....	216

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2-1. Distribución de los usos consuntivos en Ecuador	35
Gráfico 2-2. Distribución de actividades turísticas en Ecuador para el 2010	45
Gráfico 2-3. Número de visitantes a las áreas protegidas (2006-2015)	46
Gráfico 5-1. Uso típico de agua en hoteles	130
Gráfico 5-2. Tasa de ocupación hotelera San Miguel de los Bancos promedio 2015-2016	133

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 4-1. Mancha de caña guadúa cercana al proyecto.....	78
Fotografía 4-2. Fuente 1: pozo de agua en predio de implantación.....	79
Fotografía 4-3. Fuente 2: efluente de la Laguna de Cube	80
Fotografía 4-4 . Fuente 3: río Cube	80
Fotografía 4-5 . Fuente 4: Laguna de Cube	80

ANEXOS

- Anexo 1: Modelo de encuesta socioeconómica
- Anexo 2: Criterios de calidad de fuentes de agua
- Anexo 3: Sistemas y subsistemas del complejo ecoturístico
- Anexo 4: Resultados de la tabulación de encuestas
- Anexo 5: Planos del complejo ecoturístico
- Anexo 6: Mapa de isoyetas media anual
- Anexo 7: Matrices de selección de materiales
- Anexo 8: Relleno de datos en estaciones meteorológicas
- Anexo 9: Determinación de peso propio de cubierta y paredes
- Anexo 10: Memoria de cálculo del sistema de agua potable
- Anexo 11: Memoria de cálculo del sistema de aguas residuales
- Anexo 12: Requerimientos energéticos del proyecto
- Anexo 13: Costos de mano de obra
- Anexo 14: Costos indirectos
- Anexo 15: Presupuesto final y análisis de precios unitarios

SIMBOLOGÍA

ANC	Academia Nacional de Ciencias
ARCONE	Agencia de Regulación y Control de Electricidad
CEES	Concejo Ecuatoriano de Edificación Sustentable
CGBC	Cascadia Green Building Council
CMMAD	Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EGBC	Ecuador Green Building Council
EPA	Agencia Estadounidense de Protección Ambiental
EPN	Escuela Politécnica Nacional
FLA	Filtro lento de arena
FSS	Flujo subsuperficial
GLONAS	Sistema global de navegación por satélite
GPS	Sistema de posicionamiento global
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INHAMI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MAE	Ministerio del Ambiente
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia
MIDUVI	Ministerio de Desarrollo Humano y Vivienda
MINTUR	Ministerio del Turismo
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PMGP	Plan de Manejo y Gestión Participativa
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
REMACH	Reserva Ecológica Mache Chindul
RTK	Real Time Kinematic (Cinemática en tiempo real)
SCAPT	sistema de captación de agua pluvial en techos
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas

TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
UCE	Universidad Central del Ecuador
WWF	World Wildlife Fund

RESUMEN

El presente proyecto de iniciativa privada tiene como objetivo ejecutar el diseño del Complejo Ecoturístico Laguna de Cube dentro de la Reserva Mache Chindul (REMACH) mediante la aplicación de los principios actuales de sostenibilidad para minimizar el impacto que su construcción y operación podrían generar sobre el ambiente.

La recopilación de información se realizó mediante visitas de campo a la zona del proyecto y revisión bibliográfica de la tesis “Centro Ecológico de Vínculo Laguna de Cube” (Albuja, Pinto, & Pontón, 2000). El marco legal y categoría del complejo se lo obtuvo mediante la normativa vigente dada por el Ministerio del Ambiente y del Ministerio de Turismo en el Plan de Manejo y Gestión Participativa (2005).

El diseño inició con la conceptualización del proyecto y la propuesta arquitectónica base tomada de la tesis de Albuja y otros, la cual fue modificada según los requerimientos y necesidades tanto del terreno como de los propietarios del proyecto. Una vez definida la arquitectura se planteó la distribución espacial adecuada de las estructuras y se realizó el diseño estructural general. El sistema estructural seleccionado fue el bahareque encementado con una cimentación de vigas de hormigón armado.

Para la obtención de agua cruda se ha decidido utilizar dos fuentes: la principal es la captación de agua lluvia recolectada en todo el Complejo y la segunda corresponde con una captación de aguas superficiales del efluente de la Laguna de Cube que será utilizada durante los periodos secos.

Para el sistema de potabilización se contará con un reservorio abierto y posteriormente se dispondrá de un proceso de filtración lenta y desinfección finalizando con el almacenamiento.

En lo que respecta al sistema de recolección de aguas residuales se plantea un sistema separado de aguas grises y aguas negras con el fin de permitir su reutilización en riego e inodoros. El tratamiento de aguas grises está conformado por un sistema que consta de rejilla, laguna de bajo calado y humedal subsuperficial. El tratamiento de aguas negras incluye un biodigestor, que es capaz

de transformar la materia orgánica en abono que puede ser utilizado en plantas frutales y cultivos de fruto subterráneo. El gas generado por este mecanismo será conducido hacia la cocina para su posterior utilización.

Se consideró pertinente realizar un análisis de alternativas para el sistema eléctrico auxiliar, cuyos resultados muestran que la implementación de postes de luz con paneles solares y de un sistema de calentamiento solar para el agua de las duchas constituyen la mejor opción.

Finalmente, se obtuvo el presupuesto general estimado para la construcción del complejo ecoturístico considerando el equipo, materiales y mano de obra de la zona de influencia cercana a la REMACH.

ABSTRACT

This project aims to design the Laguna de Cube Ecotouristic Resort within the Mache-Chindul Protected Park (REMACH); by applying the current sustainability principles to minimize the impact that the construction and the operation will generate over the environment.

The data collection was carried out during the multiple in-field visits to the project area and bibliographical revision of the thesis "Centro Ecológico de Vínculo Laguna de Cube" (Albuja, Pinto, & Pontón, 2000). The legal framework and other regulations were obtained by the current legislation given by the Ministries of the Environment and Tourism.

The process began with the project design and the proposed architectural based on the Albuja, Pinto & Pontón thesis, which was modified according to the needs of both, the terrain and the project owners. Once the architecture was defined, adequate spatial distribution of the structures was proposed and the overall structural design was performed. The structural system selected was the cement-bahareque system, encased in a reinforced concrete beams foundation.

In order to obtain crude water for the resort use, it was decided to use two different sources: the first one and the principal source is rain water, collected from all the complex. And the second one, used in emergency cases, is a superficial source is the Laguna de Cube effluent, obtained by pumping the water to the treatment plant. For the water purification system, will be used a reserve, sedimentation, filtration and subsequent disinfection.

On the other hand, the wastewater collection system was designed separately in order to reuse the gray water. The treatment of this water includes a grid, grease trap, settler, low draft lagoon and subsurface wetland. For the treatment of sewage was designed a biodigester, which is capable of transforming the organic matter into fertilizer that can be used in fruit plants and underground fruit crops.

After an analysis of alternatives it was determined that the options for the electrical system was the implementation of photovoltaic lampposts and a solar water heating system, letting the interior lighting for the public grid.

Finally, was obtained the estimated general budget for the resort construction, considering using the equipment, materials and labor found close to the REMACH influence area.

PRESENTACIÓN

La distribución capitular del proyecto de titulación está constituida de la siguiente manera:

El Capítulo 1 contiene los antecedentes, objetivos, alcance, justificación y marco conceptual de trabajo mediante el cual se desarrollará el estudio.

El Capítulo 2 presenta el marco teórico que hace referencia general al desarrollo sostenible, construcción sostenible, turismo sostenible, gestión de residuos sólidos y escombros, así como también al sistema constructivo a utilizarse y finalmente el marco legal bajo el que se desarrolla el proyecto.

El Capítulo 3 detalla la metodología para el desarrollo del estudio y diseño general del proyecto.

El Capítulo 4 contiene el procesamiento de información obtenida en campo y la información recopilada de fuentes bibliográficas para ser aplicadas en los sistemas arquitectónico e hidrosanitario.

El Capítulo 5 expone las bases de diseño a seguir para el sistema arquitectónico, estructural, de agua potable y de aguas residuales, caracterizando cada uno de los componentes de los sistemas y determinando los rangos dentro de los cuales se implementarán.

El Capítulo 6 presenta el diseño del sistema arquitectónico y estructural.

El Capítulo 7 presenta el diseño del sistema de agua potable y de aguas residuales.

En el Capítulo 8 se realizó un análisis comparativo de las alternativas para el sistema energético y se seleccionó el sistema más óptimo en base a los requerimientos energéticos del proyecto.

El Capítulo 9 contiene el presupuesto detallado del proyecto general.

Finalmente, en el Capítulo 10 se exponen las conclusiones y recomendaciones producto del estudio y diseño del complejo.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La provincia de Esmeraldas tiene características únicas para el desarrollo del ecoturismo y para conformarse como centro de atracción en el ámbito nacional y mundial. Es una de las regiones con mayor afluencia turística principalmente por sus playas que año tras año reciben a miles de visitantes, aunque posee muchos más atractivos poco conocidos caracterizados por la belleza de sus paisajes, como es el caso de las áreas naturales protegidas de la provincia (Albuja, Pinto & Pontón, 2000).

El 19 de septiembre de 1996, el Estado Ecuatoriano resolvió la declaración de Reserva Ecológica a los remanentes de bosque húmedo tropical comprendidos en la Cordillera de Mache y Chindul. La Reserva Ecológica Mache Chindul (REMACH) es una de las 33 áreas naturales que conforman el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), administrado por el Estado a través del Ministerio del Ambiente (MAE). (Ver FIGURA 1-1)

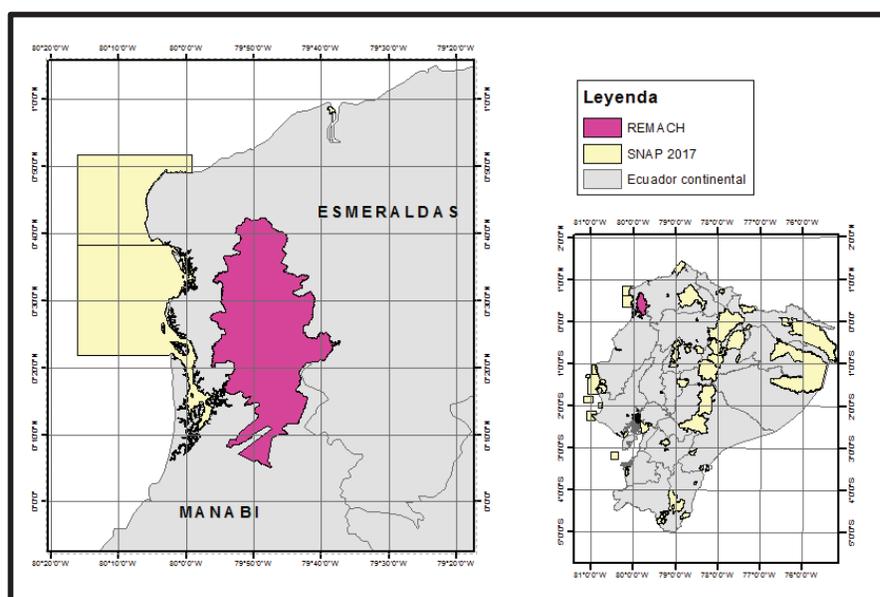


FIGURA 1-1. REMACH COMO PARTE DEL SNAP

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

La Reserva cubre una extensión de 121.376 ha entre los cantones Quinindé, Atacames, Esmeraldas y Muisne, en la Provincia de Esmeraldas; y el cantón Pedernales en la Provincia de Manabí (MAE & Alianza REMACH, 2005). Ver FIGURA 1-2.

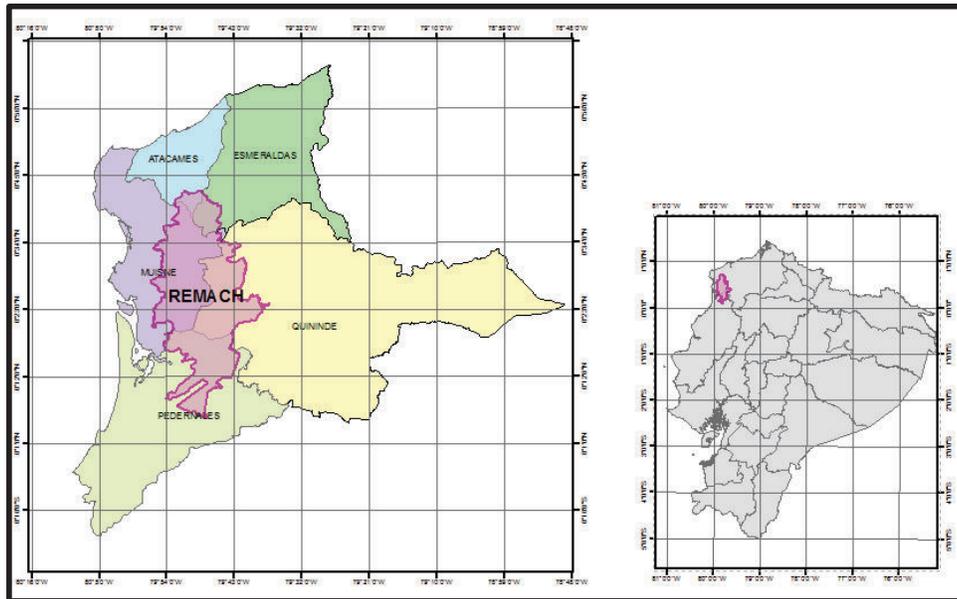


FIGURA 1-2. CANTONES QUE INTEGRAN LA REMACH

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Dentro de la reserva, la Laguna de Cube, es uno de sus mayores atractivos y ha sido considerada como uno de los sitios de mayor interés para la conservación de la biodiversidad en la costa ecuatoriana de acuerdo al Programa de Evaluación Rápida de Conservación Internacional (Fundación Natura, MAE & WWF, 1994). A partir de 2002 su manejo se encuentra enmarcado en la Convención RAMSAR que busca la conservación y el uso racional de todos los humedales mediante acciones locales, nacionales y también gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo (Convención de Ramsar, 2015).

La Laguna de Cube cubre una extensión de 112,67 ha, cuyos alrededores se componen de bosques inundables y humedales. Los servicios prestados por los humedales han sido valorados en 14 billones USD/año. A largo plazo, los humedales son económicamente más valiosos en su estado natural que cuando son drenados o modificados de alguna manera para otros usos (Fundación Natura

y otros, 1994). La pérdida y degradación de los humedales ha sido provocada principalmente por la reconversión de la tierra y el desarrollo de infraestructura, la extracción de agua, su eutrofización, contaminación y la explotación excesiva. Las pérdidas tienden a ser más rápidas cuando la población aumenta más y crece la demanda de un mayor desarrollo económico (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010).

A pesar de que constituyen uno de los entornos más productivos del mundo, y son cuna de diversidad biológica y fuentes de agua y productividad primaria de las que innumerables especies vegetales y animales dependen para subsistir, la tasa de pérdida de los humedales ha sido mucho más rápida (3,7 veces mayor) durante el siglo XX y a principios del siglo XXI, con una pérdida de entre el 64 % y el 71 % desde 1900 (Ramsar, 2014). La desaparición de los humedales puede conllevar grandes pérdidas de bienestar humano y tener un impacto económico negativo sobre las comunidades, los países y las empresas.

Los servicios de los ecosistemas relacionados con los humedales y con el agua deben convertirse en una parte integral del manejo del agua a fin de realizar la transición hacia una economía sostenible y que utilice eficientemente los recursos (Convención de Ramsar, 2015). De tal manera, el Plan Estratégico de RAMSAR para el período 2016-2020 establece las siguientes estrategias:

- Hacer frente a los factores que impulsan la pérdida y degradación de los humedales
- Llevar a cabo una conservación y un manejo eficaces de la red de sitios Ramsar.
- Realizar un uso racional de todos los humedales.

Aunque la REMACH es un centro de biodiversidad, está en peligro de desaparecer debido a procesos de deforestación, originados por la intervención del hombre. Los actores de la colonización son campesinos pobres desplazados de sus lugares de origen, que carecen en su mayoría de títulos de propiedad de la tierra, de técnicas apropiadas, de capacitación y asistencia técnica para los procesos de producción sostenibles y de comercialización. Esta situación afecta fuertemente a los

ecosistemas forestales de Mache-Chindul y a su excepcional biodiversidad. (Fundación Natura y otros, 1994)

El PMGP de la REMACH se elaboró con un horizonte de 5 años. El último, que se desarrolló para el periodo 2005-2010, estableció que se impulsará una política de permanente búsqueda de alternativas que coadyuven a un modelo de desarrollo sostenible.

Con la finalidad de aportar con una alternativa que se ajuste a las necesidades de la REMACH, el presente trabajo está encaminado al diseño de un Complejo Ecoturístico, que impulse el desarrollo sostenible en los alrededores de la Laguna de Cube, “reconciliando” la construcción con el medio ambiente.

La construcción tradicional ha empleado aproximadamente la mitad de los recursos que el hombre consume de la naturaleza, generando residuos que constituyen el 25% del total anual mundial tanto en el proceso de construcción como de demolición y más del 70% de la energía mundial se mueve en torno a este sector (Rodríguez & Fernández, 2010).

La construcción se ha convertido en uno de los sectores con más influencia en el cambio climático. Hay claras muestras de que el modelo de vida actual provoca una demanda de recursos y servicios de los ecosistemas, muy superior a la tasa de regeneración de los mismos. Los residuos se producen a una velocidad mayor de la que el entorno puede absorber; se está reduciendo la capacidad de los ecosistemas, provocando cambios irreversibles en algunos casos (Rodríguez & Fernández, 2010).

En cuanto al recurso hídrico, en ciertos países y regiones del mundo el desperdicio del agua es algo cotidiano mientras que, en otras, constituye un bien preciado y difícil de conseguir. El reto actual es que las construcciones sean plenamente responsables de generar sus necesidades de agua potable y tratar los residuos generados por las descargas.

En general, el desafío es desarrollar estrategias nuevas y holísticas que puedan revertir la tendencia de la construcción actual, reduciendo y optimizando el uso de recursos. De tal manera, para lograr un diseño integral del proyecto se persiguen varias metas a la vez, por lo que se contempla la implementación de estrategias de

sostenibilidad en los sistemas arquitectónico, estructural, hidrosanitario y energético.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar el Complejo Ecoturístico Laguna de Cube dentro de la Reserva Mache Chindul, mediante la aplicación de los principios actuales de sostenibilidad para minimizar el impacto que su construcción y operación podrían generar sobre el ambiente.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar la situación actual del sitio de intervención, mediante visitas de campo que permitan obtener información tal como topografía; fuentes y calidad del agua; materiales disponibles; y aspectos socioeconómicos de la zona para proponer un diseño acorde a la realidad del sitio.
- Proponer el diseño arquitectónico, estructural e hidrosanitario para el Complejo Ecoturístico Laguna de Cube realizando los cálculos y análisis necesarios para generar planos que permitan su construcción.
- Definir posibles alternativas para el sistema energético, utilizando fuentes alternativas para abastecer la demanda del proyecto.

1.3 ALCANCE

Este trabajo de investigación busca identificar los principales conceptos de la construcción sostenible para aplicarlos en el diseño del proyecto “Complejo Ecoturístico Laguna de Cube”, que se localizará dentro de la REMACH.

El punto de partida para el diseño será el proyecto arquitectónico “Centro Ecológico de Vínculo Laguna de Cube” elaborado por Albuja y otros en el año 2000, el cual será adaptado para cumplir con los requerimientos del nuevo proyecto. Para esto, se implementarán conceptos de arquitectura ecológica y diseño bioclimático.

Una vez definido el proyecto arquitectónico, se procederá al diseño de los componentes estructurales e hidrosanitarios definitivos, incluyendo el análisis,

cálculo y el esquema en planos de sus componentes. Por otro lado, se realizará un análisis de alternativas para seleccionar el sistema energético.

Finalmente, se elaborará el presupuesto definitivo mediante el análisis de precios unitarios de todos los rubros identificados en el proyecto para conocer el costo total de la construcción.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La construcción, equipamiento, operación y disposición definitiva de los edificios son factores significativos del impacto humano sobre el medio ambiente tanto de forma directa, a través del uso de materiales y el consumo de energía y agua aumentando la contaminación y generación de residuos, e indirectamente a través del impacto de estructuras ineficientes existentes sobre el medio (Akadiri, Olomolaiye & Chinyio, 2013).

Es necesario, conocer los principales criterios de diseño de un proyecto de construcción que lo orienten en una línea basada en conceptos ecológicos, a través del uso de materiales ambientalmente correctos que se encuentran disponibles en la zona de influencia, el diseño de instalaciones más eficientes al alcance del proyectista, y la aplicación de normativas específicas. Su implementación permite avanzar hacia el concepto de construcción sostenible y lograr construcciones energéticamente eficientes y ambientalmente respetuosas con el entorno ambiental (Berrón, 2003).

Se pretende que el diseño del Complejo Ecoturístico Laguna de Cube se base en el concepto de sostenibilidad y arquitectura ecológica, buscando la viabilidad técnica y económica del proyecto, de tal manera que se pueda replicar en zonas similares a la REMACH.

La generación de un proyecto amigable con el medio ambiente que apoye no solo a la correcta distribución y utilización de los recursos presentes en la zona, sino también al desarrollo integral de la REMACH, es necesario y oportuno. Esto incidirá en la generación de fuentes de trabajo a través del ecoturismo y la construcción de vías de acceso.

Se espera que el proceso de selección de recursos y el diseño del Complejo Ecoturístico Laguna de Cube sean referentes prácticos en la implementación de posteriores estudios o propuestas de proyectos ecoturísticos en todo el país.

1.5 MARCO CONCEPTUAL DE TRABAJO

Para alcanzar los objetivos propuestos, el proyecto se desarrolló en seis etapas (FIGURA 1-3), que se encuentran metodológicamente secuenciadas y se detallan en el CAPÍTULO 3.

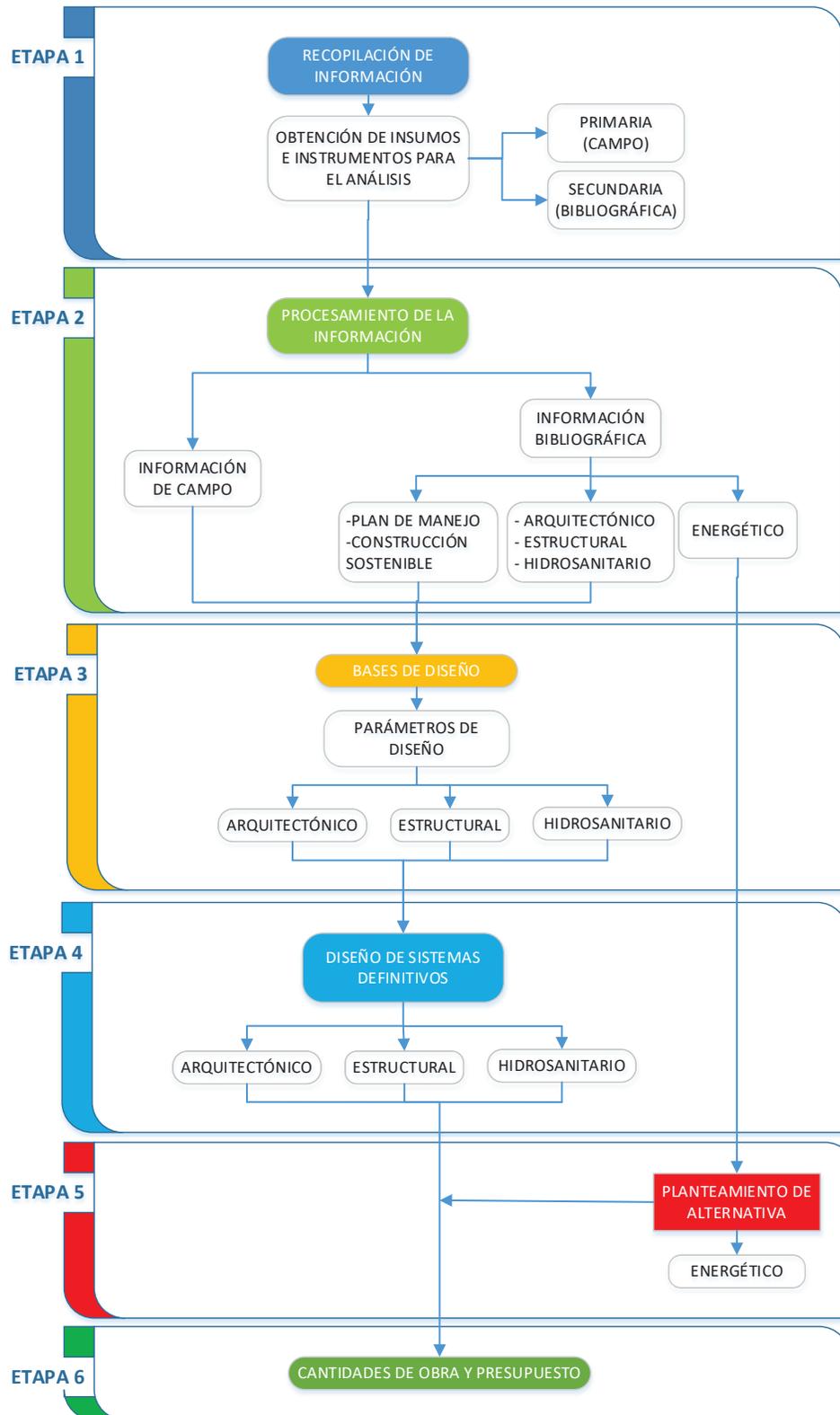


FIGURA 1-3. MARCO CONCEPTUAL DE TRABAJO

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 DESARROLLO SOSTENIBLE

La divergencia de opiniones relativas al término 'sostenibilidad' es tan amplia que una sola definición no puede capturar adecuadamente todos los matices del concepto.

La primera definición internacionalmente reconocida de desarrollo sostenible se encuentra en el documento conocido como Informe Brundtland (1987), fruto de los trabajos de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD) de Naciones Unidas que lo define como:

"Aquel desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades".

Por lo tanto, el desarrollo sostenible propone un enfoque en el que se compatibilizan las dimensiones ambientales, con las económicas y las sociales, desde una perspectiva solidaria intergeneracional (Europraxis Consultores, 2007) es decir, optimiza los beneficios sociales y económicos del presente sin poner en riesgo el potencial para obtener beneficios en el futuro (Cabrera, Coellar & Paredes, 2006).

2.2 CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Durante las últimas décadas, la tecnología, lejos de ofrecer respuestas a los problemas que enfrenta la sociedad, ha sido en gran parte la responsable del aumento de la degradación ambiental (Hill & Bowen, 1997). Al igual que los modelos sociales y políticos están cambiando, los procesos y metodologías que se emplean en la ingeniería de la construcción deben cambiar. La introducción del desarrollo sostenible en la ingeniería es un nuevo desafío que trata de conciliar las necesidades del hombre con la capacidad del planeta. De hecho, si los actuales patrones no cambian, la expansión de la construcción destruirá o al menos

perturbará hábitats naturales y vida salvaje en más de un 70 % de la superficie de la tierra para 2032, principalmente por el incremento de la población, la actividad económica y la urbanización (Rodríguez & Fernández, 2010).

La construcción sostenible puede hacer una gran diferencia en la sostenibilidad ambiental global, particularmente a través de una reducción drástica en el consumo de recursos naturales y de materiales de alto consumo energético como áridos, cemento, acero y aluminio (Du Plessis, 2001).

La “utilización sostenible” de los recursos naturales debe estar limitada en la medida de lo posible, a la utilización de recursos naturales renovables, por ejemplo, los recursos hídricos, las plantas y animales, cuyo consumo sea dado por tasas que estén dentro de su capacidad de renovación.

El rol de la construcción ancestral es muy importante, pues como fue observado por la CMMAD, mientras que las culturas modernas hace poco han comenzado a buscar formas sostenibles de desarrollo, las culturas tradicionales han practicado el uso sostenible de los recursos durante milenios (Hill & Bowen, 1997).

En Ecuador la población indígena es una minoría, que representa la mayor fuente de tradición y cultura (Yépez D. , 2012). Esto se evidencia también en la construcción de sus viviendas que por muchos años ha utilizado materiales tradicionales cuya extracción es sostenible. Respondiendo al clima en cada región, las culturas de la Sierra han optado por materiales como el adobe, tapial, bahareque en tierra y piedra, mientras que las de la Costa han hecho uso de tronco de pambil, hoja de caña, piedra, bahareque y caña rolliza para la construcción de sus viviendas.

En este contexto, la construcción sostenible deberá entenderse como el desarrollo de la construcción tradicional, pero con una responsabilidad considerable con el medio ambiente por todas las partes y participantes. Esto implica un interés creciente en todas las etapas del proyecto, desde la planificación y el diseño hasta cuando la obra esté concluida, considerando diferentes alternativas en el proceso, en favor de la minimización del agotamiento de los recursos, previniendo la degradación ambiental o los prejuicios, y proporcionando un ambiente saludable,

tanto en el interior de los edificios como en su entorno (Alavedra, Domínguez, Gonzalo & Sierra, 1997).

Para el desarrollo de nuevos materiales y tecnologías que mejoren los procesos constructivos, es necesario tener en cuenta que la mayoría de la población es pobre con capacidad de inversión muy limitada y que tecnologías y materiales que representan mayores costos no se adoptarán fácilmente. Por lo tanto, es imperativo brindar apoyo técnico, financiero y económico para realizar estudios de cómo combinar materiales ancestrales y métodos de construcción con modernos procesos y tecnología necesaria (Du Plessis, 2001).

2.2.1 PRINCIPIOS DE LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Para determinar adecuadamente el grado de sostenibilidad de una edificación, sea esta una estructura ya construida o un proyecto nuevo, se debe tener en cuenta las acciones o estrategias aplicadas. De acuerdo a Hill & Bowen (1997) la construcción sostenible debe estar fundamentada sobre los siguientes principios:

- Involucrar a las personas potencialmente afectadas por las actividades propuestas en el proceso de toma de decisiones
- Promover colaboraciones interdisciplinarias y alianzas entre las partes interesadas.
- Utilizar un marco de ciclo de vida
- Practicar la prudencia o precaución ante la incertidumbre, la imprevisibilidad y el riesgo
- Cumplir con la legislación y los reglamentos
- Establecer un compromiso voluntario para la mejora continua del desempeño
- Gestionar las actividades mediante la fijación de objetivos, seguimiento, evaluación, retroalimentación y autorregulación del progreso

Para cumplir todos estos principios, se han establecido los denominados 4 “pilares” fundamentales de la sostenibilidad que se enlistan en la FIGURA 2-1. Cada pilar se basa en diferentes criterios que servirán a las partes involucradas en un proyecto como una lista de parámetros a aplicarse. Posteriormente, mediante la toma de decisiones importantes se decidirá el grado de aplicación de cada uno.

Aunque no todos estos parámetros deben considerarse como prioridades inmediatas, deben ser tomados en cuenta a la hora de concebir el proyecto.



FIGURA 2-1. PILARES DE LA SOSTENIBILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

Fuente: (Hill & Bowen, 1997)

Por otro lado, Moreno (2017) en base a estudios de Acosta y Glento (2005), propone estrategias de sostenibilidad que se encuentran enfocadas principalmente en la construcción, a través de la reducción del consumo de recursos, reducción de la contaminación y toxicidad, y aumento de la eficiencia energética (FIGURA 2-2). En comparación con los pilares de la sostenibilidad de Hill & Bowen (1997), el enfoque está orientado hacia la sostenibilidad biofísica y técnica.

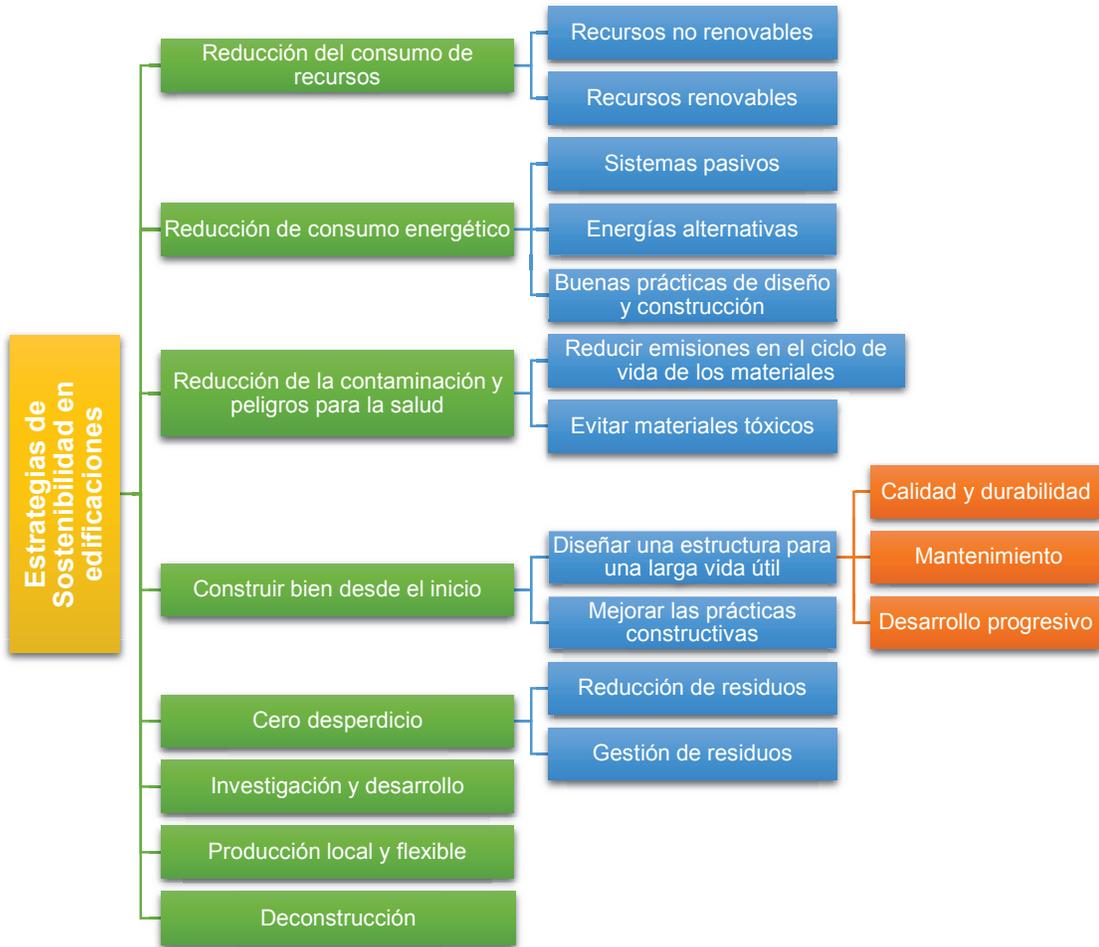


FIGURA 2-2. ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD EN EDIFICACIONES

Fuente: (Moreno, 2017)

2.2.2 ARQUITECTURA ECOLÓGICA

La arquitectura ecológica optimiza los recursos energéticos en la construcción, promueve la conservación y mantenimiento de las edificaciones y considera el uso de materiales locales de entropía baja, que por ejemplo utilicen la menor cantidad posible de transporte. También busca que el diseño del proyecto se adapte al clima y paisaje local, que incorpore aportaciones culturales y procedimientos constructivos autóctonos del entorno y finalmente que consuma energías renovables (Berrón, 2003).

En resumen, para que una arquitectura pueda catalogarse como ecológica debe realizarse un análisis general que contemple los 5 principios básicos citados en la FIGURA 2-3, desde el diseño hasta el final de su vida útil.



FIGURA 2-3. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ARQUITECTURA ECOLÓGICA

Fuente: (Red Tecnológica MID, 2017)

2.2.3 DISEÑO BIOCLIMÁTICO

Dado que en las viviendas los mayores usos energéticos son de carácter térmico y eléctrico, el diseño bioclimático representa una alternativa para alcanzar la eficiencia energética en el sector constructivo mediante un diseño lógico, que aproveche al máximo los parámetros medioambientales (Cordero & Guillén, 2013).

El diseño bioclimático persigue un gran nivel de confort térmico adaptando la geometría, orientación, y construcción de la estructura a las condiciones climáticas de su entorno, mediante elementos y soluciones constructivas específicas. Para ello es necesario realizar un estudio preliminar, que tenga en cuenta el conjunto de parámetros interiores que determinan la sensación de confort, y el conjunto de variables exteriores que inciden sobre la ubicación concreta y particular de la estructura (ATECOS, 2016).

Se debe enfatizar el hecho de que durante los períodos fríos es necesario favorecer las ganancias de calor y oponerse a su pérdida; mientras que durante los períodos cálidos se deben evitar las ganancias de calor y favorecer su pérdida, con el fin de alcanzar el confort térmico.

En el caso del Ecuador, la construcción tradicional indígena de cada región ha sido la respuesta a la necesidad básica del ser humano a guarecerse de los elementos y el mal clima. Las construcciones tradicionales del Ecuador utilizan el concepto de diseño bioclimático a través del manejo de sombras, del viento, del calor, la ventilación de manera natural y tomando en cuenta el clima, de manera tal que estas viviendas reducen al máximo el consumo de energía proveniente de fuentes artificiales para proveerse de luz o climatización. (Yépez D. , 2012).

Para elaborar un diseño bioclimático es necesario conocer los agentes que influyen o modifican el comportamiento de los elementos del clima (factores del clima) en el lugar donde se implantará el proyecto. Existen cuatro tipos distintos de características ambientales de un entorno, que de una u otra forma influyen sobre el lugar estudiado (Serra & Coch, 1995):

1. Meteorológicas, en las cuales están los vientos, las precipitaciones, la radiación, entre otros.

2. Geográficas, que provienen de la hidrografía, la relación entre masas de tierra y de agua, la altura, entre otros.
3. Topográficas, como la exposición y morfología del terreno, entre otros.
4. Biológicas, como la fauna y vegetación del lugar.

Las cuatro características pueden analizarse dependiendo del tamaño de la zona que se considera. Se habla de macrocaracterísticas cuando se refieren a una gran zona geográfica y de microcaracterísticas cuando se trata de un ámbito más pequeño. A éstas se suman factores externos como la tecnología, que incluye la industria, edificaciones, vías de comunicación, entre otros.

Las consecuencias directas de estas características y factores se conocen como preexistencias ambientales. Estas sirven para conocer la respuesta integrada lumínica, climática y acústica de una arquitectura determinada (Serra & Coch, 1995).

De manera más específica podemos hablar de la envolvente de una edificación, que es la que modula el intercambio de calor entre el exterior y el interior, ya que actúa como un filtro al paso de la radiación solar, el viento, la humedad y la lluvia. En los climas tropicales, la causa más importante del calentamiento de las edificaciones es el sol que penetra directamente por las aberturas o superficies vidriadas, o a su vez se trasmite por el calentamiento de los cerramientos opacos exteriores. En este contexto se habla de masa térmica o inercia térmica de una edificación, que se refiere a la característica de la edificación en conjunto, de amortiguar el calor que incide sobre ella y transmitirlo al interior con retardo (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006).

2.2.3.1 Consumo de energía

Sistema solar pasivo:

Los pilares en la matriz bioclimática en los que se fundamenta el diseño solar de una vivienda son: captación de energía, acumulación, distribución y aislación (Cordero & Guillén, 2013), para esto tenemos los siguientes aportes solares:

- **Aporte solar directo:** se presenta cuando el flujo de energía ingresa al interior de la edificación al mismo tiempo que la radiación solar incide sobre

la envolvente (espacio de ambiente directamente influyente en las condiciones micro climáticas) de la misma.

- **Aporte solar indirecto:** la radiación solar no ingresa directamente a los espacios, ésta es captada y almacenada en la envolvente de la estructura para posteriormente ser liberada hacia el interior en forma de calor.
- **Aislamiento térmico:** se aplica para evitar que la estructura bioclimática fracase, de esta manera el flujo de energía a través de la envolvente se reduce, controlando así la pérdida o ganancia de calor almacenado mediante los sistemas de aporte solar directo e indirecto.

Sistema solar activo: consta del sistema solar fotovoltaico, el cual permite transformar la energía solar en eléctrica a través de un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos. También se encuentra el sistema solar térmico que consiste en un dispositivo de transferencia y almacenamiento de energía que para su funcionamiento requiere de un colector solar, un tanque de almacenamiento y un fluido de trabajo que generalmente es agua. (Cordero & Guillén, 2013)

2.2.3.2 Confort térmico y acústico

Confort térmico

El confort térmico es un concepto subjetivo que expresa el bienestar físico y psicológico de un individuo cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire son favorables a la actividad que desarrolla en cierto entorno (Cabrera, Coellar & Paredes, 2006). En general, las reacciones de confort o incomodidad térmicas vendrán dadas por las condiciones climáticas, producción de calor del metabolismo humano y la transferencia de calor con el ambiente.

Confort acústico

Se relaciona con la comodidad de los ocupantes frente a los ruidos, sabiendo que estos afectan directamente a la audición y al sistema nervioso. Se toma en cuenta el acondicionamiento acústico, que se refiere a la calidad superficial de los materiales exteriores e interiores que hacen que el ruido propio de la actividad de la vivienda o ajeno a ella, se amplifique hasta generar cierta incomodidad debido al ruido en general. (Matute, 2014).

2.2.3.3 Mitigación de las cargas de calor solar

Para estructuras de gran altura las paredes están expuestas a altos niveles de radiación, las fachadas este y oeste pueden llegar a tener ganancias de calor de hasta $3000 \text{ W/m}^2/\text{día}$ ya que perciben gran parte del día rayos solares perpendiculares. En este proyecto cualquier técnica para controlar el acceso de calor a través de las paredes debe darle prioridad a la orientación, elementos de protección solar y a los materiales constructivos.

Se toma en cuenta tanto la trayectoria solar diaria como la anual para estimar las ganancias de calor por insolación en el interior de cada uno de los ambientes de las cabañas. También se debe considerar el tipo de actividad y horas de ocupación de cada espacio para determinar una combinación óptima entre iluminación natural y temperaturas adecuadas.

Por el lado de las ventanas y aberturas, éstas ofrecen vista al paisaje y permiten el paso de luz y ventilación natural, pero en contraposición a la luz solar directa puede representar una alta ganancia de calor hacia el interior de los ambientes. Es por ello que las decisiones de implantación y distribución de los espacios interiores deben estar en armonía con las técnicas de mitigación de ganancias de cargas solares.

2.2.3.4 Aprovechamiento de la ventilación natural

La ventilación natural es el proceso de intercambio de aire al interior de una edificación por aire fresco del exterior, sin el uso de equipos mecánicos como acondicionadores de aire o ventiladores. Las dos fuentes de movimiento del aire son el gradiente de temperaturas (variación de temperatura por unidad de distancia) y el efecto dinámico del viento al chocar con una estructura, ya que éstos originan la diferencia de presiones. La fuerza dinámica es un factor de suma importancia para el confort térmico en climas cálidos ya que provee mayor velocidad y remoción del aire a los ambientes interiores.

La velocidad del aire viene condicionada por la velocidad del viento incidente y de los campos de presión que se generan alrededor de la edificación y para obtener diferencia de presiones entre el barlovento (de donde sopla el viento) y sotavento (hacia donde el viento se dirige) se requiere una configuración externa adecuada y

permeabilidad de las fachadas, que generará un mayor flujo de aire hacia el interior de los ambientes

Para el caso de los techos, la inclinación y la orientación de las aguas pueden emplearse para desviar la trayectoria original del viento y de esta manera aprovechar su fuerza dinámica para ventilar los ambientes. Los techos inclinados a favor del viento producirán mayor presión en la fachada de incidencia que techos planos (Cabrera, Coellar & Paredes, 2006).

2.2.3.5 Control de la iluminación natural

Cabe mencionar que lo que se percibe como luz, es el espectro visible de la radiación electromagnética proveniente del sol. Esta luz se recibe de manera directa en las fachadas orientadas en el eje este-oeste y de manera difusa en las otras orientaciones debido a las múltiples reflexiones de la luz en la bóveda celeste.

Para un adecuado uso de la luz natural se requiere el conocimiento de las dos propiedades más importantes que son la transmisión y reflexión:

Transmisión: habilidad de bloquear o transmitir parte o totalidad de la luz que incide en un cuerpo. La luz que incide se distribuye de tres formas: reflectancia, absorbanza y transmitancia.

Reflexión: propiedad asociada al comportamiento de la luz al ser reflejada por una superficie.

Para el aprovechamiento de la iluminación natural y para racionalizar el consumo de energía se deben utilizar materiales y colores de una alta transmitancia y/o reflectancia. La utilización práctica de la reflexión dada por los espejos ayuda en la conducción o redistribución de la luz natural (Cabrera, Coellar & Paredes, 2006).

2.2.4 CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN LATINOAMÉRICA Y ECUADOR

Con el fin de analizar y evaluar la situación actual del Ecuador en lo referente a la construcción sostenible, se ha elaborado un breve resumen de los logros de otros países de la región, de manera tal que sus avances y políticas se conviertan en pautas a seguir para impulsar al país en esta materia tan importante.

Los contextos nacionales de nueve países Latinoamericanos: Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México, Perú, Guatemala, Panamá y Costa Rica, presentan algunas similitudes notables: el déficit habitacional es una condición presente en todos los casos, convirtiéndose el abastecimiento de vivienda, en una de las prioridades nacionales por atender. Hay un aumento en la demanda de energía eléctrica debido al rápido crecimiento económico y urbano en la región. Por lo tanto, se requiere del desarrollo e implementación de medidas para promover la eficiencia energética en todos los sectores. La construcción es un sector clave en las estrategias de crecimiento de los países Latinoamericanos, que muestra tendencias de crecimiento generalizadas (PNUMA, 2014).

Estos países, se encuentran en diferentes fases de desarrollo e implementación de políticas y estrategias que promuevan la construcción sostenible, siendo México y Brasil los que tienen el mayor avance, mientras que Guatemala, Panamá y Costa Rica están apenas tomando medidas en lo que respecta a este tema. En la TABLA 2-1 se muestra el avance de los nueve países en el desarrollo e implementación de políticas, programas e iniciativas en materia de eficiencia energética en edificaciones.

La nomenclatura se indica a continuación:

D: política o programa en desarrollo

?: no se cuenta con la información necesaria para determinar si el país cuenta con el elemento o no

NO: el país no ha desarrollado ni implementado las medidas

SI: el país cuenta con avances en la materia.

TABLA 2-1. SITUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN AMÉRICA LATINA

	Situación de la Eficiencia Energética en Edificaciones en América Latina								
	Argentina	Brasil	Colombia	Chile	México	Perú	Guatemala	Panamá	Costa Rica
Etiquetado/ certificación de eficiencia energética para vivienda social	D	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO
Reglamento / Código de eficiencia energética en viviendas de interés social.	SI	SI	SI	SI	SI	D	D	D	D
Programas de subsidio y/o créditos hipotecarios para incorporar soluciones de eficiencia energética en vivienda social (diseño, construcción y operación - eco tecnologías, diseño bioclimático, acondicionamiento térmico, etc.)	D	SI	D	SI	SI	NO	D	D	SI
Programas de uso racional de energía en construcciones (con enfoque en mejora de envolvente e iluminación y/o refrigeración eficientes)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO
Proyectos en esquema de MDL y/o NAMA enfocados a la eficiencia energética y/o energías renovables en edificaciones.	SI	?	SI	SI	SI	SI	?	?	?
Proyectos de vivienda social implementados que incorporen medidas de eficiencia energética.	SI	SI	SI	SI	SI	NO	D	D	D
Normas técnicas de eficiencia energética para edificaciones que incluyan alguna de éstas normas: acondicionamiento de edificios, aislamiento térmico, envolvente y/o diseño bioclimático	SI	SI	D	SI	SI	D	NO	D	NO
Ley de eficiencia energética	SI	SI	SI	SI	SI	SI	D	SI	SI

Fuente: (PNUMA, 2014)

Como se puede observar, México, Brasil y Chile son los países que han llevado a cabo más acciones, programas y normativas que impulsan el ahorro y buen uso de la energía. Tanto Colombia como Perú, ambos vecinos del Ecuador, muestran importantes avances especialmente por el hecho de que cuentan con una Ley de Eficiencia Energética, que constituye una política de Estado para el desarrollo de estas naciones.

Con respecto a construcción sostenible, la TABLA 2-2 muestra una evaluación del avance de cada país en esta materia.

TABLA 2-2. SITUACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN AMÉRICA LATINA.

	Situación de la Construcción Sostenible en América Latina								
	Argentina	Brasil	Colombia	Chile	México	Perú	Guatemala	Panamá	Costa Rica
Estrategia Nacional de Construcción Sostenible	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO
Ley que incentive la construcción sostenible	NO	SI	D	SI	SI	NO	NO	NO	SI
Herramienta de certificación de viviendas sostenibles adecuada al contexto local	NO	SI	D	NO	SI	NO	D	NO	NO
Herramienta de certificación de construcciones sostenibles adecuada al contexto local	NO	SI	D	NO	SI	NO	NO	NO	NO
Proyectos de vivienda social sostenible bajo el esquema de MDL y/o NAMA	NO	?	NO	?	SI	NO	NO	NO	NO
Programas de subsidios y/o incentivos para incorporar elementos de construcción sostenible en viviendas de interés social	NO	SI	D	SI	SI	NO	D	D	D
Programas para incentivar la incorporación de elementos sostenibilidad en construcciones no residenciales	?	SI	D	D	SI	NO	NO	NO	SI
Proyectos piloto de vivienda social sostenible	SI	SI	SI	?	SI	SI	?	?	SI
Código (o reglamento) de construcción sostenible	NO	?	D	SI	SI	NO	NO	NO	NO
Normas técnicas de construcción sostenible	D	?	D	SI	SI	NO	NO	NO	SI
Ley, decreto o programa que incentive los techos o cubiertas verdes	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	?	SI
Estudios mandatorios de evaluación de impacto ambiental de los proyectos públicos construcción	SI	?	SI	SI	SI	SI	?	?	SI

Fuente: (PNUMA, 2014)

Los resultados de esta evaluación posicionan a México como el país que más esfuerzos ha realizado con respecto a la construcción sostenible. Este país se distingue por el avance tanto en el desarrollo, como en la implementación de políticas públicas que fomentan la construcción sostenible, con especial orientación al sector de la vivienda social. Brasil por su parte, cuenta con diversos programas y certificaciones voluntarias adecuados al contexto local, que incentivan las prácticas de construcción sostenible (PNUMA, 2014).

Chile también destaca por su marco estructurado de políticas públicas, encabezado por la Estrategia Nacional de Construcción Sostenible y leyes que incentivan estas prácticas. En cuanto al vecino país Colombia, aunque gran parte de sus esfuerzos se encuentran aún en fase de desarrollo, promete convertirse en un referente al contar ya con leyes, estudios y proyectos piloto de vivienda sostenible.

En el caso de Ecuador, existen dos organismos relacionados con la construcción sostenible. El primero es el Ecuador Green Building Council (EGBC), una organización no gubernamental que busca la transformación de la industria de la construcción hacia una más sustentable. Entre sus principales labores se encuentra

la emisión de la certificación Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). Por otro lado, se encuentra el Concejo Ecuatoriano de Edificación Sustentable CEES, una asociación civil sin fines de lucro, de líderes de la industria de la construcción, que se encarga de promover y difundir las ideas y tecnologías de la edificación sustentable, en apoyo y colaboración de otras instituciones que se relacionan con la construcción y el desarrollo urbano.

Sin embargo, ambas instituciones no son muy conocidas en el sector de la construcción, lo que se debe principalmente a que aún no se han establecido políticas concretas que fomenten la construcción sostenible en el Ecuador.

2.2.5 SISTEMAS DE CERTIFICACIÓN PARA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Alrededor del mundo existen múltiples sistemas de certificación que evalúan construcciones sostenibles en términos de ahorro de recursos tales como energía, agua y materiales. Cada sistema tiene parámetros de calificación diferentes y su objetivo es introducir en el mercado un estándar confiable para la construcción verde, y respectivamente proteger al ambiente en base a la tecnología y condiciones existentes en su medio.

En la década de 1990, se creó en el Reino Unido el primer sistema de certificación conocido como Building Research Establishment's Environmental Assessment Method (BREAM UK). A partir de entonces, se han desarrollado numerosas certificaciones, tanto a nivel local como internacional destacando las mencionadas en la TABLA 2-3.

TABLA 2-3. SISTEMAS DE CERTIFICACIÓN DESTACADOS ALREDEDOR DEL MUNDO

SISTEMA DE CERTIFICACION		PAÍS	AÑO DE CREACIÓN	CALIFICACION	
 BREEAM	Building Research Establishment's Environmental Assessment Method	Reino Unido	1990	Sobre 100 ptos	Excepcional >= 85
					Excelente >= 70
					Muy bueno >= 55
					Bueno >= 45
					Pasa >= 30
 LEED	Leadership in Energy and Environmental Design	Estados Unidos	2000	Sobre 110 ptos	Platino > 80
					Oro 60-79
					Plata 50-59
					Certificado 40-49
Green Mark 	 BCA GREEN MARK	Singapur	2005	Sobre 100 ptos	Platino > 90
					Oro 85-90
					Plata 75-84
					Certificado 50-74
 BEAM PLUS	Building Environmental Assessment Method	China (Hong Kong)	1996	Sobre 100 ptos	6 estrellas 75+
					5 estrellas 60-74
					4 estrellas 45-59
					3 estrellas 30-44
					2 estrellas 20-29
					1 estrella 10-19
Green Star 	 greenstar	Australia	2003	Sobre 100 ptos	6 estrellas 75+
					5 estrellas 60-74
					4 estrellas 45-59
					3 estrellas 30-44
					2 estrellas 20-29
1 estrella 10-19					
ENERGY STAR 	 ENERGY STAR	Estados Unidos	1992	Identifica y promueve productos y edificios eficientes desde el punto de vista energético para reducir el consumo de energía mediante el etiquetado voluntario	

Fuente: (Ove Arup and Partners Ltd., 2014)

Algunos continentes o países poseen varias marcas representativas (FIGURA 2-4). Sin embargo, la predominancia de algunos sistemas en términos del número de certificaciones expedidas es evidente, siendo LEED la líder en el mercado con alrededor de 90,000 certificaciones expedidas entre proyectos comerciales y no comerciales.

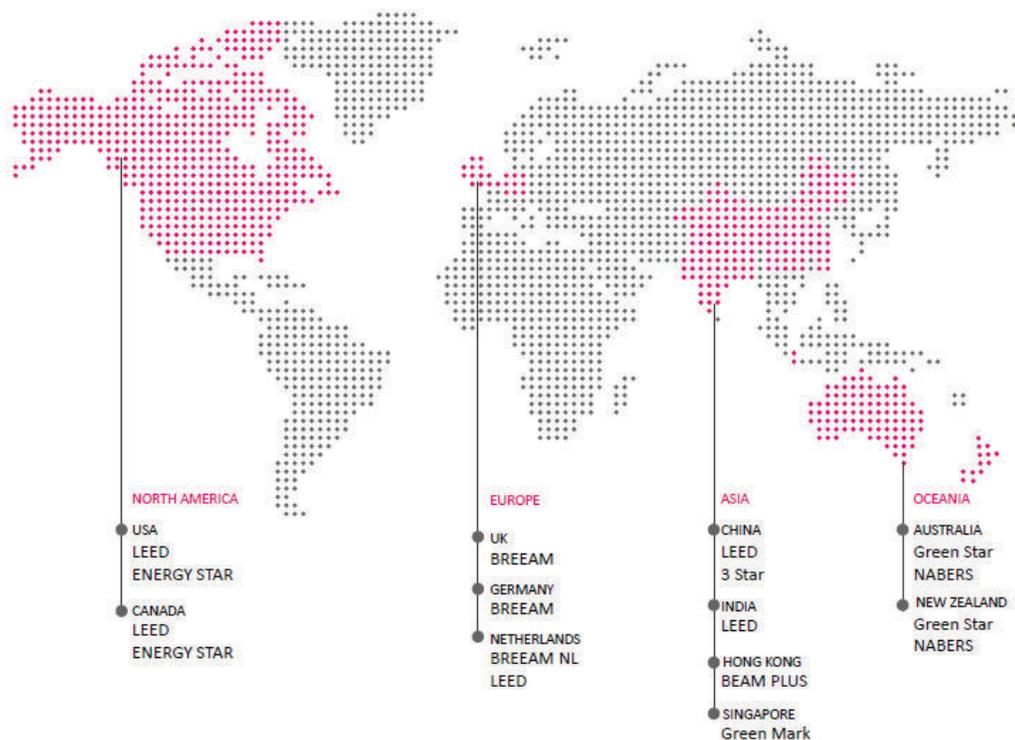


FIGURA 2-4. CERTIFICACIONES UTILIZADAS ALREDEDOR DEL MUNDO

Fuente: (Ove Arup and Partners Ltd., 2014)

En el país, el EGBC se encuentra a la cabeza en la emisión de las certificaciones LEED. En una entrevista personal con María Caridad Pástor, representante del EGBC, ella manifestó que “un gran impedimento para conseguir las certificaciones se relaciona directamente con el aumento en el costo final del proyecto, dado a que sistemas de optimización de recursos implican el uso de nuevas tecnologías”. Sin embargo, considera que con el pasar de los años aumentarán el número de interesados al haber una reducción en el costo de las tecnologías verdes debido a la presión que existe para que la construcción dé un giro hacia la sostenibilidad.

Si se desea obtener una certificación internacional, el costo final de un proyecto de construcción aumenta dependiendo de su tamaño y del tipo de certificación. Por ejemplo, para un proyecto de 350.000 m² el costo aumenta entre 40.000 y 50.000 USD en el caso de una certificación LEED (Ver FIGURA 2-5).

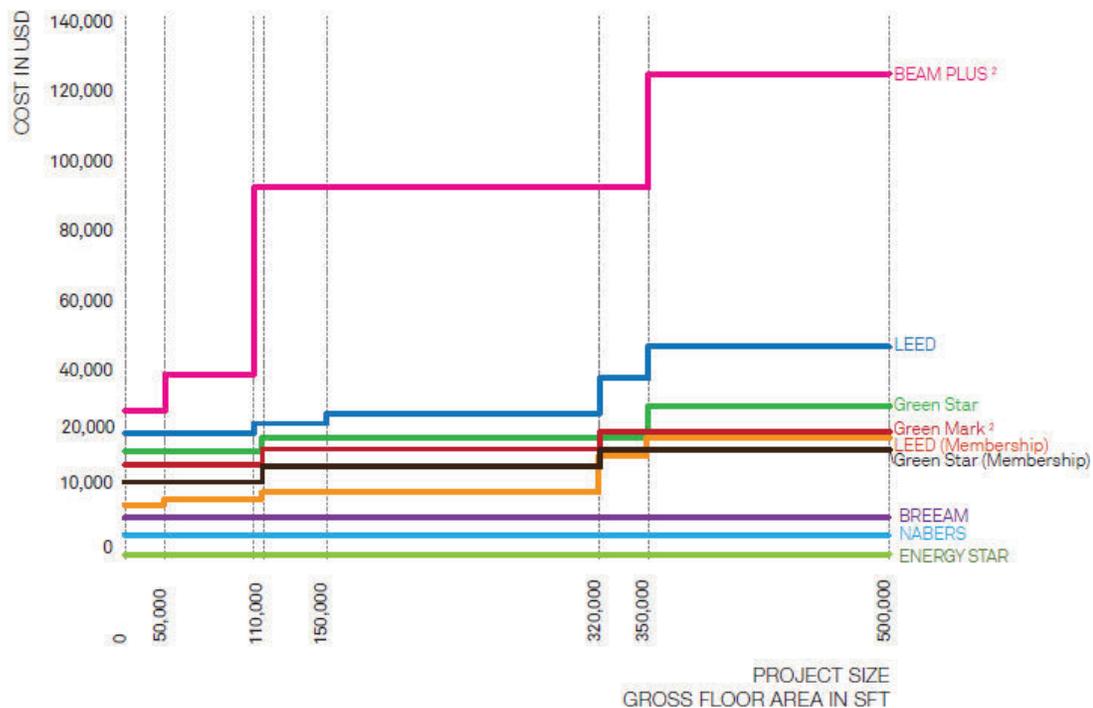


FIGURA 2-5. AUMENTO COSTO DE LA EDIFICACIÓN

Fuente: (Ove Arup and Partners Ltd., 2014)

Aunque obtener una certificación es un indicador del buen desempeño de la construcción en términos del uso eficiente de recursos, no es una obligación conseguirla. Es decir, se puede alcanzar la sostenibilidad de un proyecto y cumplir estándares de calidad ambiental sin la necesidad de obtener una certificación. Esto implica un gran ahorro al no tener que contratar un evaluador que califique a la edificación. Sin embargo, la garantía de que el proyecto cause el menor impacto sobre el medio ambiente queda en manos de diseñadores y constructores.

2.3 SISTEMA CONSTRUCTIVO

Para la selección del sistema constructivo se utilizó la factibilidad ambiental del proyecto que se determinó mediante el análisis de ciclo vida para el complejo ecoturístico en las etapas de producción de materias primas, construcción y ocupación al establecer diferencias significativas en las categorías de impacto analizadas en la producción de materias primas y la construcción. Comprobando que con el uso de bahareque encementado se disminuyen los impactos

ambientales al compararlo con el elemento estructural tradicional de hormigón armado.

2.3.1 BAHAREQUE ENCEMENTADO

Es un sistema estructural de muros que se basa en la fabricación de paredes construidas con un esqueleto de bambú guadúa, o bambú guadúa y madera, cubierto con un revoque de mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre (malla de gallinero o malla expandida), clavada en caña picada, chancada o esterilla que, a su vez, se clava sobre el esqueleto del muro. Ver FIGURA 2-6.

El bahareque encementado está constituido por dos elementos principales: el entramado o esqueleto y el recubrimiento o enlucido. Ambas partes se combinan para conformar un sistema estructural compuesto del tipo emparedado (INBAR, 2015)

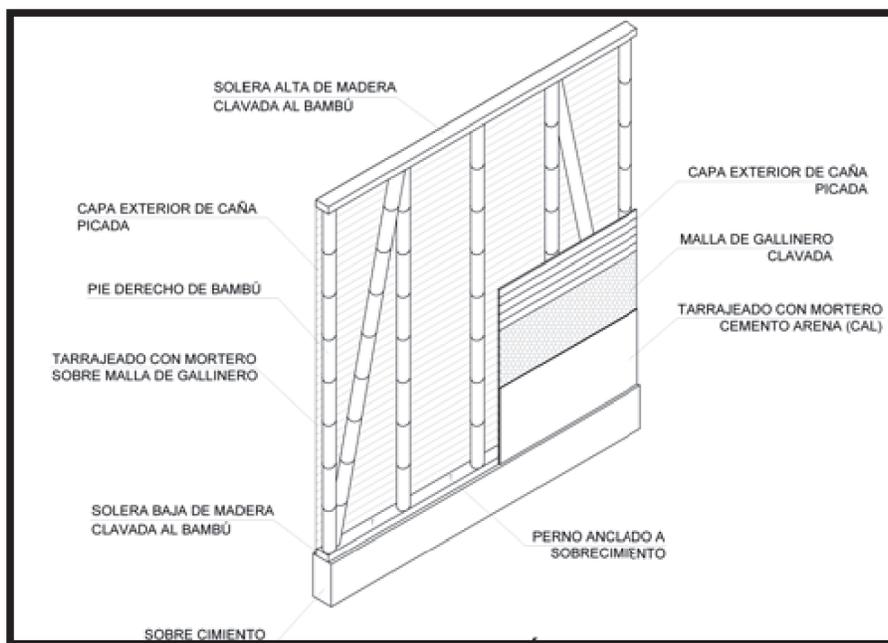


FIGURA 2-6. COMPONENTES DEL MURO DE BAHAREQUE ENCEMENTADO

Fuente: (INBAR, 2015)

Entramado: está constituido por dos soleras o elementos horizontales, uno inferior y el otro superior, y pie-derechos o elementos verticales, conectados entre sí con clavos, tornillos tirafondo o varillas roscadas. El marco del entramado puede construirse con guadúa o con madera aserrada, la parte interior se construye con

guadúa, la cual puede contener diagonales. Las guadúas no deben tener un diámetro inferior a 80 mm y el espaciamiento horizontal entre pie-derechos no debe ser inferior a 300 mm ni superior a 800 mm entre ejes. Las secciones de las soleras tendrán un ancho mínimo igual al diámetro de las guadúas usadas como pie-derechos y una altura no menor de 40 mm.

Recubrimiento: o enlucido, se fabrica con mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre. La malla debe estar clavada sobre la caña picada, o sobre un entablado de madera. La caña picada debe ir anclada a los pie-derechos mediante clavos y alambre galvanizado trenzado entre los clavos, también se puede fabricar el recubrimiento utilizando malla expandida o malla troquelada para enlucido directamente clavada a los pie-derechos, sobre la cual se aplica el mortero de cemento (ACIS, 2010).

Los morteros utilizados en construcciones de bahareque deben cumplir la norma (ASTM C270) y deben tener buena plasticidad, consistencia y ser capaces de retener el agua mínima para la hidratación del cemento, además garantizar su adherencia con las unidades de mampostería para desarrollar su acción cementante, en el caso de sobrecimientos de mampostería.

Para las mallas de refuerzo del enlucido podrán usarse los siguientes tipos:

- a) Malla de gallinero - malla de alambre trenzado con diámetro máximo de 1,25 mm, de abertura hexagonal no mayor a 25,4 mm.
- b) Malla de alambre electrosoldado con diámetro máximo de 1,25 mm, de abertura cuadrada no mayor a 25,4 mm.

Si se usan las mallas (a) o (b) se deberán soportar con caña picada

2.3.2 BAMBÚ GUADÚA

La especie de bambú utilizado para la fabricación de los muros de bahareque encementado es la guadúa angustifolia Kunth, conocida comunmente como guadúa, caña guadúa o caña de Guayaquil, la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 (NEC-15) solamente contempla la utilización de esta especie y tiene los siguientes requisitos de calidad para uso estructural:

- a) La guadúa debe ser de la especie Guadúa angustifolia Kunth.
- b) La edad de cosecha para guadúa estructural debe estar entre los 3 y los 6 años.

- c) La guadúa debe estar seca, es decir su contenido de humedad debe estar por debajo del 19%.
- d) El contenido de humedad de la guadúa debe corresponder con el contenido de humedad de equilibrio del lugar, para esto la guadúa debe estar en el lugar de la obra por lo menos 15 o 20 días antes de usarse como elemento estructural.
- e) La guadúa estructural debe estar adecuadamente preservada por medio de métodos químicos que eviten la presencia de insectos xilófagos y de hongos

El uso de la caña guadúa como base para el sistema estructural es uno de los grandes factores que determinan la sustentabilidad del proyecto, ya que el material es bastante duradero, y su costo es bajo con respecto a otros materiales. Con la implementación de técnicas de preservación y criterios de diseño adecuados, se puede prolongar la vida de la guadúa por 50 años o más (Calva, 2015).

La guadúa del tipo *Angustifolia*, permite desarrollar productos industrializados tales como paneles, aglomerados, pisos, laminados, esteras, pulpa y papel debido a sus fibras naturales muy fuertes. Tal característica la hace un material competitivo en el mercado nacional. Además, es importante señalar que, con el uso de la guadúa en los procesos industriales anteriormente mencionados, se reduciría el impacto sobre los bosques nativos, ya que sustituiría a la madera.

Las ventajas técnicas y estructurales de construir con caña guadúa son (Calva, 2015):

1. Es un material liviano debido a su forma circular y las secciones huecas que posee. Es de fácil manipulación, almacenamiento y transporte, lo que permite la construcción rápida de estructuras.
2. Por sus características físicas que lo convierten en un material fuerte y a la vez elástico, el bambú es un material altamente sismoresistente de gran confiabilidad, que puede pandearse sin sufrir rupturas.
3. Posee fibras, cuya constitución permite ser cortado transversal o longitudinalmente en piezas de cualquier tamaño, empleando herramientas muy sencillas.
4. Es un material de muy bajo costo.

2.3.3 SISMORESISTENCIA EN LAS ESTRUCTURAS

Una edificación sismoresistente es aquella que se diseña y construye con una adecuada configuración estructural, con componentes de dimensiones apropiadas y materiales con una proporción y resistencia suficientes para soportar la acción de fuerzas causadas por sismos frecuentes. No existen edificios totalmente sismoresistentes, debido a la probabilidad de que ocurran sismos más fuertes que el de diseño.

La sismoresistencia es una propiedad o capacidad de las edificaciones con el fin de proteger la vida y los bienes de las personas que la ocupan. Para el caso de una edificación sismoresistente, si se presenta un sismo muy fuerte, ésta sufrirá daños, pero no colapsará y contribuirá a que no haya pérdida de vidas y pérdida total de la propiedad (ACIS, 2010).

El sobrecoste que implica la sismoresistencia es mínimo si la construcción se realiza correctamente y es totalmente justificado, dado que significa la seguridad de las personas y del patrimonio. Para la obtención de una estructura sismoresistente es necesario tener en cuenta los siguientes principios que se muestran en la FIGURA 2-7.

Forma regular	<ul style="list-style-type: none"> • La geometría de la edificación debe ser sencilla en planta y elevación. La irregularidad favorece a la torsión de la estructura.
Bajo peso	<ul style="list-style-type: none"> • Mientras más liviana sea la edificación, menor será la fuerza que tendrá que soportar cuando ocurra un sismo, ya que la carga sísmica es directamente proporcional al peso.
Mayor rigidez	<ul style="list-style-type: none"> • Es aceptable que la estructura se deforme solo un poco ante la acción de un sismo.
Buena estabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • La edificación debe ser firme y conservar el equilibrio cuando es sometida a vibraciones de un sismo.
Suelo firme y buena cimentación	<ul style="list-style-type: none"> • Debe existir una cimentación competente para transmitir con seguridad el peso de la edificación al suelo.
Estructura apropiada	<ul style="list-style-type: none"> • La estructura debe ser sólida, simétrica, uniforme, continua y bien conectada.
Materiales competentes	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales aptos para absorber y disipar la energía que el sismo le entrega a la edificación.
Calidad en la construcción	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir los requisitos de calidad y resistencia de los materiales y acatar las especificaciones de diseño y construcción.
Capacidad de disipar energía	<ul style="list-style-type: none"> • La estructura debe ser dúctil y tenaz para que no pierda estabilidad y colapse súbitamente.
Fijación de acabados e instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Los componentes no estructurales deben estar bien adheridos o conectados y no deben interactuar con la estructura.

FIGURA 2-7. PRINCIPIOS DE LA SISMORRESISTENCIA.

Fuente: (ACIS, 2010)

2.3.4 SISTEMA ESTRUCTURAL

Se compone de tres elementos que son cubierta, muros estructurales y cimentación. En el caso de la cubierta, ésta conforma un conjunto estable para

cargas verticales y laterales, para lo cual tendrá los anclajes y arriostramientos requeridos, así como conexiones capaces de resistir las cargas aplicadas.

Los elementos que conforman las cubiertas son los siguientes (INBAR, 2015):

- a) **Correas o viguetas:** están apoyadas sobre las soleras de los muros debidamente conectados.
- b) **Viguetas secundarias:** se colocan en caso de requerir soporte para las tejas u otro material. Se apoyan sobre las correas y están debidamente conectadas a estas.
- c) **Cielo raso:** se coloca un panel de bahareque encementado constituido por una armadura de malla de alambre, esterilla de guadúa y recubrimiento de mortero.
- d) **Tejas o acabado final:** se coloca el material impermeabilizante tipo Chova, algún tipo de teja o lámina de fibrocemento.

Por el lado de los muros estructurales, éstos de manera individual resisten principalmente las cargas laterales paralelas a su plano, por lo que es necesaria la colocación de muros en dos direcciones ortogonales, o aproximadamente ortogonales, en planta. Se recomienda también que la longitud de los muros en las dos direcciones debe ser aproximadamente igual. Ver FIGURA 2-8.

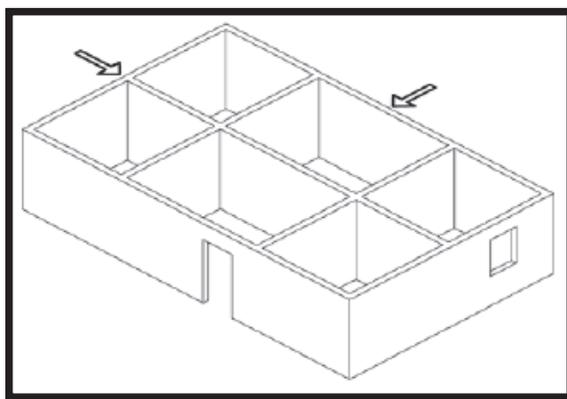


FIGURA 2-8. DISPOSICIÓN DE MUROS ESTRUCTURALES.

Fuente: (INBAR, 2015)

Continuidad vertical

El primer requisito para considerar un muro como muro estructural, es que debe estar anclado a la cimentación y ser continuo con el diafragma inmediatamente

superior, sea el entrepiso o la cubierta. En casas de dos pisos, los muros estructurales que continúen a través del entrepiso deben, a su vez, ser continuos hasta la cubierta para poder considerarse estructurales en el segundo nivel, siempre y cuando no se reduzca su longitud en más de la mitad de la longitud que posee en el primer nivel y siempre y cuando se cumpla en cada nivel con los requerimientos de longitud mínima de muros. (INBAR, 2015). Ver FIGURA 2-9.



FIGURA 2-9. CONTINUIDAD VERTICAL DE MUROS.

Fuente: (INBAR, 2015)

Regularidad en planta

Se evita la irregularidad en planta en todo caso. Las formas irregulares podrán convertirse por descomposición en varias formas regulares mediante juntas sísmicas. De manera adicional también debe evitarse las plantas muy alargadas o con relaciones en planta de más de 3 veces la dimensión de un lado respecto al otro.

Finalmente, para el caso de las cimentaciones se realiza una investigación de una calicata (o perforación) por cada tres unidades construidas o por cada 300 m² de construcción, hasta una profundidad mínima de 2.0 m, en la que se constate la calidad razonable del suelo de cimentación.

2.4 GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y ESCOMBROS

La disposición final de residuos sólidos y escombros es un tema sumamente amplio y delicado. A continuación, se plantean varias alternativas y mecanismos de disposición final, reciclaje o reutilización de residuos para un posterior estudio y ampliación. El tema se aborda únicamente en este capítulo con el fin de describir todos los indicadores necesarios para un sistema sustentable integral.

Las formas empleadas para el manejo de desechos siempre tienen impactos negativos sobre el ambiente, por lo que la única forma de eliminarlos es previniendo la generación de residuos y desechos. Algunas de las tácticas más utilizadas para afrontar el problema del manejo de los desechos son las siguientes (Báez & Acuña, 2003):

- Uso de productos que minimicen los desechos y no sean tóxicos.
- Preparación de compost con los desechos biodegradables.
- Generación de un programa de separación de desechos.
- Reutilización y reciclaje de los materiales hasta donde sea posible.

2.4.1 RECICLAJE O REUTILIZACIÓN

En todo proyecto sustentable se debe tener en cuenta si los materiales se pueden reciclar o reutilizar al término de su vida útil.

En el ámbito de la construcción se entiende como residuos, aquellos procedentes de demoliciones, que se generan en la construcción de nuevas estructuras (sobrantes de materiales nuevos, embalajes, entre otros), o los que son producto de los trabajos de movimiento de tierras y excavación. Para optimizar los recursos destinados a la gestión controlada de los residuos se debe plantear un plan al concebir el proyecto, así como tener en cuenta la clasificación de los residuos de construcción (FIGURA 2-10) para una correcta gestión (Cabrera, Coellar & Paredes, 2006).



FIGURA 2-10. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN.

Fuente: (Cabrera, Coellar & Paredes, 2006)

La mayoría de estos elementos requieren de un proceso de transformación para volver a ser utilizados, mientras que otros se convierten en residuos tóxicos o peligrosos al final de su vida útil por lo cual deben ser rechazados para reciclaje.

2.4.2 DISPOSICIÓN FINAL

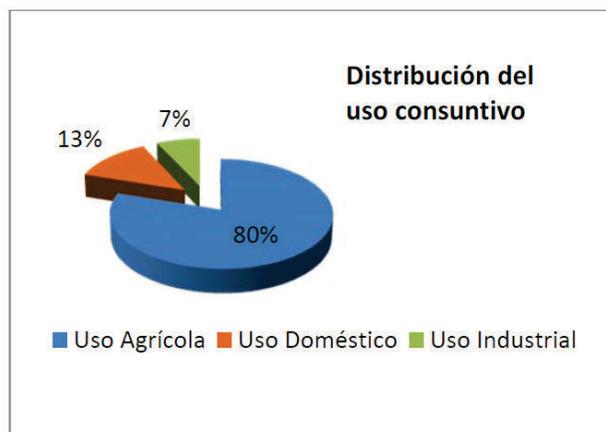
Una vez cumplido el ciclo de vida útil de los materiales estos se reciclarán o desecharán, siendo el segundo caso el más crítico y en el que los desechos se dispondrán en un relleno sanitario o escombrera.

Los elementos o materiales más comunes que irán a una escombrera son sobrantes de construcción, demolición, suelo y subsuelo de excavación.

2.5 NET ZERO WATER

Net-zero water es una estrategia innovadora que desafía a las construcciones a ser plenamente responsables de generar sus necesidades de agua potable y tratar los residuos generados por las descargas. Este concepto se muestra como una alternativa que permitiría reducir el consumo de agua en las edificaciones, que en Ecuador a nivel doméstico constituye el 13% del uso consuntivo del recurso (GRÁFICO 2-1).

GRÁFICO 2-1. DISTRIBUCIÓN DE LOS USOS CONSUNTIVOS EN ECUADOR



Fuente: (CEPAL , 2012)

En este tiempo de creciente crisis del recurso hídrico, es fundamental re imaginar los sistemas de agua con diseños ambiental, social y económicamente

responsables. La meta es que las construcciones funcionen como un sistema ecológico natural, equilibrando la oferta con la demanda de agua mediante la reutilización del recurso (CGBC, 2011).

Implementar el concepto de net zero-water representa perseguir varias metas a la vez, de tal manera que se alcance un manejo integral del agua dentro del proyecto. Se debe dar la misma importancia al tratamiento del agua previo a su consumo como al tratamiento de las descargas generadas.

2.5.1 FACTOR AMBIENTAL

La escasez de agua potable es un grave problema en muchos países del mundo que enfrentan cortes del servicio y el deterioro de su calidad. Incluso las regiones donde el agua no ha escaseado todavía, debido a su presencia abundante a lo largo de la historia, están en riesgo por factores como: los impactos del cambio climático, los patrones de uso de agua altamente insostenible y la continua reducción de los acuíferos más importantes (CGBC, 2011).

En ciertos países y regiones del mundo el desperdicio del agua es algo cotidiano mientras que, en otras, constituye un bien preciado y difícil de conseguir. En el caso de la REMACH, las precipitaciones contribuyen a una recarga de los cuerpos de agua de manera continua. Sin embargo, la población no cuenta con un ningún sistema de potabilización, mucho menos de depuración, lo que conlleva a que las descargas se realicen sin control alguno.

Una de las prácticas más comunes de disposición final de las aguas residuales domésticas, ha sido la disposición directa sin tratamiento en los cuerpos de agua superficiales y en el suelo. Esto afecta directamente la conservación o protección de los ecosistemas acuáticos y del suelo, contribuyendo a la pérdida de valor económico del recurso y del medio ambiente y genera a su vez una disminución del bienestar para la comunidad ubicada aguas abajo de las descargas pudiendo convertirse en un riesgo para la salud pública (Silva & Torres, 2008).

2.5.2 FACTOR SOCIOCULTURAL

Eliminar las barreras culturales alrededor de sistemas descentralizados de agua exige un cambio en la forma en la que el agua y los desechos humanos son vistos.

En lugar de la corriente "si no lo veo, no es mi problema", es necesario tomar conciencia tanto del uso del agua dentro y fuera de las viviendas u oficinas, como de lo que sucede con las descargas. De hacerlo, se posibilitará que se trate al agua como el recurso precioso que es (CGBC, 2011).

Se deben evaluar los hábitos y costumbres de los usuarios que puedan afectar la sostenibilidad del sistema a implementarse. Es importante entablar un diálogo que permita exponer los impactos negativos que ocasiona el uso tradicional del agua. Además, es necesario dar a conocer el funcionamiento del sistema de agua potable para concientizar y optimizar el uso del recurso.

Las formas de lograr un consumo sostenible incluyen: preocupación ambiental e inclusión de criterios ambientales en la decisión de consumo individual; consumo sostenible que toma en cuenta los aspectos cultural y social del consumo; la construcción de identidades y estilos de vida sostenibles y activas; y, finalmente, las experiencias de sostenibilidad compartida en familias, grupos y comunidades, promoviendo patrones de consumo más sostenibles (Pinto, Nique, Añaña & Herter, 2011).

Es decir, la educación de los usuarios respecto al correcto uso del recurso y la generación de experiencias positivas, constituyen ejes primordiales para que haya un aprovechamiento inteligente del agua, evitando desperdicios, disminuyendo el consumo típico y beneficiando al fortalecimiento de criterios de sostenibilidad.

2.5.3 FACTOR ECONÓMICO

En lo que se relaciona con lo económico, es importante introducir el concepto de eficiencia entendido como la habilidad del sistema para brindar un máximo desempeño a un costo mínimo. Por lo tanto, el sistema a implementarse debe optimizar no únicamente el agua para consumo, sino las tecnologías a utilizarse con el fin de que su implementación no genere pérdidas económicas.

La inversión inicial del propietario de un proyecto que incluya recolección de agua lluvia, accesorios de conservación de agua, entubado dual de agua para reuso y sistemas de tratamiento in-situ pueden generar barreras financieras onerosas (CGBC, 2011).

A pesar de esto, el beneficio primordial se encuentra en la reducción de la cantidad de agua utilizada y la devolución del recurso a la naturaleza en buenas condiciones.

2.6 ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Si bien las fuentes de energía pueden clasificarse de variadas formas según el criterio usado, la clasificación más amplia es en renovables y no renovables. La primera se caracteriza por proceder de fuentes que se encuentran en la naturaleza de forma limitada y agotable, y su uso contribuye en gran medida al aumento de la contaminación en el planeta. Por otro lado, la segunda destaca por proceder de fuentes naturales que teóricamente son inagotables, hecho que reduce el impacto sobre el ambiente al devolver la energía primaria a su estado inicial, entendiéndose como “toda forma de energía disponible en la naturaleza antes de ser convertida o transformada en un centro de transformación” (Beltrán, 2016).

El sol está en el origen de la mayoría de las energías renovables porque su calor provoca en la Tierra las diferencias de presión que dan origen a los vientos, fuente de la energía eólica. El sol ordena el ciclo del agua, causa la evaporación que predispone la formación de nubes y, por tanto, las lluvias, por lo que se relaciona con la energía hidráulica.

Las plantas se sirven del sol para realizar la fotosíntesis, vivir y crecer. Toda esa materia vegetal es la biomasa. Por último, del sol se aprovechan directamente tanto la energía térmica como la fotovoltaica (Merino, 2003). Una breve clasificación de las fuentes de energía se detalla en la FIGURA 2-11.

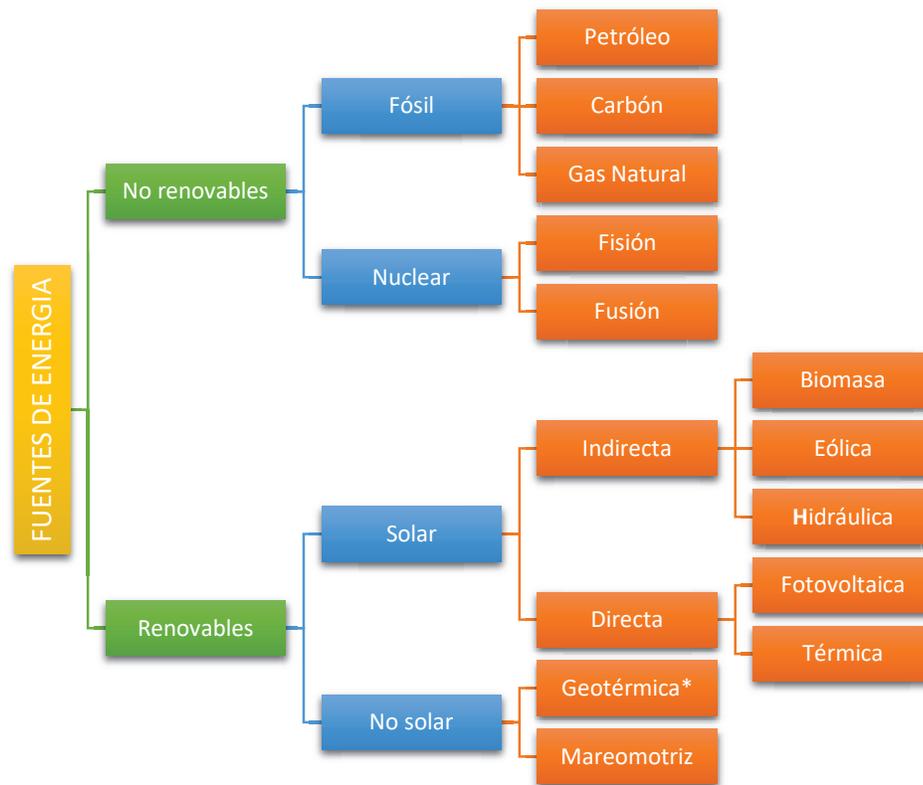


FIGURA 2-11. CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍA

Fuente: (Posso, 2002)

La demanda energética alrededor del mundo ha aumentado con el pasar de los años debido principalmente al crecimiento demográfico, la creación y ampliación de industrias, el crecimiento del parque automotor, y demás.

El uso de energías no renovables ha demostrado ocasionar impactos negativos sobre el medio ambiente provocados principalmente por:

- Emisión de gases contaminantes a la atmósfera que contribuyen al calentamiento global
- Destrucción de espacios naturales para obtener las materias primas tales como carbón o petróleo.
- Contaminación con productos radioactivos y/o tóxicos.
- Generación de dependencia económica de países productores de materia prima en relación a países ricos que las consumen.

Por otro lado, la energía renovable se presenta como un sustituto sostenible, que conlleva una serie de beneficios:

- Reducción en la emisión de CO₂, frenando el calentamiento global.
- Freno a la emisión residuos tóxicos.
- Materia prima sin costo o costo mínimo.
- Evita la quema, deforestación y daño a la naturaleza, o por lo menos el impacto es mínimo.

En Ecuador, los subsidios han generado impactos ambientales por el crecimiento de la demanda de derivados de petróleo, por lo que se ha establecido un cambio de la matriz energética del país que incluya las energías renovables. Para ello se busca incrementar a un 8% hasta el año 2020 el uso de alternativas energéticas según el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER) (Cordero & Guillén, 2013).

De tal manera, durante los últimos 10 años, se ha realizado una gran inversión por parte del Estado en infraestructura (principalmente hidroeléctrica) para generar energía. Como resultado, se ha conseguido reemplazar el consumo de combustible fósiles por energía renovable, que de acuerdo a la Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCONEL (2015) ahora representa un 51,78% del total producido gracias a la inversión en energías limpias tales como la hidráulica, biomasa, eólica y fotovoltaica como se muestra en la FIGURA 2-12.

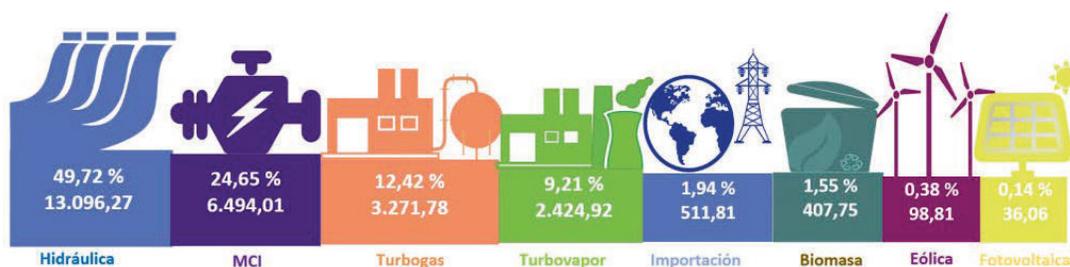


FIGURA 2-12. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA E IMPORTACIONES (GWH)

Fuente: (ARCONEL, 2015)

El propósito es alcanzar el 93% de energía limpia y renovable, aprovechando el potencial de los recursos naturales como los hídricos, solares, eólicos, y

desechando de manera gradual la producción de energía contaminante (ARCONEL, 2015).

2.7 TURISMO SOSTENIBLE

El turismo consiste en los viajes y estancias que realizan personas en lugares distintos a su entorno habitual (al menos durante una noche y como máximo 365 días), por ocio, negocios u otros motivos.

De manera particular, el turismo sostenible es una industria comprometida a producir un bajo impacto sobre el medio ambiente y cultura local, al tiempo que contribuye a generar ingresos y empleo para la población local, mejorando las oportunidades para el futuro. Está enfocado hacia la gestión de todos los recursos de manera que satisfagan todas las necesidades económicas, sociales y estéticas, y a la vez que respeten la integridad cultural, los procesos ecológicos esenciales, la diversidad biológica y los sistemas de soporte de la vida (Taboada, 2016).

El turismo sostenible plantea oportunidades para mejorar las condiciones de vida de los seres humanos, ya sea a través de la articulación de negocios privados y comunitarios en cadenas de valor que generan empleo directa e indirectamente, como a través de la demanda de servicios turísticos que generen experiencias auténticas. El desarrollo sostenible del turismo requiere la participación informada de todos los agentes relevantes, liderazgo político firme, seguimiento constante de impactos y alto grado de satisfacción de los turistas (Europraxis Consultores, 2007).

La conjunción del trabajo y participación de todos los elementos necesarios conllevan a cumplir con los objetivos del turismo sostenible que se muestran en la FIGURA 2-13.



FIGURA 2-13. OBJETIVOS DEL TURISMO SOSTENIBLE

Fuente: (Europraxis Consultores, 2007)

2.7.1 EL ECOTURISMO

El ecoturismo se encuentra estrechamente relacionado con el turismo sostenible, ya que asume todos sus principios, pero además hace un énfasis especial en la conservación de áreas naturales, combinando el placer de descubrir y comprender la fauna y la flora, con la oportunidad para contribuir a su protección (Albuja y otros, 2000).

El ecoturismo permite visitas a las áreas naturales de manera responsable con el ecosistema y las poblaciones locales, procurando minimizar los impactos que puedan darse sobre ellos, impulsando un desarrollo sostenible, para lo que es necesaria la participación de la comunidad, la promoción adecuada del sitio juntamente con la aplicación de un PMGP que incluya una fuerte reglamentación orientada a la conservación de los recursos (Albuja y otros, 2000).

Eso implica que quienes llevan a cabo actividades de ecoturismo deberían, entre otras cosas, minimizar los impactos ambientales y sociales; aumentar la conciencia y el respeto por el ambiente y la cultura; ofrecer experiencias positivas tanto para los visitantes como para los anfitriones; ofrecer beneficios financieros directos para la conservación y brindar participación real para la población local (Báez & Acuña, 2003).

De esta manera se estimula la creación de medianas, pequeñas y micro-empresas ecoturísticas, que generen empleos y beneficios económicos a las poblaciones locales mejorando la calidad de vida.

En el ámbito académico promueve la investigación científica, especialmente en lo concerniente a los recursos naturales y de esta forma se integra áreas marginales, tanto silvestres como poblacionales, al desarrollo de la economía nacional.

El ecoturismo permite disfrutar de la naturaleza y el entorno a través de diferentes experiencias, ya sea al disfrutar de deportes extremos, participar con las comunidades, observar las interacciones y actividades que se llevan a cabo en el sector o estudiar su fauna y flora (Ver FIGURA 2-14).



FIGURA 2-14. TIPOS DE ECOTURISMO

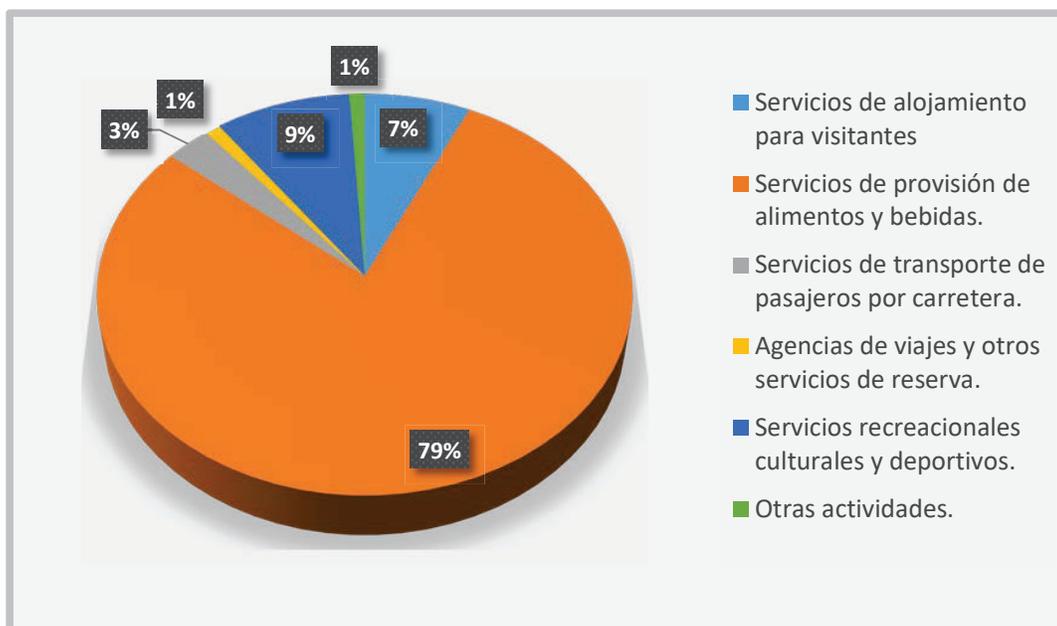
Fuente: (Albuja y otros, 2000)

2.7.2 EL TURISMO EN ECUADOR

Ecuador dispone de un potencial turístico inigualable a nivel mundial por su diversidad. Su naturaleza y sus culturas ofrecen oportunidades que han sido muy poco aprovechadas o que están siendo explotadas por muy pocas personas y empresas

La industria del turismo en el país a diciembre del 2015 abarcó 25.672 establecimientos turísticos registrados en el Ministerio de Turismo (MINTUR). Sin embargo, la recopilación de datos del Censo Nacional Económico del 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) muestra que existen 61.546 establecimientos (registrados y no registrados en el MINTUR) dedicados a diferentes actividades (Ver GRÁFICO 2-2).

GRÁFICO 2-2. DISTRIBUCIÓN DE ACTIVIDADES TURÍSTICAS EN ECUADOR PARA EL 2010



Fuente: (Peña & Pinta, 2012)

De acuerdo a un estudio sobre competitividad de Ecuador, la fortaleza del país en el mercado turístico internacional radica en su acervo natural y en los valores culturales de sus habitantes. En tal sentido, la diversidad natural y cultural del país juega un papel determinante en la sostenibilidad del turismo y los beneficios económicos asociados con él (Europraxis Consultores, 2007).

Cada región geográfica aglutina diversas manifestaciones de la cultura ecuatoriana y sus estilos de vida, lo que confirma que cuatro mundos coexisten en un solo territorio. Esto confirma que el potencial turístico en Ecuador se basa en su alta diversidad en términos de cultura, paisajes, sitios históricos y riqueza natural.

2.7.3 EL ECOTURISMO EN ECUADOR

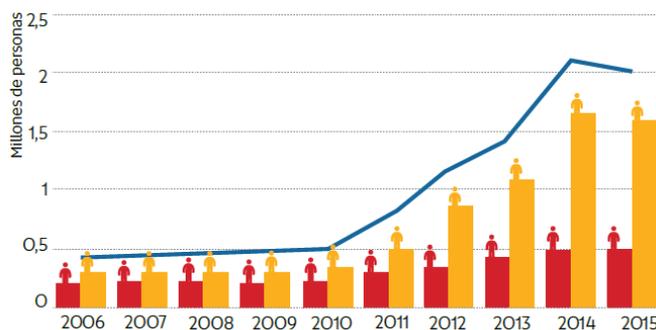
Según el Centro de Conservación del Medio Ambiente, Ecuador se encuentra en el sexto puesto del grupo de 17 países megadiversos del planeta que, en conjunto, albergan más de las dos terceras partes de toda la biodiversidad del mundo. Dentro de este grupo, Ecuador a pesar de tener la superficie más pequeña, posee la mayor biodiversidad por kilómetro cuadrado (MAE, 2015).

Los proyectos de ecoturismo en el país comenzaron oficialmente en las Islas Galápagos cuando se iniciaron excursiones hacia las islas, dando énfasis en su protección y su conservación. En la región Amazónica ecuatoriana el ecoturismo se inició en Limoncocha.

A lo largo del desarrollo del ecoturismo en Ecuador, ha habido una serie de ventajas y desventajas, especialmente en las áreas protegidas. Sin embargo, en términos generales se puede afirmar que el ecoturismo es beneficioso para el Ecuador debido a que provee una justificación económica para la protección de áreas que de otra forma no hubieran sido salvaguardadas. También ha provisto de ingresos económicos a las comunidades aledañas haciendo que la población se vea incentivada para respetar el área protegida.

El número de visitantes nacionales y extranjeros a las áreas protegidas ha tenido una tendencia creciente, como se puede observar en el GRÁFICO 2-3. En 2015, uno de cada 13 ecuatorianos visitó las áreas protegidas, a diferencia de 2010, en que la relación fue uno de cada 49 (MAE, 2015).

GRÁFICO 2-3. NÚMERO DE VISITANTES A LAS ÁREAS PROTEGIDAS (2006-2015)



Fuente: (MAE, 2015)

Dado que el 74% de los atractivos turísticos que posee el Ecuador están relacionados con la naturaleza, aparece la necesidad de impulsar el ecoturismo (Albuja y otros, 2000). Adicionalmente es indispensable indicar que el efecto más relevante y positivo de las intervenciones eco-turísticas ha sido el reforzamiento de la identidad y cultura de los grupos anfitriones (Prieto, 2011).

2.8 ASPECTOS LEGALES

A continuación, se mencionarán y analizarán las principales leyes, artículos y resoluciones en las que se enmarca la administración y operación de la REMACH, así como aquellas relacionadas con el SNAP con el objetivo de que el proyecto se encuentre alineado con las mismas. La principal fuente de consulta ha sido el PMGP de la REMACH.

El MAE ejerce rectoría legal y administrativa sobre el patrimonio de áreas naturales del Estado, en sujeción a los planes de manejo aprobados por éste, para cada una de ellas.

El Art. 168 del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, establece los objetivos básicos para el SNAP y el Art. 170 cita como actividades permitidas dentro del SNAP: la preservación, protección, investigación, recuperación y restauración, educación y cultura, recreación y turismo controlados, pesca y caza deportiva controladas, aprovechamiento racional de la fauna y flora silvestres.

De ahí que el estatuto de creación de la REMACH cite en su Artículo 3, que las actividades a realizarse en la Reserva solo podrán ser de conservación, investigación, educación, cultura, recuperación y recreación controladas. Las comunidades locales podrán realizar en forma controlada actividades de extracción sustentable tradicional de recursos naturales (Registro Oficial No. 29 del 19 de septiembre de 1996).

Las actividades mencionadas en este Artículo son ampliadas y especificadas de mejor manera en el PMGP de la REMACH, en el que se ha dividido el área en zonas de uso en base a criterios tales como cambios en el hábitat natural, delimitación de microcuencas, intervención antropogénica y demás factores.

La Laguna de Cube, cercana al área donde se implantará el proyecto, se ha situado en la zona de influencia occidental de la REMACH. La zona de influencia comprende un área en donde ocurren relaciones comerciales, sociales y ecológicas, tanto al interior de la Reserva como desde afuera hacia adentro, en una constante interdependencia. La normatividad de uso para esta zona deberá establecerse sobre la base de acuerdos de conservación y desarrollo con los

gobiernos seccionales, propietarios privados, entidades públicas y ONG, con base en el presente PMGP y los respectivos planes de desarrollo cantonal y parroquial. Solamente en ese marco de planificación se podrá definir una normatividad específica para la zona de influencia (MAE & Alianza REMACH, 2005).

De acuerdo a la política 3 enmarcada en los objetivos estratégicos para la gestión, manejo y administración de la reserva se debe contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las familias campesinas, indígenas y afro ecuatorianas que habitan la reserva, sustituyendo prácticas degradativas del ambiente por actividades de manejo sostenible de los recursos naturales.

De tal manera, el turismo se constituye como alternativa que puede generar fuentes de trabajo e ingresos para la población y que a su vez puede constituir una actividad de manejo sostenible de los recursos naturales, siempre y cuando existan los mencionados acuerdos con diferentes entidades y su ejecución se alinee con el PMGP.

La Ley de Turismo en su Artículo 20 establece que “Será de competencia del Ministerio de Turismo y del Ambiente, coordinar el ejercicio de las actividades turísticas en las áreas naturales protegidas...”, además que deberá sujetarse el Ministerio de Turismo a los planes de manejo ambiental. En el mismo sentido se pronuncia el Reglamento de Ecoturismo y Sostenibilidad, en el Artículo 5, que determina que existirá coordinación interministerial en la determinación de Políticas de Ecoturismo para el SNAP.

El Artículo 179 del Libro III, del Régimen Forestal dice: “En el Patrimonio Nacional de Áreas Naturales, el Ministerio del Ambiente podrá otorgar concesiones y celebrar contratos de comodato, arrendamiento y cualquier otra figura legal adecuada para la prestación de servicios o la utilización sustentable de recursos de las áreas naturales del Estado, con base al respectivo PMGP y en función de la categoría de manejo del área protegida”.

La implementación de un proyecto ecoturístico en la REMACH se alinea con el concepto de utilización sustentable y responsable de los recursos existentes, convirtiéndose en un buen candidato para acceder a una concesión a través del MAE.

El Código Civil, en su Artículo 634 expresamente señala que “Nadie podrá construir, sin permiso de autoridad competente, obra alguna sobre ..., terrenos fiscales y demás lugares de propiedad nacional”. Se conoce como terrenos fiscales a los bienes nacionales cuyo uso no pertenece generalmente a los habitantes de la nación, tal como lo prescribe el Artículo 623 del citado cuerpo legal.

Por lo expuesto, para construir un proyecto ecoturístico en esta zona se debe cumplir con los permisos y requisitos establecidos por la el MAE, los mismos que deberán estar alineados con el PMGP y los diferentes procesos existentes dentro de la zona en cuestión. Sin embargo, estos permisos serán obtenidos cuando el proyecto se encuentre en la fase de ejecución.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El procedimiento para el diseño del Complejo Ecoturístico Laguna de Cube depende tanto del alcance del proyecto, así como de su localización. El área de estudio se encuentra ubicada en la parroquia Rosa Zarate, recinto La Laguna, localizado en el flanco sur oriental de la REMACH (Ver FIGURA 3-1).

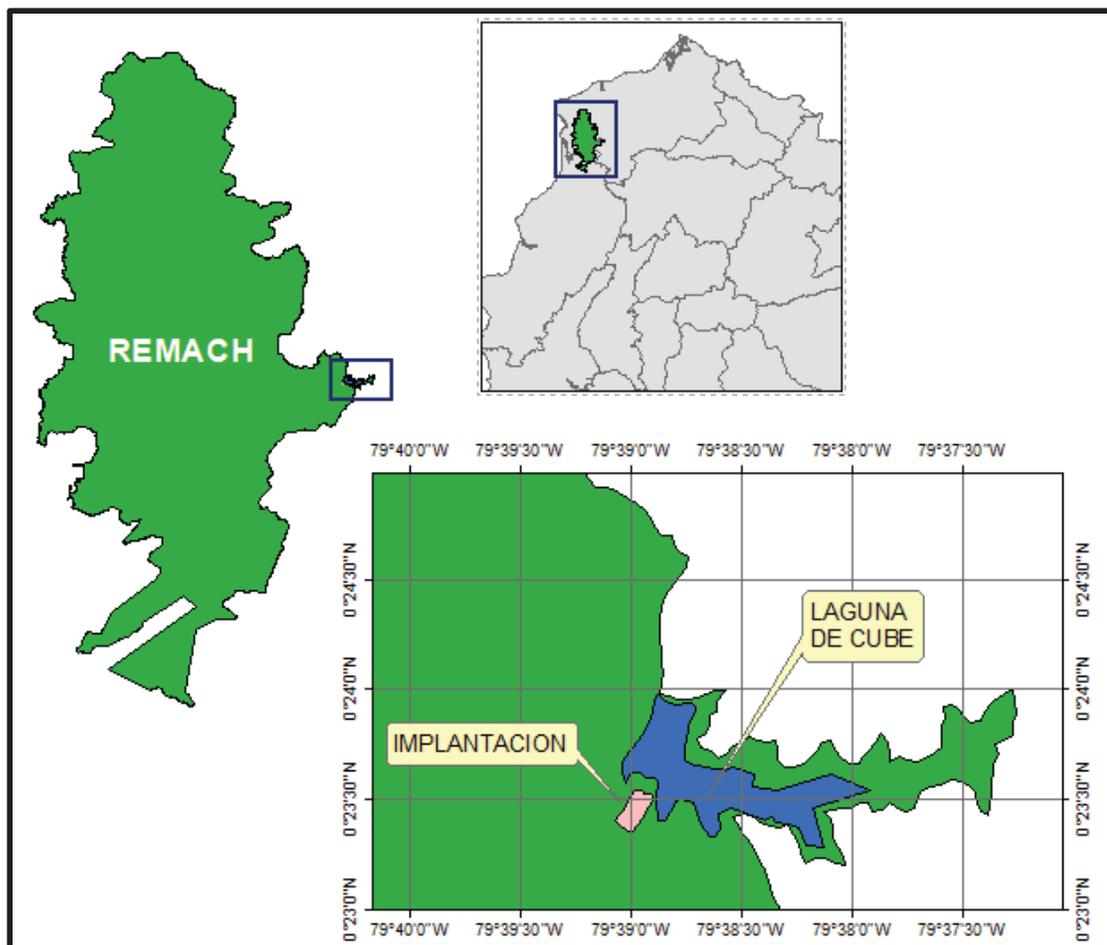


FIGURA 3-1. MAPA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

3.2 ETAPA 1: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para el desarrollo de este proyecto se recopiló tanto información primaria o de campo, como información secundaria o bibliográfica (FIGURA 3-2) con la finalidad de contar con los recursos necesarios para el diseño de todos los sistemas y sus respectivos componentes.

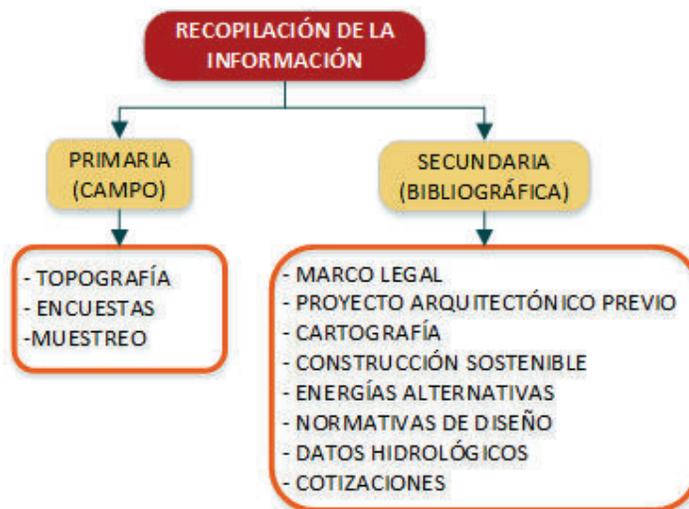


FIGURA 3-2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

3.2.1 INFORMACIÓN DE CAMPO

La información de campo recolectada para llevar a cabo el proyecto constó de 3 componentes: topografía, encuestas y muestreo de fuentes de agua.

3.2.1.1 Topografía

La topografía se la realizó mediante la técnica de GPS en tiempo real (RTK), basada en el uso de medidas de fase de navegadores con señales GPS, GLONAS y/o de Galileo. El procedimiento consistió en la obtención de coordenadas con precisión centimétrica.

3.2.1.2 Encuestas

La encuesta es un instrumento cuantitativo de exploración social mediante la consulta, recopilación y el análisis de las respuestas a un grupo de personas

elegidas de forma estadística, realizada con la ayuda de sondeos y cuestionarios diseñados para conocer sus opiniones, actitudes y sentimientos hacia un tema determinado (Ojeda, 2014)

Con la finalidad de conocer la situación socioeconómica del sector del proyecto, la muestra consistió en las familias que habitan alrededor de la Laguna de Cube.

La encuesta constó de 29 preguntas, planteadas de manera concisa al respecto de los aspectos siguientes:

- Información básica
- Información sobre la vivienda
- Información sobre la familia
- Abastecimiento de agua
- Saneamiento
- Otros servicios
- Organizaciones civiles y gubernamentales
- Conciencia del turismo y medio ambiente

El modelo de la encuesta se encuentra en el ANEXO 1.

3.2.1.3 Muestreo de fuentes de agua

Se realizó el reconocimiento y muestreo de 4 fuentes de agua cercanas al predio de la implantación para posteriormente proceder con su análisis físico químico. La ubicación de las fuentes se muestra en la FIGURA 3-3.

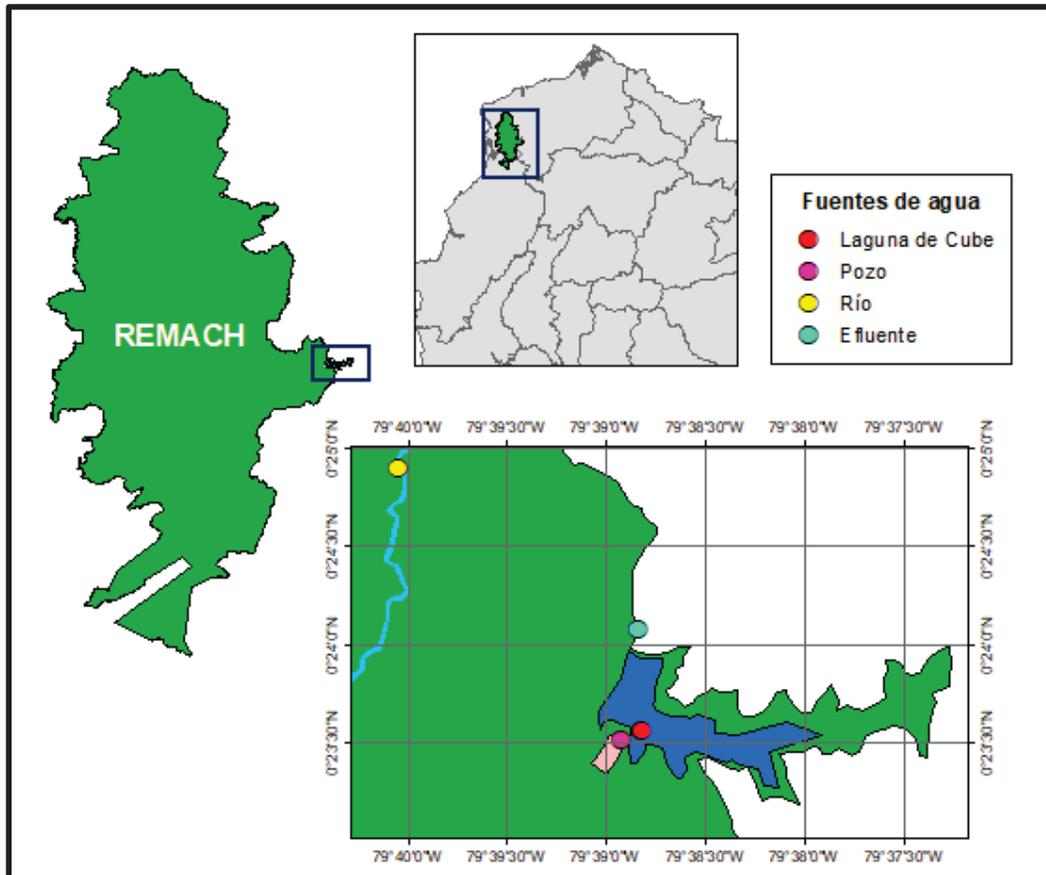


FIGURA 3-3. LOCALIZACIÓN DE FUENTES DE AGUA

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

El procedimiento de muestreo se llevó a cabo de acuerdo con el procedimiento indicado en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.

3.2.2 INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA

La información bibliográfica se obtuvo de estudios relacionados con la construcción sostenible y de trabajos orientados al diseño de los diferentes sistemas (arquitectónico, estructural e hidrosanitario). Por otro lado, se recurrió a diferentes instituciones nacionales para obtener datos de diferentes aspectos de la zona, relevantes para el proyecto. La información obtenida más importante se muestra en la TABLA 3-1.

TABLA 3-1. INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA MÁS RELEVANTE PARA EL PROYECTO

TÍTULO	AÑO	FUENTE
Proyecto Centro Ecológico de Vínculo Laguna de Cube	2000	Albuja, Pinto & Pontón (UCE)
Plan de Manejo y Gestión Participativa Reserva Ecológica Mache Chindul	2005	MAE
Plan de Manejo Ambiental de la Laguna de Cube	1994	Fundación Natura, MAE, WWF
Sustainable construction: principles and a framework for attainment.	1997	Hill & Bowen
Norma Sismo Resistente NSR-10 Título G	2010	MAVDT
Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GUADUA	2016	MIDUVI
Precipitación Total Mensual (mm) Estación La Concordia	2015	INHAMI
Precipitación Total Mensual (mm) Estación Quinindé	2015	INHAMI
Cartografía Reserva Mache Chindul	2017	MAE
Toward Net Zero Water: Best management practices for decentralized sourcing and treatment	2011	CGBC
Situación de la Construcción Sostenible en Latinoamérica	2014	PNUMA
Guía de diseño para la captación de agua lluvia	2004	OPS
Diseño de planta de potabilización del proyecto regional de agua potable de la provincia de Orellana Coca-Loreto-Sacha	2010	EPN
Diseño de Lagunas de Estabilización en serie con diferentes configuraciones	2011	<i>Revista de Arquitectura e Ingeniería</i>
Depuración de aguas residuales de una población mediante humedales artificiales	2010	UPC
Biodigestores familiares. Guía de diseño y manual de instalación.	2008	GTZ
Diseño y validación de vivienda bioclimática para la ciudad de Cuenca	2013	Cordero X. & Guillén V.
Arquitectura y energía natural.	1991	Serra R. & Coch Roura H.
Complejo ecoturístico sustentable Luz y Guía	2016	Cabrera, Coellar & Paredes
Reglamento de alojamiento turístico	2015	Ministerio de Turismo
Tecnología sostenible y eficiencia energética aplicada al diseño de una vivienda	2014	Matute Oleas M.
Norma Andina para diseño y construcción de casas de uno y dos pisos en bahareque encementado.	2015	INBAR
Modelo de gestión de turismo ecológico comunitario: Recinto "La Laguna" Reserva Mache Chindul, Parroquia Cube, Quininde, Esmeraldas.	2015	IAEN

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

3.3 ETAPA 2: PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

El procesamiento de información consiste en la depuración de la información obtenida, con el objetivo de tener datos más precisos para el diseño de los sistemas del proyecto. Se ha realizado el procedimiento con la información bibliográfica y la información de campo (FIGURA 3-4).

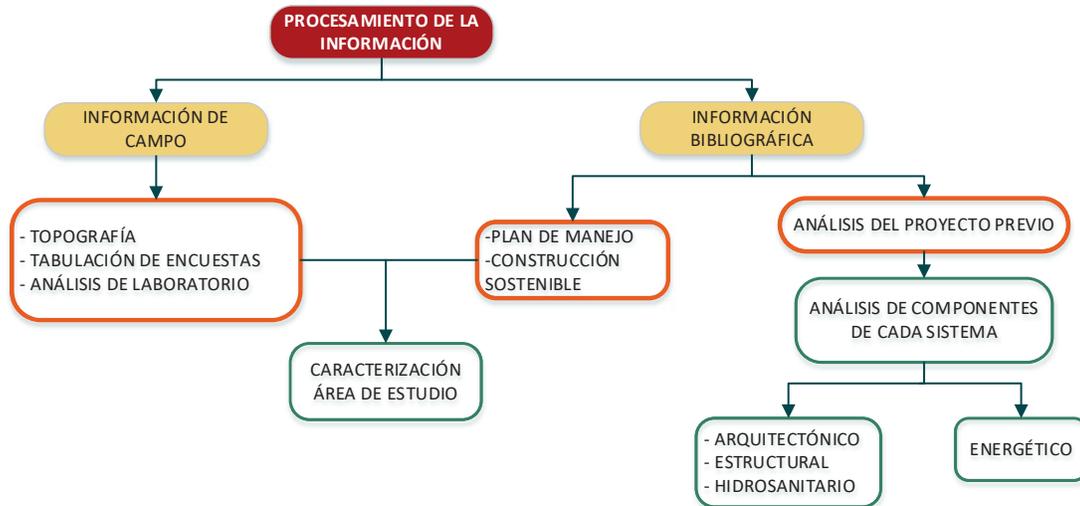


FIGURA 3-4. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

3.3.1 INFORMACIÓN DE CAMPO

3.3.1.1 Topografía

Una vez obtenidos todos los puntos necesarios con sus respectivas coordenadas UTM y altura sobre el nivel de mar, se procedió a descargar la información al software Autocad Civil 3D mediante el cual se obtuvo la topografía con curvas de nivel a cada metro.

3.3.1.2 Tabulación de Encuestas

Tras la obtención de la información de la muestra, se procedió a resumirla en una tabla dividida en los aspectos analizados.

Para la tabulación de datos, se utilizaron los conceptos de frecuencia absoluta y frecuencia relativa.

Frecuencia absoluta: representa el número de veces que se repite cada dato.

Frecuencia relativa: es el resultado de dividir la frecuencia absoluta de un determinado valor para el número total de datos.

3.3.1.3 Análisis de Aguas

Para determinar la calidad del agua en las fuentes muestreadas se realizaron los análisis requeridos por la normativa vigente. Éstos se establecen en el Anexo 1 del libro VI del TULSMA, Tabla 1: Criterios de Calidad de Fuentes de Agua que para Consumo Humano y Doméstico Requieren Tratamiento Convencional (ver ANEXO 2).

Algunos de los parámetros fueron medidos en campo, y los análisis restantes se realizaron en el Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental de la EPN.

3.3.2 INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Con la información bibliográfica recolectada, en primer lugar, se caracterizó el área de estudio, complementando los datos con la información levantada en campo.

La información relacionada con los aspectos físicos, información de recursos disponibles, atractivos turísticos y aspectos socioeconómicos se obtuvo principalmente de tres fuentes:

- Información de campo
- PMGP de la REMACH (2005)
- Tesis “Centro Ecológico de Vínculo Laguna de Cube”

Posteriormente se realizó el procesamiento de la información de acuerdo a cada sistema.

Para el sistema arquitectónico se analizó en primera instancia la factibilidad del uso de materiales de la zona, así como el impacto que éstos tendrían en el proyecto en base a la matriz cuantitativa (TABLA 3-2) obtenida del estudio de Akadiri et al. (2013).

TABLA 3-2. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA SELECCIÓN DE MATERIALES.

Criterios ambientales
Minimizar la contaminación
Material reciclable / reutilizable
Menor cantidad de desperdicio.
Menor energía incorporada en el material
Métodos de extracción de materias primas amigables
Recurso renovable
Criterios técnicos
Menor mantenimiento
Aislamiento térmico y acústico
Esperanza de vida (Durabilidad)
Resistencia al fuego
Facilidad de construcción
Resistencia estructural
Sismoresistencia (seguridad)
Criterios socioeconómicos
Estética
Menor costo de mantenimiento
Menor costo inicial
Menor costo de disposición final
Uso de materiales locales
Disponibilidad de mano de obra in situ

Fuente: (Akadiri, Olomolaiye, & Chinyio, 2013)

Se valoró los criterios en una escala cuantitativa con un rango del 1 al 5, siendo 5 el valor que representa un criterio totalmente acorde a los lineamientos de sustentabilidad. Los resultados fueron comparados y se eligieron los materiales más apropiados para el sistema arquitectónico-estructural en base a los lineamientos de construcción sostenible.

Por otro lado, los criterios de orientación, distribución de espacios, fachadas y jardines se encontraron en primera instancia en la tesis “Centro Ecológico de Vínculo Laguna de Cube”. Adicionalmente se adhirió y tomaron algunos conceptos y criterios obtenidos en trabajos tales como “Diseño y Validación de una Vivienda Bioclimática para la Ciudad de Cuenca” (Cordero & Guillén, 2013) y “Complejo Ecoturístico Sustentable Luz y Guía” (Cortés, et al., 2011).

Para el sistema de abastecimiento de agua potable, se realizaron los siguientes análisis:

- a) Relleno de datos de precipitación media mensual de una serie de 15 años de la estación Quinindé, mediante una interpolación con los datos de la estación La Concordia para determinar la factibilidad de almacenamiento de agua lluvia para consumo.
- b) Determinación de la calidad de agua de las fuentes muestreadas.
- c) Selección de la fuente alternativa de abastecimiento de agua mediante un análisis cuantitativo de parámetros.

3.4 ETAPA 3: BASES DE DISEÑO

Las bases de diseño constituyen una base teórica que establece las principales definiciones, parámetros y criterios utilizados en el diseño de los componentes de cada sistema. La FIGURA 3-5 sintetiza el procedimiento establecido en las bases de diseño.

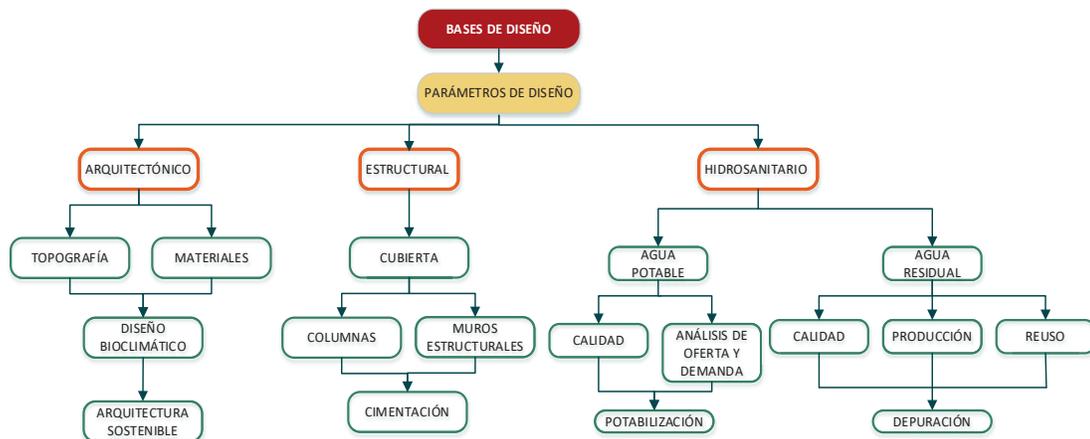


FIGURA 3-5. BASES DE DISEÑO

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

3.4.1 SISTEMA ARQUITECTÓNICO

Para el sistema arquitectónico, la determinación de la capacidad de carga turística se realizó en base al proyecto “Centro Ecológico de Vínculo Laguna de Cube”. Para este proceso además se consideró la base teórica del proyecto “Complejo Ecoturístico Sustentable Luz y Guía”.

La capacidad de carga turística representa el nivel de umbral de la actividad humana por encima del cual sobrevendrá el deterioro ambiental de la base de los

recursos, o que disminuirá el grado de satisfacción del visitante. Para la aplicación de cualquier metodología de estimación de la capacidad de carga se debe tener conocimiento y comprensión de los impactos ambientales que surgen del desarrollo turístico. Este valor varía de un sitio a otro dependiendo de factores como el comportamiento del usuario, modalidades de visita, niveles de manejo del sitio, diseño de instalaciones y el carácter dinámico del medio ambiente. (Cabrera, Coellar & Paredes, 2006)

Por otro lado, se tiene en cuenta también la funcionalidad del proyecto, que se analiza mediante dos aspectos:

- **El emplazamiento general:** el diseño está regido por el sitio, condicionantes de visita, accesos, recorrido, entre otros. Tomando en cuenta la ubicación geográfica y explotación turística que se está dando en el lugar.
- **Diseño de una edificación:** la distribución de cada uno de los espacios y ambientes que conforman un equipamiento. Para la ubicación de estos espacios se toma como base el estudio “Centro Ecológico de Vínculo Laguna de Cube”. Cada uno de los equipamientos deberá conectarse entre sí mediante caminerías, utilizando el manejo de vegetación para la generación de microclimas. (Cabrera, Coellar & Paredes, 2006).

Para la distribución de ambientes y el sistema funcional se consideró el Reglamento de Alojamiento Turístico. En base a conversaciones con los interesados en el proyecto se ha decidido que el proyecto se clasifique como un complejo tipo Lodge de 4 estrellas, debido principalmente al tipo de facilidades que existen en un establecimiento de esta categoría.

Finalmente, para el diseño bioclimático, el análisis está basado en los principios teóricos del programa Ecotect Analysis 2011 y las bases arquitectónicas del diseño bioclimático que se desarrolla de acuerdo a la importancia de los diversos elementos presentes, en base a la secuencia Clima → Biología → Tecnología → Arquitectura, permitirá encontrar soluciones a la relación clima-confort (Cabrera, Coellar & Paredes, 2006).

La expresión arquitectónica debe sintetizar todos los datos que ofrece la meteorología, la biología y la ingeniería. Dentro de la secuencia lo primero que se

analiza es el clima (temperatura, humedad relativa, radiación solar, viento y microclimas), continuando con la evaluación biológica que se basa en las sensaciones humanas con el fin de obtener condiciones de confort y finalmente planteando las soluciones tecnológicas.

Dentro de los retos más grandes del diseño bioclimático se encuentra la ganancia y pérdida de calor según corresponda. Durante los períodos fríos se necesita ganar calor y oponerse a su pérdida, durante los períodos cálidos se debe evitar las ganancias de calor y favorecer su pérdida (Cabrera, Coellar & Paredes, 2006).

3.4.2 SISTEMA ESTRUCTURAL

El procedimiento para concebir el diseño del proyecto consta de las siguientes bases:

1. Definición del proyecto arquitectónico.
2. Identificación de los muros de las estructuras, material de recubrimientos y caras recubiertas.
3. Determinación de la masa de las estructuras, incluyendo muros y cubierta.
4. Determinación del cortante basal por el método de la fuerza horizontal equivalente dado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.
5. Cálculo de la capacidad de resistencia a cargas horizontales de los muros de las estructuras en cada dirección.
6. Chequeo de la simetría de muros.
7. Definición del tipo de cimentación y configuración del terreno.
8. Definición del tipo de conexiones, empalmes y anclajes.

3.4.3 SISTEMA HIDROSANITARIO

El sistema hidrosanitario consta de dos subsistemas:

- Agua potable
- Aguas residuales

En ambos casos se analizaron los principales parámetros a tomarse en cuenta para definir los componentes de cada subsistema. Una vez establecidos, se procedió a caracterizarlos y establecer los principales criterios para su diseño. Finalmente, se

explicó cómo ambos subsistemas se encuentran relacionados, con la finalidad de optimizar al máximo el uso del recurso vital.

3.5 ETAPA 4: DISEÑO DE SISTEMAS DEFINITIVOS

En la etapa de diseño se exponen los procedimientos adoptados para calcular los diferentes componentes de cada sistema y se presentan un resumen de los resultados obtenidos con el esquema respectivo (Ver FIGURA 3-6).

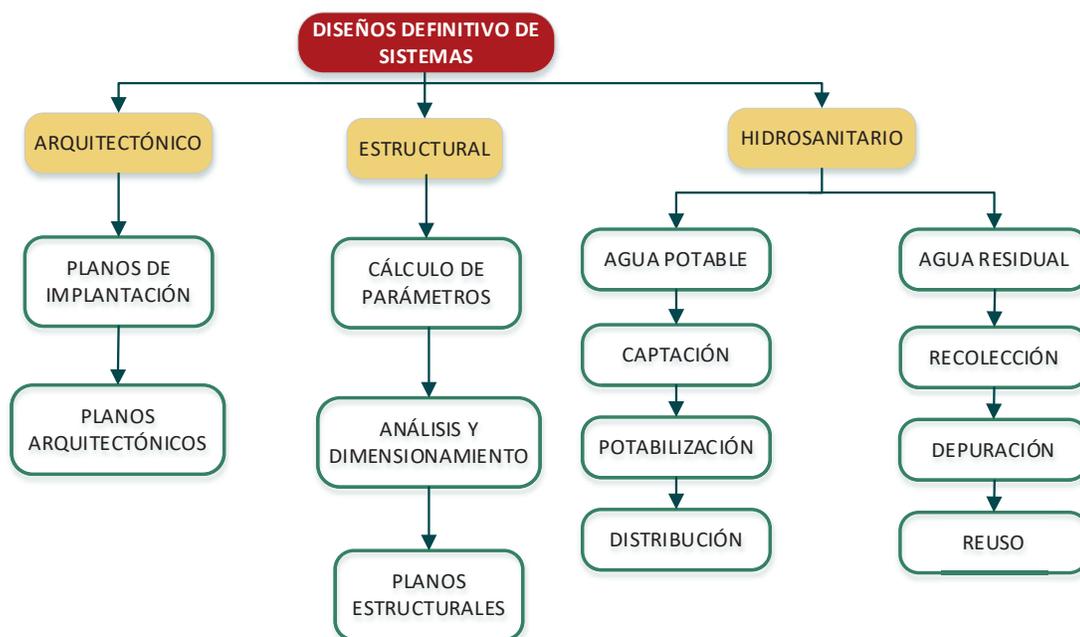


FIGURA 3-6. DISEÑO DE SISTEMAS DEFINITIVOS

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

3.5.1 SISTEMA ARQUITECTÓNICO

Posterior a la obtención de los recursos y elementos a implementarse en el proyecto, se calculó la capacidad de carga turística para el complejo y se obtiene la distribución adecuada de los sistemas según las bases de diseño.

Para el análisis de los diseños bioclimáticos se tomó en cuenta la cabaña cuádruple como base para replicar en las demás estructuras, ya que para este tipo de análisis las estructuras prioritarias son las de alojamiento.

Se validó el confort térmico, lumínico y la orientación adecuada de las estructuras mediante el software de análisis Autodesk Ecotect Analysis 2011 que determina la temperatura interior de los espacios de la vivienda, así como la orientación ideal de la estructura en base a datos meteorológicos propios de la zona como son: temperatura, humedad relativa, radiación, nubosidad, dirección y velocidad del viento, altitud, latitud y longitud. Las demás acciones, elementos y estrategias asumidas fueron realizados en base a la bibliografía antes mencionada y según requerimientos técnicos y económicos por parte de los promotores del proyecto.

3.5.2 SISTEMA ESTRUCTURAL

Una vez determinados los factores necesarios para el diseño estructural, así como la configuración arquitectónica se procedió a diseñar los elementos en el siguiente orden para obtener una configuración estructural adecuada:

1. Diseño de cubierta de bahareque encementado.
2. Diseño de muros estructurales.
3. Diseño de columnas de caña guadúa.
4. Diseño de cimentaciones.
5. Selección de conexiones, empalmes y anclajes.

El análisis estructural se realizó mediante una estructura tipo (estructura más crítica), que en este caso es el alojamiento cuádruple, en base al cual se armarán las demás estructuras. Para el caso del restaurante y cocina se consideró un sistema estructural mixto de paredes de bahareque encementado y columnas de caña guadúa.

3.5.3 SISTEMA HIDROSANITARIO

Para el sistema hidrosanitario, se elaboró una memoria de cálculo donde se exponen paso a paso las ecuaciones adoptadas para el diseño (ANEXO 11 y 12). Los cálculos fueron realizados en hojas de Excel. La TABLA 3-3 detalla las principales normas y estudios adoptados en el diseño de cada componente.

TABLA 3-3. NORMAS Y ESTUDIOS APLICADOS PARA EL DISEÑO HIDROSANITARIO

Componente	Norma/estudio adoptado	Año	Fuente
Captación de agua lluvia	Guía de diseño para la captación de agua lluvia	2004	OPS
Filtro lento de arena	Diseño de planta de potabilización del proyecto regional de agua potable de la provincia de Orellana Coca-Loreto-Sacha	2010	EPN
Laguna de bajo calado	Diseño de Lagunas de Estabilización en serie con diferentes configuraciones	2011	<i>Revista de Arquitectura e Ingeniería</i>
Humedal subsuperficial	Depuración de aguas residuales de una población mediante humedales artificiales	2010	UPC
Biodigestor	Biodigestores familiares. Guía de diseño y manual de instalación.	2008	GTZ

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Una vez calculados, se exponen los resultados obtenidos con su respectivo esquema.

3.6 ETAPA 5: PROPUESTA DE ALTERNATIVA ENERGÉTICA

Existe la necesidad de implementar un sistema auxiliar a la red existente de energía eléctrica debido a los continuos cortes de servicio. Para establecer una alternativa energética para el proyecto se determinaron los principales requerimientos energéticos. Se propusieron las mejores opciones y a través de un análisis de diferentes parámetros se definió la mejor alternativa a implementarse (FIGURA 3-7).

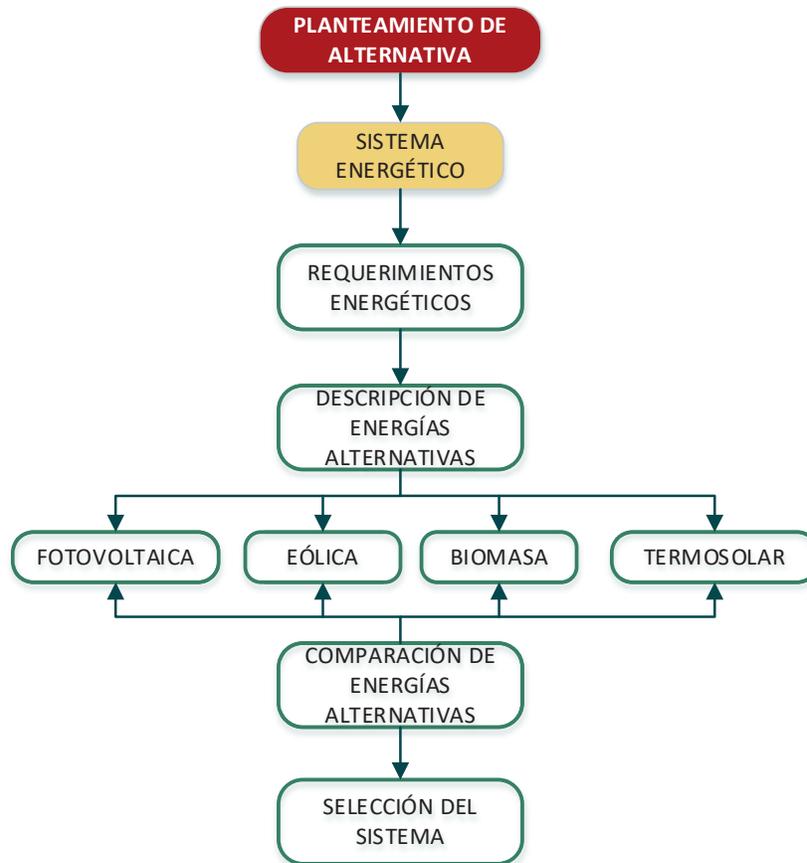


FIGURA 3-7. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVA ENERGÉTICA

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

3.7 ETAPA 6: CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

El presupuesto, permite obtener una estimación del costo final del proyecto. Un esquema en el que se resume su elaboración se presenta en la FIGURA 3-8.

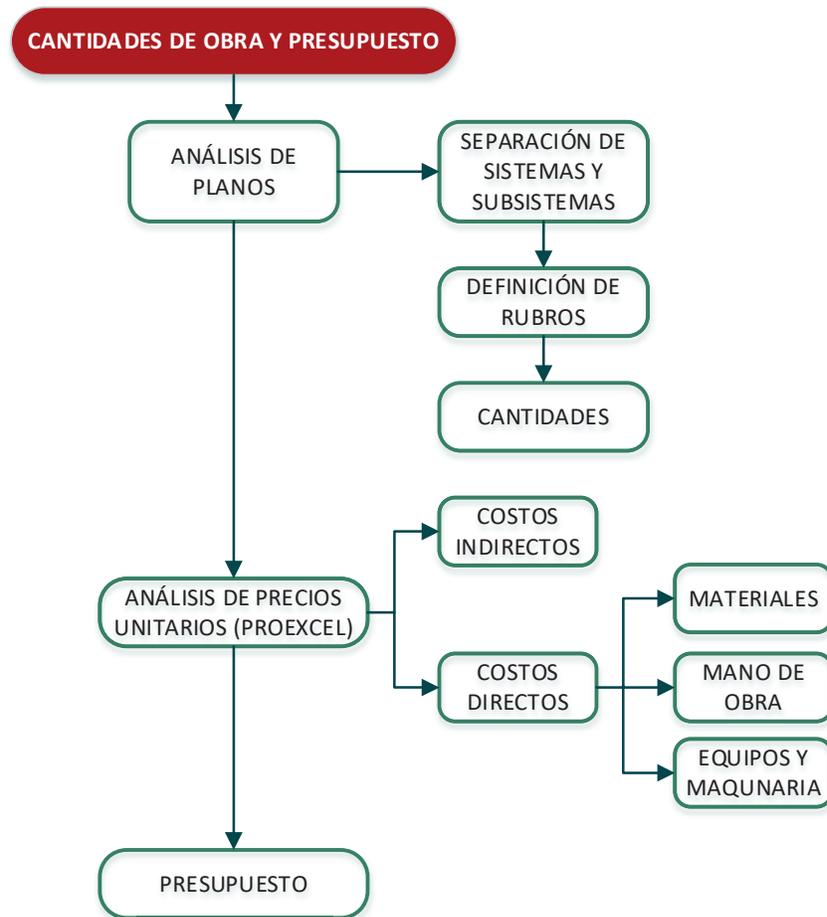


FIGURA 3-8. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

3.7.1 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

El análisis de precios unitarios (APU) consiste en desglosar el costo por unidad de medida de cada rubro, identificando el rendimiento, costo y cantidad de los materiales, mano de obra y equipos necesarios para la ejecución del rubro.

Mediante el APU se posibilita la obtención de los costos de una manera más precisa, debido a que se elabora teniendo en cuenta las circunstancias especiales de cada proyecto. Por lo tanto, no es recomendable aplicarlo a otras obras, aunque se trate de un trabajo de la misma naturaleza, ya que los resultados pueden ser incorrectos.

Uno de los factores más importantes para elaborar el APU es el rendimiento. Este valor indica la cantidad de tiempo requerida para ejecutar una unidad del rubro. Generalmente, se obtuvo a través de la experiencia ya que depende de factores tales como el tipo de obra, mano de obra disponible, tipo de equipo y condiciones ambientales. El costo de los elementos vinculados al APU se lo obtuvo mediante cotizaciones en el mercado local o en base a los datos proporcionados por la Cámara de la Industria de la Construcción (2017).

3.7.2 COSTOS DIRECTOS

Los costos directos son egresos que están directamente relacionados con cada rubro, por lo tanto, son medibles y claramente identificables (Cedillo & Herrera, 2012). Incluyen todos los costos por concepto de materiales, mano de obra, equipos y herramientas, aplicables al desarrollo de la obra de manera directa (Calva, 2015).

3.7.2.1 Materiales

Son los elementos que serán transformados durante la construcción del proyecto. Se vinculan directamente con la actividad en ejecución y por lo tanto pasan a formar parte de la obra (Cedillo & Herrera, 2012).

Los materiales se pueden adquirir tanto en el mercado local como en lugares alejados donde se explotan y extraen para luego ser transformados

El costo final de los materiales incluye:

- Costo de adquisición
- Costo de transporte
- Costo de almacenamiento.

3.7.2.2 Mano de obra

La mano de obra comprende al elemento humano que interviene directamente en las actividades de construcción de la obra, entregando su trabajo a cambio de una remuneración (Cedillo & Herrera, 2012).

Cada trabajador percibe un salario acorde a su categoría. Para determinar el costo de la mano de obra, además del salario se debe tomar en cuenta los beneficios sociales que percibirá cada trabajador.

3.7.2.3 Equipo y maquinaria

Incluye a todos los artefactos mecánicos e instrumentos necesarios para la transformación de los materiales mediante la mano de obra.

Generalmente en todos los rubros, las herramientas se incluyen en el concepto de herramienta menor, cuyo valor es igual al 5% del valor total de la mano de obra. En este concepto se incluyen instrumentos como palas, martillos, baldes, carretillas, entre otros.

Por otro lado, la maquinaria se relaciona con los artefactos mecánicos tales como excavadoras, volquetas, concreteras, entre otros. Para determinar su costo se deben tomar en cuenta costos fijos y variables.

Costos fijos: Son independientes del uso de la maquinaria e incluyen:

- Intereses sobre el capital
- Depreciación
- Reparaciones
- Seguros
- Otros egresos

Costos de operación: se presentan por el uso de la maquinaria e incluyen:

- Mantenimiento
- Reparación
- Combustible
- Repuestos
- Lubricantes
- Utilidad del propietario

3.7.3 COSTOS INDIRECTOS

Los costos indirectos son egresos necesarios para el desarrollo de la obra, pero que no están directamente relacionados con cada rubro y por lo tanto no forman parte del producto elaborado (Calva, 2015).

Los principales costos indirectos en una obra son:

- Pago de servicios básicos (agua, luz, teléfono)
- Arriendo del local
- Seguros
- Sueldo del personal administrativo
- Seguridad y guardianía
- Suministros de oficina
- Costos financieros
- Imprevistos
- Utilidad
- Movilizaciones

3.7.4 PROCEDIMIENTO PARA ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO

3.7.4.1 Determinación y clasificación de rubros

Para el Análisis de Precios Unitarios, el proyecto se dividió en los siguientes sistemas:

- Sistema de transferencia
- Sistema de recepción y administración
- Sistema de alimentación
- Sistema de alojamiento
- Sistema de personal de servicios
- Sistema de abastecimiento
- Sistema de circulaciones

Cada sistema a su vez se dividió en subsistemas, sumando un total de 18 áreas (Ver ANEXO 3).

De acuerdo con los planos definitivos, se identificaron los rubros con su unidad de medida correspondiente para cada uno de los sistemas y subsistemas dados.

3.7.4.2 Obtención de cantidades de obra

Se realizó cuantificando los rubros de acuerdo a su unidad de medida, mediante el análisis de los planos y diseños definitivos de la obra. La cantidad se obtuvo teniendo en cuenta el sistema o subsistema al cual pertenece el rubro.

3.7.4.3 Costos de materiales

El costo de los materiales corresponde con los costos reales del mercado ya que en su mayoría se obtuvieron por medio de cotizaciones y consultas con los distribuidores. En caso de no recurrir a estos medios, se utilizaron los precios establecidos por la Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON).

3.7.4.4 Costos de equipos y maquinarias

Para obtener el costo de la maquinaria, se calcularon los costos fijos y de operación que dependen del tipo de equipo analizado.

3.7.4.5 Costos de mano de obra

Para determinar el costo por hora de mano de obra se tomó en consideración el tipo de especialización de cada obrero y el lugar donde se ejecuta la obra. A partir de estos datos se determinó lo siguiente (Ver ANEXO 13):

- Salario semanal: Salario que se paga al obrero por 5 días de trabajo.
- Salario nominal: Salario semanal multiplicado por el número de semanas de un mes (4.33 semanas)
- Aporte patronal IESS: Corresponde al 12,15% del salario nominal
- Décimo tercer sueldo: Doceava parte del salario nominal
- Décimo cuarto sueldo: Doceava parte del salario básico (Salario básico: 375 USD)
- Fondos de reserva: Doceava parte del salario nominal
- Desahucio: Corresponde al 25% del salario más beneficios de ley
- Hospedaje: En caso de que la obra se ejecute en un lugar alejado.
- Alimentación: En caso de que se considere hospedaje, se deben contemplar los gastos de 3 comidas al día.
- Movilización: Transporte para llegar a la obra en caso de estar en un lugar alejado.
- Seguro todo riesgo: Depende de la aseguradora.
- Vacaciones: Corresponde a la mitad de un salario nominal por año
- Salario mensual: Es la suma de todos los valores anteriores con excepción del salario nominal.

- Salario diario: Salario mensual dividido para el número de días trabajados en el mes. El número de días trabajados en el mes se obtiene al descontar todos los fines de semana y feriados del año y dividir el resultado para 12 meses.
- Salario horario: Salario diario dividido para 8 horas laborables

3.7.4.6 Costos indirectos

Los costos indirectos se expresan como un porcentaje de los costos directos. Los principales costos indirectos se mues

3.7.4.7 Análisis de precios unitarios

El APU se ha realizó con la ayuda del programa Proexcel 2015, tomando en cuenta todos los parámetros explicados anteriormente.

3.7.4.8 Presupuesto final

Una vez concluido el análisis de precios unitarios, se colocaron los precios unitarios correspondientes a cada rubro y se multiplicaron por la cantidad correspondiente. La suma de todos estos valores corresponde al valor del presupuesto final

CAPÍTULO 4

PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

4.1 TABULACIÓN DE ENCUESTAS

La muestra establecida para la encuesta corresponde a las 11 familias que habitan en el sector de la Laguna de Cube, con un total de 56 miembros.

El diagnóstico permitió obtener información clara sobre la situación del sector y las necesidades de las familias que habitan cerca del predio donde se implantará el proyecto.

Esto sirvió para una comprensión más amplia de sus necesidades, así como de la influencia que un proyecto ecoturístico en el sector puede tener sobre sus vidas.

Los resultados de la tabulación de datos se encuentran en el ANEXO 4, y los más importantes son analizados a continuación.

4.1.1 SITUACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1.1.1 Composición familiar

En su mayoría, las familias del sector se encuentran compuestas por niños y jóvenes entre los 0 a 30 años (TABLA 4-1). La mayoría de personas corresponden al género femenino (TABLA 4-2).

TABLA 4-1. COMPOSICIÓN FAMILIAR POR EDADES

EDAD			
Variable	Frecuencia	Frec. Acumulada	Porcentaje
0-18 AÑOS	32	32	57,1%
18-25 AÑOS	9	41	16,1%
26-35 AÑOS	9	50	16,1%
35-50 AÑOS	6	56	10,7%
TOTAL	56		100,0%

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

TABLA 4-2. COMPOSICIÓN FAMILIAR POR GÉNERO

GÉNERO			
Variable	Frecuencia	Frec. Acumulada	Porcentaje
MASCULINO	32	32	57,1%
FEMENINO	24	56	42,9%
TOTAL	56		100,0%

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

4.1.1.2 Educación

La mayoría de los encuestados han recibido por lo menos educación primaria (TABLA 4-3). Sin embargo, alrededor del 30% no sabe leer ni escribir (TABLA 4-4).

TABLA 4-3. NIVEL DE ESCOLARIDAD

INSTRUCCIÓN			
Variable	Frecuencia	Frec. Acumulada	Porcentaje
N/A	7	7	12,5%
NINGUNA	13	20	23,2%
PRIMARIA	31	51	55,4%
SECUNDARIA	5	56	8,9%
TOTAL	56		100,0%

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

TABLA 4-4. GRADO DE ALFABETIZACIÓN

SABE LEER Y ESCRIBIR			
Variable	Frecuencia	Frec. Acumulada	Porcentaje
N/A	7	7	12,5%
SI	32	39	57,1%
NO	17	56	30,4%
TOTAL	56		100,0%

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

4.1.1.3 Principales actividades económicas

Un alto porcentaje de los encuestados tiene trabajos ocasionales o se encuentra desempleado. Esto se debe sobre todo a que no existe una actividad que proporcione trabajo a largo plazo y que garantice estabilidad económica a las familias, sino únicamente pequeños trabajos esporádicos o la venta de productos agrícolas en ciertas temporadas

Para quienes trabajan, la primera actividad productiva, es la agrícola (TABLA 4-5), cultivándose productos como cacao, banano, maíz, café, maracuyá y arroz. Si bien los suelos de la mayor parte de la Reserva no son aptos para la agricultura, en todas las zonas se mantienen cultivos de ciclo corto y perenne.

TABLA 4-5. PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS

OFICIO			
Variable	Frecuencia	Frec. Acumulada	Porcentaje
N/A	25	25	44,6%
AGRICULTURA	7	32	12,5%
ESTUDIA	5	37	8,9%
JORNAL	13	50	23,2%
OTROS	6	56	10,7%
TOTAL	56		100,0%

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

4.1.1.4 Saneamiento y agua potable

Las dificultades que entraña la vida dentro de la REMACH incluyen la falta de servicios básicos.

Dentro de la REMACH ninguna de las comunidades tiene un sistema de abastecimiento de agua saludable. Las familias toman agua de los ríos, algunos de los cuales se encuentran contaminados por desechos sólidos y líquidos, insumos agropecuarios y en algunos lugares por veneno utilizado para la pesca. Muy pocas familias hierven el agua o la tratan con cloro, la mayoría capta directamente del río. No existe alcantarillado para aguas servidas y aguas lluvias. La mayoría de familias acostumbra a utilizar letrinas, así como también las escuelas particulares existentes en la zona; no obstante, hay quienes no cuentan con ningún mecanismo de eliminación de excretas. Todo lo descrito se evidencia tanto en las comunidades como en los centros parroquiales (MAE & Alianza REMACH, 2005).

Estos hechos, se respaldan en los resultados obtenidos en las encuestas realizadas, evidenciando la inexistencia de abastecimiento de agua potable, que obliga a cada familia a buscar su propia fuente de captación (TABLA 4-6). A esto se suma el hecho de que la disposición de aguas residuales no tiene regulación alguna. (TABLA 4-7).

TABLA 4-6. ABASTECIMIENTO DE AGUA

DISPONE DE AGUA POTABLE		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	0	0,0%
NO	56	100,0%
TOTAL	56	100,0%
SE ABASTECE DE OTRA FUENTE		
SI	56	100,0%
NO	0	0,0%
TOTAL	56	100,0%
FUENTE DE ABASTECIMIENTO		
RÍO/ESTERO	17	30,4%
FUENTE PÚBLICA	0	0,0%
CAMIÓN CISTERNA	0	0,0%
ACEQUÍA	0	0,0%
VERTIENTE	25	44,6%
POZO	14	25,0%
VECINO	0	0,0%
LLUVIA	0	0,0%
OTRO	0	0,0%
TOTAL	56	100,0%
TRATAMIENTO PREVIO AL CONSUMO		
NINGUNO	36	64,3%
HIERVE EL AGUA	10	17,9%
HIERVE Y CLORO	10	17,9%
TOTAL	56	100,0%

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

TABLA 4-7. DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES

TIENE SISTEMA DE DESAGUE		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	0	0%
NO	56	100%
TOTAL	56	100%
¿DÓNDE DISPONE LAS AR?		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
LETRINA	37	66%
POZO SÉPTICO	19	34%
OTRO	0	0%
TOTAL	56	100%

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

4.1.1.5 Percepción de la realidad actual y el turismo

La mayoría de la población considera posible desarrollar turismo comunitario en el sector (TABLA 4-8). Sin embargo, consideran que existe una serie de necesidades, obras o servicios que deben ser implementados para mejorar la situación actual. Entre estos destacan agua potable y alcantarillado.

TABLA 4-8. RESPUESTA DE COMUNIDAD AL DESARROLLO TURÍSTICO COMUNITARIO

¿ CONOCE ALGO SOBRE TURISMO?		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	5	55,56%
NO	4	44,44%
TOTAL	9	100,00%
LE INTERESARÍA TRABAJAR EN UNA EMPRESA		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	8	88,89%
NO	1	11,11%
TOTAL	9	100,00%
CREE QUE EL TURISMO PODRÍA AYUDAR A LA COMUNIDAD		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	8	88,89%
NO	1	11,11%
TOTAL	9	100,00%

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

4.2 ASPECTOS FÍSICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.2.1 TOPOGRAFÍA

El proyecto consta de dos lotes de terreno limitados hacia el norte y oeste por la vía de acceso principal a la comunidad. En las cercanías próximas al terreno del proyecto se localizan la iglesia de la comunidad en la parte oeste, viviendas vecinas hacia el noreste y noroeste y las instalaciones del MAE hacia el este.

Las características topográficas del terreno se detallan en la TABLA 4-9 y el plano topográfico se encuentra en el ANEXO 5.

TABLA 4-9. DESCRIPCIÓN DE LA TOPOGRAFÍA DEL TERRENO

LOTE	UBICACIÓN	ÁREA	PENDIENTES	DESCRIPCIÓN
1	Norte: hacia la laguna de Cube	6202.95 m ²	Del 17% al 45%	Presencia de vegetación abundante, árboles, construcción en bloque y madera, pozo de agua subterráneo, zona de agricultura. Terreno con superficie muy irregular.
2	Sur: hacia la colina.	9010.70 m ²	Del 10% al 70%	Presencia de vegetación promedio, pocos árboles, no agrícola. Terreno con superficie muy irregular

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

4.2.2 TIPOS DE SUELO

Para el caso del material granular presente en el suelo de la REMACH se obtuvo la información resumida en la TABLA 4-10.

TABLA 4-10. TIPOS DE SUELO EN LA REMACH

TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICAS	PENDIENTES	UBICACIÓN
Clase V	Suelos cuya capa arable es arcillosa, moderadamente profundos, pobres en nutrientes y Ph ligeramente ácidos.	Topografía fuertemente ondulada con pendientes que alcanzan el 25%.	Se localizan en Herrera, la Y de la Laguna, Páramo, Dógola, Dogolita, El Mono, Imbache, Pavón, Aguas Frías y Tigua.
Clase VI	Son suelos arcillosos y superficiales. Presentan baja fertilidad y drenaje lento y son ligeramente ácidos. Están sujetos a sostenidos procesos erosivos por la tala del bosque primario protector.	Fuertemente quebrados con pendientes del 25 al 50 %.	Se ubican en la Laguna, Colorado, Plátano, Atahuales, cabeceras del río Viche y Montañas de Mache.
Clase VII	Son suelos arcillosos y muy superficiales. Son pobres en nutrientes, ligeramente ácidos y presentan drenaje interno lento. Están desprovistos de la cubierta vegetal y son susceptibles de erosión.	Son suelos escarpados con Pendientes de 50 a 75 %.	Se ubican en la zona correspondiente a los márgenes del río Cube, desde su cabecera hasta Achicube Bajo y San Pablo de Cube.

Fuente: (MAE & Alianza REMACH, 2005)

Alrededor del predio una gran parte del paisaje ha sido transformada por actividades ganaderas y agrícolas (principalmente la siembra de cacao), que favorecen la erosión. De acuerdo al PMGP, en la región existe una explotación

forestal de una gran ineficiencia tecnológica estimándose que apenas 1 de cada 7 m² se aprovechan por completo.

4.2.3 METEOROLOGÍA

El área se ubica en la Región Húmedo Tropical. La temperatura media anual, oscila entre 23 y 25,5°C y la precipitación corresponde a una media anual que va desde los 1.468,8 mm a los 3.029,9 mm (Ver ANEXO 1).

El clima es megatérmico debido a que la temperatura media anual es cercana a los 25 °C, la humedad relativa es elevada, del orden del 90 % y el cielo está muchas veces nublado, con una insolación aproximada de 1.000 horas anuales (MAE & Alianza REMACH, 2005).

4.2.4 INFORMACIÓN DE RECURSOS DISPONIBLES

4.2.4.1 Fuentes de materiales

Como se había observado, el área de la reserva y su zona de influencia no son aptas para el uso agrícola debido a los tipos de suelos, a menos que se haga uso de tecnologías agroecológicas que permitan el uso de estas tierras.

Por el lado de la vegetación, un dato histórico muestra que en la década de los 90 de aproximadamente 80.000 km² de bosque que existía en la REMACH, apenas quedaban un 6% en pie para entonces (MAE & Alianza REMACH, 2005). Mediante una visita de campo se pudo verificar que la deforestación de estos remanentes de bosque se ha acelerado de forma considerable en los últimos años por razones como el uso de terrenos para agricultura, construcción de viviendas, apertura de carreteras o por tala de árboles para la venta de madera.

Dentro de los recursos necesarios para la construcción del Complejo Ecoturístico se contempla el uso de caña guadúa, de la que solo se encontró una pequeña “mancha” en la zona durante la visita de campo (FOTOGRAFÍA 4-1), que no será el tipo de caña a utilizarse.



FOTOGRAFÍA 4-1. MANCHA DE CAÑA GUADÚA CERCANA AL PROYECTO.

Tomada por: Manolo Remache y Carla Zuleta

Para este proyecto se ha estimado que los recursos y materiales para la construcción y montaje de las estructuras serán obtenidos en zonas aledañas a la REMACH, tanto por la baja cantidad existente, así como por la prohibición de la tala de árboles por parte del MAE. Esta decisión se respalda también en el hecho de que el bosque natural ha desapareciendo rápidamente.

4.2.4.2 Fuentes de agua

Con el fin de abastecer de agua al Complejo ecoturístico, se ha priorizado dos estrategias: captación de agua lluvia y selección de una fuente alternativa de abastecimiento para épocas secas.

a) Captación de agua lluvia

La disponibilidad de agua lluvia depende del lugar y la época del año. Para la captación de agua lluvia se realiza un análisis de la precipitación de la zona, para conocer los períodos de mayor y menor pluviosidad, así como la cantidad de agua a recolectarse en cada uno de ellos.

b) Fuente alternativa de abastecimiento

Si bien la captación de agua lluvia constituye la primera alternativa para abastecer de agua al proyecto, será necesario captar agua de una fuente alternativa especialmente durante épocas secas. Una breve descripción de cada fuente se presenta en la TABLA 4-11. Las 4 fuentes se muestran en las FOTOGRAFÍAS 4-2, 4-3, 4-4 y 4-5 respectivamente.

TABLA 4-11. DESCRIPCIÓN DE FUENTES DE AGUA ANALIZADAS

FUENTE	1	2	3	4
Ubicación:	Predio de implantación	Efluente de la Laguna	Río Cube (Puente)	Laguna de Cube
Tipo:	Pozo cubierto	Pozo abierto	Río	Laguna
Detalles	Capta agua por infiltración Se encuentra dentro de estructura cubierta 1 m de diámetro. Calado 3 m en meses lluviosos y 0,5 m en los meses secos.	Descarga de la Laguna de Cube Presencia de peces. Distancia 2 km. Caudal: 0,23 l/s	Muestreo en puente Distancia: recta 3,31 km, por camino 5 km Calado: 80 cm	No se midieron parámetros de campo Cercana al lugar de implantación

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta



FOTOGRAFÍA 4-2. FUENTE 1: POZO DE AGUA EN PREDIO DE IMPLANTACIÓN

Tomada por: Manolo Remache y Carla Zuleta



FOTOGRAFÍA 4-3. FUENTE 2: EFLUENTE DE LA LAGUNA DE CUBE

Tomada por: Manolo Remache y Carla Zuleta



FOTOGRAFÍA 4-4 . FUENTE 3: RÍO CUBE

Tomada por: Manolo Remache y Carla Zuleta



FOTOGRAFÍA 4-5 . FUENTE 4: LAGUNA DE CUBE

Tomada por: Ing. Pablo Pinto

4.2.4.3 Fuentes de energía

En el sector de la Laguna de Cube existe energía eléctrica que llega por cableado, aunque gran parte de los moradores del sector no realiza ningún tipo de pago por este servicio (Ver ANEXO 4). Desde que se realizó el tendido de la red bajo el programa de “electrificación rural” 1988, no ha mejorado el servicio por lo que es común tener a la semana varios cortes (Yépez S. , 2015).

Al tratarse de una reserva natural, se evidencia la necesidad de implementar energías alternativas en base a los tipos de energía primaria disponible, es decir, a las fuentes naturales que puedan proveerla.

Por lo tanto, el análisis de alternativas para el sistema energético a implementarse dentro del Complejo Ecoturístico Laguna de Cube incluirá a las energías: fotovoltaica, biomasa, eólica y solar térmica al existir la fuente primaria de cada una, es decir: sol, viento y desechos.

4.2.5 ATRACTIVOS TURÍSTICOS

La explotación de los recursos ecológicos debe estar encaminada no solamente a un beneficio económico sino también a un beneficio social procurando que sobre la base de la explotación turística se logre mejorar el nivel de vida de las comunidades cercanas a la reserva, situación que no se está dando por la explotación no planificada de los recursos de la zona (Albuja y otros, 2000).

De acuerdo a Yépez, S. (2015), la aplicación de un programa de desarrollo turístico ecológico comunitario, en la Laguna de Cube permitirá establecer actividades turísticas con bajo impacto al ambiente incluyendo caminatas, actividades acuáticas en la laguna, visita a las cascadas, entre otros., donde en base a principios de cuidado de la naturaleza, será posible conservar los espacios naturales, que son parte importante del atractivo turístico y a su vez permitirán generar ingresos con el propio trabajo y gestión de los pobladores de la comunidad.

De acuerdo al PMGP, aproximadamente 25 familias podrían beneficiarse al estar potencialmente involucradas en el desarrollo de actividades turísticas en el sector.

Además, la agricultura sostenible podría convertirse en otro atractivo, ofreciendo a los visitantes productos tales como: cacao, plátano, guineo, caña de azúcar, borjón, arazá, naranja, guanábana, maíz, entre otros. De tal manera la creación de un huerto o una granja que permita la obtención de productos para el restaurante y la participación de los huéspedes en actividades agrícolas, tales como la siembra o cosecha de productos, así como su degustación constituye un buen complemento para el proyecto.

Los lugares cercanos al proyecto, que poseen un atractivo turístico se resumen en la TABLA 4-12.

TABLA 4-12. ATRACTIVOS TURÍSTICOS CERCANOS A LA LAGUNA DE CUBE

LUGAR	ATRACTIVO	ACTIVIDADES A REALIZARSE
LAGUNA DE CUBE	PECES DE LA LAGUNA	Ictioterapia
		Reconocimiento de especies
		Observación de peces
	TULISIO DE LA LAGUNA	Observación diurna de la especie
	CAIMAN DE ANTEOJOS	Observación nocturna de la especie
		Fotografía de la especie
	AVES DE LA LAGUNA	Observación y fotografía de las aves a través de torres-escondite
		Reconocimiento de especies
		Observación de costumbres
		Reconocimiento de ruidos
	LA LAGUNA	Navegación en canoa, por rutas establecidas
		Observación de flora y fauna
		Recorrido por sus orillas a través de senderos preestablecidos
		Natación en la laguna
	PANTANO DE LA LAGUNA	Fotografía del paisaje
Observación de fauna y flora		
Reconocimiento en canoa por rutas establecidas		
Recorrido por las riveras a través de senderos preestablecidos		
Fotografía de paisaje		
ESTERO COLORADO CLARO	Reconocimiento de especies	
	Observación de flora y fauna	
	Baño en el vado	
	Fotografía del paisaje	
	Reconocimiento de especies vegetales	
ESTERO COLORADO TURBIO	Recorrido por las orillas a través de senderos preestablecidos	
	Fotografía del paisaje	
	Navegación de reconocimiento en canoa	
	Baño en el meandro	
	Reconocimiento de especies vegetales	
BOSQUE DE LOS MONOS	Observación de flora y fauna	
	Fotografía del paisaje	
	Reconocimiento de huellas de los mamíferos dentro de senderos preestablecidos	
	Identificación de costumbres	
	Reconocimiento de ruidos	
	Fotografía de paisaje	
BOSQUE	Identificación de plantas útiles	
	Recorrido por el bosque a través de senderos preestablecidos	
	Fotografía de los murciélagos	
CUEVAS DEL COLORADO	MURCIÉLAGOS	Observación diurna y nocturna
	TUNELES	Paseo interior por los túneles
		Fotografía de paisaje y formaciones geológicas
		Observación de fauna
COLINA MIRADOR	COLINA MIRADOR	Observación de flora y fauna
	Fotografía de paisaje	
	Avistamiento de aves	
	Descanso	
CABAÑAS COMUNITARIAS	ALOJAMIENTO	Alojamiento en cabañas rústicas administradas por la comunidad

Fuente: (Albuja y otros, 2000)

4.3 SISTEMA ARQUITECTÓNICO

4.3.1 SELECCIÓN DE MATERIALES

La selección de materiales se realizó mediante el modelo de evaluación multicriterio para la selección de materiales sostenibles para proyectos de construcción, que provee una solución basada en los principios de sustentabilidad y asignación equilibrada de valor a los criterios de evaluación (Akadiri, Olomolaiye & Chinyio, 2013).

La evaluación se realizó mediante matrices para cada uno de los sistemas base, que son estructural, mampostería y cubierta, que se encuentran en el ANEXO 7 y los materiales seleccionados se muestran en la TABLA 4-13.

TABLA 4-13. RESULTADOS EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA SELECCIÓN DE MATERIALES.

ELEMENTO	ALTERNATIVA SELECCIONADA	DESCRIPCIÓN
Esqueleto o armadura	Caña guadúa	Se utilizará en el armado de mamposterías, así como en viguetas, vigas, columnas, ventanas estructurales y pasamanos decorativos.
Mampostería	Bahareque encementado	Se utilizará en todas las mampostería del proyecto.
Cubierta	Bahareque encementado	Se utilizará en todos los sistemas de cubierta del proyecto.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

4.4 SISTEMA HIDROSANITARIO

4.4.1 RELLENO DE DATOS EN ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Para el análisis de captación de agua lluvia se obtuvo la información de precipitación media mensual de la zona de estudio, correspondiente a los últimos quince años a través del INHAMI.

Para el procedimiento fue necesario contar con datos de la estación Quinindé (Código M0156), que se encuentra en la misma parroquia del proyecto. Además, dado que generalmente las estaciones tienen vacíos de información, se requirió

obtener los datos de la estación La Concordia (Código M0025) que se encuentra en un sector de características similares (FIGURA 4-1).

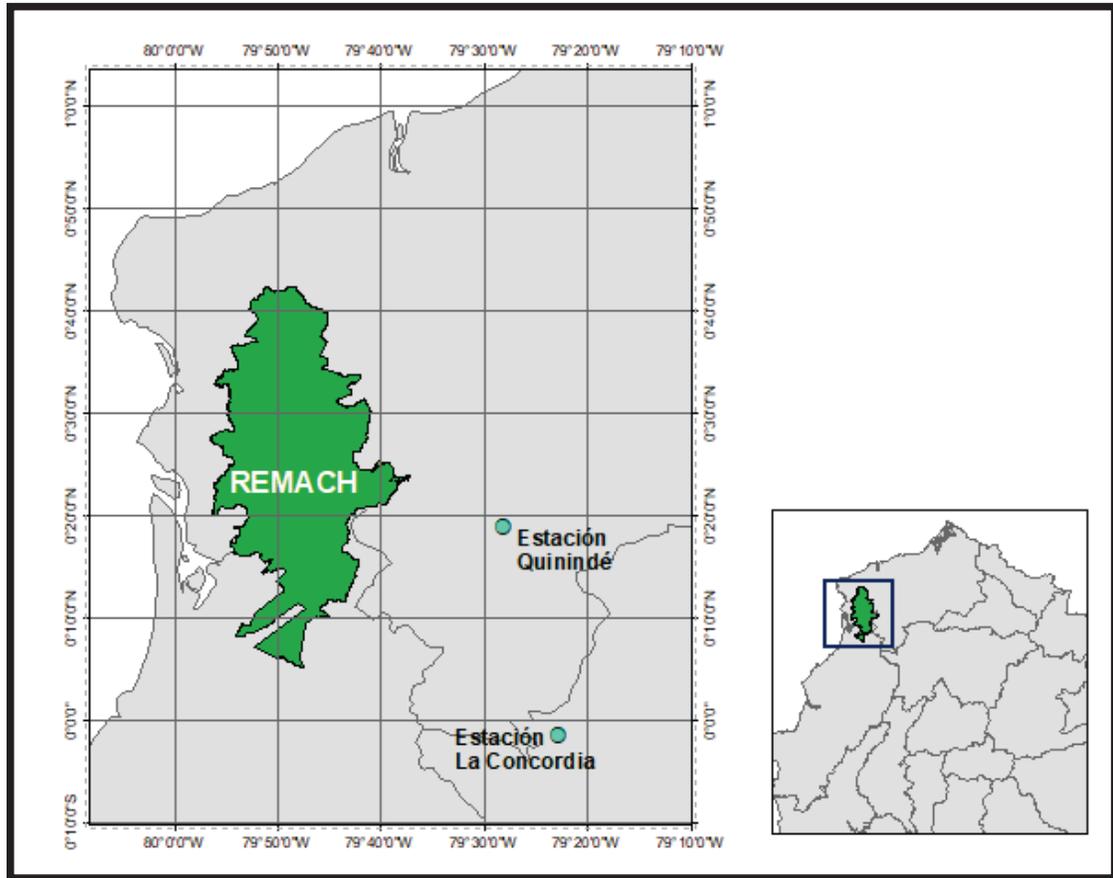


FIGURA 4-1. UBICACIÓN ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Elaborado por: Manolo Remache y Carla Zuleta

Para el procesamiento de la información de ambas estaciones se adoptó el siguiente procedimiento:

- Se tabularon en una tabla los datos de precipitación media mensual para el período 2001-2015 correspondiente a 15 años para las estaciones seleccionadas.
- Se determinaron los valores de precipitación máxima, mínima y promedio mensual para 15 años.
- Se organizaron y graficaron los datos existentes de ambas estaciones, y se realizó una correlación entre los mismos mediante una línea de tendencia.

- Se obtuvo la ecuación de la línea de tendencia que relaciona los datos de la estación Quinindé con aquellos de la estación La Concordia, procurando que el $R > 0.8$.
- Con esta ecuación se procedió a llenar los datos faltantes en la estación Quinindé.

Las tablas y gráficas utilizadas en el procedimiento mencionado se encuentran en el ANEXO 8.

Los datos resultantes del relleno se muestran en la TABLA 4-14 donde se identificaron los meses lluviosos y secos durante el año.

TABLA 4-14. RESULTADOS DE RELLENO DE DATOS DE PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (MM)

NOMBRE QUININDE **CÓDIGO:** M0156
LATITUD: G 18' 58" N **LONGITUD:** 79G 28' 8" W **ALTURA:** 109 MSNM

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	288,9	247,8	441,6	493,3	146,1	39,7	50,8	33,6	52,4	35,8	37,3	80,1
2002	227,0	378,4	391,4	421,8	333,0	179,6	42,1	37,7	94,6	82,1	59,9	315,7
2003	409,2	340,6	316,7	409,1	219,8	81,8	20,6	47,7	27,4	43,2	88,0	163,1
2004	208,0	447,6	246,8	241,2	242,1	61,3	46,6	22,6	132,4	54,9	40,7	24,9
2005	150,5	268,8	389,4	430,5	51,8	1,9	3,4	4,1	8,9	28,5	45,1	71,8
2006	402,7	496,9	238,8	239,6	122,8	97,2	28,0	72,2	73,2	18,2	106,6	47,7
2007	286,1	240,9	683,3	390,2	262,2	176,4	92,5	14,2	39,4	29,2	43,0	200,0
2008	469,6	310,9	210,8	305,9	105,2	62,2	100,5	74,0	102,2	64,6	47,8	76,6
2009	466,1	240,9	226,6	262,4	154,5	23,8	10,9	46,7	16,9	3,7	37,5	301,1
2010	241,4	378,1	409,9	456,5	368,2	67,5	65,7	18,3	58,8	40,6	64,1	264,0
2011	265,4	203,1	250,4	280,3	43,7	63,9	170,3	56,1	25,5	60,6	2,1	74,7
2012	417,3	479,1	526,1	252,1	521,6	192,0	36,6	8,9	46,0	72,6	70,5	23,4
2013	455,9	141,0	452,7	556,4	124,3	40,0	46,3	8,2	11,0	31,6	11,1	79,8
2014	408,1	522,0	311,4	587,7	457,1	286,7	84,5	41,4	42,3	53,1	27,9	61,8
2015	334,4	324,9	426,7	404,8	377,4	219,3	197,3	43,2	66,9	336,7	162,9	378,0
Pmed	335,37	334,73	368,18	382,11	235,32	106,22	66,41	35,26	53,19	63,70	56,30	144,18
Pmáx	469,60	522,00	683,30	587,70	521,60	286,70	197,30	73,97	132,40	336,70	162,90	378,00
Pmín	150,50	141,00	210,80	239,60	43,70	1,90	3,40	4,10	8,90	3,70	2,10	23,40

MESES LLUVIOSOS
 MESES SECOS

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

4.4.2 RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA

Como se había mencionado anteriormente, se muestrearon 4 fuentes de agua cercanas al predio de implantación. Los parámetros medidos corresponden con lo establecido en el Anexo 1 del libro VI del TULSMA, Tabla 1: Criterios de Calidad de

Fuentes de Agua que para Consumo Humano y Doméstico Requieren Tratamiento Convencional (ver ANEXO 2).

Ciertos parámetros fueron medidos en campo, con excepción de los correspondientes a la Laguna de Cube debido a que el personal del MAE no permitió el ingreso de los equipos. Los análisis restantes se realizaron en el Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental de la EPN. Los resultados se exponen en la TABLA 4-15.

TABLA 4-15. PARÁMETROS DEL AGUA MEDIDOS EN LABORATORIO

PRUEBA	FUENTE				LÍMITE TULSMA
	Pozo cubierto	Efluente Laguna	Río Cube (Puente)	Laguna Cube	
PARÁMETROS MEDIDOS EN CAMPO					
Turbiedad [NTU]	22,4	2,4	1,54	-	100
pH	7,01	6,9	8,76		6 a 9
Oxígeno Disuelto [mg/l]	1,52	6,05	9,22		
PARÁMETROS MEDIDOS EN LABORATORIO					
Coliformes fecales NMP/100ml	9,2	1,8	<1,8	<1,8	1000
Cianuro	0.008	0.005	0.003	0.004	0,1
Cobre mg/l	0,17	0,01	0	0,41	2
Color real [μPt-Co]	20	25	15	25	75
Cromo hexavalente [mg/l]	0,036	0,11	0,088	0,083	0,05
DBO ₅	7	1	11	3	2
DQO [mg/l]	33	29	44	46	4
Fluoruro mg/l	0,02	0,14	0,02	0,03	1,5
Hierro total mg/l	0	0,01	0,02	0,01	1
Nitratos [mg/l]	0,1	0,4	0,9	3,7	50
Nitritos [mg/l]	0	0,005	0,004	0,005	0,2
pH	6,7	6,41	7,77	7,69	6 a 9
Sulfatos mg/l	107	16	51	0	500

Excede el límite permisible

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Los resultados muestran que con excepción de la DQO y DBO₅, todas las fuentes cumplen con los criterios de calidad establecidos en el ANEXO 2. Únicamente el efluente de la Laguna de Cube cumple con el límite de DBO₅.

El agua de pozo es la que tiene menor cantidad de oxígeno disuelto debido a que se encuentra estancada.

Por lo demás, las 4 fuentes muestran una excelente calidad de agua al tener bajos niveles de contaminantes.

En general, se puede observar que los valores de la mayoría de parámetros se encuentran muy por debajo del límite permisible lo que indica una buena calidad en del agua en todas las fuentes muestreadas.

4.4.3 SELECCIÓN DE FUENTE DE AGUA

Con el fin de seleccionar una fuente adecuada para la provisión de agua, se realizó una evaluación de diferentes parámetros que establecen la factibilidad de captar el agua de cada alternativa (TABLA 4-16).

TABLA 4-16. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

	CALIFICACIÓN		PUNTAJE	
	Excelente		5	
	Buena		4	
	Regular		2	
	Mala		0	

PARÁMETROS	FUENTE			
	Predio de implantación	Efluente de la Laguna	Puente sobre el Río Cube	Laguna Cube
Calidad del agua	4	5	4	4
Cercanía	5	4	0	5
Cantidad de agua	0	4	5	5
Disponibilidad en el año	2	4	5	5
Factibilidad de extracción	5	5	2	0
PUNTAJE	16	22	16	19

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

El efluente de la Laguna de Cube es la mejor alternativa para convertirse en la fuente alternativa de agua principalmente por la buena calidad de su agua y la factibilidad de extracción. Por dichos motivos ha obtenido la mayor calificación con relación a las demás, por lo que es seleccionada como la fuente alternativa de captación.

CAPÍTULO 5

BASES DE DISEÑO

5.1 SISTEMA ARQUITECTÓNICO

5.1.1 PROYECTO CONCEPTUAL

5.1.1.1 Capacidad de carga turística

Los componentes de capacidad de carga se detallan en la FIGURA 5-1.



FIGURA 5-1. COMPONENTES DE LA CAPACIDAD DE CARGA.

Fuente: (Albuja, Pinto, & Pontón, 2000)

5.1.1.2 Sistema funcional

El proyecto corresponde con un Lodge de 4 estrellas cuyos requerimientos se muestran en la TABLA 5-1.

TABLA 5-1. REQUISITOS MÍNIMOS PARA UN LODGE DE CLASIFICACIÓN 4 ESTRELLAS

	SERVICIOS/ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
1	Local Comercial	Cafetería y tienda de artesanías ubicada en el sistema de recreación.
2	Vinculación a una actividad agropecuaria	Huerto comunitario con participación de los turistas y personas de la localidad.
3	Caminatas	Libres o guidas por diferentes senderos dentro de la REMACH.
4	Cabalgatas	Guiadas por personas de la comunidad local en los senderos aledaños a el complejo.
5	Vinculación de la comunidad local	Participación en las actividades turísticas realizadas por el complejo.
6	Equipo de uso diario para actividades	Instrumentos para cabalgar, botas de caucho, ponchos de agua, etc.
7	Juegos de salón	Mesa de billar y mesa de ping pong.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Arquitectónicamente el complejo ofrecerá a sus visitantes estructuras de bajo impacto ambiental, con espacios integrados a la naturaleza, acordes a los principios ecológicos y de sustentabilidad

5.1.2 DISEÑO BIOCLIMÁTICO

5.1.2.1 Consumo de energía

Si se capta de manera adecuada la radiación solar se puede obtener calor (energía solar térmica) y electricidad (energía solar fotovoltaica).

Sistemas de diseño solar

Teniendo en cuenta que en las cuatro horas centrales del día (de las 10:00 a las 14:00, ver FIGURA 5-2) se dispone del 75% de la radiación solar de todo el día, se optará por la utilización de sistemas de diseño solar pasivos y activos (Hernández, 2010).

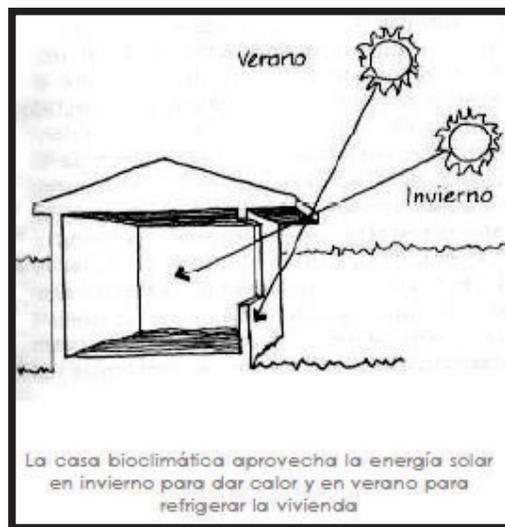


FIGURA 5-2. APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR.

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

Sistema solar pasivo:

Utiliza medios naturales para el transporte de los flujos térmicos de energía, como la radiación, conducción y convección. Dentro de estos sistemas se encuentran los siguiente (Cordero & Guillén, 2013):

- **Aporte solar directo:** se da a través de superficies acristaladas como lo son ventanas, claraboyas u otra superficie transparente.
- **Aporte solar indirecto:** dentro de los sistemas de posible aplicación se encuentran los cerramientos de alta inercia térmica o los muros trombe.
- **Aislamiento térmico:** se plantea la utilización de materiales o mecanismo de aislación térmica como paredes con paneles de fibra de vidrio, superficies acristaladas, puertas de madera, cortinas, cubierta con impermeabilizante y puentes térmicos.

Sistema solar activo: se propone la utilización de calentadores solares tipo termosifón para la generación de agua caliente.

5.1.2.2 Confort y clima

En el caso de la costa ecuatoriana, el diseño propio de las viviendas evidencia una altura considerable entre el piso y el techo (más de 4 metros), debido a que el

volumen de aire caliente se almacena en la parte superior provocando corriente ascendente y refrescando la parte baja.

La brisa puede ser conducida hasta la puerta de la vivienda mediante árboles, vegetación o muros de tal forma que obliguen la dirección de la corriente. A su vez, los árboles alrededor de la vivienda modifican el microclima existente, sombreando adecuadamente los muros orientados al sur, oriente y poniente (Albuja, Pinto, & Pontón, 2000).

La REMACH en su zona oriental protege a uno de los pocos remanentes de bosques húmedos y secos tropicales del Ecuador, por lo que existe una variedad de microclimas dentro de la zona. Los factores que modifican estos microclimas y que se consideran para el diseño se detallan en la TABLA 5-2.

TABLA 5-2. FACTORES Y ELEMENTOS QUE INFLUYEN EN EL CLIMA.

FACTOR	BREVE DESCRIPCIÓN	DATOS DEL PROYECTO
Latitud y longitud	La ubicación exacta del proyecto indica la relación existente entre la latitud y la trayectoria solar (Figura 5-3). De esto depende la orientación, anchura y altura de las estructuras.	Latitud: 0°33'37.25"N Longitud: 79°36'44.52"O
Altura sobre el nivel del mar	Se relaciona principalmente con la temperatura. De acuerdo al INAMHI por cada 200 metros hacia arriba, desciende 1 grado de temperatura.	Varía entre los 339 msnm y los 365 msnm
Factor de continentalidad	La presencia de masas de agua influye en la humedad, precipitaciones y en la amplitud térmica. Las zonas más cercanas al mar, ríos o lagunas serán más estables térmicamente, más expuestas a vientos cíclicos y más húmedas.	El área se ubica en la Región Húmedo Tropical. Presencia de la Laguna de Cube y el río Cube. Esto indica la existencia de importantes precipitaciones.
Orografía	Incide en el comportamiento del clima, pues éstas pueden obstaculizar o favorecer el paso del sol o vientos a determinados puntos.	Zona montañosa irregular a los alrededores de la laguna con vegetación.
Topografía	La pendiente del terreno influirá en la recepción de radiación solar y vientos. Al sur hay vientos más suaves, secos y cálidos, pero existe menor vegetación. (Figura 5 4)	La topografía del terreno es irregular con pendientes que varían entre el 25% y 75%.
Hidrografía	Permite tener información de los ríos que son aprovechables.	Presencia del Río Cube a una distancia de 3.31 km.

Fuente: (Fundación Natura et al., 1994) y (MAE & Alianza REMACH, 2005)

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

La trayectoria solar que varía según la posición en el planeta se observa en la FIGURA 5-3.

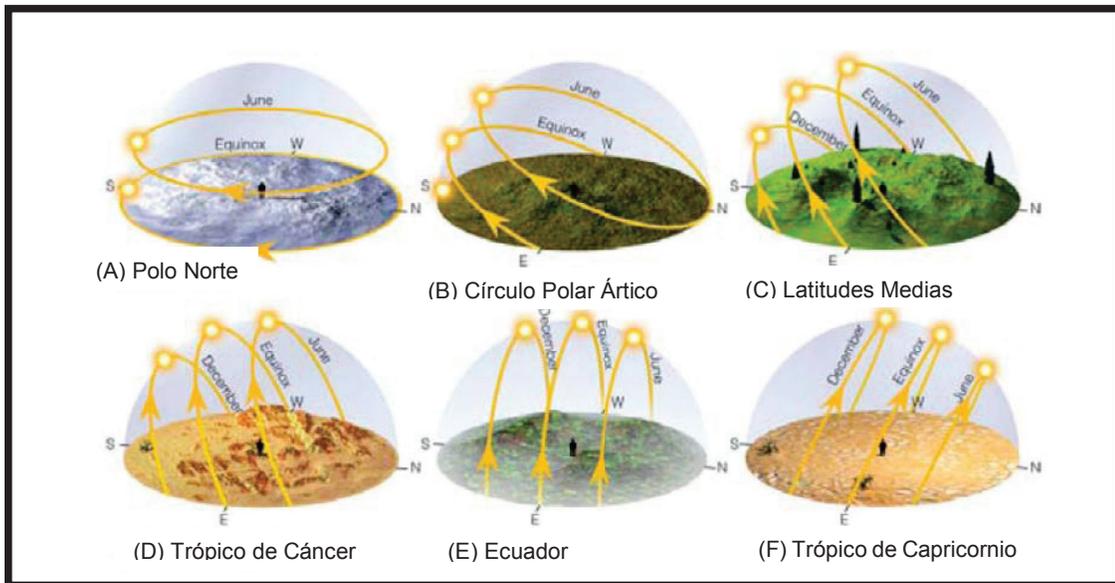


FIGURA 5-3. TRAYECTORIA DEL SOL EN DIFERENTES LUGARES DEL PLANETA.

Fuente: (Buendía, 2015)

La topografía del terreno (ver FIGURA 5-4) incide directamente en el clima del sitio y del interior de las cabañas.

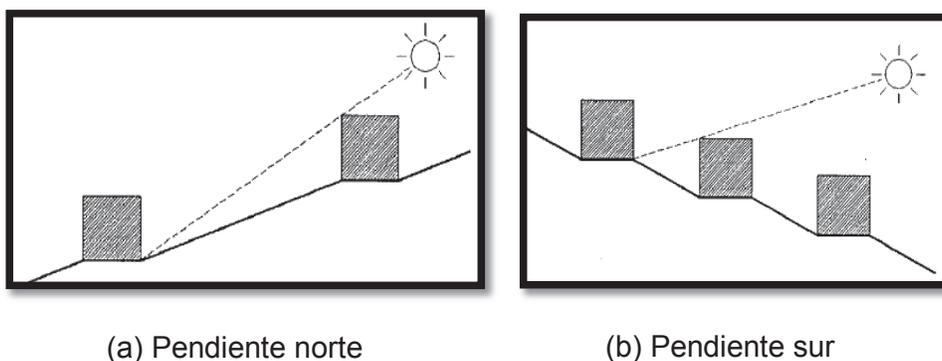


FIGURA 5-4. INCIDENCIA TOPOGRÁFICA EN EL CLIMA.

Fuente: (Serra & Coch, 1995)

De la misma manera se identifican los fenómenos que permiten definir el clima característico de un lugar (TABLA 5-3)

TABLA 5-3. ELEMENTOS DEL CLIMA

ELEMENTOS	BREVE DESCRIPCIÓN	DATOS PROYECTO
Temperatura	Permite enfocar las decisiones de diseño para conseguir el confort térmico. Se toma en consideración el período de los meses con mayores temperaturas así como también las menores y al determinar la amplitud térmica anual se toma la decisión de mejorar o no el confort térmico.	La temperatura media anual, oscila entre 23 y 25,5°C. La amplitud térmica anual es de 8.3 °C comprendidos entre las temperaturas de 30.3°C y 22°C.
Humedad relativa	Es el porcentaje de vapor de agua que tiene el aire en relación al máximo que puede contener a su temperatura sin saturarse.	Del orden del 90% y el cielo está muchas veces nublado, con una insolación aproximada de 1000 horas anuales.
Precipitaciones	Afecta indirectamente a las condiciones ambientales, influyendo sobre la humedad relativa, la vegetación, la contaminación, etc.	Meses más lluviosos se presentan entre enero y mayo y los menos lluviosos de agosto a noviembre. La precipitación media anual varía entre los 1468.8 mm y los 3029.9 mm con más de 9 meses de lluvia al año.
Vientos	Se toma en cuenta: dirección (de donde proviene el viento), frecuencia (porcentaje en que se presenta el viento en cada dirección) y velocidad (velocidad recorrida por el viento en una unidad de tiempo).	En la zona los vientos presentan una dirección predominante hacia el oeste (W), con mayor frecuencia al noroeste (NW), con una velocidad en el rango de 1.3 y 1.7 Km/h. durante el año.
Nubosidad	Es la masa visible formada por gotas de agua microscópicas suspendidas en la atmósfera. A mayor humedad relativa, mayor presencia de nubosidad.	La zona se mantiene con una nubosidad de 7/8 a lo largo del año.
Radiación solar	La energía que proviene de la radiación solar cambia en el tiempo según el día y la hora de una manera cíclica. Lo ideal es que la accesibilidad solar se dé en las horas centrales del día, pero esta depende de la posición del sol.	Insolación difusa promedio: 2900 Wh/m ² /día Insolación directa promedio: 1490 Wh/m ² /día Insolación global promedio: 4000 Wh/m ² /día

Fuente: (MAE & Alianza REMACH, 2005), (CONELEC, 2008) e (INAMHI, 2015)

Para que exista confort térmico las edificaciones deben estar dentro de los siguientes rangos (Matute, 2014):

- Temperatura del aire ambiente: de 18 a 26 °C
- Temperatura radiante media de superficies del local: de 18 a 26 °C
- Velocidad del aire: entre 0,18 y 0,54 Km/h
- Humedad relativa: entre el 40 y el 65%

Los valores podrían variar bajo ciertas condiciones si se demuestra mediante un estudio técnico.

Para el caso del confort acústico se puede considerar un aislante intermedio en las paredes, que puede ser fibra de vidrio. Los materiales interiores y exteriores no deberán generar ruido considerable y en la misma zona del proyecto no existe ruido ambiental que afecte el confort de los visitantes.

5.1.2.3 Mitigación de las cargas de calor solar

Con el fin de minimizar las necesidades energéticas de climatización en las viviendas, es importante considerar la ganancia o protección solar, que depende de la dirección de las superficies receptoras de radiación y el porcentaje de superficies opacas. (Matute, 2014).

1) Implantación y forma

Son los puntos efectivos para promover el movimiento del aire alrededor y dentro de los ambientes y aminorar las ganancias de calor por radiación solar. Para mitigar las cargas de calor solar se debe tomar en cuenta la presencia de elementos del entorno ambiental como masas de vegetación o edificios, desniveles topográficos que pueden ser aprovechados como protectores solares por sus sombras. Los criterios más relevantes por considerar son:

- El mayor impacto de ganancia solar de calor se presenta en superficies perpendiculares a los rayos del sol, esto es en techos y las paredes este y oeste durante todo el año, y en la pared sur en los meses del invierno boreal.
- Las plantas alargadas con fachadas más estrechas orientadas hacia el este-oeste con un ángulo entre 15° a 20° reducirán las ganancias de calor en las mañanas y en las tardes cuando el sol actúa con sus ángulos más bajos.
- Masas de vegetación, espejos de agua, veredas, setos, jardineras y otros elementos pueden mejorar el microclima del sitio. Un ejemplo de la disposición de la vegetación se ilustra en la FIGURA 5-5.

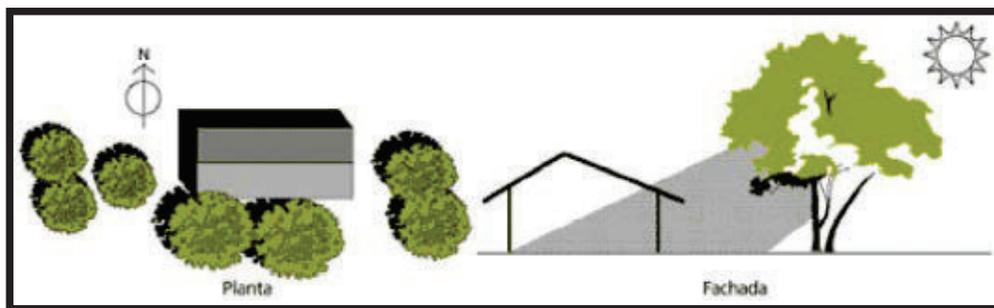


FIGURA 5-5. UTILIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN PARA SOMBREAR LA EDIFICACIÓN.

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

- Los materiales o elementos de color oscuro como el asfalto absorben, conducen y re-irradian calor. En cambio, las jardineras producen sombras, mientras su masa de tierra retiene las ganancias de calor solar (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006).

2) Techos

Estos pueden alcanzar temperaturas superficiales exteriores de hasta 65° C cuando la temperatura exterior del aire, a la sombra, es de sólo 27° C debido a la posición en la cual reciben radiación solar durante todo el año. Se diseñan las cubiertas teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- En las zonas tropicales próximas a la línea ecuatorial los techos horizontales pueden recibir hasta un 50% más de calor que los techos inclinados.
- La altura mínima de entrepiso libre es de 2,40 m según normas arquitectónicas vigentes.
- Los techos con dos aguas deben orientarse en dirección norte-sur, mientras que los de una sola agua deben inclinarse hacia el norte, pues el sol incidirá con un ángulo pequeño la mayor parte del año. En cualquier caso, la inclinación no debe exceder los 30°.
- La orientación de la edificación puede oscilar alrededor de 20° en dirección este-oeste.
- Para minimizar las ganancias solares sobre paredes y ventanas se puede utilizar aleros de techo, pérgolas y corredores perimetrales.

- Los colores claros en el techo pueden reflejar entre 25% y 30% de la energía radiante del sol, y tanto el color como el tipo de material inciden en la cantidad de calor reflejado medido como reflectancia. Véase FIGURA 5-6.

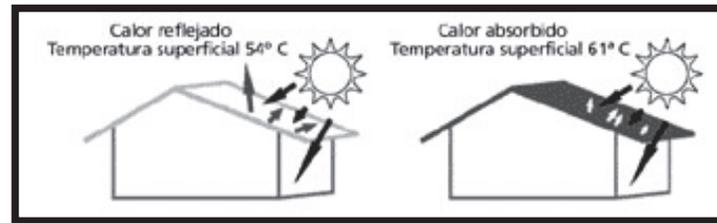


FIGURA 5-6. EFECTOS DE LOS MATERIALES Y EL COLOR DE TECHO EN LA ABSORCIÓN DE CALOR.

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

- Para la selección adecuada de los materiales se deberá tomar en cuenta el horario de uso de la edificación y el tipo de acondicionamiento, en el cual se recomienda utilizar componentes con inercia térmica débil o media que no acumulen calor en el día.
- El aislante puede ser instalado en la parte exterior del techo (que es lo más efectivo para un clima cálido) o como cielo raso internamente. Dependiendo del material utilizado, con 2 o 3 cm de material aislante será suficiente, y los más adecuados son los que presentan baja capacidad calorífica y alta resistencia térmica (baja conductancia). Véase FIGURA 5-7.

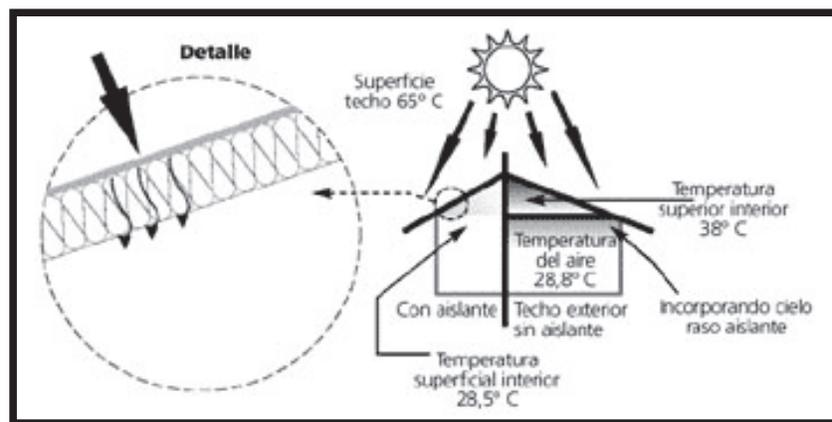


FIGURA 5-7. DETALLE DE COLOCACIÓN DE MATERIAL AISLANTE EN EL TECHO.

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

- Emplear cámaras de aire de unos 5 cm de espesor en los cerramientos constructivos es adecuado para mitigar las ganancias de calor. El aire es un material aislante con un coeficiente de conductividad térmica $K=0,028$, es decir funciona muy bien como aislante. La misma aplicación tendría para el caso de una pared (FIGURA 5-8).

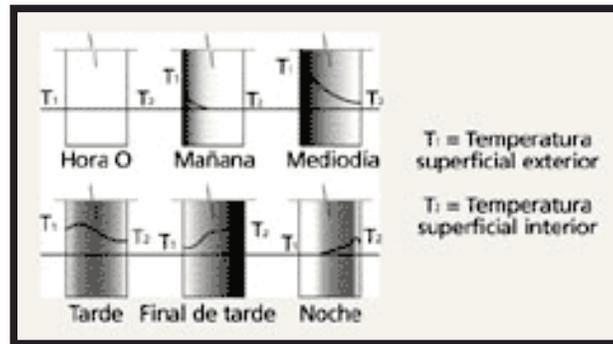


FIGURA 5-8. MECANISMO DE INERCIA TÉRMICA EN UNA PARED.

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

3) Paredes

Cualquier acción concebida de forma coherente podrá garantizar una buena calidad térmica de las paredes y entre ellas tenemos las siguientes:

- El uso de pinturas y materiales oscuros permiten absorber mayor cantidad de calor, lo que por otro lado las pinturas blancas reflejan entre un 70% y 80% de la radiación solar incidente.
- Las propiedades de reflectancia (reflexión de luz solar) y absorbancia (capacidad de absorber energía solar) para diferentes materiales y acabados se presentan en la TABLA 5-4:

TABLA 5-4. DATOS DE REFLECTANCIA Y ABSORBANCIA PARA DIFERENTES MATERIALES Y PINTURAS.

Material de paredes	Reflectancia (%)	Absortancia (%)
Ladrillo rojo	12	88
Madera lisa	22	80
Concreto	35	65
Hoja de aluminio pulido reflectora	88	12
Pintura negra	5	95
Pintura gris oscura	9	91
Pintura marrón media	16	84
Pintura blanca semibrillante	43	57
Pintura blanca brillante	75	25

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

- Para un acondicionamiento pasivo en estructuras de uso diurno y nocturno como lo son las residencias, se recomienda utilizar paredes con inercia débil o media que no acumulen calor en el día y de poco desfase (tiempo de retardo para transmitir el calor). De esta manera la onda de calor no se trasladará en la noche al interior de la estructura.
- En paredes con alta insolación se puede amortiguar la temperatura interior utilizando 2 o 3 cm de aislantes en la cara exterior antes del acabado exterior como se muestra en la FIGURA 5-9.

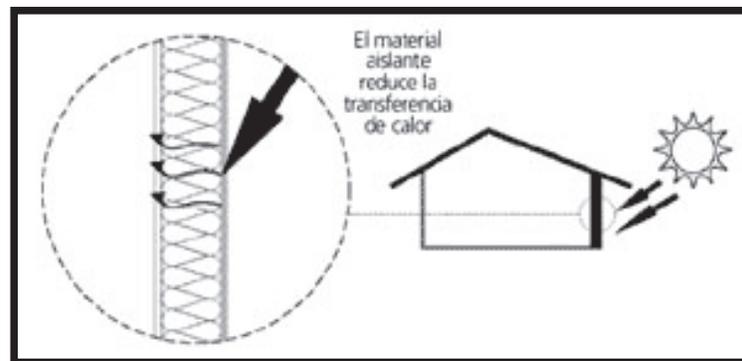


FIGURA 5-9. DETALLE DE PARED CON MATERIAL AISLANTE.

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

- Dentro de las tecnologías muy costosas y que deben ser utilizadas racionalmente en climas cálidos, se encuentran las fachadas de vidrio. Dejan

pasar o absorber una gran cantidad de calor solar e irradiarlo hacia el interior. Este mecanismo debería ser utilizado preferentemente en fachadas norte y eventualmente en fachadas sur.

4) Ventanas y demás aberturas

Las actividades con mayor requerimiento de iluminación deberían colocarse en la periferia de la vivienda, en cambio las de menor demanda de iluminación natural pueden ser localizadas en el interior. Cualquier solución adoptada debe atender a las necesidades particulares de los usuarios del proyecto (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006). Las consideraciones por tomar en cuenta en este apartado son las siguientes:

- Los ambientes que se utilizan corto tiempo como circulaciones, áreas de servicio y garajes pueden ubicarse en las zonas este y oeste, en cambio los ambientes con actividades de alta permanencia deben ubicarse en fachadas norte o sur.
- En las zonas del trópico, una orientación oeste para un dormitorio nunca será adecuada, por la acumulación de calor en la tarde-noche.
- La mejor técnica para favorecer la calidad térmica y lumínica de los ambientes es proteger las ventanas y fachadas de vidrio de la radiación solar. De esta manera puede reducirse las ganancias de calor hasta un 80% en caso de ventanas con vidrios claros simples.
- Las protecciones horizontales y aleros de techo funcionan bien para ventanas y aberturas en fachadas norte y sur. Véase FIGURA 5-10.

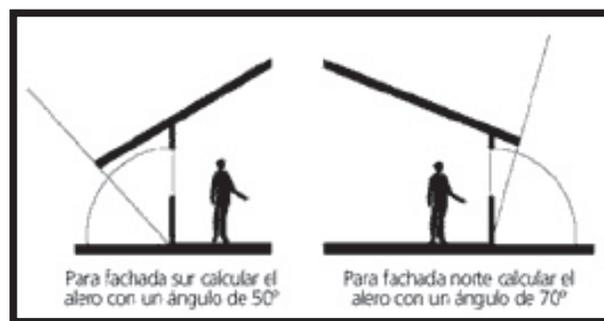


FIGURA 5-10. DETALLE DE PROTECCIONES HORIZONTALES EN FACHADAS

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

- El diseño y dimensionamiento de los protectores solares deberán considerar la latitud del lugar, orientación y la altura de la ventana.
- Para la zona de los trópicos, una buena solución son los parasoles móviles exteriores que presentan mecanismo de adaptación. Debido a que el sol es fuerte todo el año y el ángulo de incidencia varía.
- Para ventanas expuestas al sol, se puede disponer de elementos individuales de protección solar ligero, como toldos, estructuras tensibles, romanillas o persianas exteriores que permiten controlar la incidencia de luz solar. Según la eficiencia de los protectores solares tipo, se tiene la clasificación mostrada en FIGURA 5-11.

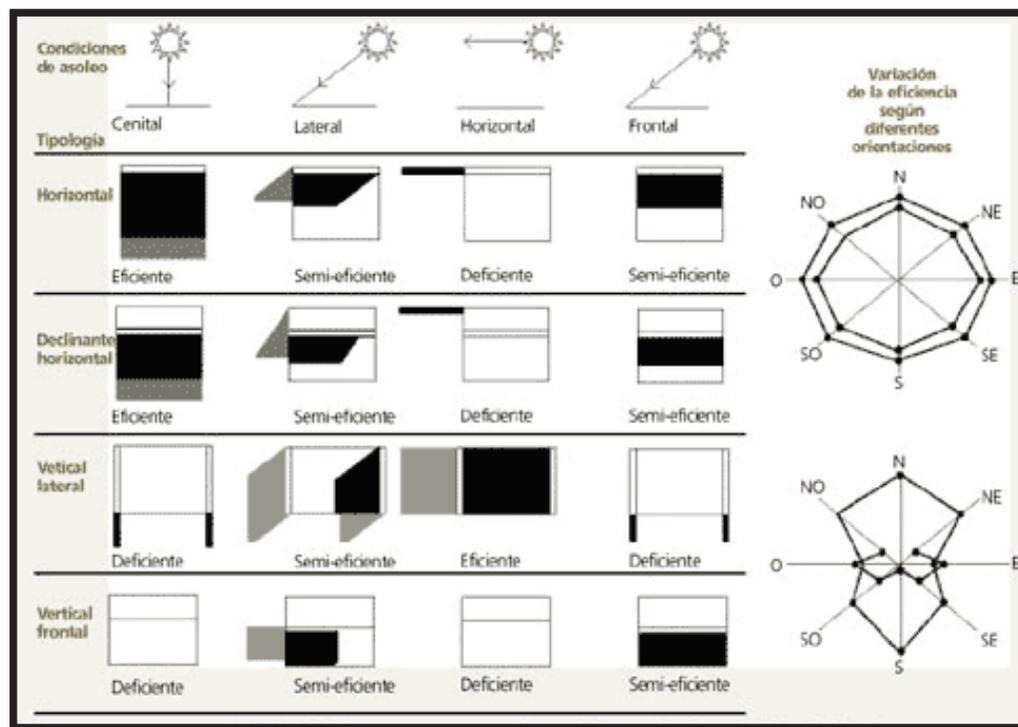


FIGURA 5-11. EFICIENCIA DE PROTECTORES TIPO

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

- Los arreglos interiores en ventanas no trabajan tan eficientemente como las protecciones exteriores.
- La luz visible admitida a través de una ventana se registra por el Coeficiente de Transmisión de luz natural VLTC (Visible Light Transmission Coefficient). Un valor alto de VLTC representa una alta transmisión de luz.

- La ganancia de calor admitida a través de una ventana es medida por el Coeficiente de Ganancias de calor solar SHGC (Solar Heat Gain Coefficient) que incluye la cantidad de calor transmitido y absorbido por el vidrio. Un valor bajo de SHGC representa una menor ganancia de calor.
- Los cristales de alto rendimiento o espectralmente selectivos reducen la cantidad de calor transmitido a través de las ventanas y a la vez permiten el paso de altos niveles de luz visible.
- Debido a que se han desarrollado vidrios espectralmente selectivos y de baja emisividad (Low-e) se presentan a continuación los indicadores para seleccionar las características termofísicas de vidrios adecuados para un clima tropical:
 - a. La propiedad más importante es un valor bajo de SHGC, puede ser de 0.40 o menos para climas cálidos.
 - b. Para maximizar la luz natural seleccionar ventanas con un valor alto de VLTC, puede ser de 0.7 o más.
 - c. La tasa de flujo de calor a través de la unidad de área del vidrio (W/m^2 °C) es otra propiedad por considerarse. Se deber seleccionar ventanas con un factor U menor a 4.0, lo cual es lo óptimo.

La TABLA 5-5 provee los parámetros para algunos tipos de vidrio para ventanas.

TABLA 5-5. DATOS DE VLTC Y SHGC PARA DIFERENTES TIPOS DE VIDRIOS DE VENTANAS.

Código	Ventana con vidrio	Características		
		SHGC	VLTC	Factor U
A	Simple claro	0,86	0,9	6,59
B	Simple bronce/gris	0,73	0,68	2,09
C	Doble claro	0,76	0,81	4,48
D	Doble bronce/gris	0,62	0,62	3,41
E	Doble alta tecnología Low E	0,48	0,69	2,04
F	Doble alta ganancia solar Low E	0,71	0,75	1,82
G	Doble moderada ganancia solar Low E	0,53	0,75	
H	Doble baja ganancia solar Low E	0,39	0,7	
I	Triple moderada ganancia solar Low E	0,5	0,65	
J	Triple baja ganancia solar Low E	0,33	0,56	

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

5.1.2.4 Aprovechamiento de la ventilación natural

El comportamiento del aire alrededor y dentro de la edificación vienen condicionados por: el equilibrio de presiones, el choque del viento con la edificación, forma de la edificación, dimensiones y ubicación de las aberturas y cantidad de orificios (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006).

1) Implantación y forma

Para aprovechar al máximo la ventilación natural en ambientes interiores se pueden utilizar formas abiertas, alargadas o segmentadas, ubicadas con un ligero ángulo en relación con los vientos dominantes y teniendo precaución de orientar las fachadas más estrechas hacia el este-oeste. (FIGURA 5-12)

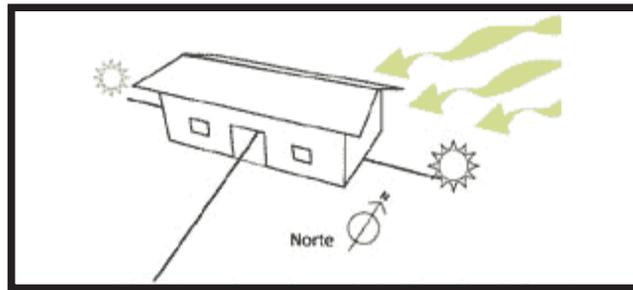


FIGURA 5-12. UBICACIÓN ADECUADA SEGÚN LA DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS DOMINANTES.

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

Para edificaciones continuas, una distancia de al menos 5 veces la altura de la edificación aguas arriba, ofrecería mayor posibilidad de ventilación para la edificación aguas abajo. Por otro lado, cuando una edificación según su trayectoria solar está en contradicción con los vientos dominantes, una disposición de los elementos constructivos exteriores y un volumen de vegetación pueden cambiar la dirección del aire en movimiento. Véase FIGURA 5-13.

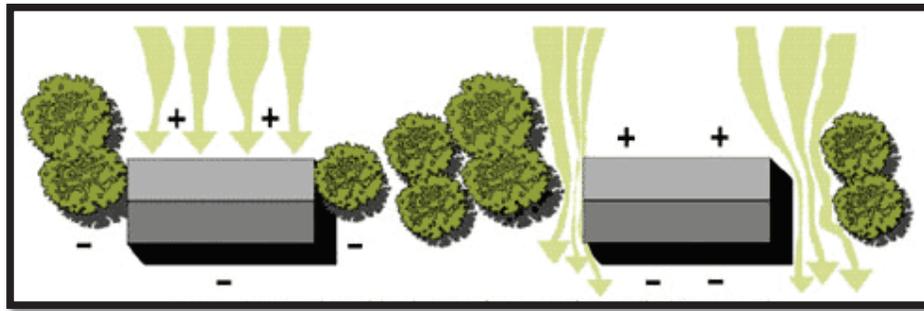


FIGURA 5-13. VEGETACIÓN UBICADA PARA FAVORECER LA VENTILACIÓN NATURAL.

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

En general una adecuada ventilación requiere al menos de dos aberturas efectivas en cada ambiente (ventilación cruzada) y las configuraciones más comunes se detallan en la FIGURA 5-14: (A) aberturas en paredes adyacentes y (B) aberturas en paredes opuestas. (C) Si el ambiente solo posee una pared exterior, se debe diseñar dos ventanas y una pared pantalla o deflectora del aire entre estas para mejorar la ventilación.

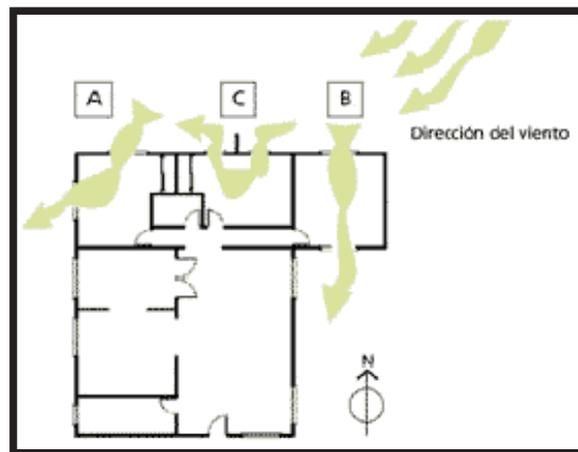


FIGURA 5-14. USO ADECUADO DE ABERTURAS PARA LA VENTILACIÓN NATURAL.

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

Dentro de los parámetros a considerar se pueden mencionar los siguientes:

- Cuando el área de la abertura de entrada es ligeramente más pequeña que la correspondiente a la abertura de salida en una proporción 1:1.25, se tiene una ventilación natural óptima.
- Se debe colocar las aberturas en los puntos más distantes entre sí en el caso de paredes adyacentes ya que de esta manera hay un mayor recorrido del aire dentro del espacio antes de salir y por ende una ventilación natural más eficaz. Véase FIGURA 5-15.

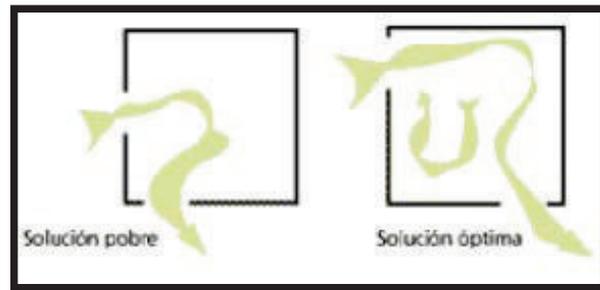


FIGURA 5-15. ABERTURAS UBICADAS EN PAREDES ADYACENTES.

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

- Las ubicaciones de las aberturas de salida no afectan significativamente el comportamiento del aire mientras que, la altura de ubicación de la abertura de entrada influye directamente en el patrón de flujo del aire y este efecto no puede corregirse con la altura de la abertura de salida.
- La altura adecuada de las ventanas o aberturas dependerá de las actividades dentro del ambiente.
- Algunos mecanismos que permiten la libre circulación del aire y mantienen al mismo tiempo la privacidad son las romanillas, celosías, bloques de ventilación, persianas y otros componentes utilizados en cerramientos. Estos se pueden observar en la FIGURA 5-16.

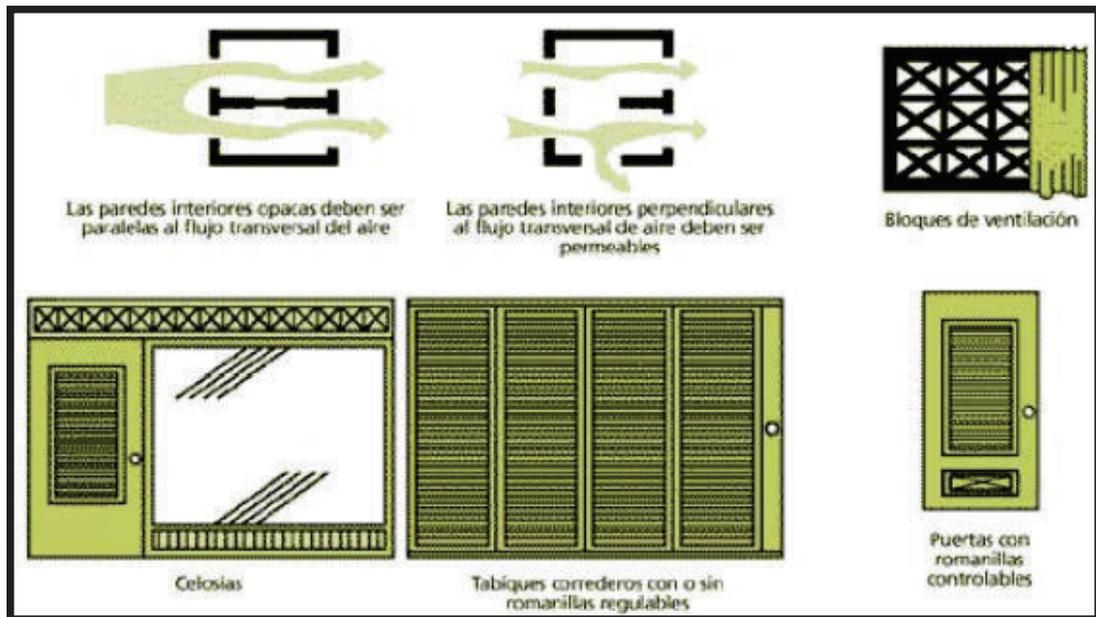


FIGURA 5-16. CERRAMIENTOS PERMEABLES PARA AMBIENTES INTERIORES.

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

- En el caso de utilizar ventiladores para alcanzar los niveles de confort térmico se debe regularlos con una velocidad máxima de 7,5 m/s.

2) Techos

La estimulación de pérdidas de calor por convección se obtiene mediante la circulación de aire por las superficies exteriores e interiores del techo, frecuentemente a través de espacios de aire a lo largo de las cumbreras o con aberturas a ras del techo.

Las aberturas podrán ser para entrada o salida de aire permitiendo la ventilación transversal, pero la ubicación de la abertura en el techo respecto a la volumetría y distribución interior será clave para aumentar la eficiencia de la ventilación natural, tal como se muestra en la FIGURA 5-17 (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006).

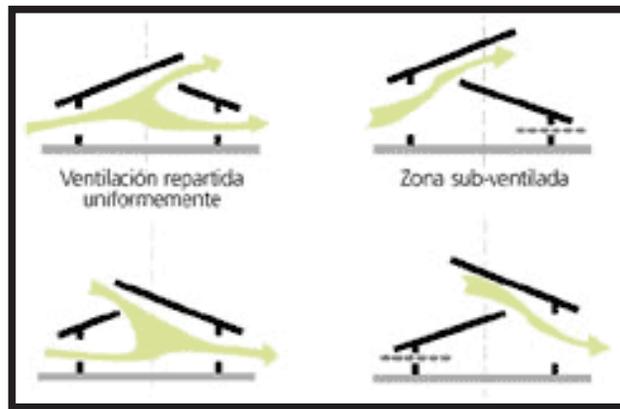


FIGURA 5-17. EJEMPLOS DE VENTILACIÓN NATURAL ALREDEDOR DEL TECHO.

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

3) Paredes

Los cerramientos exteriores verticales como lo son bloques de ventilación, celosías, enrejillados, calados, entre otros, favorecen la ventilación natural de los ambientes interiores y permiten el paso controlado de la iluminación natural.

4) Ventanas y demás aberturas

El índice de eficiencia de ventilación natural indica la capacidad de renovación del aire de cada modelo de ventana, sin embargo, no es el único criterio válido de selección ya que dejamos a un lado otras exigencias relacionadas con el uso de los espacios, estética, seguridad, calidad térmica, calidad lumínica, costos de construcción y mantenimiento, además de requerimientos particulares de los usuarios. Se ha encontrado que el modelo de ventana más eficiente para la ventilación natural es el de hojas batientes con un índice de eficiencia de 90% según la FIGURA 5-18. Adicionalmente, se considera pertinente el uso de malla contra mosquitos para todas las ventanas y aberturas.

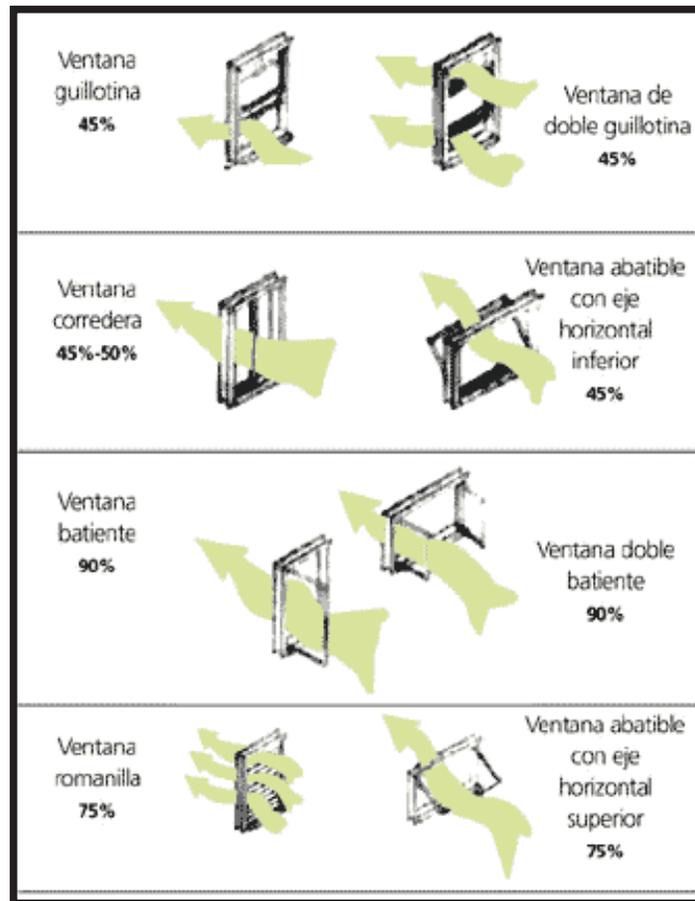


FIGURA 5-18. ÍNDICES DE EFECTIVIDAD PARA LA VENTILACIÓN NATURAL

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

5.1.2.5 Control de la iluminación natural

Como factor primordial se debe considerar la ubicación del sol en la esfera celeste tal como muestra la FIGURA 5-19.

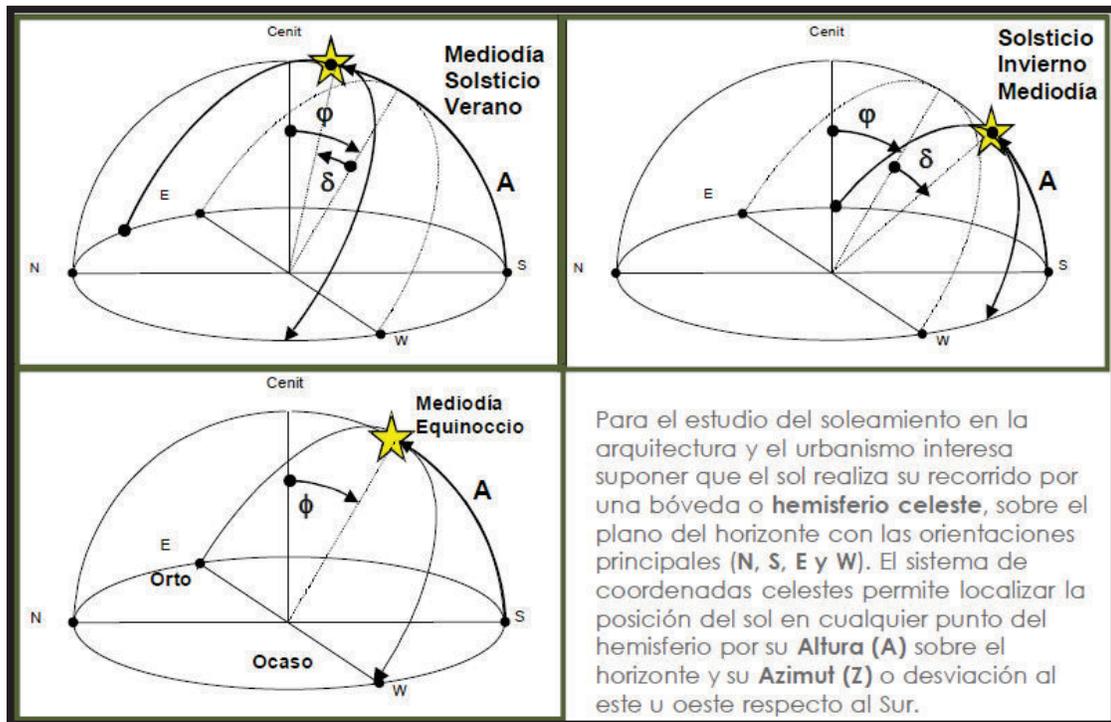


FIGURA 5-19. RECORRIDO APARENTE DEL SOL EN LA BÓVEDA CELESTE.

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

Para el diseño adecuado de los sistemas se debe considerar en lo posible los siguientes criterios:

- Se debe evitar techar los patios con cerramientos fijos y sin ventilar.
- El efecto de la iluminación natural depende de las proporciones del espacio interior y del número, tamaño, ubicación y tipo de aberturas por donde penetra la luz solar.
- Una altura de techo de 2,4 m permite suficiente luz natural para las actividades normales hasta una distancia de 4,5 m hacia el interior. Entre 4,5 m y 9,0 m se necesitará iluminación artificial. Más allá de los 9,0 m la luz eléctrica suministrará la mayor parte de la iluminación.
- La profundidad de los ambientes iluminados solo por un lado, no debería ser mayor de 2,5 veces la altura de la pared que contiene las aberturas, tal como se muestra en la FIGURA 5-20.

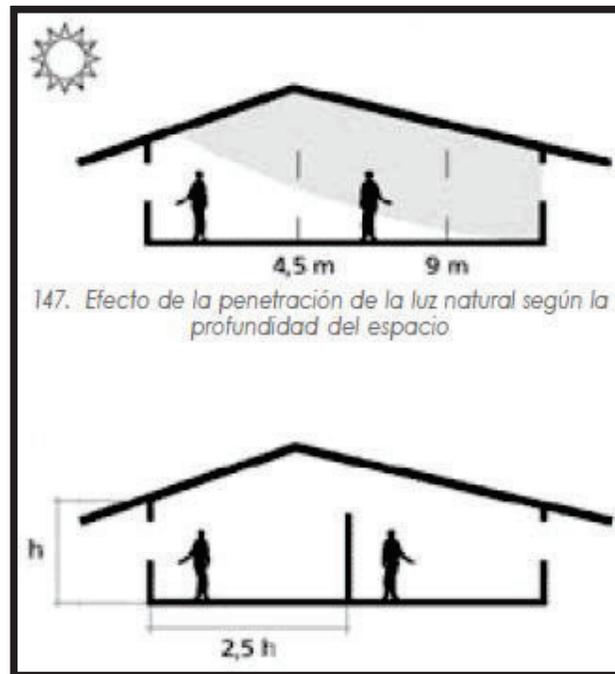


FIGURA 5-20. PROPORCIONES DEL AMBIENTE INTERIOR ADECUADAS A LA PENETRACIÓN DE LA LUZ.

Fuente: (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

1) Techos

Para brindar iluminación natural al interior de los ambientes se puede utilizar claraboyas o cúpulas de techo, a pesar de que en la zona del proyecto estos dispositivos puedan tener una alta ganancia de calor y de luz deslumbrante. Por dicha razón existen diferentes tipos de cúpulas que permiten minimizar estos efectos. En el caso de utilizar vidrios, se los debe seleccionar con un coeficiente de ganancia solar SHGC de 0,5 o menor (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006).

2) Paredes

Los ambientes interiores pueden ser iluminados naturalmente a través de componentes translúcidos y/o permeables en fachadas como: ventanas, vitrales, aberturas, bloques de vidrios y calados. De esta manera se producen espacios de mayor calidad lumínica y se logra mayor racionalidad energética al combinar luz natural y artificial. (Cabrera, Coellar, & Paredes, 2006)

3) Ventanas y demás aberturas

Los niveles de iluminación recomendados se presentan en la TABLA 5-6.

TABLA 5-6. NIVELES DE LUMINANCIA RECOMENDADOS.

AMBIENTES VIVIENDA		ILUMINACIÓN OPTIMA (LUX)	ILUMINACIÓN MAXIMA (LUX)
Escalera	General	100	
Dormitorio	General	200	600
	Cama y Espejos	350	
Sala y Estar	General	300	600
	Lectura, Costura	500	
Estudio	General	500	750
Comedor	General	200	400
Cocina	General	300	600
	Zonas Trabajo	500	
Baño	General	100	
	Espejos	500	

Fuente: (Cordero & Guillén, 2013)

5.2 SISTEMA ESTRUCTURAL

5.2.1 CUBIERTA

5.2.1.1 Cargas de cubierta

Es recomendable utilizar materiales livianos y de instalación segura para disminuir el peso de la cubierta y que ésta tenga mejor desempeño sísmico. Las cargas consideradas para hacer uso de la TABLA 5-7, que sirve de base para el diseño de la cubierta son (INBAR, 2015):

- a) **Carga muerta:** se tienen dos tipos de cubierta, la pesada que corresponde a teja de barro o placa de mortero con una carga de 122,36 kg/m² y la liviana de teja plástica o fibrocemento con una carga de 61,18 kg/m².
- b) **Carga viva:** se considera una carga de 71,38 kg/m²
- c) **Carga de viento:** se considera una presión positiva de 51 kg/m².

Adicionalmente se considera una sobrecarga de 25 kg/m² debido a la instalación de calentadores por termosifón con una capacidad de 250 L.

5.2.1.2 Estructura de cubierta en guadúa

Se asumen elementos con diámetros de 100 hasta 140 mm, con un espesor mínimo de pared de 10 mm. Para el diseño se utilizará la TABLA 5-7.

TABLA 5-7. SECCIONES REQUERIDAS PARA VIGUETAS DE GUADÚA.

Luz (m)	Acabados pesados CM=1.2 kN/m ²				Acabados livianos CM=0.5 kN/m ³			
	Separación viguetas (m)				Separación viguetas (m)			
	0.4	0.50	0.60	0.80	0.4	0.50	0.60	0.80
2.0	1G D: 100mm	1G D: 100mm	1G D: 110mm	1G D: 110mm	1G D: 100mm	1G D: 100mm	1G D: 100mm	1G D: 100mm
2.5	1G D: 110mm	1G D: 120mm	1G D: 130mm	1G D: 140mm	1G D: 100mm	1G D: 110mm	1G D: 120mm	1G D: 130mm
3.0	1G D: 140mm	2G D: 120mm	2G D: 130mm	2G D: 140mm	1G D: 120mm	1G D: 130mm	1G D: 140mm	2G D: 120mm
3.5	2G D: 130mm	2G D: 140mm	2G D: 140mm	3G D: 140mm	1G D: 140mm	2G D: 120mm	2G D: 130mm	2G D: 140mm
4.0	2G D: 140mm	3G D: 140mm	3G D: 140mm	X	2G D: 130mm	2G D: 140mm	2G D: 140mm	3G D: 140mm
4.5	3G D: 140mm	X	X	X	2G D: 140mm	3G D: 130mm	3G D: 140mm	X

1G: una Guadua, 2G: dos Guaduas, 3G: tres Guaduas, D: diámetro exterior.

Fuente: (INBAR, 2015)

En base al diseño de las cubiertas tipo, se arma las demás tratando de llevar una simetría y colocación adecuada sobre los muros estructurales. Las viguetas dobles se colocarán con una guadúa sobre la otra conectadas con pernos cada 10 cm en los tercios finales y cada 30 cm en el tercio central, para las viguetas triples se puede colocar en arreglo vertical o en arreglo triangular con la misma cantidad de pasadores. Las viguetas secundarias apoyan al soporte de la sobrecarga en cubierta debido a instalación de mecanismos adicionales.

Si las guadúas de la estructura de los muros se dejan expuestas o si se anexa un porche a los muros exteriores, la cubierta debe dotarse de aleros. Para los aleros con más de 500 mm deberá construirse un apoyo inclinado o pie de amigo, desde el extremo exterior del alero hasta los pie derechos de guadúa que se quieren proteger, pero con una inclinación no menor de 60° con la horizontal. El extremo inferior del pie de amigo debe apoyarse en una guadúa distinta a las que forman

los muros, pero que está zunchada a éstos y que comparte con ellos la viga de cimentación. El detalle se muestra en la FIGURA 5-21.

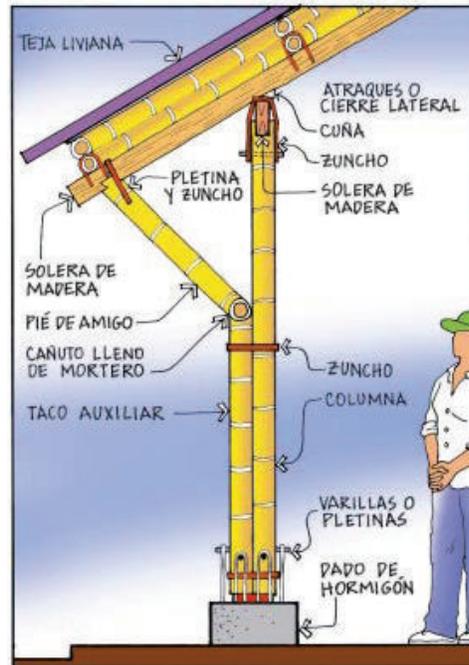


FIGURA 5-21. DETALLE DE PIE DE AMIGO.

Fuente: (ACIS, 2010)

5.2.2 MUROS ESTRUCTURALES

5.2.2.1 Longitud mínima de muros en cada dirección

Con el fin de proveer un reparto uniforme de la resistencia de las fuerzas sísmicas en el intervalo inelástico se determina las longitudes requeridas en cada dirección cumpliendo la ecuación (5-1) como se muestra a continuación:

$$L_i \geq C_B * A_p \quad (5-1)$$

Donde:

L_i : longitud mínima total de muros continuos (en metros), sin aberturas, en la dirección i .

C_B : coeficiente del bahareque (en m^{-1}) especificado en la TABLA 5-8, en función de la aceleración espectral para el sitio donde se realice la construcción, o función de la velocidad del viento.

A_P : área de la cubierta (en m^2) incluyendo aleros, para viviendas de un piso. (Puede sustituirse por $\frac{1}{2} A_P$ si se utilizan materiales livianos para la cubierta).

TABLA 5-8. VALORES DEL COEFICIENTE DEL BAHAREQUE C_B (SÍSMICO).

Zona sísmica	Amenaza Sísmica	Factor Z	C_B
I	Intermedia	0,15	0,15
II	Alta	0,25	0,18
III		0,30	0,22
IV		0,35	0,26
V		0,40	0,30
VI	Muy alta	$\geq 0,50$	0,38

Fuente: (INBAR, 2015)

En base a la lista de poblaciones ecuatorianas y su valor del factor Z (aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad) proporcionada por la NEC-15 en su código Peligro Sísmico Diseño Sismoresistente (NEC-SE-DS) se tiene un valor de $Z = 0,5$ correspondiente a la zona de Rosa Zarate (Quinindé). Debido al valor sumamente alto del coeficiente C_B dado por el manual de la Norma Andina para Diseño y Construcción de Casas de uno y dos Pisos en Bahareque Encementado (2015), se realizó un promedio con el valor recomendado ($C_B = 0,1$) basado en el capítulo de bahareque encementado de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015). De esta forma se obtiene la TABLA 5-9 con los valores L_x (longitud total de muros en dirección x) y L_y (longitud total de muros en dirección y) promedio requeridos.

TABLA 5-9. LONGITUDES MÍNIMAS REQUERIDAS DE MUROS CONTINUOS.

Factor Z:	0,50			
Factor C_B (N. ANDINA):	0,38			
Factor C_B (VACA F.):	0,10			
		LONGITUD REQUERIDA		PROMEDIO
Estructura	Área de cubierta (m^2)	$L_x - L_y$ (NA) (m)	$L_x - L_y$ (EPN) (m)	$L_x - L_y$ (m)
Cabaña simple/doble	39,72	15,09	3,97	9,53
Cabaña triple	47,39	18,01	4,74	11,37
Cabaña cuádruple	59,74	22,70	5,97	14,34
Cocina	108,30	41,15	10,83	25,99
Restaurante	126,00	47,88	12,60	30,24
Baños sociales	26,24	9,97	2,62	6,30
Área de servicios	80,64	30,64	8,06	19,35

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

5.2.2.2 Combinaciones de carga

El sistema de muros de bahareque encementado se diseña para los efectos de las cargas combinadas correspondientes a los esfuerzos admisibles o cargas de servicio (INBAR, 2015) según las siguientes combinaciones de carga:

$$\begin{aligned}
 &D \\
 &D + L \\
 &D + (Lr \text{ ó } Le) \\
 &D + 0,75L + 0,75(Lr \text{ ó } Le) \\
 &D + W \\
 &D + 0,7E \\
 &D + 0,75W + 0,75L + 0,75(Lr \text{ ó } Le) \\
 &D + 0,75(0,7E) + 0,75L + 0,75(Lr \text{ ó } Le) \\
 &0,6D + W \\
 &0,6D + 0,7E
 \end{aligned}$$

Donde:

D: carga muerta

L: carga viva

Lr: carga viva de cubierta

Le: carga de empozamiento de agua

W: carga de viento

E: carga de sismo

En los efectos causados por el sismo se tiene en cuenta la capacidad de disipación de energía del sistema estructural, empleando unos efectos reducidos de diseño E, obtenidos dividiendo la fuerza sísmica o cortante basal V_s por el coeficiente de capacidad de disipación de energía R.

$$E = V_s / R \quad (5-2)$$

El coeficiente de capacidad de disipación de energía R, debe tomarse como 2.0 para muros de bahareque encementado y la determinación de las fuerzas sísmicas se efectúa según lo establecido en el método de la fuerza horizontal equivalente.

5.2.2.3 Distribución de fuerzas laterales

Las fuerzas laterales del sismo o viento se aplicarán en cada dirección y se repartirán proporcionalmente a cada uno de los muros dependiendo de su longitud o rigidez. Para casas de un piso se considera la fuerza sísmica debida al peso de

toda la casa, esto incluye el peso de la cubierta. Para el cálculo de la presión de viento se considera el área de la fachada y el área de la cubierta. (INBAR, 2015)

5.2.2.4 Determinación de cargas y peso propio

Una vez conocido el armado de la cubierta y los lineamientos para la conformación de los muros estructurales se obtiene el peso propio de la cubierta y pared por metro cuadrado como se observa en el ANEXO 9 y de esta forma se determinan las cargas verticales para la cabaña tipo mostradas en la TABLA 5-10.

TABLA 5-10. CARGAS VERTICALES PARA ESTRUCTURA TIPO.

CARGAS VERTICALES			
Carga muerta cubierta (Dc)			
	Descripción	Peso (kg/m²)	
Peso propio	Cubierta	83,95	
Sobrecarga	Instalaciones	20,00	
	Mecanismos solares	25,00	
	Carga Muerta (Dc) =	128,95	Kg/m ²
Carga muerta paredes (Dp)			
	Descripción	Peso (kg/m²)	
Peso propio	Paredes	33,30	
	Carga Muerta (Dp) =	33,30	Kg/m ²
Carga viva cubierta (L)			
	Descripción	Peso (kg/m²)	
Para cubiertas	Carga Viva (L) =	70,00	Kg/m ²
	Carga Viva (L) =	70,00	Kg/m ²

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

5.2.2.5 Determinación del corte basal

La mayoría de factores o datos para la determinación del cortante basal se obtiene de las tablas y gráficos del capítulo Peligro Sísmico Diseño Sismoresistente (NEC-SE-DS) de la NEC-15. Se hace uso de las siguientes expresiones para el método estático, cuyos términos están descritos en la

TABLA 5-11 y para la determinación de los parámetros necesarios se utilizó el diseño arquitectónico de la FIGURA 6-4.

$$T_a = C_t \cdot h n^\alpha \quad (5-3)$$

$$T_o = 0.1 F_s (F_d/F_a) \quad (5-4)$$

$$T_c = 0.55 F_s (F_d/F_a) \quad (5-5)$$

$$S_a = n \cdot Z \cdot F_a \quad (5-6)$$

$$C_v = (I \cdot S_a(T_a)) / (\Phi P \cdot \Phi E \cdot R) \quad (5-7)$$

TABLA 5-11. RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CORTE BASAL.

Parámetro	Variable	Valor	Unidades	Referencia en NEC-15
Factor de importancia de uso	I	1,00	s.u	Tabla 6, Sec.4.1
Factor de reducción de respuesta	R	2,00	s.u	NEC-DR-BE, Sec.14.3.2
Zona sísmica		VI		Tabla 1, Sec.3.1.1
Región del Ecuador		Costa o Litoral		Sec.3.3.1
Factor de aceleración de la zona sísmica	Z	0,50	s.u	Tabla 1, Sec.3.1.1
Altura de la estructura hasta la cubierta	hn	3,44	m	Planos
Relación de amplificación espectral	n	2,48	s.u	Sec.3.3.1
Coefficiente según tipo de edificación	Ct	0,250	s.u	Sec.6.3.3
Coefficiente para cálculo del periodo	α	0,75	s.u	Sec.6.3.3
Tipo de Suelo		D		Tabla 2, Sec.3.2.1
Coefficiente de amplificación de suelo	Fa	1,12	s.u	Tabla 3, Sec.3.2.2
Amplificación del espectro elástico	Fd	1,11	s.u	Tabla 4, Sec.3.2.2
Comportamiento no lineal de los suelos	Fs	1,40	s.u	Tabla 5, Sec.3.2.2
Factor asociado a la ubicación geográfica	r	1,00	s.u	Sec 3.3.1
Factor de irregularidad en planta	Øp	0,90	s.u	Tabla 13, Sec.5.2.3
Factor de irregularidad en elevación	Øe	1,00	s.u	Tabla 14, Sec.5.2.3
Aceleración de la gravedad	g	9,81	m/s ²	
Período fundamental teórico	Ta	0,63	seg.	Sec.6.3.3
Periodo límite en T=To	To	0,14	seg.	Sec.3.3.1
Periodo Límite en T=Tc	Tc	0,76	seg.	Sec.3.3.1
Aceleración en T=Ta	Sa(Ta)	1,39	g	Sec.3.3.1
Coefficiente de corte basal	Cv	0,77	s.u	Sec.6.3.2

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Se determina la carga sísmica reactiva (W) según la TABLA 5-12, que representa el peso propio y toda carga fija a la estructura.

TABLA 5-12 DETERMINACIÓN DE CARGA SÍSMICA REACTIVA.

	Cubierta	Paredes
Carga muerta (kg/m ²)	128,95	33,30
Área (m ²)	82,46	103,10
Peso final (kg) =	10.633,51	3.433,34
Carga sísmica reactiva (W) =	14.066,84	Kg

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

El valor del corte basal V_s se determina mediante la siguiente fórmula:

$$V_s = C_v \cdot W \quad (5-8)$$

Corte basal (V_s) =	10.853,35	Kg
---	------------------	-----------

5.2.2.6 Resistencia al corte de muros de bahareque encementado

Los valores obtenidos de las sollicitaciones sobre cada uno de los muros, por carga vertical y por carga horizontal, en la dirección bajo consideración, deberán ser inferiores a los valores admisibles de trabajo expresados en la TABLA 5-13, de acuerdo con las características de estructuración y materiales empleados en todos los muros (INBAR, 2015). Se verifica la resistencia adecuada mediante la siguiente ecuación:

$$\sum L_i \times V > 0,7E \quad (5-9)$$

Donde:

$\sum L_i$: sumatoria de la longitud efectiva de cada muro en la dirección i , en m.

V : valor del cortante admisible tomado de la TABLA 5-13, en kg/m

E : V_s , en kg.

V_s : corte basal calculado por el método de la fuerza horizontal equivalente, en kg.

R : coeficiente de capacidad de disipación de energía.

TABLA 5-13. RESISTENCIA AL CORTE ADMISIBLE EN MUROS DE BAHAREQUE ENCEMENTADO.

Composición del muro	Diagonales	Recubrimiento	Resistencia al corte admisible V(kN/m)
Entramado de Guadua y madera, con soleras en madera y pie-derechos en Guadua cada 800mm,	No	Caña picada, fijada con clavos de 38 mm 1 ½" cada 150 mm cocidos con alambre, malla de gallinero y mortero de cemento.	9.8
	Si, 2 diagonales de Guadua, una en cada extremo del muro, inclinadas en direcciones opuestas.		13.5
	Si, 2 diagonales en platina metálica de 1 ½" y 1/8" de espesor fijada con pernos de 3/8" a cada elemento que atraviesa		18
Entramado de Guadua con soleras y pie-derechos en Guadua cada 800 mm.	No	Caña picada, fijada con clavos de 38 mm 1 ½" cada 150 mm cocidos con alambre, malla de gallinero y mortero de cemento.	7
	Si, 2 diagonales de Guadua, una en cada extremo del muro, inclinadas en direcciones opuestas		9.5
	Si, 2 diagonales en platina metálica de 1 ½" y 1/8" de espesor fijada con pernos de 3/8" a cada elemento que atraviesa		12.8

Fuente: (INBAR, 2015)

5.2.2.7 Simetría

Las plantas deben ser lo más simétricas posibles con el fin de evitar torsiones de toda la edificación. La estructura como un todo debe ser simétrica con respecto a sus ejes. Si la asimetría es inevitable, la edificación debe dividirse en módulos independientes por medio de juntas. Para garantizar esta disposición se debe cumplir con la ecuación

$$S_i = \left[\frac{\frac{\sum(Lmi \cdot b)}{\sum Lmi} - \frac{B}{2}}{B} \right] \leq 0,15 \quad (5-10)$$

Donde:

S_i = factor de simetría en dirección i .

L_{mi} = longitud de cada muro en la dirección i , en metros.

b = distancia perpendicular a la dirección i desde cada muro, hasta un extremo del rectángulo menor que contiene el área de la cubierta, en metros.

B = longitud del lado perpendicular a la dirección i , del rectángulo menor que contiene el área de la cubierta o entrepiso, en metros.

5.2.3 COLUMNAS DE CAÑA GUADÚA

Para el presente proyecto las columnas de caña guadúa presentes en el restaurante y cocina (FIGURA 6-5) resistirán cargas laterales y verticales, para esto se deben diseñar como empotradas en la cimentación y con una conexión resistente a momento en la parte superior. Para la cimentación se usará un dado de hormigón armado que aisle la columna del suelo.

Se verifica la carga admisible de las guadúas en base a la TABLA 5-14 , que para el caso de columnas armadas por 2 o más guadúas se deberá multiplicar esta carga por el número de guadúas.

TABLA 5-14. CARGA ADMISIBLE PARA COLUMNAS DE GUADÚA EN KG.

Altura columna (m)	Diámetro exterior (cm)			
	10	11	12	13
2	2.273,9	2.875,6	3.487,4	4.089,0
3	1.182,9	1.580,5	2.039,4	2.549,3
4	683,2	927,9	1.223,6	1.570,3
5	448,7	611,8	805,6	1.029,9

Fuente: (INBAR, 2015)

La conexión entre guadúas que conforman la columna se realizará por medio de pernos a los tercios de esta (2 como mínimo) y se rellenará con mortero los cañutos por donde pasen los pernos.

5.2.4 CIMENTACIÓN

La cimentación estará compuesta por un sistema reticular de vigas que configuren anillos rectangulares en planta. Debe existir una viga de cimentación para cada muro estructural y ningún elemento puede ser discontinuo.

Se considera las siguientes especificaciones:

- Si algún anillo de cimentación tiene una relación largo sobre ancho mayor que dos o sus dimensiones son mayores de 4,0 m, debe construirse una viga transversal intermedia de cimentación cuadrada de 150 mm de dimensión.
- La intersección de los elementos de cimentación debe ser monolítica y los refuerzos deben anclarse con ganchos estándar de 90° en la cara exterior del elemento transversal terminal, como se muestra en la FIGURA 5-22.

- Resistencia mínima del hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y límite de fluencia mínimo del acero de refuerzo corrugado $f_y = 2.400 \text{ kg/cm}^2$.

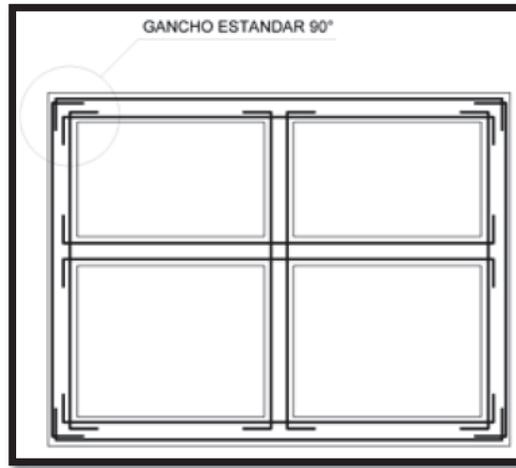


FIGURA 5-22. DETALLE DEL ANCLAJE DEL REFUERZO LONGITUDINAL EN VIGAS DE CIMENTACIÓN.

Fuente: (INBAR, 2015)

Las vigas de cimentación deben tener un refuerzo longitudinal superior e inferior con estribos de confinamiento en toda su longitud. Las dimensiones y el refuerzo de los cimientos se presentan en la TABLA 5-15.

TABLA 5-15. VALORES MÍNIMOS PARA DIMENSIONES, RESISTENCIA Y REFUERZO DE CIMENTACIONES.

Dimensiones elementos del cimiento	Un piso	Dos pisos	Resistencia mínima (Kg/cm^2)
Ancho	200 mm	250 mm	210
Alto	150 mm	200 mm	210
Refuerzo longitudinal	4 $\Phi 10\text{mm}$	4 $\Phi 12\text{mm}$	4.200
Refuerzo transversal	e $\Phi 10\text{mm}@200\text{mm}$	e $\Phi 10\text{mm}@200\text{mm}$	2.400
Conectores de cortante soleras de madera	1 $\Phi 10\text{mm}@1\text{m}$	1 $\Phi 12\text{mm}@1\text{m}$	2.400
Anclaje antivuelco varilla amebida en bambú (localizada en el pie-derecho inicial y final de cada panel)	1 $\Phi 12\text{mm}$	1 $\Phi 12\text{mm}$	4.200

Fuente: (INBAR, 2015)

Refuerzo de cimentaciones en terreno inclinado

Terrenos con pendientes superiores al 20% donde se hagan terrazas para implantar las estructuras, se garantiza la estabilidad con pilares en hormigón de sección circular, colocados en las esquinas del borde inferior de la ladera a distancias no mayores de 4 m y anclados no menos de 1m en el suelo natural. La unión entre viga de cimentación y pilar se ancla mediante 4 barras de 12 mm formando una canastilla cuadrada de 150 mm que debe ingresar en el pilar al menos 500 mm como se muestra en la FIGURA 5-23 (INBAR, 2015).

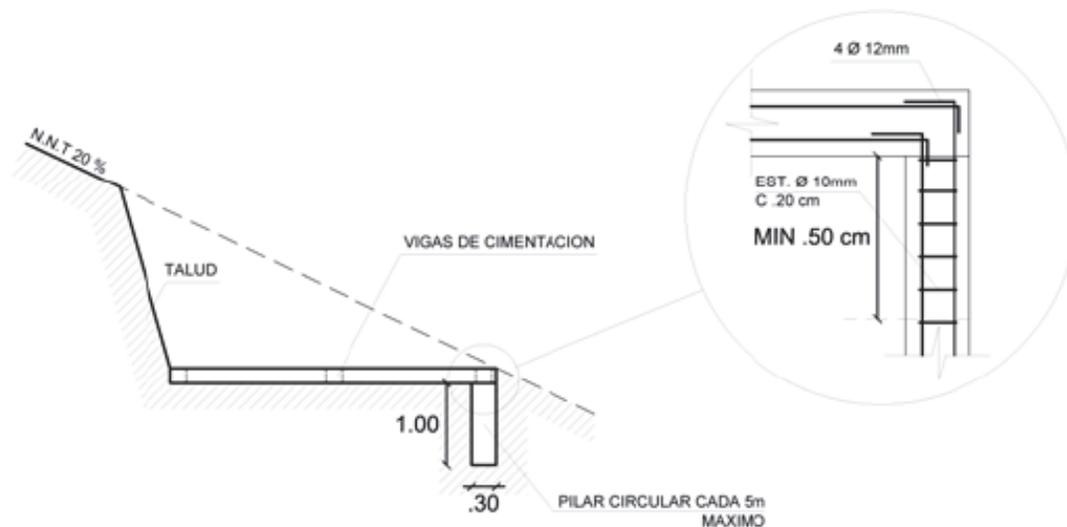


FIGURA 5-23. PILARES PARA ESTABILIZAR CIMENTACIONES EN TERRENOS INCLINADOS.

Fuente: (INBAR, 2015)

Sobrecimientos

Sobre la viga de cimentación se construye un sobrecimiento de mampostería con una altura mínima de 300 mm que debe anclarse debidamente a la cimentación mediante barras de refuerzo. Si la profundidad del suelo competente es mayor de 700 mm se reduce la altura del sobrecimiento y se construye un relleno de hormigón ciclópeo bajo la viga de cimentación con un ancho mínimo de 300 mm y una altura mínima de 300 mm.

5.2.5 UNIONES

Para garantizar la resistencia y rigidez necesarias para resistir las cargas y transmitir las con seguridad a la cimentación, todos los miembros y elementos estructurales deberán estar anclados, arriostrados, empalmados e instalados adecuadamente.

5.2.5.1 Tipos de cortes en elementos de caña guadúa

- a) **Corte recto:** aquel corte plano perpendicular al eje de la guadúa.
- b) **Corte boca de pescado:** corte cóncavo transversal al eje de la guadúa, puede tener un ángulo de inclinación cuando la unión de las dos guadúas no es a 90° . La distancia entre el nudo y la parte baja de la boca de pescado no debe ser mayor a 50 mm.
- c) **Corte pico de flauta:** corte utilizado para acoplar guadúas que llegan en ángulos diferentes a 0° y 90° . Se lo hace como boca de pescado inclinada o con dos cortes rectos (INBAR, 2015).

Los diferentes cortes se ilustran en la FIGURA 5-24.

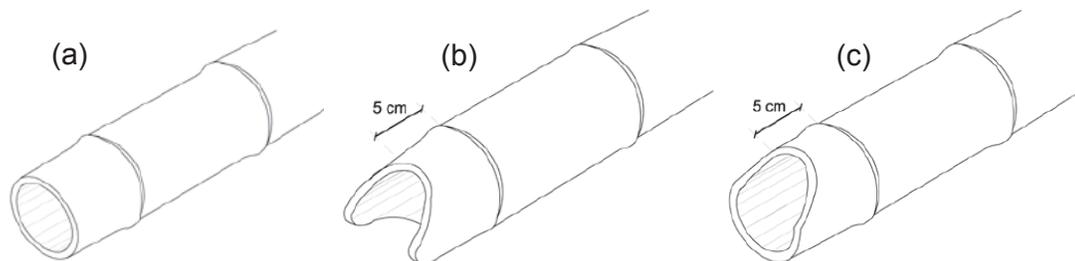


FIGURA 5-24. TIPOS DE CORTE EN ELEMENTOS DE CAÑA GUADÚA.

Fuente: (INBAR, 2015)

5.2.5.2 Tipos de uniones según el material utilizado

Uniones clavadas madera – guadúa

Se las utilizará en caso de unión de soleras de muro con pies-derechos. Debido a la penetración y el impacto de los clavos al momento de unir dos o más guadúas, no se permite esta conexión, ya que generaría fisuraciones en los elementos.

Estas uniones deben usarse solamente de forma temporal cuando se conecten dos guadúas. La inclinación recomendada para incrustar los clavos es de 60° (INBAR, 2015).

Uniones pernadas guadúa-guadúa.

Son las uniones más comunes para la conexión de dos o más elementos de caña guadúa, se los utiliza para conectar elementos paralelos con pernos perpendiculares al eje de la guadúa, como se observa en la FIGURA 5-25 o para conectar elementos que se encuentran en el mismo plano que el perno (conexión perno tensor), como se observa en la FIGURA 5-26.

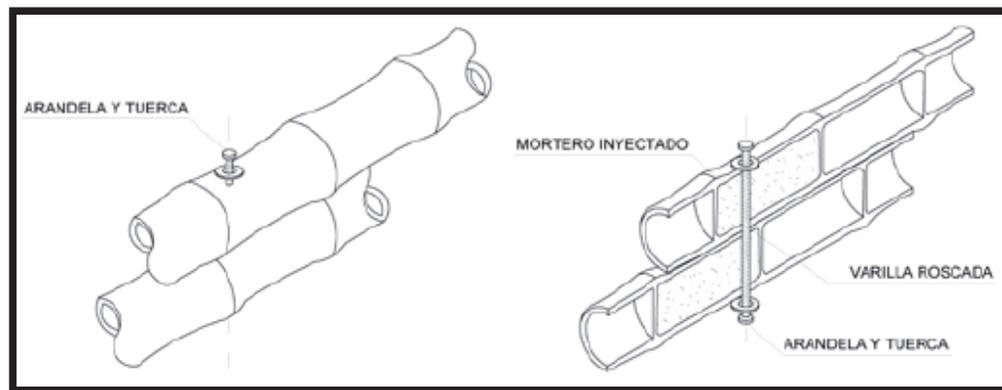


FIGURA 5-25. UNIÓN PERNADA EN PLANOS PARALELOS.

Fuente: (INBAR, 2015)

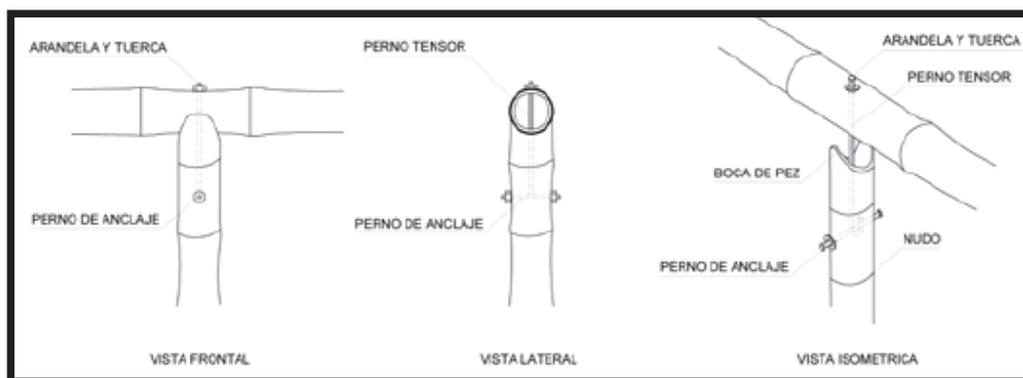


FIGURA 5-26. UNIÓN PERNO TENSOR.

Fuente: (INBAR, 2015)

También se puede realizar una conexión en el mismo plano de la guadúa para dar continuidad a los elementos.

Especificaciones generales

- Los pernos pueden ser varillas roscadas con una resistencia mínima de $f_y=2400 \text{ kg/cm}^2$.
- Todos los cañutos atravesados por pernos o barras deben rellenarse con mortero de cemento, que debe ser lo suficientemente fluido para penetrar completamente dentro del cañuto.
- El mortero debe proporcionarse con la mínima cantidad de agua y sin exceder una relación 4:1 por volumen entre el agregado fino y el cemento. Es posible utilizar aditivos reductores de agua de mezclado, no corrosivos.
- La perforación para inyectar el mortero debe ser de máximo 25 mm de diámetro, lo más cercana al nudo. La perforación se realiza con un taladro de alta velocidad y la inyección del mortero mediante un embudo con la ayuda de una bomba manual o con una varilla. Una vez llenado el cañuto se procede a sacar el aire mediante golpes leves con un martillo (INBAR, 2015).

5.2.5.3 Tipos de uniones según la función

Unión cimentación-muro

Los muros de bahareque deben estar en contacto directo con las vigas de cimentación o atravesando los sobrecimientos. Para el proyecto se considera la unión con soleras de madera aserrada, que se realiza con barras roscadas ancladas a los cimientos. Estas barras atraviesan las soleras y se fijan a la cimentación con tuercas y arandelas. La madera debe separarse del hormigón o de la mampostería con plástico u otra barrera similar. El caso se muestra en la FIGURA 5-27.

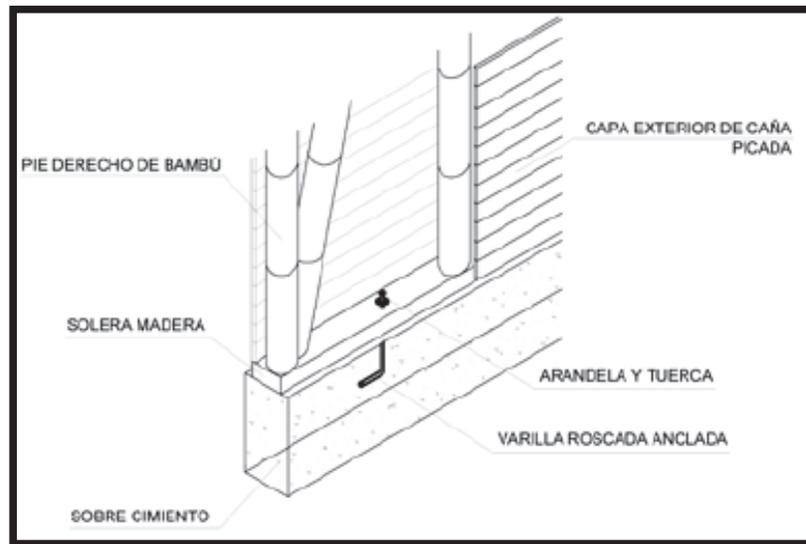


FIGURA 5-27. UNIÓN MURO DE BAHAREQUE CON SOLERA DE MADERA A CIMENTO.

Fuente: (INBAR, 2015)

Unión entre muros en el mismo plano

En este caso los muros se unen entre sí mediante, pernos, tuercas y arandelas como se muestra en la FIGURA 5-28. Como requisito debe haber por lo menos dos conexiones por unión, cada una en el tercio de la altura del muro. El perno debe tener al menos 9,5 mm de diámetro y si los pie-derechos son de guadúa, los cañutos atravesados deben rellenarse con mortero.

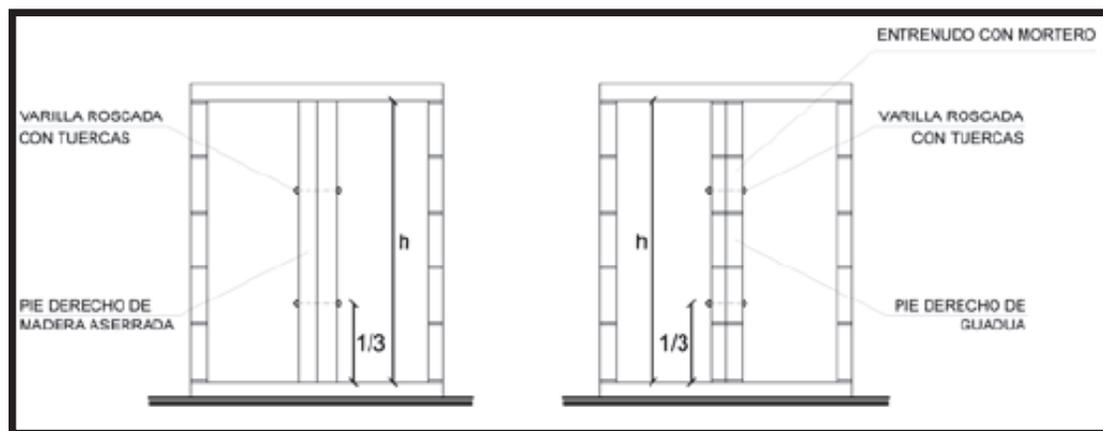


FIGURA 5-28. UNIÓN MUROS EN EL MISMO PLANO.

Fuente: (INBAR, 2015)

Unión entre muros en planos perpendiculares

Para el caso de muros en diferentes planos entre sí, pueden unirse con pernos, tuercas y arandelas en una sola dirección o a través de un elemento adicional en la intersección de los muros, utilizando los mismos conectores en ambas direcciones. Al igual que la unión de los muros en el mismo plano, debe haber por lo menos dos conexiones por unión en cada tercio de la altura del muro (INBAR, 2015). Véase los diferentes casos en la FIGURA 5-29, FIGURA 5-30 y FIGURA 5-31.

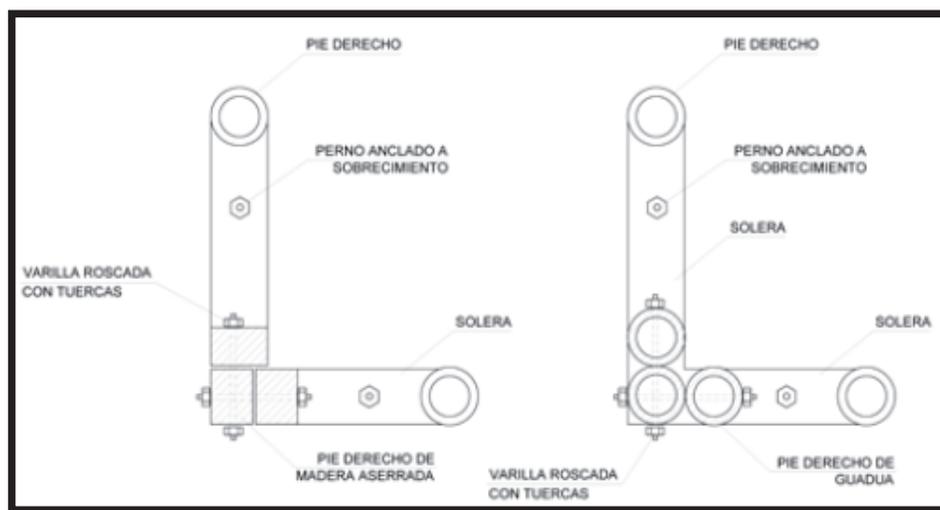


FIGURA 5-29. UNIÓN DE MUROS EN L.

Fuente: (INBAR, 2015)

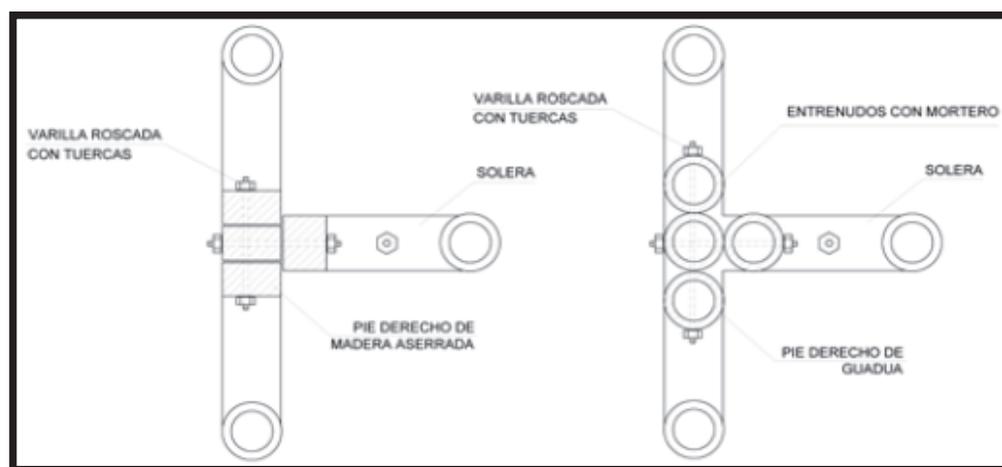


FIGURA 5-30. UNIÓN DE MUROS EN T.

Fuente: (INBAR, 2015)

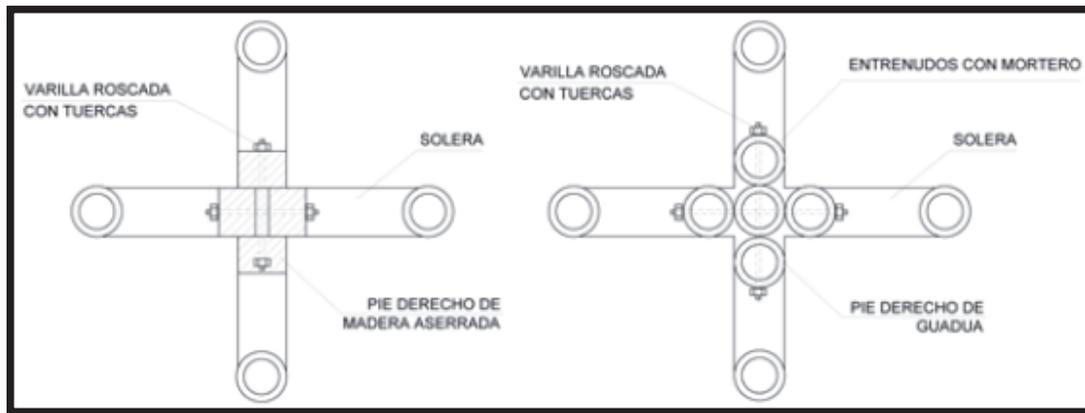


FIGURA 5-31. UNIÓN DE MUROS EN CRUZ.

Fuente: (INBAR, 2015)

Unión entre muros y cubierta

Para el caso de las cubiertas, la conexión de las correas con los muros debe hacerse a la solera superior, a través de un perno pasante que sujeta la correa y la solera como se muestra en la FIGURA 5-32.

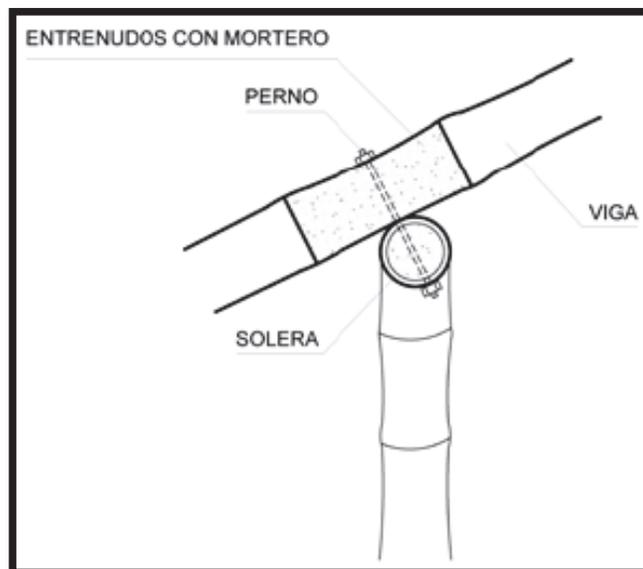


FIGURA 5-32. UNIÓN VIGUETA DE CUBIERTA A SOLERA.

Fuente: (INBAR, 2015)

Si los muros se fabrican mediante paneles, la conexión se realiza de la misma forma, mediante un elemento continuo, uniendo las carreras de los paneles. Para

zonas con vientos fuertes la conexión se realizará utilizando la conexión de perno tensor y sujetando el pie-derecho, la solera y la vigueta. Las tejas o paneles de cubierta deben amarrarse de las correas para formar un conjunto (INBAR, 2015).

5.3 SISTEMA DE AGUA POTABLE

5.3.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES

Como se había mencionado anteriormente, el sector de la Laguna de Cube no cuenta con un servicio de agua potable por lo que es necesario implementar un sistema de captación, recolección, tratamiento y distribución para el Complejo Ecoturístico.

Para decidir el sistema de agua potable a implementarse dentro del proyecto se han tomado en cuenta los siguientes parámetros:

- **Calidad del agua:** constituye un factor determinante al momento de seleccionar una fuente de abastecimiento y el tratamiento a aplicarse. Los parámetros de calidad del agua del efluente de la Laguna de Cube se encuentran en el apartado 4.4.2.
- **Tipo de proyecto:** la demanda de agua depende del tipo de proyecto en base a las necesidades existentes y los tipos de uso. Sin embargo, muchas veces el agua consumida no se aprovecha de manera correcta.

En el caso de un hotel típico aproximadamente el 33% de la demanda no requiere agua potable (GRÁFICO 5-1). Esto se debe a que ciertos requerimientos como el lavado del inodoro, riego y lavandería podrían satisfacerse con agua de menor calidad. Además, las estadísticas muestran que la gran mayoría del agua se utiliza una sola vez, con poco intento de reutilización (CGBC, 2011). Sin embargo, la reutilización es fundamental para un uso más eficiente de este recurso vital.

GRÁFICO 5-1. USO TÍPICO DE AGUA EN HOTELES



Fuente: (CGBC, 2011)

- **Oferta de agua:** El clima regional es una consideración importante al elegir y dimensionar el sistema de dotación de agua. Un exceso o falta de agua, con el cambio de los patrones de precipitación puede presentar el mayor peligro que se enfrenta en la construcción de comunidades y edificios duraderos. Variaciones climáticas significativas pueden ocurrir en distancias de sólo unas pocas millas, haciendo importante entender las condiciones específicas presentes que sean capaces de evolucionar en el sitio de diseño (CGBC, 2011).

Tomando en cuenta los parámetros anteriormente mencionados y con el objetivo de que haya un uso sostenible del recurso, se propone que el agua consumida por los ocupantes del proyecto provenga principalmente de la recolección de agua lluvia, y en épocas secas, recurrir al efluente de la Laguna de Cube.

Es necesario que el agua destinada al consumo directo de las personas sea tratada antes de su ingesta.

En el caso del agua lluvia, el tratamiento debe estar dirigido a la remoción de las partículas que no fueron retenidas por el dispositivo de intercepción de las primeras aguas, y en segundo lugar al acondicionamiento bacteriológico (OPS (a), 2004).

Por otro lado, en el efluente de la Laguna de Cube el único parámetro fuera de norma es la DQO, por lo que se requiere un tratamiento que remueva materia orgánica.

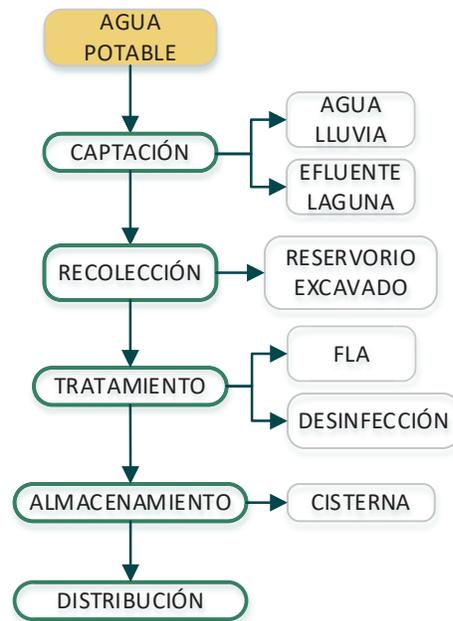


FIGURA 5-33. ESQUEMA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

5.3.2 DEMANDA DE AGUA (ANÁLISIS DE CONSUMO)

Debido a la visión sostenible del proyecto, para determinar la dotación de agua se ha realizado un análisis de consumo por actividad y aparatos sanitarios, contrastando los valores convencionales con aquellos en los que se han implementado medidas de ahorro.

Para calcular la demanda de agua por persona por día, se requiere conocer:

- a) **Cantidad de agua consumida:** es la cantidad de agua que el aparato sanitario utiliza por cada descarga, como en el caso del inodoro, o por unidad de tiempo, como los lavabos. Generalmente este valor es proveído por los fabricantes de los aparatos sanitarios.
- b) **Frecuencia de consumo:** refleja el número de veces o la cantidad de tiempo que se usa un aparato sanitario por día, en base a los hábitos de consumo de una persona promedio.

La demanda será la sumatoria del producto de la cantidad de agua consumida por la frecuencia de consumo de cada aparato sanitario.

Por otro lado, aunque el sistema de abastecimiento se diseña para la máxima cantidad de ocupantes, es importante determinar la variación de la demanda durante el año para conocer cuando la demanda será máxima y cuando será mínima.

Se ha tomado como referencia el promedio de la tasa de ocupación hotelera de San Miguel de los Bancos en el período febrero 2015 a julio 2016 (GRÁFICO 5-2), debido a las siguientes razones:

1. Existe una falta de esta información en el sector de La Laguna,
2. Ambos sectores poseen atractivos turísticos similares y sus condiciones climáticas son parecidas.
3. No existen datos de ocupación hotelera en todo el país, sino únicamente en determinados cantones.

GRÁFICO 5-2. TASA DE OCUPACIÓN HOTELERA SAN MIGUEL DE LOS BANCOS PROMEDIO 2015-2016



Fuente: (Ministerio de Turismo, 2017)

El promedio mensual para estos años es igual a 26,8%.

5.3.3 CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA

La captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener agua para consumo humano y/o uso agrícola. En la captación del agua de lluvia se acostumbra utilizar la superficie del techo como captación, conociéndose a este modelo como sistema de captación de agua pluvial en techos (SCAPT) (OPS (a), 2004). Las ventajas y desventajas de este sistema se muestran en la FIGURA 5-34.

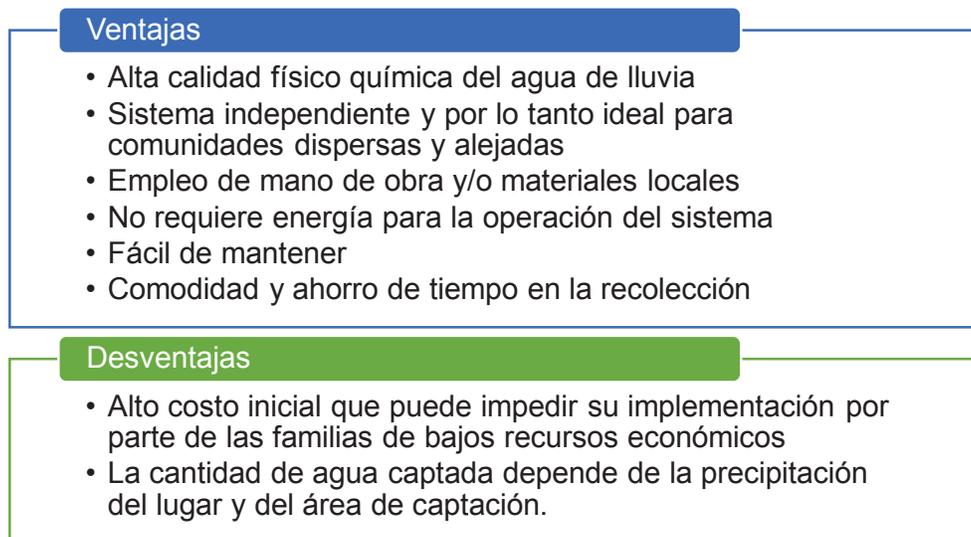


FIGURA 5-34. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA SCAPT

Fuente: (OPS (a), 2004)

De acuerdo a CGBC (2011), hay tres consideraciones principales al momento de recolectar agua lluvia a cualquier escala:

- El agua recogida debe ser lo suficientemente limpia para su uso previsto.
- Debe estar disponible estacionalmente con suficiente fiabilidad.
- El área de captación y el volumen de recolección deben ser suficientes para satisfacer las demandas de agua para las que el sistema está destinado a servir.

Los parámetros necesarios para el cálculo de la oferta del sistema de agua lluvia han sido establecidos por la (OPS (a), 2004), y se explican a continuación.

- a) Precipitación promedio mensual: A partir de los datos de precipitación media mensual de los últimos 15 años se obtiene el valor promedio mensual del total de años evaluados. El procesamiento de esta información se realizó en el

b) CAPÍTULO 4 apartado 4.4.1.

c) Área de aporte y material del techo: El área de captación de agua de lluvia es igual al área de la huella del techo, opuesta a la superficie de la cubierta (FIGURA 5-35), y no la del techo inclinado. El material del techo también juega un papel importante pues su capacidad para escurrir el agua (TABLA 5-17).

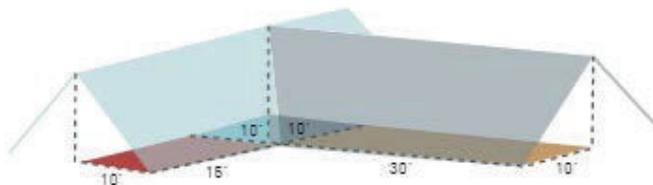


FIGURA 5-35. ÁREA DE RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA

Fuente: (CGBC, 2011)

TABLA 5-17. COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO DE ACUERDO CON EL MATERIAL

C	Superficie colectora
0,85	tejado duro inclinado
0,6	tejado plano con gravilla
0,8	tejado plano sin gravilla
0,65	superficie empedrada
0,85	revestimiento asfáltico
0,7	concreto
0,55	pavimento
0,4	tejado verde
0,85	geomembrana de PVC
0,85	azulejos, teja de barro
0,8	tejas acanaladas metálicas
0,65	techos de paja
0,15	suelo con pendientes menores al 10%
0,35	superficies naturales rocosas

Fuente: (Galeón, 2015)

d) Abastecimiento parcial: Se calcula teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el coeficiente de escorrentía y el área de techo se procede a determinar la cantidad de agua captada cada mes.

- e) Demanda parcial: A partir de la dotación asumida por persona se calcula la cantidad de agua necesaria para atender las necesidades los visitantes dependiendo de la tasa de ocupación hotelera para cada mes.
- f) Valores acumulados: Teniendo como base los valores obtenidos en la determinación de la demanda mensual de agua y oferta mensual de agua de lluvia, se procede a calcular el acumulado de cada uno de ellos mes a mes.
- g) Volumen de almacenamiento: El volumen de almacenamiento será la diferencia entre el acumulado de la oferta menos el acumulado de la demanda. Cuando este valor se vuelva negativo, se tomará la diferencia de los valores parciales en vez del acumulado, de manera que se pueda visualizar el déficit mes a mes.

5.3.4 CAPTACIÓN DE AGUA DE FUENTE ALTERNATIVA MEDIANTE BOMBEO

El déficit en el almacenamiento de agua lluvia en los meses con baja precipitación se suplirá con el agua captada en el efluente de la Laguna de Cube. El caudal de esta fuente medido en época seca es de 0,29 l/s, suficiente para cubrir la demanda. Sin embargo, existe la necesidad de dejar un caudal ecológico para que se garanticen las funciones y procesos de la flora y fauna que dependen del efluente de manera que no sean perjudicados al disponer de su agua.

Por lo tanto, se considera que se puede captar apenas el 50% del agua de esta fuente en períodos secos, es decir 0,14 l/s, con lo cual se abastecería al Complejo gracias a que se dispone de un reservorio que permite el almacenamiento del recurso hídrico.

Para la captación se implementará un sistema de bombeo cuyo diseño se encuentra bajo los siguientes parámetros:

- a) Caudal de la bomba: Es igual al caudal que se desea captar de la fuente, de acuerdo a la demanda. En este caso se considera que la bomba proveerá agua al Complejo Ecoturístico a máxima capacidad.
- b) Eficiencia de la bomba: Es la relación entre la potencia transmitida por la bomba al fluido y la potencia suministrada a la bomba.
- c) Pérdidas longitudinales: Ocasionadas por la fricción entre el agua y la tubería. Se aplica la ecuación de Hazen Williams.

- d) Altura estática: Es la diferencia de nivel existente entre la bomba y el punto al que debe servir.
- e) Altura dinámica: Es la suma de la altura estática con las pérdidas.
- f) Altura total: Se calcula considerando un rango de presiones de 14 m.
- g) Potencia de la bomba: Para el diseño se considera un 50% extra de la potencia normal.

La conducción del agua captada se ha trazado en los planos obtenidos en el estudio de Albuja & otros (2000) y se encuentra en el ANEXO 5.

5.3.5 RESERVORIO DE AGUA

Los parámetros necesarios para el diseño son:

- a) Tiempo de retención: se considera como el número máximo de días en los que se espera que el Complejo esté a su máxima capacidad. Para feriados largos como el de carnaval, el valor asciende a 4 días.
- b) Volumen calculado del reservorio: dependerá del número de visitantes del Complejo cuando la ocupación es máxima, la dotación y el tiempo de retención.
- c) Volumen real del reservorio: se calcula asignando valores constructivos para el largo y ancho del fondo y la profundidad.

Las paredes del reservorio se construyen en forma de talud cuya inclinación depende del tipo de suelo sobre el que será excavado de acuerdo a la TABLA 5-18.

TABLA 5-18. TALUD PARA RESERVORIO DE ACUERDO AL MATERIAL DE EXCAVACIÓN

Material del terraplén	Altura máx (m)	Talud y:x
Arcillas de baja plasticidad	de 4 a 8	2:1 2.5:1
Arcillas arenosas	de 4 a 8	3:1 2.5:1
Arena arcillosa, arcillas muy plásticas	hasta 4	3:1 4:1

Fuente: (MAG, 2010)

Por lo tanto, la forma final del reservorio corresponde con una especie de pirámide truncada, por lo que su volumen real se determina como tal.

Se deben realizar varias pruebas con diferentes valores para el largo, ancho y profundidad, hasta que el volumen real sea muy próximo al volumen calculado.

5.3.6 FILTRO LENTO DE ARENA (FLA)

La filtración lenta, consiste en la circulación del agua cruda a baja velocidad a través de un manto poroso de arena. Durante el proceso, las impurezas entran en contacto con la superficie de las partículas del medio filtrante y son retenidas, desarrollándose adicionalmente procesos de degradación química y biológica que reducen la materia retenida a formas más simples, las cuales son llevadas en solución o permanecen como material inerte hasta un subsecuente retiro o limpieza (OPS (b), 2000).

Sus principales componentes se detallan a continuación y se muestran esquemáticamente en la FIGURA 5-36.

- Canal recolector: Es una estructura tipo cajón, que recoge el agua que llega desde el reservorio y posteriormente la distribuye entre los módulos del FLA. Para su diseño se tiene en cuenta el caudal que llega y el tiempo de retención.
- Vertedero de entrada: Permite un control del caudal que entra al FLA desde el canal recolector. Puede ser de tipo triangular o rectangular.
- Tanque: Contiene una capa sobrenadante del agua que se va a tratar, el material filtrante y el sistema de recolección.
- Lecho filtrante: Compuesto por granos de arena duros y redondeados, libres de arcilla y materia orgánica. La arena no debe contener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio (OPS (b), 2000).
- Sistema de recolección: Una vez filtrada, el agua se recolecta mediante tubos con orificios. El sistema consta de un tubo principal que recoge el agua de tubos perpendiculares a él, llamados laterales.
- Sistema de drenaje: El nivel mínimo del filtro se controla mediante el vertedero de salida.

- Dispositivos para regulación y control: Conjunto de válvulas y dispositivos que permiten el drenaje y control de nivel.

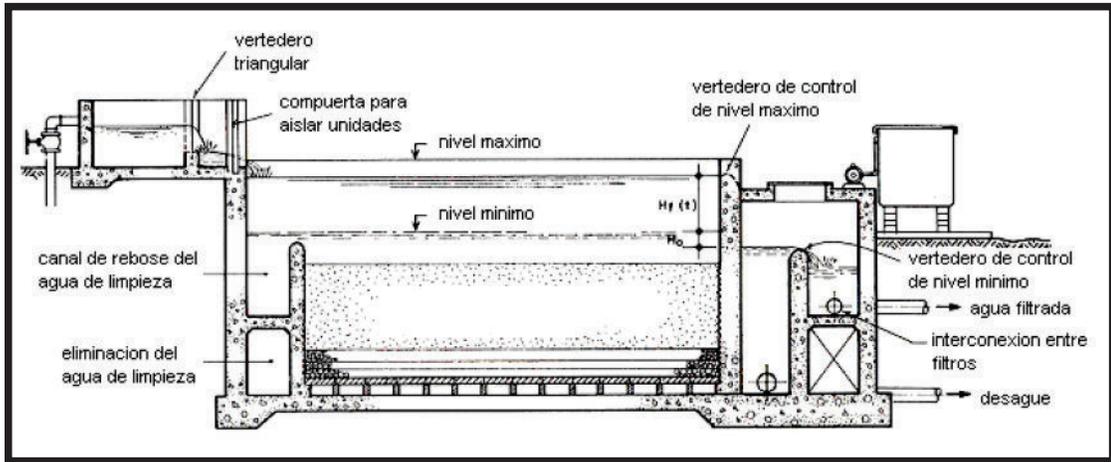


FIGURA 5-36. CORTE LONGITUDINAL DE UN FLA

Fuente: (OPS (c), 2005)

Los parámetros para el diseño del filtro lento se tomaron principalmente del proyecto realizado por Zuñiga (2010) y se explican a continuación.

- Número de filtros: El caudal por filtrar para el proyecto es relativamente bajo por lo que se requiere únicamente de un filtro. Sin embargo, por cuestiones de mantenimiento, el número mínimo a construirse son dos unidades, aunque para el diseño se considera como si toda el agua se filtrase únicamente en una.
- Tasa de filtración: Determina la velocidad de filtrado y varía entre $2-10 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-día}$.
- Coefficiente de costo mínimo: Permite determinar las dimensiones óptimas para el filtro.
- Sistema de recolección: Una vez filtrada, el agua se recolecta mediante tubos con orificios. El sistema consta de un tubo principal que recoge el agua de tubos perpendiculares, llamados laterales. Para su diseño se recomienda el uso de las TABLA 5-19 y TABLA 5-20.

TABLA 5-19. PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DRENAJES POR TUBERÍAS

Velocidad máxima en el distribuidor	0,3 m/s
Velocidad máxima en los laterales	0,3 m/s
$\frac{\text{Área total de orificio}}{\text{Área del lecho}}$	(1,5 a 5) * 10 ⁻³
$\frac{\text{Área del principal}}{\text{Área del lateral}}$	1,5 a 3
$\frac{\text{Área del lateral}}{\text{Área de orificios servida por el lateral}}$	2 a 4

Fuente: (Zuñiga, 2010)

TABLA 5-20. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LATERALES

Espaciamiento de los laterales	1-2 m
Diámetro de los orificios de los laterales	6,5mm – 15,8 mm
Espaciamiento de los orificios de los laterales	7,5cm – 25 cm
Altura entre tubo y fondo del filtro	3,5 cm
Velocidad en orificio	3 – 5 m/s

Fuente: (Zuñiga, 2010)

- e) Lecho filtrante: El lecho filtrante está compuesto de varias capas de arena y grava con una determinada granulometría, cuya clasificación se encuentra en la TABLA 5-21. Otros parámetros importantes por considerar en el sistema se encuentran en la TABLA 5-22.

TABLA 5-21. TAMAÑO DE MATERIAL GRANULAR PARA LECHO FILTRANTE

TRES CAMADAS		CUATRO CAMADAS	
$\frac{3}{4}$ " – 2"	0,175 m	$\frac{3}{4}$ " – 2"	0,175 m
$\frac{3}{8}$ " – $\frac{3}{4}$ "	0,075 m	$\frac{3}{8}$ " – $\frac{3}{4}$ "	0,075 m
$\frac{3}{16}$ " – $\frac{3}{8}$ "	0,075 m	$\frac{3}{16}$ " – $\frac{3}{8}$ "	0,050 m
		$\frac{3}{32}$ " – $\frac{3}{16}$ "	0,050 m

Fuente: (Zuñiga, 2010)

TABLA 5-22. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL LECHO FILTRANTE

Altura de agua sobrenadante	1 – 1,5 m
Profundidad del medio filtrante (arena)	1 – 1,4 m
Profundidad del sistema de drenaje (grava)	0,3 - 0,5 m
Granulometría del medio filtrante	d ₁₀ =0,15 – 0,35 mm
	CU=2 - 3

Fuente: (Zuñiga, 2010)

- f) Pérdidas del medio filtrante: Se usa la ecuación de Kozeny, en la cual intervienen características propias del material granular (TABLA 5-23).

TABLA 5-23. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL GRANULAR

Item	Descripción	Esfericidad (Ce)	Factor de forma (s)	Porosidad (Po)
1	Esféricos	0,95	6	0,355
2	Desgastados	0,94	6,1	0,375
3	Redondeados	0,82	6,4	0,400
4	Agudos	0,91	7,4	0,415
5	Angulares	0,78	7,7	0,430
6	Triturados	0,7	8,5	0,480

Fuente: (Zuñiga, 2010)

5.3.7 DESINFECCIÓN

La desinfección del agua filtrada será por medio de la erosión de tabletas de hipoclorito de calcio sólido mediante un dosificador (FIGURA 5-37), ideal para el tratamiento de agua de pequeñas comunidades.

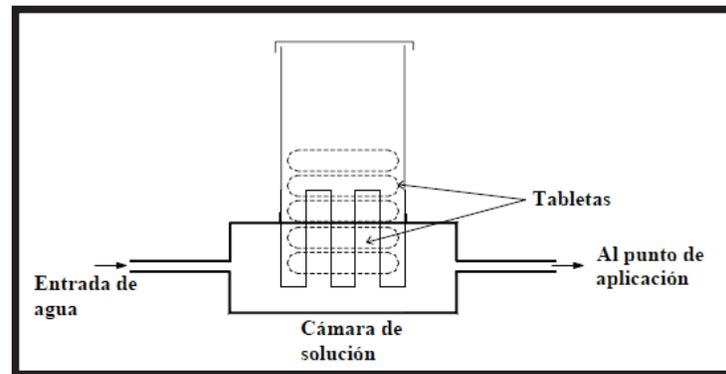


FIGURA 5-37. DOSIFICADOR DE TABLETAS

Fuente: (Solsona & Méndez, 2002)

Los equipos son muy fáciles de manipular y mantener, además de ser baratos y duraderos. Los dosificadores de erosión disuelven gradualmente las tabletas de hipoclorito a una tasa predeterminada mientras fluye una corriente de agua alrededor de ellas. Este mecanismo proporciona la dosificación necesaria de cloro para desinfectar el agua. A medida que las tabletas se van diluyendo, se reemplazan con otras nuevas que caen por gravedad en la cámara. (Solsona & Méndez, 2002).

Los dosificadores por erosión de tabletas son sencillos de operar. El equipo se calibra de manera sencilla pero no muy precisa por medio de un ajuste de la profundidad de inmersión de la columna de tabletas o de la velocidad o caudal que se hace pasar por la cámara de disolución. El sistema se puede adquirir listo para instalar por lo que no debe diseñarse.

5.3.8 CISTERNA DE ALMACENAMIENTO

El almacenamiento del agua tratada se realizará en tanques plásticos de 10 m³ cada uno. El principal criterio para su diseño hidráulico es el tiempo de retención, que se sugiere sea de por lo menos un día, de manera que haya suficiente agua potable para abastecer al Complejo cuando se encuentre a máxima capacidad.

Estos tanques deben ser enterrados en una zanja que cumpla con las especificaciones del fabricante.

5.3.9 DISTRIBUCIÓN

El diseño y cálculo de la red de agua potable se determina en función a los aparatos sanitarios y servicios reflejados en los planos arquitectónicos. No se consideran piezas sanitarias especiales, como válvulas de fluxómetro para inodoros.

En primer lugar, es necesario señalar los tramos a calcularse en los planos, con el criterio de que cualquier ramificación constituirá un tramo nuevo.

Para el cálculo es importante comprender el concepto de caudal instantáneo, caudal simultáneo y caudal máximo.

- Caudal instantáneo: aquel que se debe suministrar a cada uno de los aparatos sanitarios independientemente del estado de funcionamiento.
- Caudal simultáneo: es el caudal probable en caso de que varios aparatos sanitarios funcionen al mismo tiempo.
- Caudal máximo: depende del caudal simultáneo y el número acumulado de aparatos en el tramo.

Para la asignación de los diámetros de las tuberías se verifica que la velocidad producida por el caudal de diseño no supere los 2 m/s.

El sistema de distribución depende de un equipo de bombeo, que permite que la presión se encuentre sobre los 10 m de columna de agua.

El equipo de bombeo debe ajustarse a la potencia comercial disponible de acuerdo al fabricante, debiendo satisfacer en todo caso los requerimientos de caudal máximo y altura dinámica total determinados.

5.4 SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES

5.4.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES

Las aguas residuales son una importante fuente adicional para satisfacer la demanda del recurso, a causa de la disponibilidad limitada de agua potable para cubrir los requerimientos de las poblaciones, los bajos costos, los beneficios para los suelos agrícolas y la disminución del impacto sobre el ambiente (Silva & Torres, 2008).

La prevención de la polución del agua y del suelo es solamente posible si se definen técnicas apropiadas de tratamiento y disposición de las aguas residuales (Rojas, 2002). De tal manera para la selección del sistema, es necesario tomar en cuenta los parámetros que se explican a continuación.

- **Origen del agua residual:** Las descargas pueden clasificarse en aguas grises y aguas negras. Las aguas grises son aquellas que provienen de las lavadoras, regaderas, tinas y lavabos. Son aguas residuales que tuvieron un uso ligero, que pueden contener jabón, cabello, suciedad o bacterias. Por otro lado, las aguas negras son aquellas que se han encontrado en contacto con materia fecal u orina, por lo que generalmente provienen de los inodoros (Greywater Action, 2015).

Generalmente las aguas grises contienen bajos niveles de contaminantes patógenos y nitrógeno, por lo que combinarlas con las aguas negras significa incrementar su nivel de contaminación y generar mayor cantidad de aguas servidas a tratar con procesos más complejos (Sánchez, 2010).

- **Calidad del agua residual:** Las aguas residuales contienen material suspendido y componentes disueltos, tanto orgánicos como inorgánicos. Los constituyentes convencionales presentes en aguas residuales domésticas son: sólidos suspendidos y coloidales, materia orgánica e inorgánica medida como demanda química y bioquímica de oxígeno (DQO y DBO, respectivamente), carbono orgánico total (COT), nitrógeno (amoniaco, orgánico, nitritos y nitratos), fósforo, bacterias, protozoarios y virus (Silva & Torres, 2008).

Las características promedio de aguas residuales domésticas, aguas negras y aguas grises se presentan en la TABLA 5-24.

TABLA 5-24. CARACTERIZACIÓN PROMEDIO DE AGUAS RESIDUALES

Parámetro	Agua residual doméstica	Aguas negras	Aguas grises
DBO (mg/L)	115-400	300-600	100-400
DQO (mg/L)	210-740	900-1500	200-700
N total (mg/L)	20-80	100-300	8-30
P total (mg/L)	6-23	40-90	2-7

Fuente: (Luostarinen, Sanders, Kujawa-Roeleveld, & Zeeman, 2007)

Como se puede observar, la cantidad de materia orgánica y nutrientes tales como fósforo y nitrógeno son mucho mayores en las aguas negras al comparar estos valores con las aguas grises. La combinación de ambas resulta en una concentración promedio.

- **Uso posterior al tratamiento:** La generación de descargas está estrechamente ligada con la demanda de agua y su tratamiento in situ es un tema crucial que vendrá determinado por el sistema a implementarse.

La Agencia estadounidense de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) clasificó el reuso en ocho categorías, de acuerdo con la calidad del agua: urbano, áreas de acceso restringido, agrícola para cultivos consumidos crudos y para cultivos no consumidos crudos, recreacional, industrial, recarga de acuíferos y reuso indirecto potable.

El Capítulo 4 de la normativa “Guidelines for Water Reuse” de la EPA (2012), presenta los procesos de tratamiento sugeridos, la calidad de agua regenerada, la frecuencia de monitoreo y las distancias para la reutilización de agua en las mencionadas categorías. Estas directrices se aplican a las aguas residuales domésticas municipales o aquellas con una limitada entrada de residuos industriales.

- **Cantidad de agua residual producida:** La cantidad de agua residual producida es muy cercana a la cantidad de agua consumida por los aparatos sanitarios. La diferencia entre ambos valores radica principalmente en cuestiones relacionadas con la evaporación y las fugas de agua que reducen la cantidad de aguas residuales en comparación al agua potable.

Para el proyecto se ha considerado que la mejor opción, es separar aguas grises y negras que, aunque implica un costo inicial más elevado, se compensa con procesos más sencillos en el tratamiento y la devolución más rápida del agua tratada al ambiente. Se ha tomado en cuenta el hecho que, durante los meses secos, el requerimiento de agua del proyecto, apenas se puede suplir con el agua captada en el efluente de la Laguna de Cube por lo que resulta conveniente cubrir las necesidades de riego de jardines y del huerto con agua residual tratada. Se debe aplicar un tratamiento adecuado para lograr una calidad para usos potables sin restricción.

Además, se prevé la reutilización del recurso para inodoros. De tal manera, los requerimientos que debe cumplir el agua deben corresponder con los parámetros para usos potables sin restricción, así como para uso en agricultura para cultivos comestibles como indica la TABLA 5-25.

TABLA 5-25. REQUISITOS DE AGUA RESIDUAL TRATADA

		Usos potables sin restricción	Uso en agricultura para cultivos comestibles
Requisitos del tratamiento	Proceso unitario	Tratamiento secundario, filtración y desinfección	Tratamiento secundario, filtración y desinfección
	Desinfección con cloro	CRT > 1 mg/L; 15 minutos de contacto durante el caudal máximo	CRT > 1 mg/L; 15 minutos de contacto durante el caudal máximo
Requisitos de calidad en monitoreo	DBO5	20 mg/L (med. anual); 30 mg/L (med mens); 45 mg/L (med sem); 60 mg/L (máx)	20 mg/L (med. anual); 30 mg/L (med mens); 45 mg/L (med sem); 60 mg/L (máx)
	SST	5 mg/L	5 mg/L
	Turbiedad	5 UTN máx	5 UTN máx
	Indicador bacteriano	75% muestras debajo de 25/1010 ml (máx)	75% muestras debajo de 25/1010 ml (máx)
	Patógenos	Giardia y Cryptosporidium muestrear una vez c/2 años. Para plantas \geq 1 mgd; c/5 años para plantas \leq 1 mgd	Giardia y Cryptosporidium muestrear una vez c/2 años. Para plantas \geq 1 mgd; c/5 años para plantas \leq 1 mgd

CTR: Cloro residual total

UTN: Unidad nefelométrica de turbidez

Fuente: (EPA, 2012)

Desde el punto de vista del reuso agrícola, los sistemas de bajo costo de implementación y operación que pueden asociarse con el uso de sus efluentes tratados en la agricultura son los sistemas de lagunas de estabilización (anaerobias, facultativas, de maduración), lagunas de alta tasa, reactores anaerobios de flujo ascendente y manto de lodos (UASB) y la disposición en el suelo. Los tratamientos, permiten la eliminación de patógenos y la conservación de nutrientes importantes para la agricultura como el fósforo y nitrógeno (Silva & Torres, 2008).

En lo que respecta al reuso indirecto potable para inodoros, es necesario recurrir a un tratamiento que elimine los nutrientes que quedan tras el tratamiento secundario, por lo que se recomienda la implementación de un humedal subsuperficial a manera de filtro y posterior desinfección.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, se ha decidido que el sistema para tratamiento de aguas residuales será el que se muestra en la FIGURA 5-38.

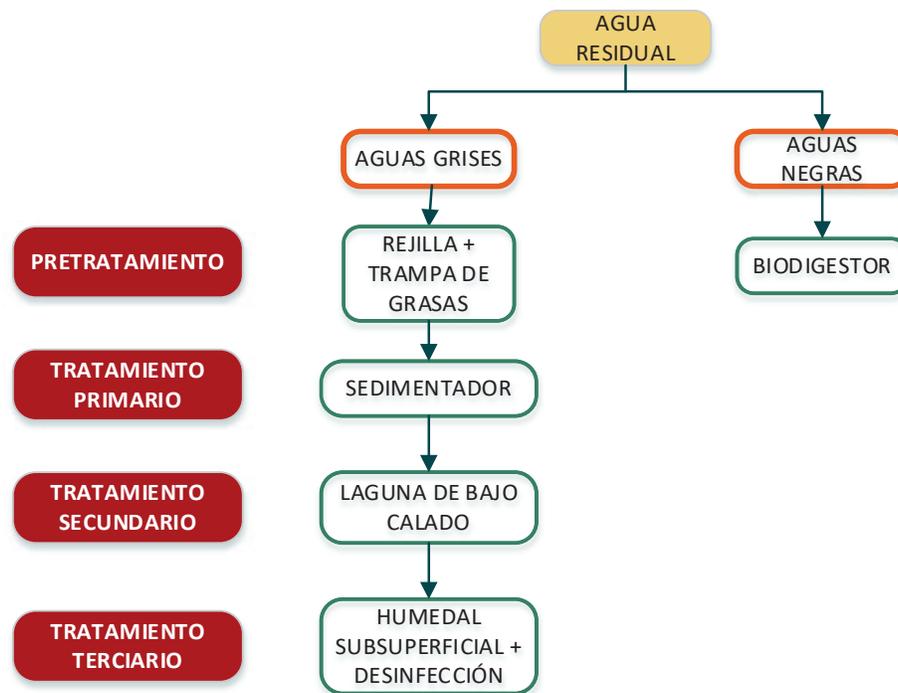


FIGURA 5-38. SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

5.4.2 PRODUCCIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Para el diseño del sistema de agua residual, se debe realizar una separación de aguas grises y aguas negras.

La cantidad de agua residual producida corresponde con el 80% de la cantidad de agua potable consumida cuando el Complejo se encuentra a su capacidad máxima. La reducción del 20% se debe principalmente a pérdidas por evaporación o fugas en el sistema de recolección.

5.4.3 LAGUNA DE BAJO CALADO

Las lagunas de estabilización tienen una ventaja enorme sobre los sistemas de tratamiento convencionales (lodos activados y sus variaciones, filtros de escurrimiento, entre otros.) en relación a la reducción de coliformes fecales y huevos de helmintos (Rolim, 1999).

Las lagunas de bajo calado presentan condiciones totalmente aerobias en todas sus capas y su finalidad es mejorar la calidad del efluente con la mortalidad de patógenos. Su profundidad puede ser de 0,10, 0,20, o 0,35 m, de manera que permiten un mayor contacto del agua con el medio externo, al haber un abundante intercambio de gases con el oxígeno. Por su baja profundidad, la penetración de la radiación solar es total, dando como resultado una apropiada mortalidad de patógenos (Olmedo & Paredes, 2013).

La principal diferencia con las lagunas de maduración radica en un menor calado.

Las lagunas de estabilización bien diseñadas y operadas pueden alcanzar la remoción casi total de helmintos (99,99%), bacterias entéricas y virus (99%), dejando un efluente libre de olor que es atractivo para la agricultura. Sin embargo, nutrientes residuales como nitrógeno y fósforo podrían convertirse en un problema a menos que se utilice directamente para apoyar a la agricultura (Kivaisi, 2000).

La laguna de bajo calado presenta flujo tipo pistón, que es aquel donde todo elemento de caudal deja el reactor en el mismo orden en que entró, no existe dispersión o mezcla y todo elemento del caudal es expuesto al tratamiento en el mismo periodo de tiempo. La concentración de los contaminantes después de un tiempo de retención dado responde a la ecuación:

$$C_f = C_o \times e^{-K_T t_r} \quad (5-11)$$

Donde:

Co: concentración inicial del contaminante (la unidad depende del contaminante)

Cf: concentración final del contaminante (la unidad depende del contaminante)

K_T: constante cinética de primer orden (día⁻¹)

t_r: Tiempo de retención(días)

En lo que respecta a la constante cinética de primer orden, se determina de manera experimental y depende de la temperatura del agua, el tipo de contaminante y el tipo de tratamiento. Para determinar el valor de la constante se aplica la ecuación:

$$K_T = K_R \times \theta_R^{T_W - T_R} \quad (5-12)$$

Donde:

K_R: constante de reacción a la temperatura de referencia (20 °C) (día⁻¹)

T_w : temperatura del agua considerada en el dimensionado ($^{\circ}$ C)

T_R : temperatura de referencia con la que se ha calculado el coeficiente θ_R ($^{\circ}$ C)

θ_R : coeficiente de temperatura, adimensional

Para el diseño se ha adaptado el procedimiento del estudio realizado por Cortés y otros (2011). Los parámetros más importantes se explican a continuación.

- a) El caudal afluente será igual al caudal de aguas grises.
- b) Para el DBO y la concentración de coliformes fecales del afluente se adoptan los valores de la TABLA 5-24.
- c) Tiempo de retención hidráulico (t_r): Se analiza por tanteos; es decir, se propone un tiempo de retención hidráulico y se revisa la concentración de los coliformes fecales en el efluente. Revisar los parámetros dados en la
- d) TABLA 5-25.
- e) Se considera que la evaporación del agua es igual a 5 mm/día.
- f) Dimensionamiento: Se debe seleccionar una relación Largo/Ancho mayor o igual a 3 para evitar cortocircuitos.
- g) Carga orgánica superficial: Es la cantidad de materia orgánica que se estabilizará con microorganismos por unidad de área.
- h) Coeficiente de remoción de patógenos: De acuerdo a (Villacres, 2005), la constante de remoción de patógenos para estanques de 20 y 35 cm corresponde a 13.03 d^{-1} y 12.54 d^{-1} respectivamente.
- i) Reducción de patógenos: Para flujo tipo pistón.
- j) Coeficiente de reducción de la DBO: Relacionada con la remoción de materia orgánica. Para este caso, se ha adoptado la ecuación sugerida por (Cortés, y otros, 2011)
- k) Concentración de la DBO en el efluente de la laguna. Ecuación flujo tipo pistón.

5.4.4 HUMEDAL SUBSUPERFICIAL

Un humedal de tratamiento de flujo subsuperficial (FSS) es aquel en el que el flujo de agua se produce a través de un medio poroso, constituido por el propio sustrato o por grava, diseñados de tal modo que el nivel de agua permanezca en todo momento por debajo de la superficie del sustrato.

Dadas las restricciones hidráulicas que supone el flujo de agua a través de un sustrato poroso, este tipo de humedales se adaptan mejor al tratamiento de aguas con bajas concentraciones de sólidos en suspensión y con condiciones de flujo relativamente uniformes, por el riesgo de colmatación de los poros (Rabat, 2016).

Se clasifican según la dirección predominante del flujo a través del lecho poroso, ya sea horizontal o vertical. En este caso, el humedal a diseñarse es subsuperficial horizontal (FIGURA 5-39), que se encuentra dividido en tres zonas:

- a) Zona de entrada o amortiguamiento
- b) Cuerpo principal del lecho, donde se desarrolla la vegetación
- c) Zona de salida del agua, donde existe un tubo de drenaje que permite la salida del agua tratada.

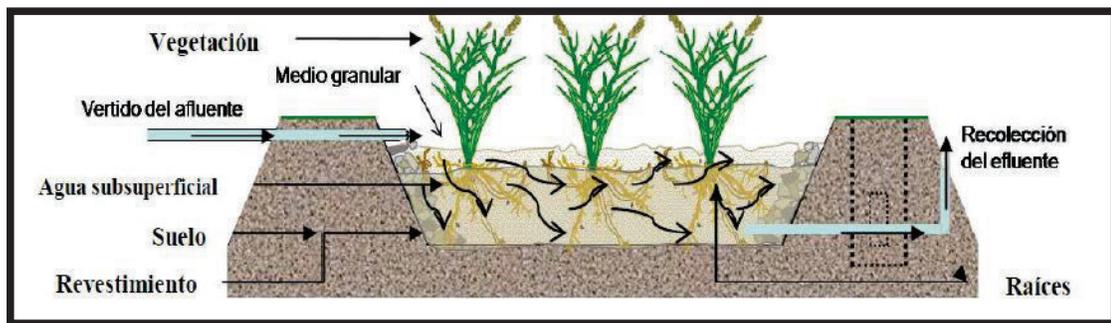


FIGURA 5-39. HUMEDALES ARTIFICIALES DE FLUJO SUSBSUPERFICIAL HORIZONTAL

Fuente: (Rabat, 2016)

El fondo del humedal debe tener una pendiente comprendida entre el 0,5 y el 1% por cuestiones de mantenimiento y su profundidad generalmente es de 0,30 m o 0,60 m, con el agua 10 cm por debajo de la superficie del sustrato.

El material del cuerpo principal del lecho (la zona de desarrollo de la vegetación) suele ser de arenas o gravas finas de entre 3 y 35 mm de diámetro, que permita el enraizamiento y crecimiento de la vegetación, así como un flujo adecuado. En cuanto a la zona de entrada y la de salida, consiste generalmente en gravas gruesas de entre 30 y 100 mm de diámetro (Rabat, 2016). Las características del material filtrante se muestran en la TABLA 5-26.

TABLA 5-26. CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE LOS MEDIOS PARA HUMEDALES FSS

Tipo de Material	Tamaño efectivo D ₁₀ (mm)	Porosidad, n (%)	Conductividad Hidráulica K _s (m ³ /m ² /d)
Arena fina	2	28-32	100-1 000
Arena gruesa	8	30-35	500-5 000
Grava fina	16	35-38	1 000-10 000
Grava media	32	36-40	10 000-50 000
Roca gruesa	128	38-45	50 000-250 000

Fuente: (Cueva & Rivadeneira, 2013)

Como se había mencionado los humedales se comportan como reactores de flujo ideal en pistón siguiendo modelos cinéticos de primer orden.

Sin embargo, para la eliminación de coliformes se utilizará la ecuación, recomendada por Sánchez (2010):

$$Cf = \frac{Co}{(1+tr \times Kb)^n} \quad (5-13)$$

Donde:

Co: concentración inicial del coliformes (NMF/100 ml)

Cf: concentración final de coliformes (NMF/100 ml)

Kb: coeficiente de reducción bacteriana (día⁻¹)

tr: Tiempo de retención(días)

n: número de humedales en serie

Para el diseño se ha adaptado el procedimiento del estudio realizado por (Sánchez, 2010). Los parámetros más importantes se explican a continuación.

- Material filtrante: Debe determinarse el tipo de material a ser utilizado en el humedal, con sus respectivas características (TABLA 5-26) para obtener valores promedio de conductividad hidráulica y porosidad.
- Constante de decaimiento de contaminantes: Se toman los valores de K_R y θ sugeridos por Sánchez (2010).

$$Kt = 1,104 \times 1,06^{T-20} \quad (5-14)$$

Donde:

Kt: constante de decaimiento de la DBO (día⁻¹)

T: temperatura del agua (°C)

$$Kb = 2,6 \times 1,19^{T-20} \quad (5-15)$$

Donde:

Kb: constante de decaimiento de coliformes fecales (día⁻¹)

T: temperatura del agua (°C)

- c) Área superficial: El área superficial depende de la concentración final e inicial de materia orgánica (DBO) y de la composición del material filtrante. La porosidad y la conductividad de acuerdo al tipo de material filtrante se establecen en la TABLA 5-26.
- d) Tiempo de retención: Se relaciona con el volumen ocupado por el agua a tratarse que a su vez depende de la porosidad del medio filtrante.
- e) Ancho: La ley de Darcy describe el régimen de flujo en un medio poroso que es lo generalmente aceptado para el diseño de humedales SFS. Partir de la misma, se desarrolla la ecuación que permite calcular el ancho mínimo compatible con el gradiente hidráulico seleccionado para el diseño. En esta ecuación se toma en cuenta que la pérdida de carga máxima que puede darse es del 10%.
- f) Remoción de coliformes.

$$Cf = \frac{Co}{(1+tr \times Kb)^n} \quad (5-16)$$

- g) Número de unidades: De acuerdo a (Sánchez, 2010) se recomiendan múltiples celdas para conseguir un buen diseño que en la práctica reduzca los cortocircuitos y maximice el rendimiento.

5.4.5 BIODIGESTOR

Un biodigestor es un sistema natural que aprovecha la digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno) de las bacterias que ya habitan en el estiércol, para transformar éste en biogás y fertilizante (FIGURA 5-40).

La carga de mezcla diaria de estiércol con agua que se introduce al biodigestor será digerida por las bacterias y se producirá biogás. Además, quedará un líquido ya digerido, que ha producido todo el biogás que podía, y que se convierte en un

excelente fertilizante. A este fertilizante se le suele llamar de forma general biol (Martí, 2008).

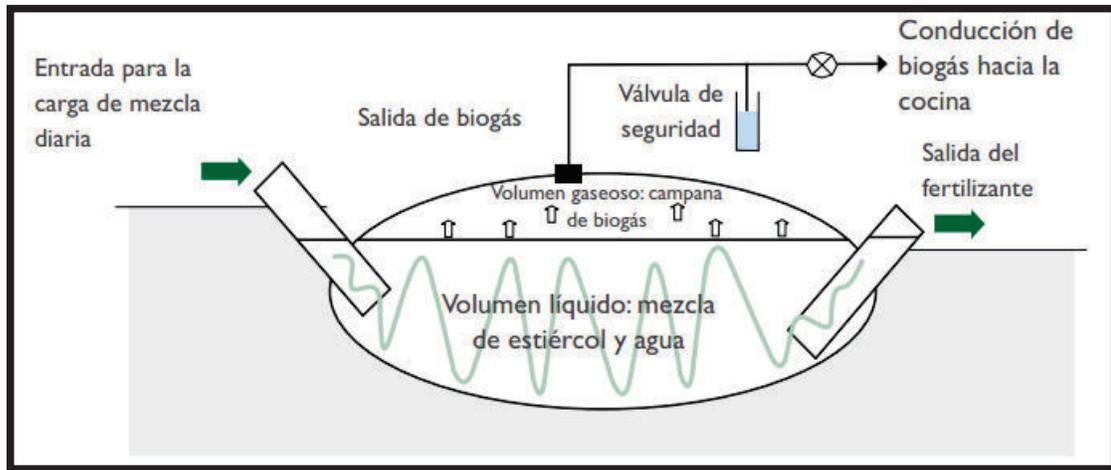


FIGURA 5-40. ESQUEMA BÁSICO DE UN BIODIGESTOR

Fuente: (Martí, 2008)

Para este proyecto, el objetivo es diseñar un biodigestor que reciba las descargas de los inodoros que serán tratadas para producir fertilizante. Este tipo de biodigestores genera una baja cantidad de biogás por cuanto recepta únicamente heces humanas.

Es importante señalar, que las heces humanas contienen coliformes que, de ser ingeridos de nuevo por la población, pueden afectar a la salud humana.

Por lo tanto, el uso del fertilizante es restringido únicamente para frutales, cultivos cuyo fruto sea subterráneo (yuca, cebolla, entre otros.) y en cultivos cuyo fruto esté a más de 50 cm del suelo, fumigando en la parte inferior de la planta y nunca sobre el fruto. Esto es debido a que en la digestión anaerobia que se sucede en el biodigestor de las heces humanas mueren de un 80 a 95% de los coliformes humanos. Pero aún resta una mínima cantidad de coliformes que pudiera afectar a la salud humana si es que alcanzan al fruto que más tarde servirá de alimento (Martí, 2008).

Por otro lado, es importante que al biodigestor sólo llegue el desagüe del inodoro y no el agua del lavamanos o de la ducha, porque contienen jabones y detergentes

que matarían a las bacterias del interior del biodigestor. La higiene de los baños debe ser con agua, y solo una o dos veces a la semana con detergentes.

Por otro lado, el biogás producido durante el proceso anaerobio está compuesto por metano (CH_4 , alrededor del 55-75%), pero también contiene dióxido de carbono (CO_2 , alrededor del 25-30%), cantidades variables de agua (H_2O) y sulfuro de hidrógeno (H_2S). También se pueden encontrar otros compuestos, tales como: amoníaco (NH_3), hidrógeno (H_2), nitrógeno (N_2) y monóxido de carbono (CO). El metano es el componente valioso al momento de usar el combustible del biogás (Eawag, Sacher, Dumlaio, & Gensch, 2014).

La producción de biogás depende principalmente del tipo de excretas que se utilicen. De tal manera, a condiciones normales de temperatura y presión (20°C y 1 atm) 1 kg de heces humanas genera alrededor de 50 litros de biogás, 1 kg de estiércol de ganado vacuno entrega 40 litros de biogás y 1 kg de excremento de pollo genera alrededor de 70 litros de biogás.

Considerando que una persona produce alrededor de 0,40 kg heces/día (TABLA 5-28), el biogás que puede generar es 20 l/día.

Se ha establecido que el consumo de biogás para cocinar por persona, por comida se encuentra entre 150 y 300 litros. Por lo tanto, se requerirá de una semana para producir biogás suficiente para cocinar apenas una comida. En caso de que se introdujera materia fecal de animales, la cantidad de biogás producida aumentaría.

Debido a que en el proyecto únicamente se contempla el tratamiento de heces humanas, la recolección de biogás constituirá únicamente una alternativa que dará soporte al sistema de GLP utilizado en la cocina.

Para el diseño del biodigestor se han tomado las consideraciones de diseño propuestas por Martí (2008), y se explican a continuación.

- a) Caudal a tratar: Se considera que es igual al 90% del caudal producido por las descargas de los inodoros.
- b) Tiempo de retención: La temperatura marcará la actividad de las bacterias que digieren el estiércol, y cuanto menor temperatura, menor actividad tendrán éstas, y por tanto será necesario que el estiércol esté más tiempo en el interior

del biodigestor (Martí, 2008). La TABLA 5-27 relaciona el tiempo de retención con la temperatura del medio ambiente.

TABLA 5-27. TIEMPO DE RETENCIÓN EN BIODIGESTORES SEGÚN LA TEMPERATURA

Región Característica	Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)
Trópico	30	20
Valle	20	30
Altiplano	10	60

Fuente: (Martí, 2008)

- c) Producción de estiércol: Dependerá principalmente de cómo se genere la materia orgánica. Si la misma proviene de algún tipo de ganado o de personas (TABLA 5-28).

TABLA 5-28. PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL FRESCO DIARIO

Tipo	Estiércol kg/100 kg de peso
Cerdo	4
Bovino	8
Caprino	4
Conejos	3
Equino	7
Humano adulto	0,4 por adulto
Humano niño	0,2 por niño

Fuente: (Martí, 2008)

- d) Volumen gaseoso: Es igual a la tercera parte del volumen líquido.
- e) Volumen total: Corresponde a la suma del volumen líquido y el volumen gaseoso.
- f) Diámetro de la campana: Generalmente los digestores son cilíndricos, debido a que esta forma geométrica es muy consistente, requiere menor cantidad de materiales de construcción, y elimina las aristas o esquinas de las paredes que pueden permitir fugas de gas. En primera instancia se considera que la profundidad del digestor será igual al diámetro.
- g) Profundidad: La relación profundidad-diámetro no necesariamente tiene que ser igual a 1. Con un reajuste al valor del diámetro se puede calcular la profundidad.

- h) Ancho del rollo (AR) y radio de la manga: El polietileno tubular se vende en rollos de 50 m, con un ancho de rollo que varía normalmente entre 1; 1,25; 1,50; 1,75 y 2 m.
- i) El AR equivale a la mitad del perímetro de la circunferencia total del plástico.
- j) El biodigestor es una manga de plástico negro amarrada por ambos extremos a una entrada y una salida. El volumen de esta manga equivale al volumen de un cilindro.
- k) No es conveniente tener biodigestores demasiado cortos o demasiado largos, de tal manera, la relación óptima entre la longitud y el diámetro debe ser aproximadamente 7.
- l) Se debe realizar los cálculos con los diferentes AR disponibles, hasta obtener la relación deseada, teniendo en cuenta que el volumen real (V) sea cercano al volumen total (Vt). Una guía para establecer el AR adecuado se encuentra en la TABLA 5-29.

TABLA 5-29. DIMENSIONES PARA BIODIGESTORES

Ancho del rollo (m)	Radio (m)	Sección eficaz (m ²)	Longitud del biodigestor (m)	Diámetro del biodigestor (m)	L/d
1,00	0,32	0,32	Vt/0,32	0,64	Debe encontrarse alrededor de 7
1,25	0,40	0,50	Vt/0,50	0,80	
1,50	0,48	0,72	Vt/0,72	0,95	
1,75	0,56	0,97	Vt/0,97	1,11	
2,00	0,64	1,27	Vt/1,27	1,27	

Fuente: (Martí, 2008)

- m) Es necesario conocer las dimensiones de la zanja donde se acomodará el plástico tubular. La longitud de la zanja queda determinada por la longitud del biodigestor y la profundidad y ancho de la misma dependerán del ancho de rollo empleado en su construcción.

CAPÍTULO 6

DISEÑO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

6.1 ARQUITECTÓNICO

La propuesta arquitectónica que se observa en la FIGURA 6-1 se desarrolló en el presente capítulo.



FIGURA 6-1. PERSPECTIVA DE LA PROPUESTA ARQUITECTÓNICA.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

6.1.1 PROYECTO CONCEPTUAL

6.1.1.1 Capacidad de carga turística

Teniendo en cuenta los factores que comprenden la capacidad de carga de una reserva ecológica, el Reglamento de Alojamiento Turístico y en este caso particular los criterios dados por el proyecto previo analizado junto a las resoluciones de financiamiento por parte de los propietarios del terreno a ser intervenido, se obtienen estimaciones mostradas en la TABLA 6-1 para la zona dentro del Complejo Ecoturístico Laguna de Cube.

TABLA 6-1. CAPACIDAD DE CARGA PARA HOSPEDAJE.

Cabañas	No. Cabañas	No. Personas	Total Personas
Simple	3	2	6
Doble	5	3	15
Triple	4	4	16
Cuádruple	2	5	10
* Literas adicionales	14	1	14
		TOTAL =	61

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Considerando el Complejo a su capacidad máxima de trabajo, se tiene la estimación del personal de servicio requerido (Ver TABLA 6-2).

TABLA 6-2. CAPACIDAD DE CARGA PARA PERSONAL DE SERVICIO.

Personal de servicio	Total Personas
Cocinero	1
Ayudante de cocina	2
Mesero	1
Mucama	2
Jardinero y mantenimiento	1
Guardianía	1
Contabilidad	1
Administrador	1
TOTAL =	10

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

De tal manera se tiene que la capacidad de carga máxima para las instalaciones del Complejo Ecoturístico Laguna de Cube es de 71 personas. Por otro lado, la estimación de la capacidad de carga efectiva para las caminatas por los senderos se tomará como referencia el valor de 56 personas por día, considerando la similitud del proyecto "Complejo Ecoturístico Sustentable Luz y Guía". Esto, bajo las consideraciones que existen diferentes recorridos y una persona requiere normalmente de 1 m² de espacio para moverse libremente. La superficie estará determinada por la condición del sitio evaluado y el factor tiempo está en función del horario de visita y del tiempo real que se necesita para visitar el sitio.

6.1.1.2 Sistema funcional

La propuesta de cabañas es unifamiliar y multifamiliar según la demanda de los turistas. El programa arquitectónico de las cabañas de hospedaje consta de: zona social (estar), zona de descanso (habitación semiprivada y habitación abierta), zona de servicio (baño completo) y zona de equipaje (closet).

Para el desarrollo del proyecto en general se han definido diferentes zonas, por lo que se considera un conjunto de sistemas que contienen otros subsistemas y espacios relacionados entre sí. En el ANEXO 3 se detallan cada uno de los sistemas y subsistemas, pero de manera general se identifican los sistemas globales mostrados en la TABLA 6-3.

TABLA 6-3. SISTEMAS GLOBALES DEL PROYECTO.

1. Sistema de transferencia.
2. Sistema de recepción y administración.
3. Sistema de alimentación.
4. Sistema de alojamiento.
5. Sistema de personal de servicios.
6. Sistema de abastecimiento.
7. Sistema de circulaciones.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

6.1.2 DISEÑO BIOCLIMÁTICO

6.1.2.1 Emplazamiento y disposición adecuada de estancias.

La disposición y distribución de los ambientes se realizó bajo los lineamientos de adecuada ventilación, soleamiento, iluminación y uso durante el día. Tomando la cabaña de categoría cuádruple como estructura tipo de diseño para las demás estructuras. Para el sistema de alojamientos se ha planteado estructuras semi-compactas que permiten el flujo de corrientes de aire y calor debido a su gran altura y disposición simple de ambientes.

La distribución del alojamiento se muestra en las FIGURA 6-2 y 6-3. Aquellos de color naranja requieren conservar parte del calor ganado durante el día (zona de descanso o actividad nocturna) y tener una iluminación natural adecuada, mientras

que los de color celeste no requieren almacenamiento de calor, pero si una correcta ventilación, ya que son zonas de servicio y tránsito para los usuarios.



FIGURA 6-2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CABAÑA CUÁDRUPLE.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

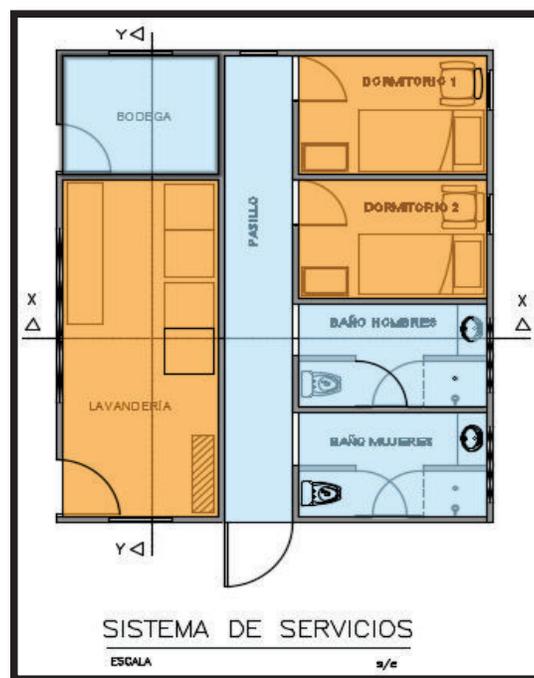


FIGURA 6-3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL SISTEMA DE SERVICIOS.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

De igual manera se toma en cuenta la privacidad de los usuarios, como también la cercanía a los servicios compartidos. Para el proyecto completo se tienen las estructuras mostradas en los planos del ANEXO 5, que conforman el complejo ecoturístico, siendo la estructura tipo la mostrada en la FIGURA 6-4 y el caso particular del restaurante que consta de columnas en la FIGURA 6-5.

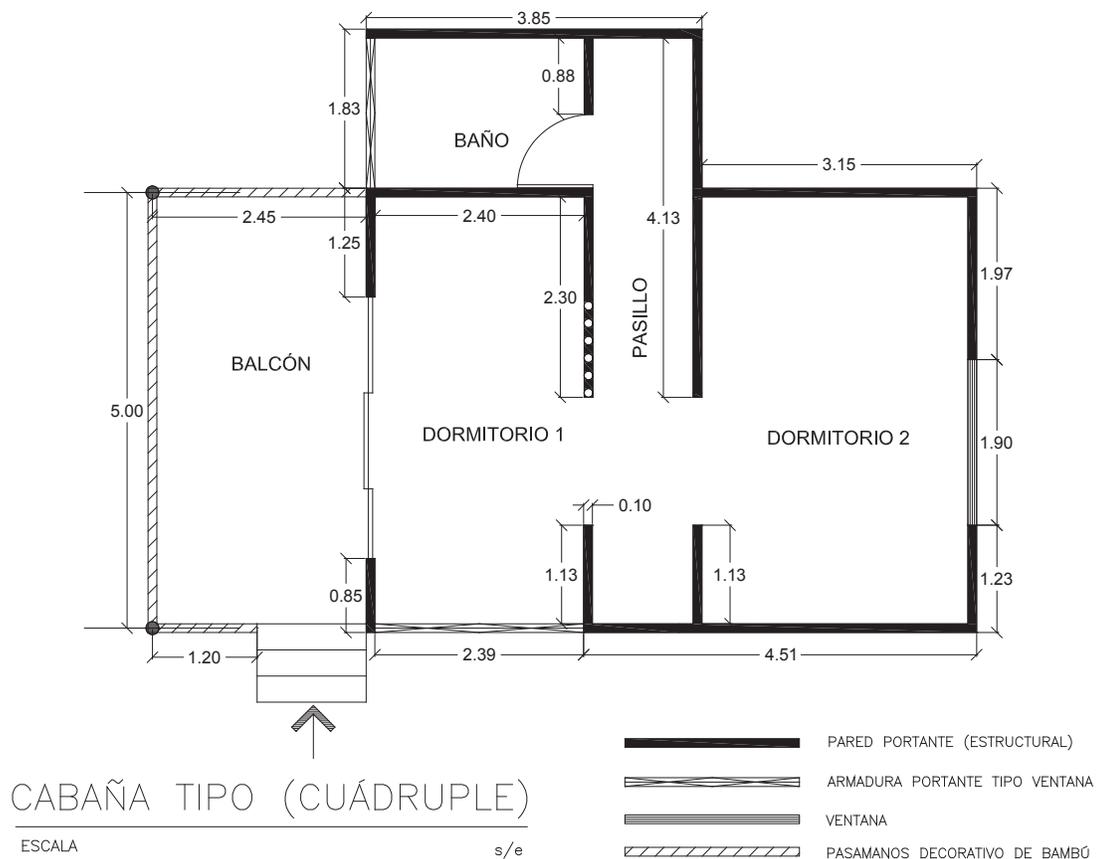


FIGURA 6-4. DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE CABAÑA TIPO

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

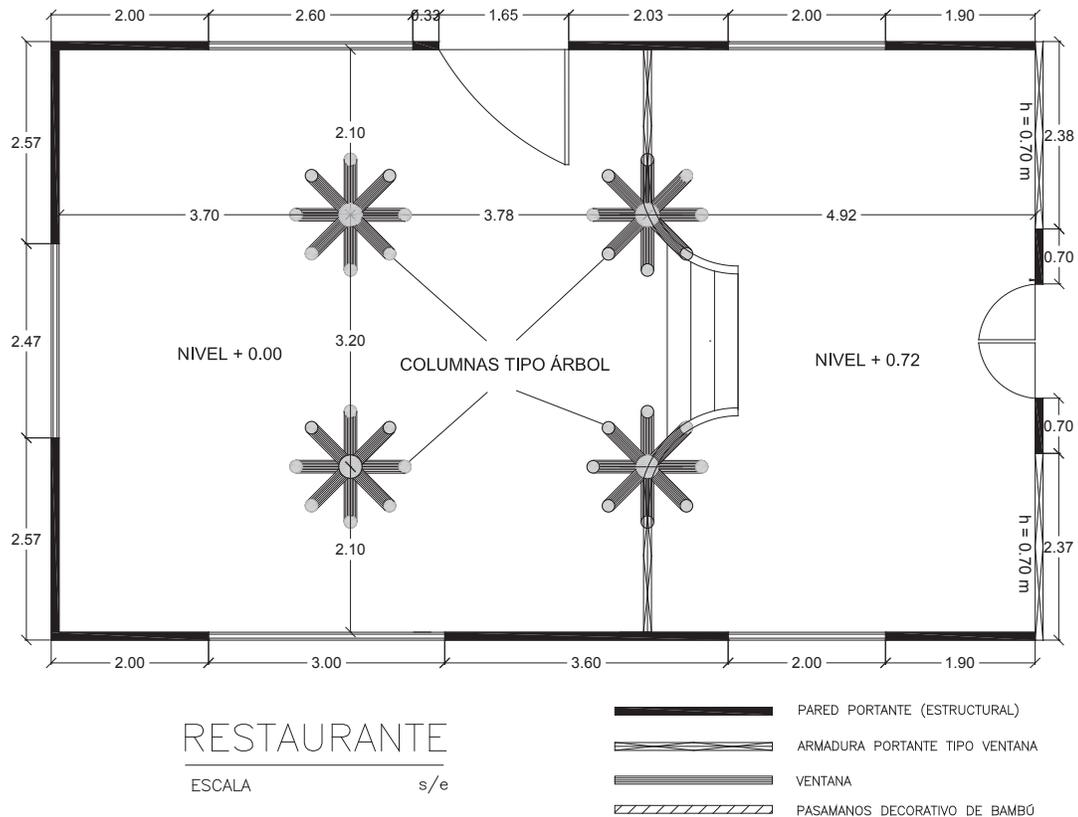


FIGURA 6-5. DISEÑO ARQUITECTÓNICO DEL RESTAURANTE

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Para la disposición general de las estructuras se realizó la implantación mostrada en planos (ANEXO 5) en la que se contempla una disposición compacta de las estructuras de alojamiento con el fin de generar espacios verdes y de recreación a los alrededores (jardines y huertos comunitarios). El sistema de cocina y restaurante se ubicó en la zona de ingreso, ya que será de uso público para los visitantes de la REMACH. La implantación del proyecto se generó tratando de realizar el menor movimiento de tierras y conservación de la vegetación presente en el terreno.

6.1.2.2 Orientación

Mediante el software Ecotec Analysis 2011 se obtuvo una orientación de 100° al este, respecto a la dirección norte (FIGURA 6-6). Se consideró como los meses más fríos de enero a abril y los más calientes de agosto a octubre.

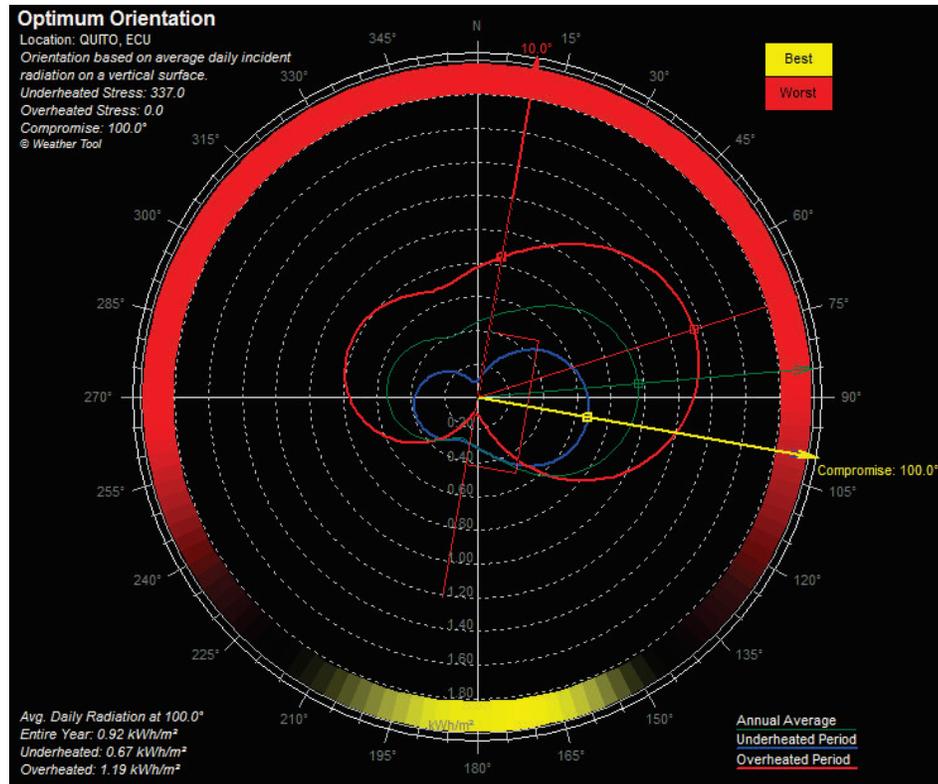


FIGURA 6-6. ORIENTACIÓN ÓPTIMA SEGÚN SOFTWARE ECOTECT ANALYSIS 2011.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta.

Al tratarse de un terreno en sentido norte-sur y tan irregular, dificulta un poco el soleamiento de todas las estructuras durante todo el día, a excepción del sistema de cocina-restaurante. Afortunadamente la temperatura media a lo largo del año se mantiene entre 24 °C y 27 °C (INAMHI, 2015) lo cual favorece al confort térmico sin necesidad estricta de la incidencia de calor solar durante todo el día. Las mayores precipitaciones se presentan de enero a julio cuando la trayectoria solar tiende hacia el norte y las menores precipitaciones cuando la trayectoria solar tiende hacia el sur. La trayectoria solar diaria y anual se puede observar en la FIGURA 6-7.

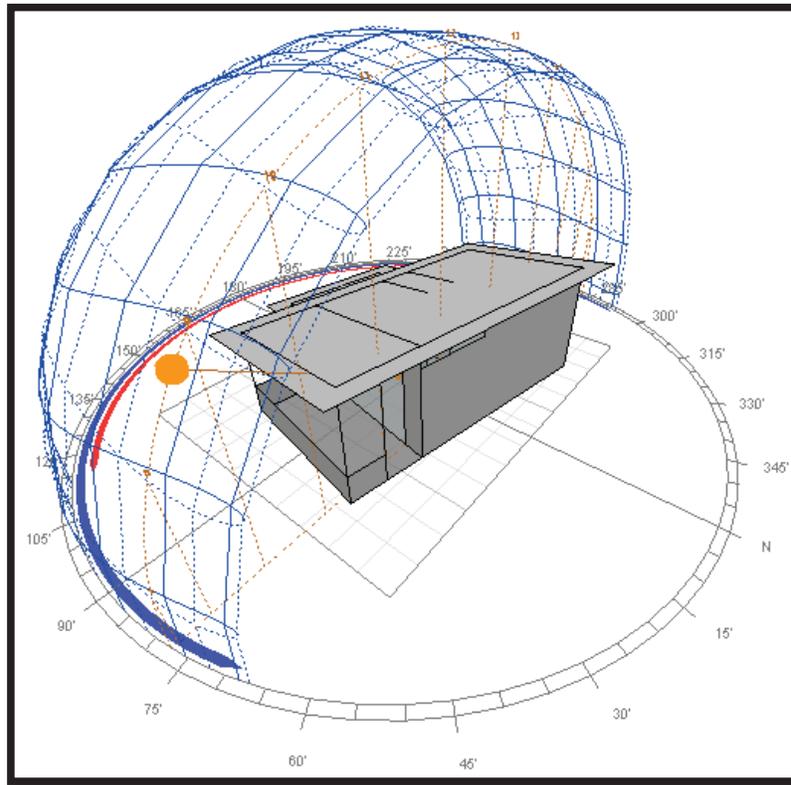


FIGURA 6-7. TRAYECTORIA SOLAR DIARIA Y ANUAL.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta.

De esta manera las fachadas frontales (Este) cuentan con mayor soleamiento durante las mañanas, en tanto que las posteriores (Oeste) lo reciben en las tardes. Para el caso del restaurante y la administración se dio una orientación con mayor inclinación hacia el este, en base a la forma irregular del terreno donde se implantó.

En el caso de las cubiertas, éstas están orientadas hacia el sur con el fin de ganar energía calorífica del sol en la mayor cantidad de tiempo durante el año.

Una vez obtenida la disposición y orientación adecuada de las estructuras sobre el terreno tenemos la implantación general mostrada en la FIGURA 6-8.

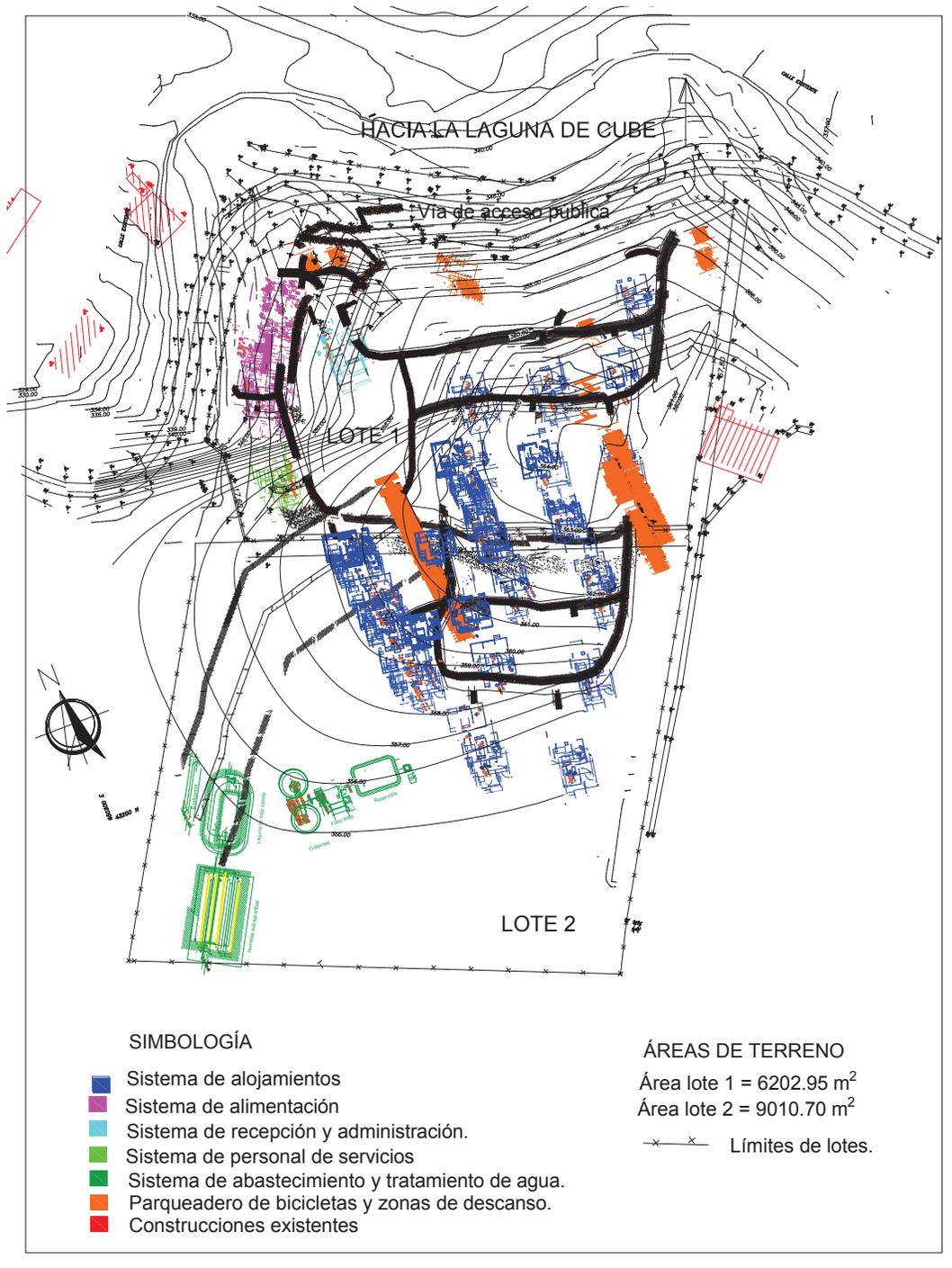


FIGURA 6-8. ESQUEMA DE IMPLANTACIÓN GENERAL DEL SISTEMA

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta.

6.1.2.3 Ventilación

La disposición de las cabañas en dirección este-oeste con su fachada menos alargada en la dirección predominante del viento permite una adecuada ventilación cruzada natural como se ilustra en la FIGURA 6-9. La presencia de árboles y vegetación de altura media cumplen el papel de barreras en caso de vientos fuertes y distribuyen de mejor manera el aire en ciertas zonas del Complejo.

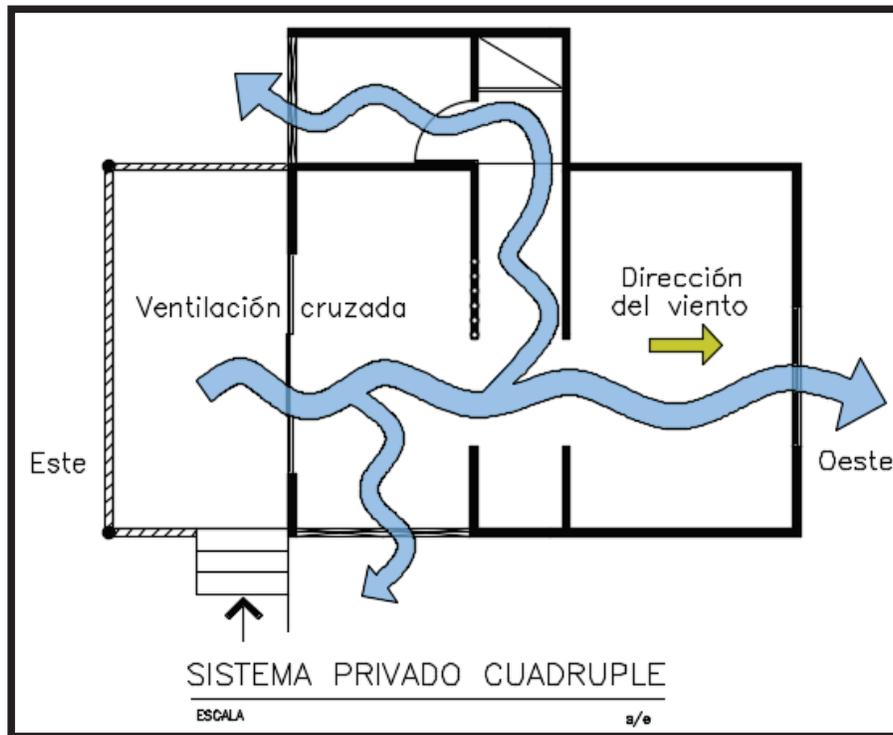


FIGURA 6-9. VENTILACIÓN CRUZADA EN HABITACIONES.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta.

En base a las estrategias de diseño mencionadas a continuación en la TABLA 6-4, ubicación y orientación se logra obtener una variación de temperatura interior para las cabañas de 18 °C a 21 °C durante todo el año según el software Ecotect Analysis 2011, la que está dentro de las temperaturas de confort térmico. Mediante las mismas estrategias se controla la influencia del viento.

TABLA 6-4. ESTRATEGIAS PARA VENTILACIÓN ADECUADA.

ELEMENTO	ESTRATEGIA
Cubierta	- Presencia de ligeras aberturas al contorno de la cubierta (sobre paredes) que permitan el flujo de aire caliente de adentro hacia afuera. Especialmente en la zona del baño y closet. No presentará cámara de aire.
Paredes	- Ingreso de aire regulable mediante puerta principal. - Paredes con conductividad térmica baja ($\approx 0.1 \text{ W/m.K}$), por lo que no requiere ningún tipo de tratamiento de ventilación.
Ventanas	- Disposición por pares en las estancias de las estructuras generando ventilación cruzada, a excepción de baños y bodegas que presentan una sola ventana dividida en dos aberturas. - Ventanas doble batiente en fachada oeste de hospedajes, restaurante, cocina, administración y baños. - Ventanas corredizas o bloques de ventilación en fachada norte de hospedajes. - Ventanas de mayor apertura ubicadas a 0.9 m de altura sobre el nivel del piso de cada estructura. - Uso de mosquiteros en todas las ventanas.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

El resultado obtenido de la disposición de ventanas y aberturas se observa en la FIGURA 6-10 y FIGURA 6-11.



FIGURA 6-10. FACHADA FRONTAL DE CABAÑA TIPO

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta



FIGURA 6-11. FACHADA LATERAL ESTE DE CABAÑA TIPO

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

6.1.2.4 Iluminación natural y artificial

Con una altura promedio de cubierta de 3.40 m en las cabañas y la presencia de radiación difusa, se presenta una correcta iluminación durante el día hasta una distancia menor a 4.5 m que se dan por normativa (largo máximo de cabañas de hospedaje 6.9 m). Existe un grado de acristalamiento alto dentro de las estructuras de alojamiento debido a la fachada este que es totalmente de cristal (FIGURA 6-12). En promedio dentro de la vivienda, sin hacer uso de mecanismo de protección solar se tiene un valor de 1000 lux y 500 lux en la parte del baño y closet durante los días soleados, como muestra la FIGURA 6-13 .

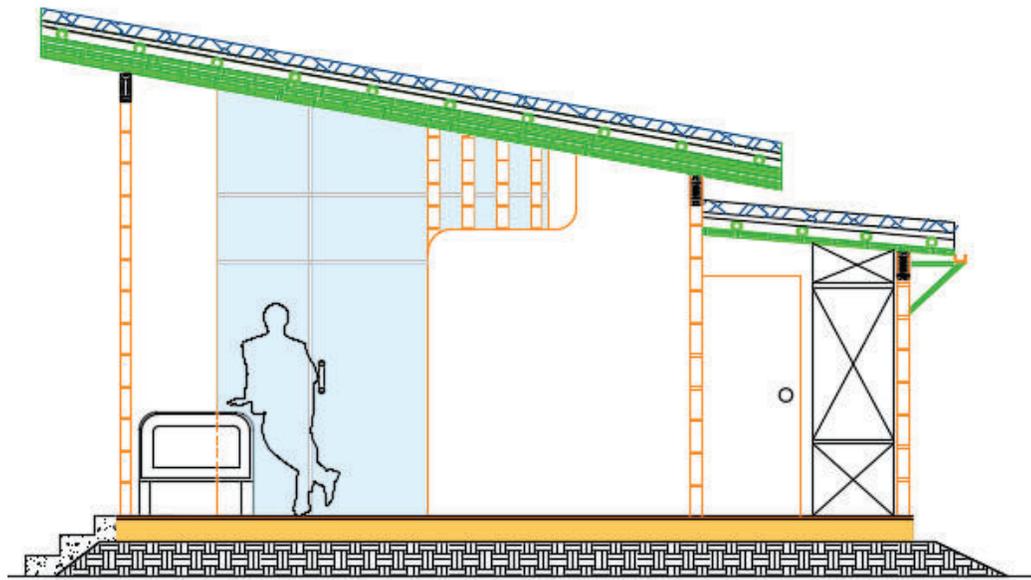


FIGURA 6-12. CORTE TRANSVERSAL DE CABAÑA TIPO (FACHADA ESTE)

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

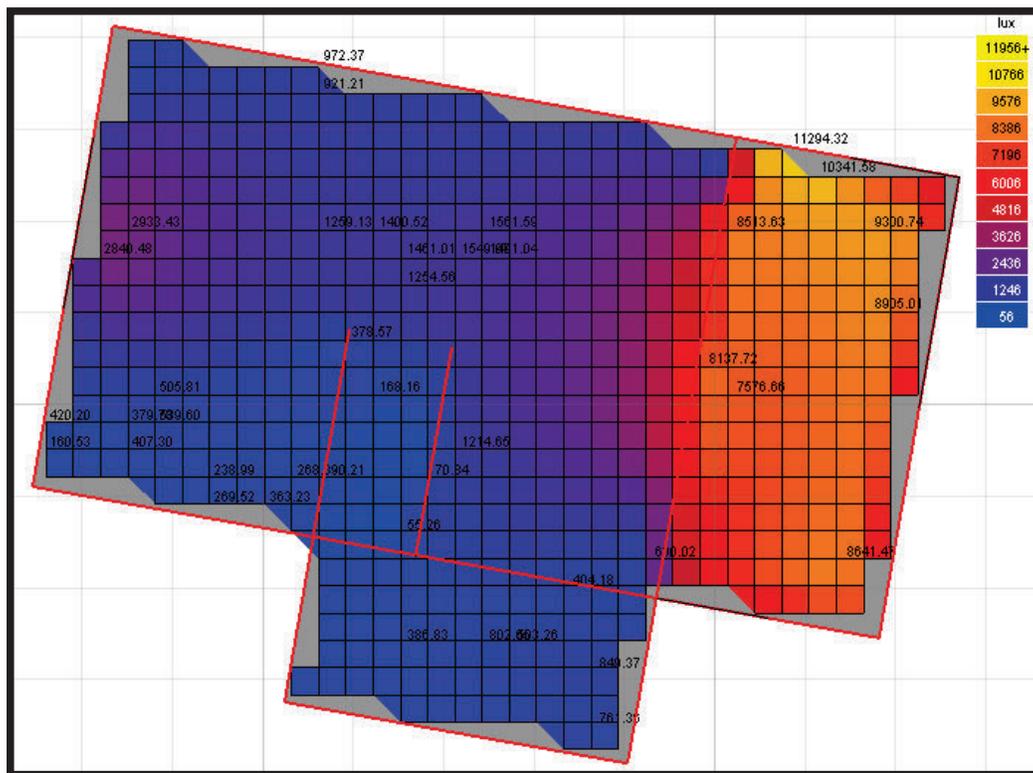


FIGURA 6-13. NIVELES DIARIOS DE LUZ NATURAL (ECOTECT ANALYSIS)

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Esta cantidad excesiva de luz es regulada por otros elementos, estrategias y acciones a mencionar en la TABLA 6-5.

TABLA 6-5. ESTRATEGIAS PARA UNA ILUMINACIÓN ADECUADA.

ELEMENTO	ESTRATEGIA
Cubierta	<ul style="list-style-type: none"> - No requiere pintura de acabado final. - Presentará aleros de 70 cm de longitud que entreguen sombra a mediana altura alrededor de las estructuras. - Para las estructuras de alojamiento se requiere la utilización de dos bombillas LED para las noches y para los sistemas de servicio como cocina, restaurante, recepción, administración y recreación una bombilla por cada estancia.
Paredes	<ul style="list-style-type: none"> - Colocación de espejo frente al corredor central en la pared norte. - Las caras interiores de las paredes presentarán colores claros que generen una leve reflectancia de la luz, pero que no produzcan deslumbramiento o permitan absorción excesiva de calor. - Las fachadas exteriores deberán presentar colores totalmente claros y en armonía con la naturaleza para evitar la absorción de calor.
Ventanas	<ul style="list-style-type: none"> - Todas las ventanas de las estructuras y entrada principal en los alojamientos presentarán algún tipo de persiana o cortina que regule el ingreso de luz y genere también una barrera ante la transferencia de calor (para el caso de la fachada este). - Se utilizarán vidrios claros en todas las estructuras, siendo estos tipo doble baja ganancia solar Low E. (Tabla 5-5.)

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Mediante la presencia de vegetación, árboles y relieve irregular del terreno se aprovechará las sombras generadas a lo largo del día para las zonas de descanso y esparcimiento. El ambiente esperado se ilustra en la FIGURA 6-14.



FIGURA 6-14. ESQUEMA ARQUITECTÓNICO DE CABAÑA TIPO

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

6.1.2.5 Aislamiento

Debido a la incidencia solar y temperatura presente en el medio, los esfuerzos de aislamiento estarán centrados en las siguientes estrategias descritas en la TABLA 6-6.

TABLA 6-6. ESTRATEGIAS DE AISLAMIENTO ADECUADO.

ELEMENTO	ESTRATEGIA
Cubierta	- Colocación del impermeabilizante Chovatek antigoteras existente en el mercado nacional. Ver FIGURA 6-11.
Paredes	- Colocación de paneles de fibra de vidrio dentro del bahareque encementado. Ver FIGURA 6-12.
Ventanas	- Uso de vidrios claros de tipo doble baja ganancia solar Low E. SHGC = 0,39 y VLTC = 0,7

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

La FIGURA 6-15 y FIGURA 6-16 ilustran las estrategias adoptadas para el aislamiento de las cabañas.

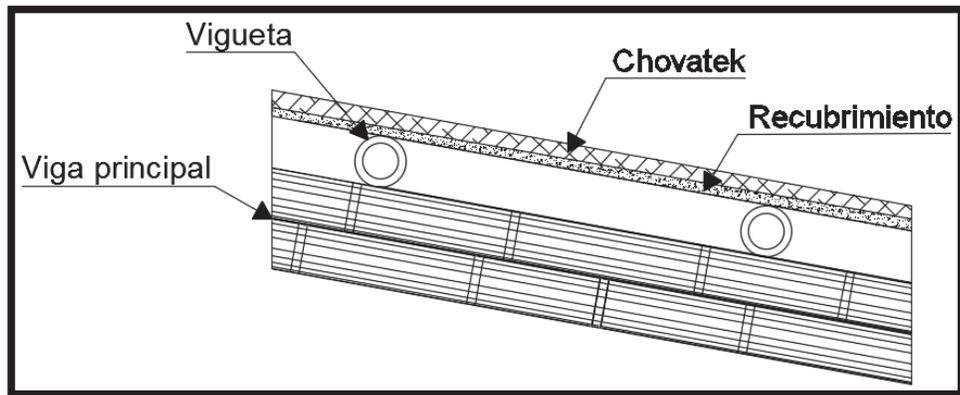


FIGURA 6-15. DETALLE DE AISLAMIENTO EN CUBIERTA.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

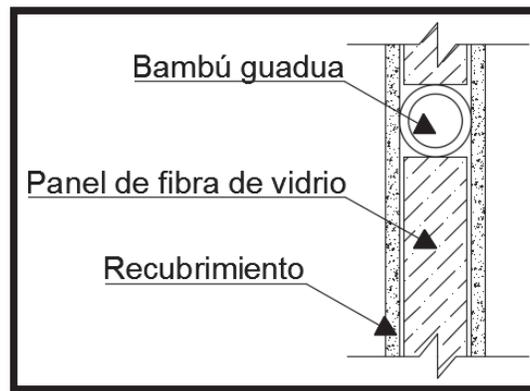


FIGURA 6-16. DETALLE DE AISLAMIENTO EN PAREDES.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

6.1.2.6 Diseño solar pasivo

La presencia de ventanas de magnitudes favorables permite la iluminación adecuada de cada espacio (Ver FIGURA 6-17) y se controla el calentamiento excesivo mediante persianas o cortinas. El acristalamiento de la entrada principal de los alojamientos será con doble vidrio claro de tipo doble moderada ganancia solar Low E (SHGC=0,53 y VLTC=0,75) y persianas para regular el ingreso de luz solar.

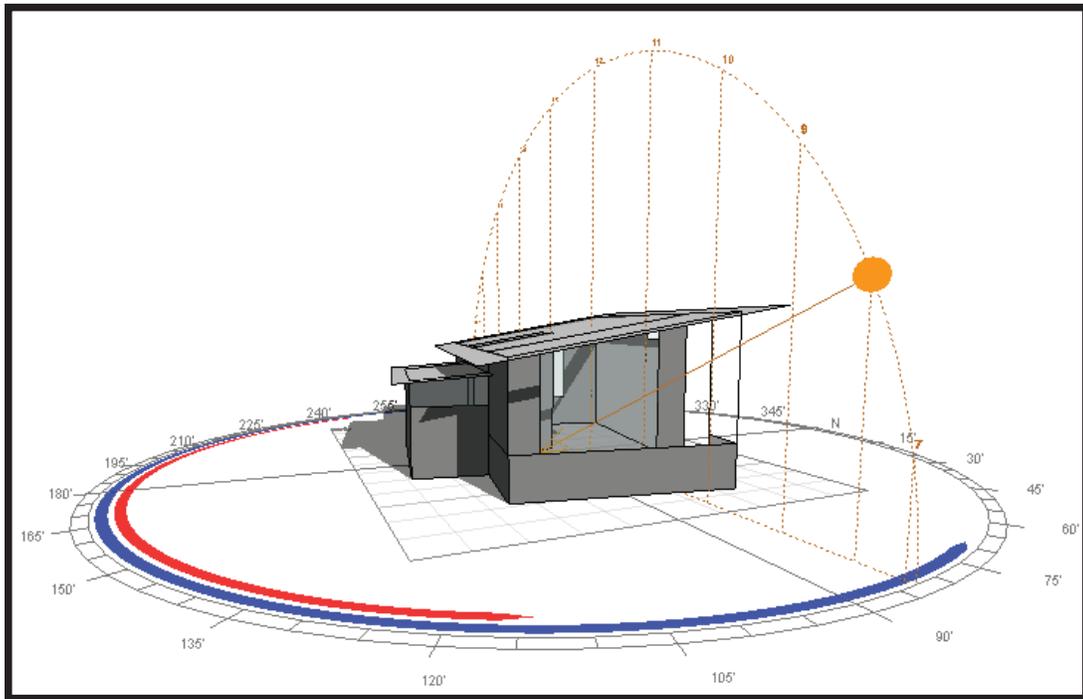


FIGURA 6-17. INCIDENCIA DE LUZ SOLAR EN CABAÑAS. (8h00)

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Para el aporte solar indirecto se consideran dos aspectos fundamentales:

- La inercia térmica de las paredes de bahareque encementado es bastante mala para conservar las temperaturas interiores y esto es favorable para las cabañas en el clima tropical megatérmico que presenta la zona.
- Las paredes orientadas hacia el norte y sur son las que mayor radiación solar reciben con valores promedio de 851,27 y 1.706,58 Wh/m² (vatio hora por metro cuadrado) (FIGURA 6-18) correspondientemente según el análisis del software Ecotect. Éstas disiparán el poco calor absorbido en la tarde-noche.

No se considera ningún aporte solar aislado debido a que con el aporte directo e indirecto se logra el confort térmico de las estructuras.

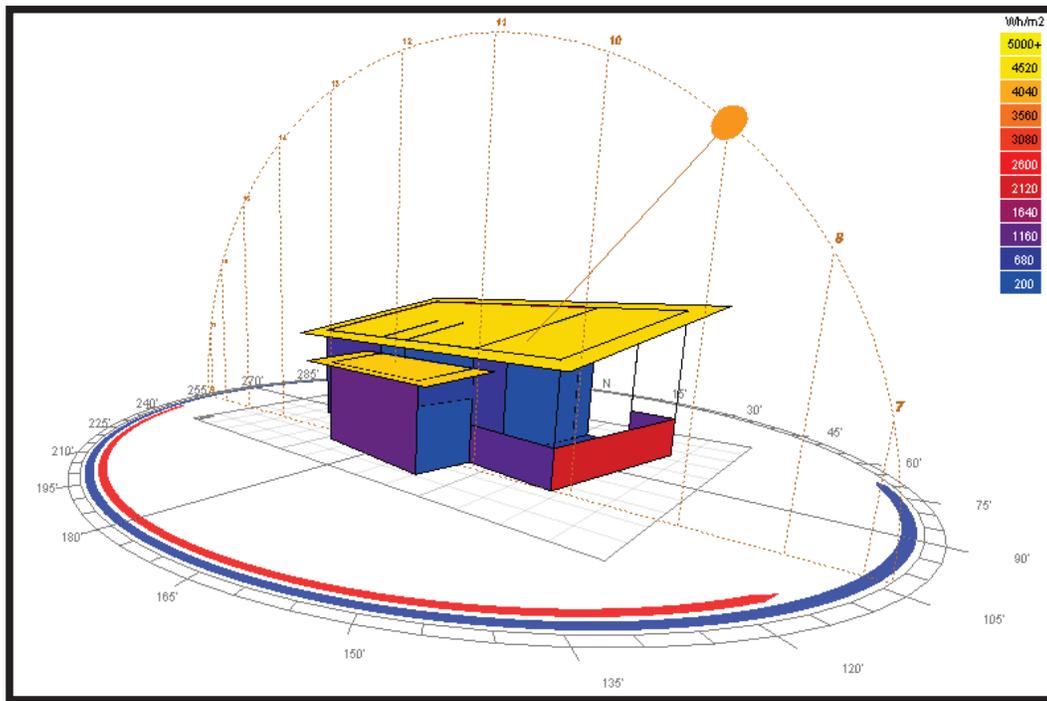


FIGURA 6-18. RADIACIÓN SOLAR PROMEDIO DIARIA. (DE 7:00 A 18:00 HRS)

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

6.2 ESTRUCTURAL

6.2.1 DISEÑO DE CUBIERTAS

Para determinar la estructura de cubierta se utiliza la TABLA 5-7 en la que se selecciona el número de guadúas, diámetros y separación entre ellas. Se obtiene los siguientes resultados en la TABLA 6-7.

TABLA 6-7.RESULTADOS DE DISEÑO DE CORREAS EN CUBIERTAS.

ESTRUCTURA	LUZ CRÍTICA (m)	# GUADÚAS	DIÁMETRO (mm)	SEPARACIÓN (m)
Habitación tipo	4,9	3	140	0,4
Cocina	4,5	3	140	0,4
Restaurante	4,9	3	140	0,4

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

En base a los resultados de la cubierta tipo, se arman todas las demás tratando de llevar una simetría y colocación adecuada sobre los muros estructurales. El detalle estructural en planta de la cubierta se observa en la FIGURA 6-19.

Se colocarán viguetas secundarias con caña guadúa de 100 mm de diámetro con una separación de 800 mm. Las correas que transmitan las cargas de cubierta a los muros deben fijarse entre sí y conectarse con la solera superior que sirve de amarre de los muros estructurales.

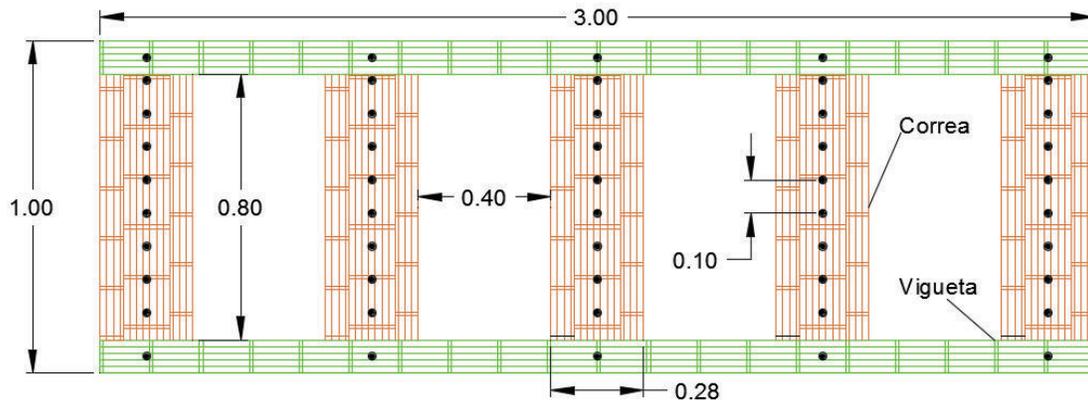


FIGURA 6-19. DETALLE ESTRUCTURAL EN PLANTA DE CUBIERTA TIPO.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Especificaciones técnicas:

- Mortero para recubrimiento con una resistencia mínima a la compresión $f'_{cr} = 75 \text{ kg/cm}^2$, con una dosificación cemento-arena de 1:4.
- Mortero para relleno de cañutos de guadúa con una resistencia mínima $f'_{cr} = 90 \text{ kg/cm}^2$, con una dosificación cemento-arena de 1:3.
- Refuerzo con malla electrosoldada de 4 mm @150 mm en recubrimiento de cubierta.

Los pies de amigo para los aleros se colocarán con una inclinación de 60° y a una distancia de 1,5 m a lo largo de las paredes exteriores. El detalle se observa en la FIGURA 6-20.

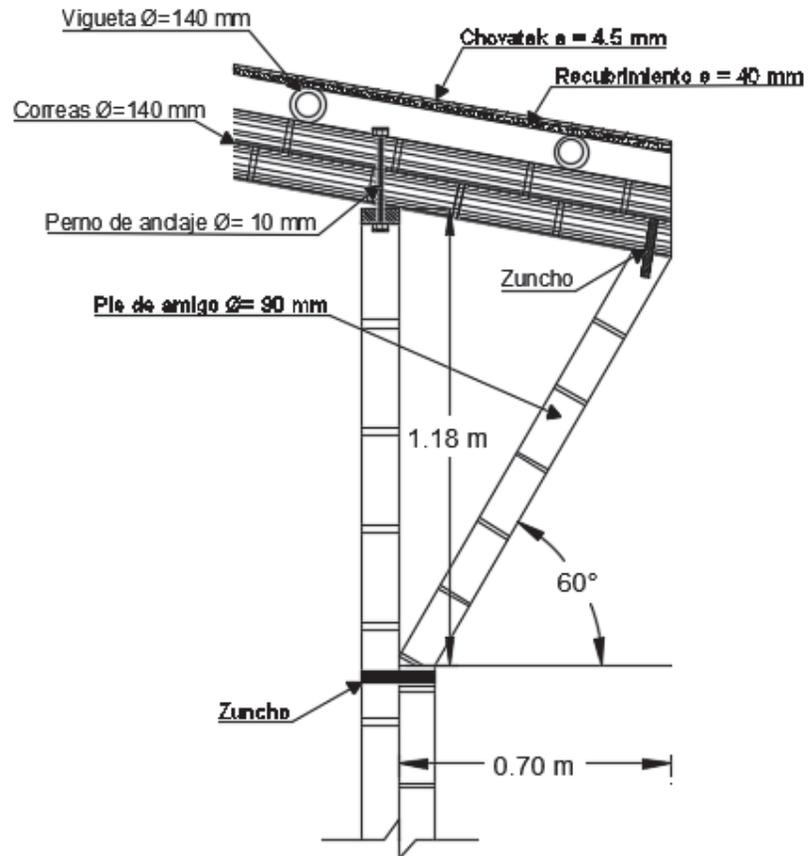


FIGURA 6-20. DETALLE DE ALERO Y PIE DE AMIGO EN CUBIERTA.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

6.2.2 DISEÑO DE MUROS ESTRUCTURALES

6.2.2.1 Longitud mínima de muros en cada dirección

En base a la TABLA 5-9 se tienen las siguientes longitudes de muros estructurales para cada estructura como indica la TABLA 6-8.

TABLA 6-8. LONGITUDES EXISTENTES DE MUROS ESTRUCTURALES.

LONGITUD EXISTENTE	
Lx (m)	Ly (m)
10,33	11,6
12,63	12,72
16,73	16,07
26,30	19,20
15,19	13,28
9,40	7,39
25,95	21,20

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

A excepción del sistema de restaurante, todas las estructuras cuentan con la longitud de muros requerida por normativa. Para este caso se presentará un sistema resistente estructural mixto (muros de bahareque encementado y columnas de bambú) sobre el cual se distribuye el efecto horizontal por viento o sismo proporcionalmente a sus rigideces, así como también el efecto vertical por cargas.

La longitud de muros estructurales se observa en los planos arquitectónicos del ANEXO 5, así como se muestra en la FIGURA 6-4 para la cabaña tipo.

6.2.2.2 Verificación de resistencia al corte de muros.

La verificación de la resistencia al corte para la cabaña tipo se puede observar en la TABLA 6-9. Para ésta se tomó un valor $V = 1.376,6 \text{ kg/m} = 13,5 \text{ kN/m}$ correspondiente a un muro con entramado de guadúa, soleras de madera y diagonales de guadúa.

La verificación de resistencia se realiza en base a la fórmula 5-9 del apartado 5.2.2.6 donde:

$\sum L_i$: sumatoria de la longitud efectiva de cada muro en la dirección i , en m.

V : valor del cortante admisible tomado de la TABLA 5-13, en kg/m

E : V_s , en kg.

V_s : corte basal calculado por el método de la fuerza horizontal equivalente, en kg.

R : coeficiente de capacidad de disipación de energía.

TABLA 6-9. VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA AL CORTE DE MUROS ESTRUCTURALES.

Sentido	ΣL_i (m)	V (kg/m)	$\Sigma L_i * V$ (kg)	E = Vs (kg)	0.7*E (kg)	CHEQUEO
X	16,73	1.376,60	23.030,43	10.853,35	7.597,35	OK
Y	16,07	1.376,60	22.121,88	10.853,35	7.597,35	OK

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Tanto para el sentido X, como para el sentido Y la longitud de muros existentes es adecuada para resistir la carga horizontal que se generaría en caso de un sismo. La disposición estructural de los elementos y componentes de la pared de bahareque encementado se indican en la FIGURA 6-21.

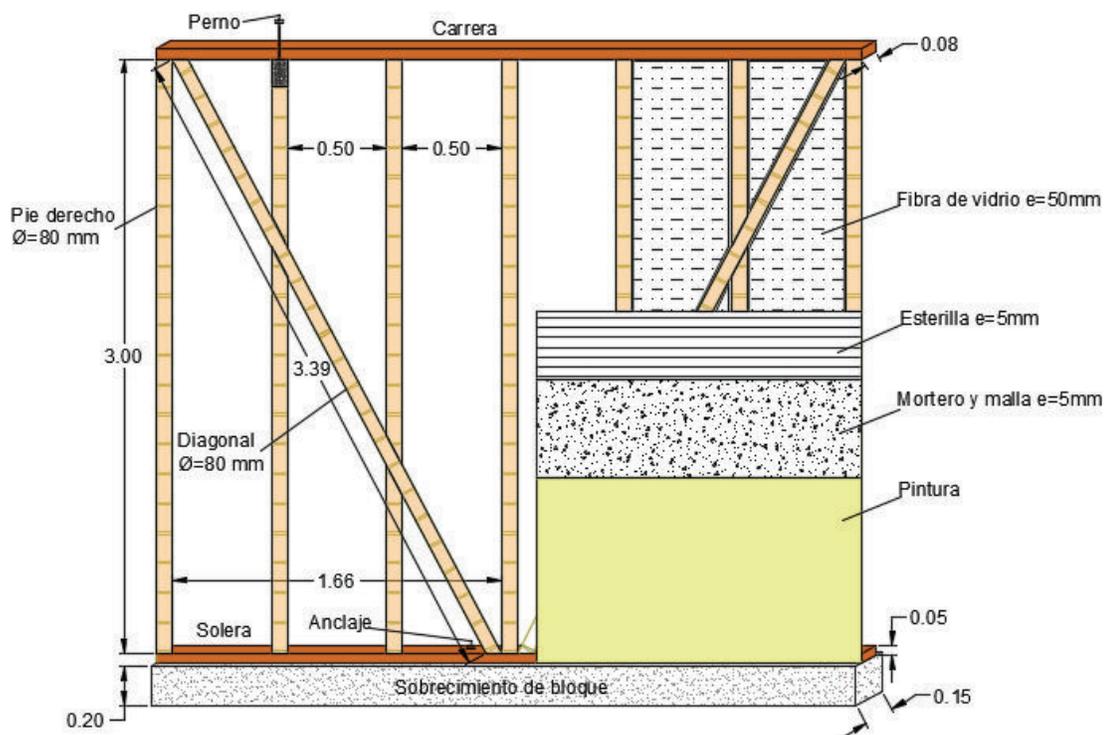


FIGURA 6-21. ESQUEMA DE DISEÑO DE PARED ESTRUCTURAL.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Especificaciones técnicas:

- Mortero para recubrimiento con una resistencia mínima a la compresión $f'_{cr} = 75 \text{ kg/cm}^2$, con una dosificación cemento-arena de 1:4.
- Mortero para relleno de cañutos de guadúa con una resistencia mínima $f'_{cr} = 90 \text{ kg/cm}^2$, con una dosificación cemento-arena de 1:3.

- Refuerzo con malla de gallinero $\Phi = 1,25$ mm.
- Madera aserrada de abeto o pino para soleras.

La presencia de los muros estructurales se observa en el esquema base en el ANEXO 5 y para la construcción se puede hacer uso de los planos arquitectónicos.

Para el caso del restaurante se debe considerar la presencia de las columnas y su aporte resistente ante carga horizontal.

6.2.2.3 Simetría

Mediante la expresión (5-10) se tiene los factores de simetría para cada dirección como muestra la TABLA 6-10.

Donde:

S_i = factor de simetría en dirección i .

L_{mi} = longitud de cada muro en la dirección i , en metros.

b = distancia perpendicular a la dirección i desde cada muro, hasta un extremo del rectángulo menor que contiene el área de la cubierta, en metros.

B = longitud del lado perpendicular a la dirección i , del rectángulo menor que contiene el área de la cubierta o entrepiso, en metros.

TABLA 6-10. COMPROBACIÓN DE SIMETRÍA DE LA ESTRUCTURA TIPO.

MUROS EN SENTIDO X				MUROS EN SENTIDO Y			
B =	6,93		m	B =	7,00		m
Muro	L_{mi} (m)	b (m)	L_{mi}*b (m²)	Muro	L_{mi} (m)	b (m)	L_{mi}*b (m²)
1	3,85	6,83	26,30	1	4,90	6,90	33,81
2	5,75	5,00	28,75	2	5,16	3,75	19,35
	9,60		55,05	3	4,28	2,49	10,66
					14,34		63,82
		S_x =	0,33			S_y =	0,14
			NO				OK

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Para el sentido en dirección del eje X se tiene $S_x > 0.15$ debido a la configuración arquitectónica, al no poder colocar más paredes en dicho sentido, se debe asegurar

la conexión y estructuración correcta entre muros, así como la distribución uniforme del peso en las cubiertas.

6.2.3 DISEÑO DE COLUMNAS DE CAÑA GUADÚA

Considerando la columna más crítica correspondiente al restaurante se tiene el siguiente diseño en la TABLA 6-11.

TABLA 6-11. DISEÑO DE COLUMNA DE CAÑA GUADÚA TIPO.

Peso cubierta =	128,95	kg/m ²	
Carga viva =	70,00	kg/m ²	
Área crítica =	9,91	m ²	
Carga aplicada =	1.971,63	kg	
H. columna =	3,93	m	
Diámetro =	10	cm	
# guaduas =	4	u	
Carga admisible =	683,20	kg	
C. admisible total =	2.732,80	kg	OK

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

La carga admisible total es mayor a la carga aplicada que puede soportar en el caso más desfavorable. Por lo tanto, las columnas se armarán según la FIGURA 6-22 y FIGURA 6-23 y se conectarán mediante pernos $\Phi = 10$ mm a lo largo de su altura.

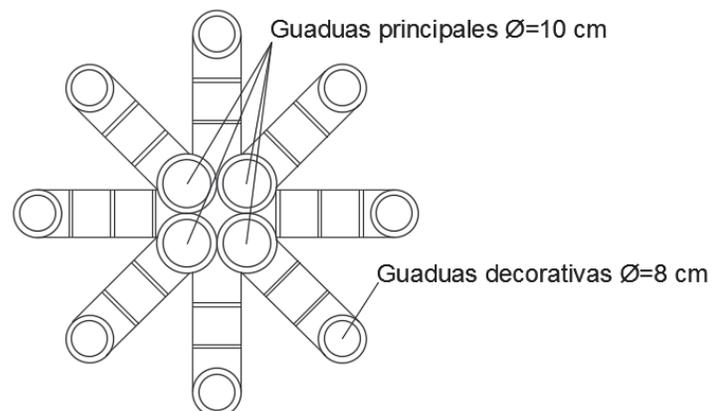


FIGURA 6-22. VISTA EN PLANTA DE COLUMNA DE GUADÚA TIPO.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

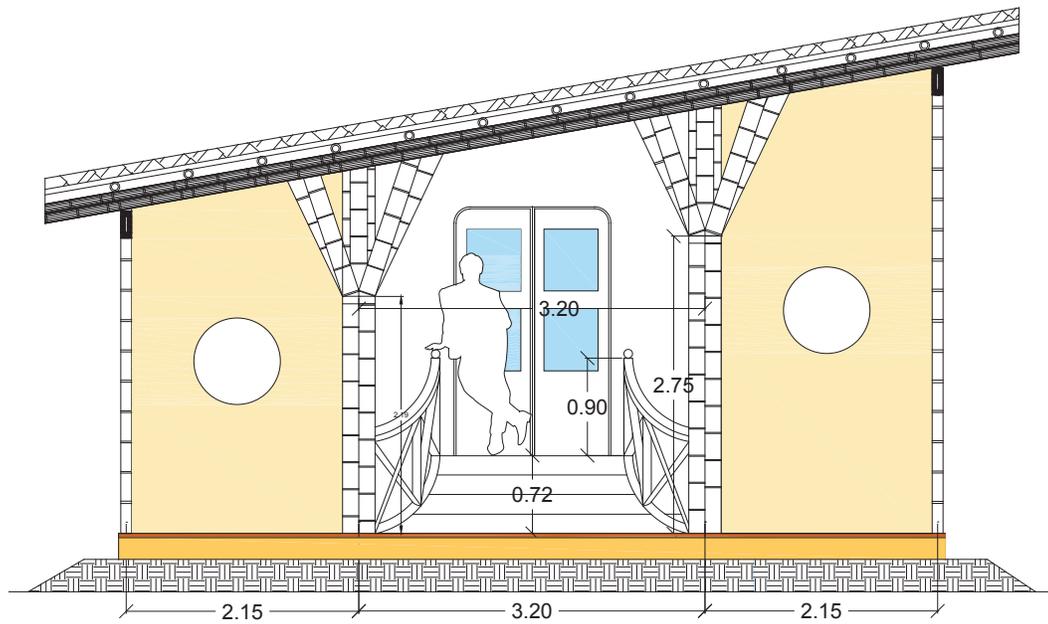


FIGURA 6-23. VISTA LATERAL DE COLUMNAS DE GUADÚA TIPO

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Especificaciones técnicas:

- Mortero para relleno de cañutos de guadúa con una resistencia mínima $f'_{cr} = 90 \text{ kg/cm}^2$, con una dosificación cemento-arena de 1:3.

6.2.4 DISEÑO DE CIMENTACIÓN

Una vez hecha la reposición de suelo con subclase II se construyen las vigas de cimentación con las siguientes especificaciones según la TABLA 6-12 y como se muestra en la FIGURA 6-24 para todas las estructuras del complejo.

TABLA 6-12. DISEÑO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN.

PARÁMETROS	CANTIDAD
Ancho	300 mm
Alto	300 mm
Resistencia mínima hormigón	210 kg/cm ²
Refuerzo longitudinal	4Φ10 mm
Refuerzo transversal	1eΦ10mm @ 200mm
Resistencia mínima refuerzo de acero	4.200 kg/cm ²
Conectores de corte en soleras de madera	1Φ10mm @ 1.5 m
Anclajes antivuelco (inicio y final de muro)	1Φ12mm
Material sobrecimiento	mampostería reforzada
Ancho de sobrecimiento	150 mm
Altura de sobrecimiento	300 mm

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

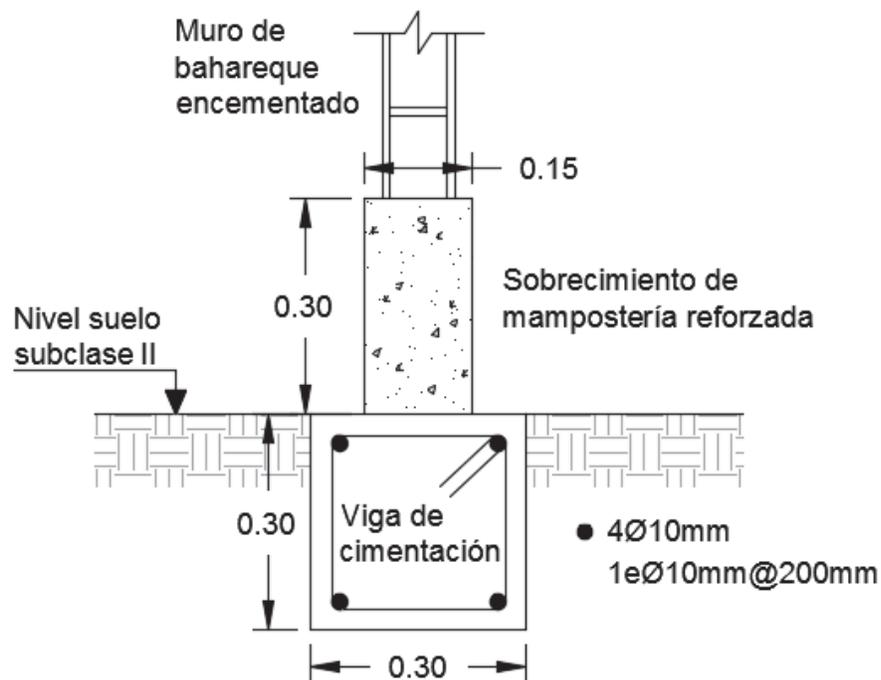


FIGURA 6-24. DETALLE DE VIGA DE CIMENTACIÓN.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

El plano estructural de la cimentación tipo se presenta en el ANEXO 5 y el detalle para los refuerzos de cimentación en terreno inclinado con pendiente mayor al 20% se muestra en la FIGURA 6-25, cumpliendo las mismas especificaciones técnicas para los materiales que la viga de cimentación.

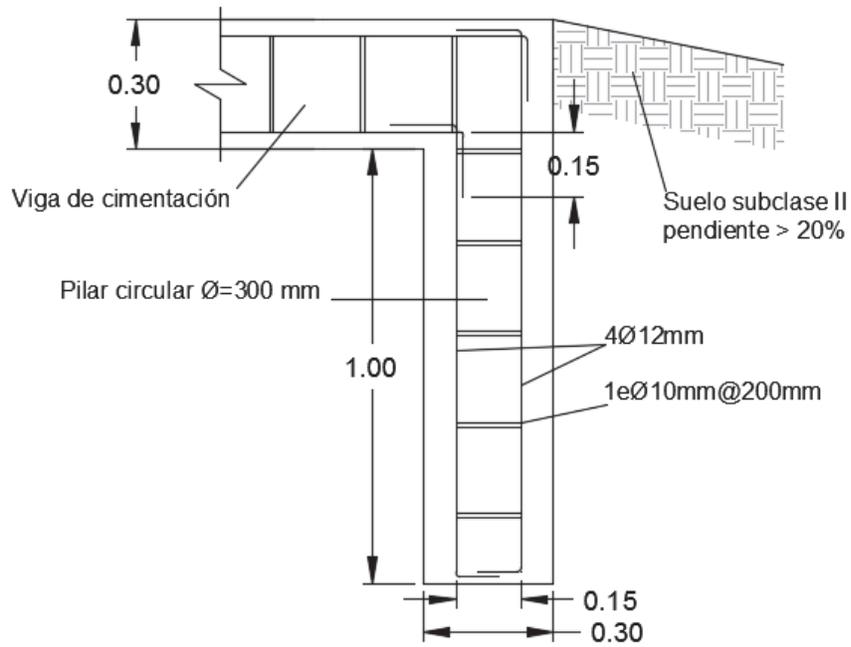


FIGURA 6-25. DETALLE DE REFUERZO DE CIMENTACIÓN.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Para el caso de la cimentación de columnas se realizará un dado de hormigón armado como muestra la FIGURA 6-26.

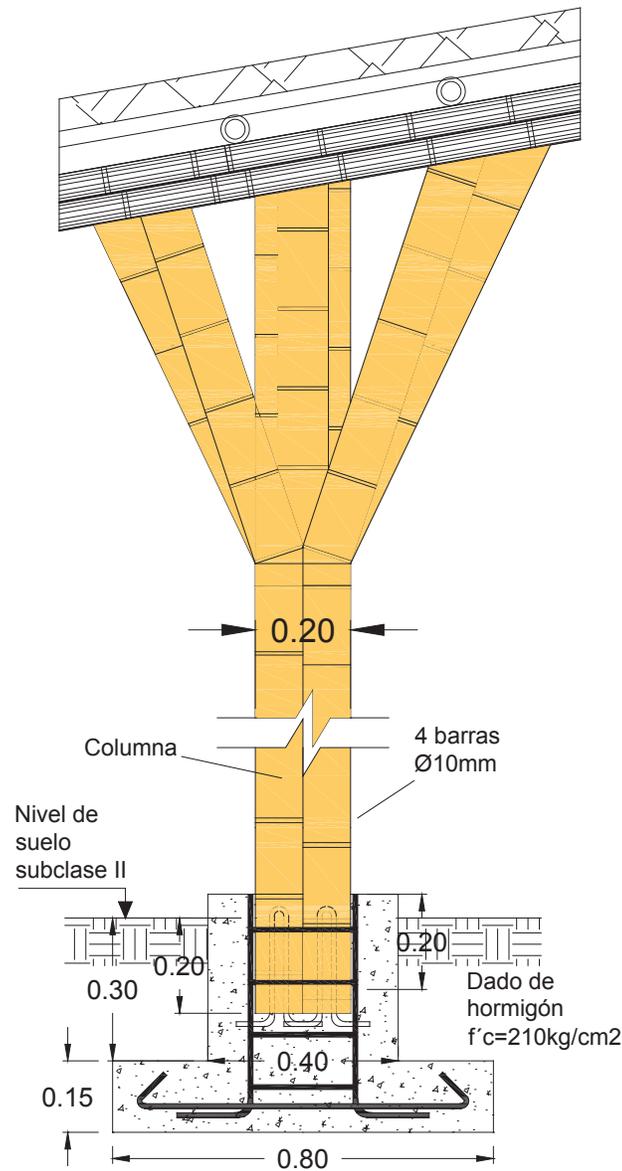
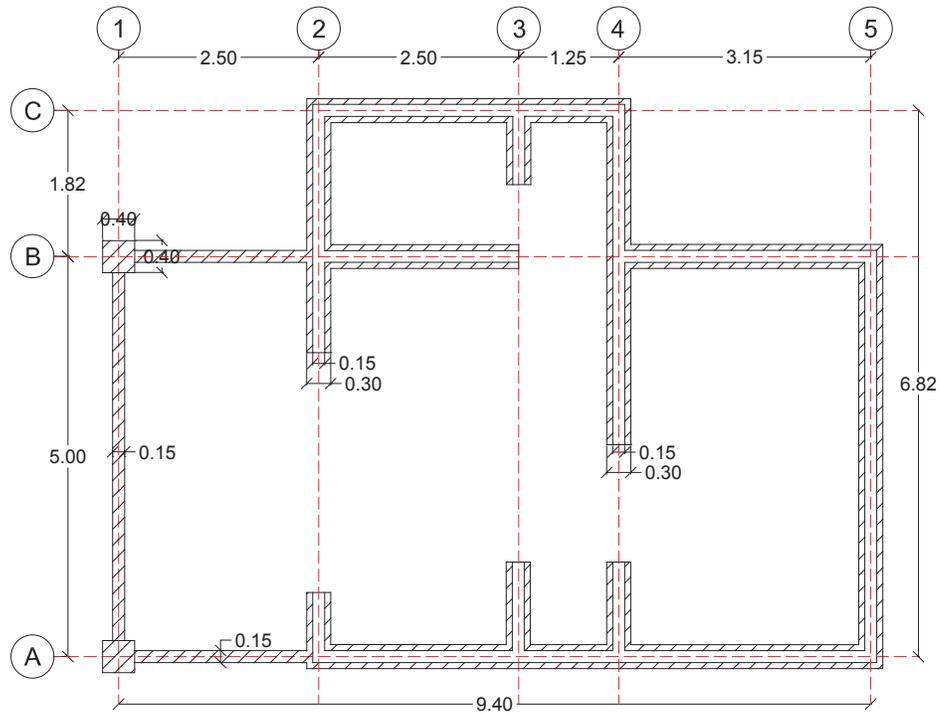


FIGURA 6-26. DETALLE DE CIMENTACIÓN PARA COLUMNAS.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

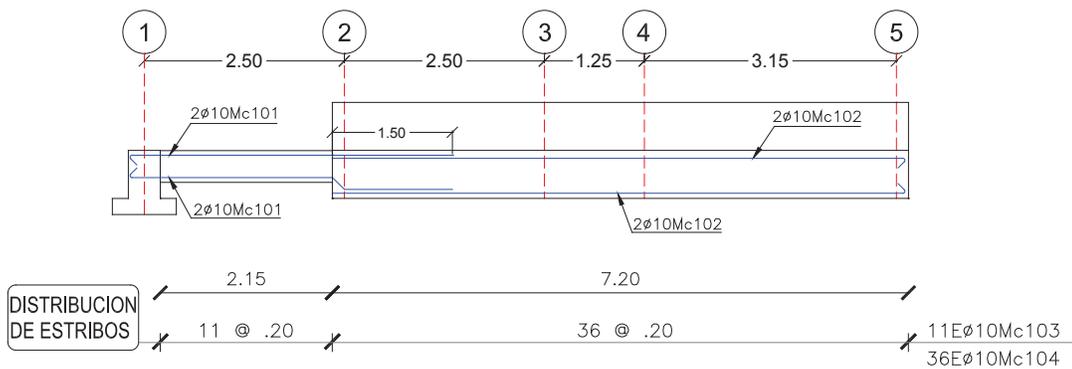
Todas las columnas correspondientes al restaurante y cocina se las construirá de la manera indicada anteriormente con aceros de diámetro mínimo 10 mm, a excepción de las columnas de los balcones, que tendrán un dado de hormigón simple de menores dimensiones. El esquema de la cimentación tipo y el desarrollo longitudinal del armado de la viga de cimentación se muestra en la FIGURA 6-27.



CIMENTACIÓN TIPO (SISTEMA PRIVADO CUADRUPLE)

ESCALA

s/e



VIGA EJE A

ESCALA: _____ s/e

FIGURA 6-27. ESQUEMA DE CIMENTACIÓN TIPO

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

6.2.5 UNIONES

Se determinan según los lineamientos expuestos en el capítulo V, considerando primordialmente que las piezas de guadúa no se deben unir con clavos, a menos que sea de forma temporal para el armado de la estructura.

6.2.5.1 Uniones entre piezas de bambú

Uniones con tarugos o pernos.

Para el caso de los tarugos, estos serán de madera estructural o de otros materiales de resistencia similar. Es necesario colocar arandelas, pletinas metálicas, u otro material resistente entre la cabeza o tuerca del perno y la guadúa.

La perforación del entrenudo para el perno debe pasar por el eje central del bambú y los pernos pueden fabricarse con barras de refuerzo roscadas en obra o con barras comerciales de diámetro mínimo 10 mm, de igual forma las tuercas o arandelas con un diámetro mínimo de 10 mm. El detalle se lo observa en la FIGURA 6-28.

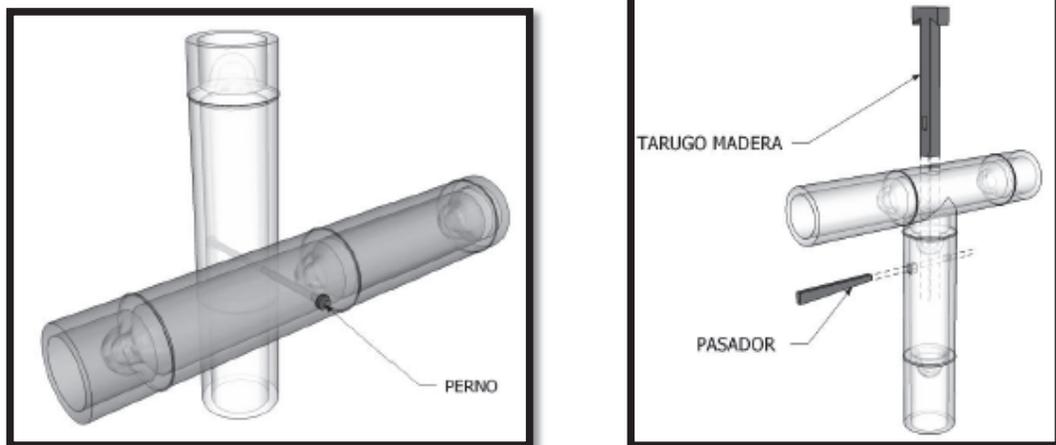


FIGURA 6-28.DETALLE DE UNIONES CON TARUGOS Y PERNOS.

Fuente: (Calva, 2015)

Uniones con pernos y mortero

Para el caso de un entrenudo sujeto a una fuerza de aplastamiento o que requiera ser rellenado con mortero, se realizará una perforación de 4 cm como máximo y un mortero con una relación 1:4 entre el cemento y el agregado fino.

Los pernos al igual que las tuercas y arandelas tendrán un diámetro mínimo de 10 mm. ubicados como máximo a 30 mm de los nudos. El detalle de unión con perno y mortero se observa en la FIGURA 6-29.

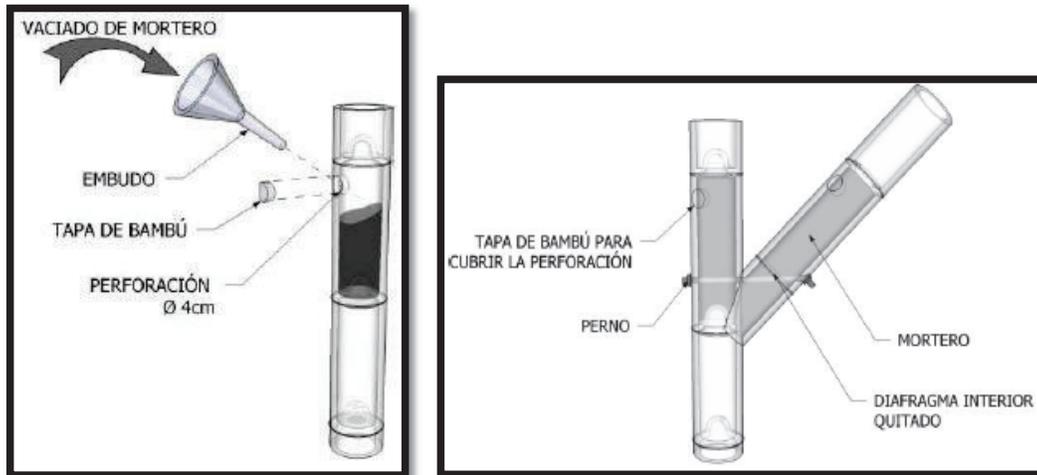


FIGURA 6-29. DETALLE DE UNIÓN CON PERNO Y MORTERO.

Fuente: (Calva, 2015)

Uniones longitudinales con pieza de madera

Los diámetros de las guadúas a unir deben ser similares y se unirán mediante una pieza de madera con dos pernos de 10 mm como mínimo, perpendiculares entre sí en cada una de las guadúas. Los pernos deben estar ubicados como máximo a 30 mm de los nudos. El detalle del armado se observa en la FIGURA 6-30.

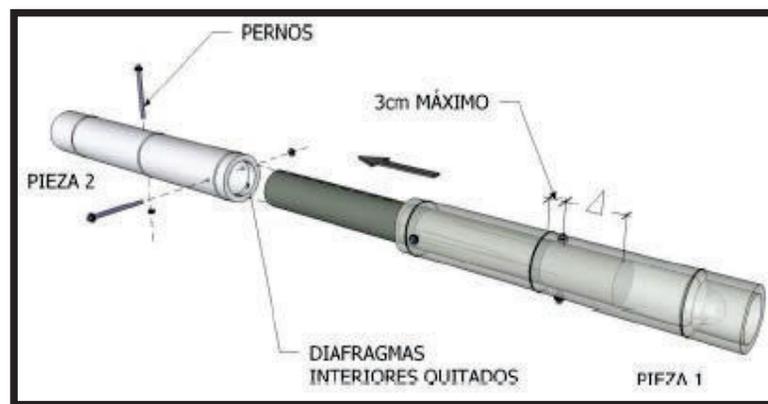


FIGURA 6-30. DETALLE DE UNIÓN LONGITUDINAL CON PIEZA DE MADERA.

Fuente: (Calva, 2015)

6.2.5.2 Unión entre muros

Sea para el caso de muros perpendiculares o en el mismo plano se unen mediante pernos, tuercas y arandelas con un diámetro mínimo de 10 mm. Deben existir como mínimo tres conexiones por unión ubicadas a cada tercio de la altura del muro. El detalle de la conexión se observa en la FIGURA 6-31.

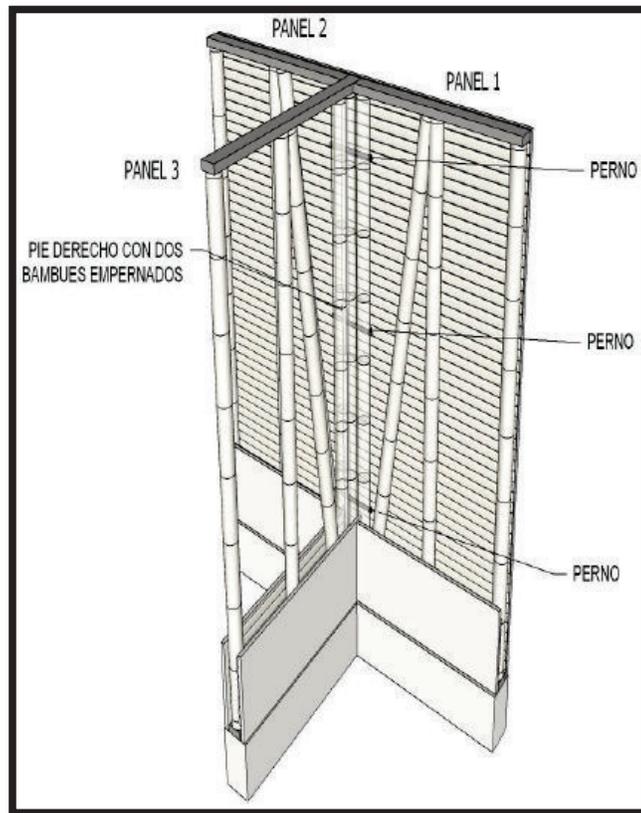


FIGURA 6-31. DETALLE DE UNIÓN ENTRE MUROS.

Fuente: (Calva, 2015)

6.2.5.3 Unión muro – cubierta

La unión del sistema muro-cubierta es idéntica a la de muro-cimentación, mediante pernos, tuercas y arandelas que atraviesan las soleras de madera. Los elementos verticales de guadúa deben tener un cañuto con un perno embebido en mortero de cemento para ser unido con la solera y las viguetas de la cubierta. El extremo relleno debe confinarse con un zuncho para evitar la fisuración longitudinal debido a los esfuerzos cortantes. Los pernos tendrán un diámetro mínimo de 10 mm. El detalle se lo observa en la FIGURA 6-32.

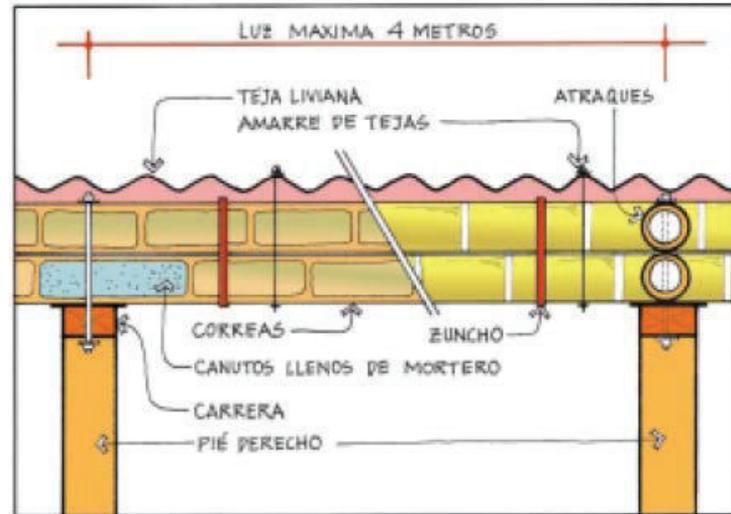


FIGURA 6-32. DETALLE UNIÓN MURO-CUBIERTA.

Fuente: (ACIS, 2010)

6.2.5.4 Unión muro o columna – cimentación

Unión entre cimiento y columna

Con el fin de transmitir las fuerzas de tracción a través de conexiones emperradas se debe considerar lo siguiente para su construcción:

- El perno con diámetro mínimo de 10 mm debe atravesar el primero o segundo entrenudo de la guadúa y tener una longitud de mínimo 400 mm sobre la cimentación y terminar en gancho dentro de esta.
- Cada columna debe tener una pieza de guadúa conectada a la cimentación como mínimo.
- Se rellenarán los entrenudos atravesados por el perno con una mezcla de mortero.
- Evitar el contacto de la guadúa con el concreto o mampostería mediante un separador de metal u otro material impermeable.
- El detalle de la unión se observa en la FIGURA 6-33

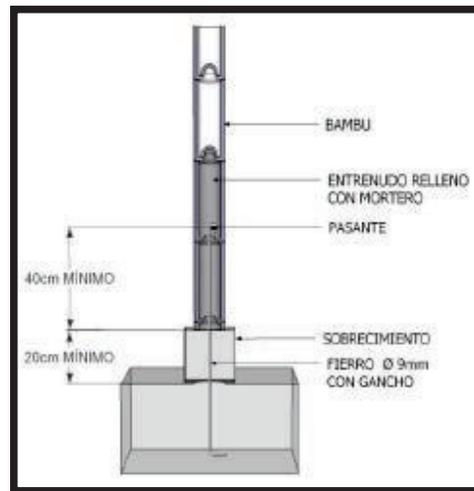


FIGURA 6-33. DETALLE DE UNIÓN COLUMNA-CIMENTACIÓN CON ANCLAJE INTERNO.

Fuente: (Calva, 2015)

Unión entre cimiento y muro

Cada muro tendrá como mínimo dos puntos de anclaje conectados a la cimentación o al sobre-cimiento mediante pernos, tuercas y arandelas con un diámetro mínimo de 10 mm. La separación máxima entre puntos de anclaje es de 2,50 m. Para el caso de puertas tendrán un punto de anclaje a cada lado. El detalle de la unión se observa en la FIGURA 6-34.

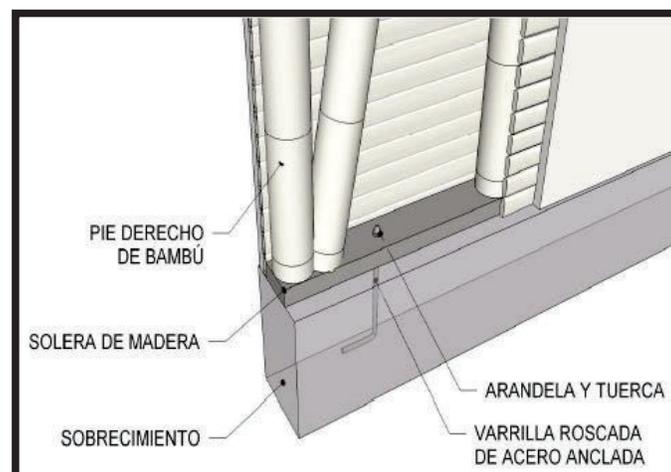


FIGURA 6-34. DETALLE DE UNIÓN MURO-CIMENTACIÓN CON VARILLA DE ACERO ROSCADA.

Fuente: (Calva, 2015)

CAPÍTULO 7

DISEÑO DEL SISTEMA HIDROSANITARIO

7.1 AGUA POTABLE

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el diseño de los diferentes componentes que intervienen en el sistema de agua potable. La memoria de cálculo que detalla los pasos de diseño se encuentra en el ANEXO 10 y los planos en el ANEXO 5.

7.1.1 RESERVORIO DE AGUA

Para el almacenamiento del agua recolectada se ha optado por un reservorio excavado recubierto con geomembrana que evitará la infiltración del agua (Ver FIGURA 7-1). La selección de esta estructura se debe principalmente a que no se requiere el uso de materiales tales como hormigón, para almacenar una gran cantidad de agua, lo cual contribuye con la sostenibilidad del proyecto.



FIGURA 7-1. RESERVORIO DE AGUA CUBIERTO CON GEOMEMBRANA

Fuente: (FAO, 2013)

La TABLA 7-1 expone los resultados del diseño y la FIGURA 7-2 y FIGURA 7-3 son esquemas del mismo.

TABLA 7-1. RESULTADOS DISEÑO DEL RESERVORIO DE AGUA.

Datos			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Población	P	71	hab
Dotación	D	260	l/hab.día
Tiempo de retención	tr	4	día
Resultados			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Volumen	V	73,84	m ³
Dimensiones			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Largo fondo	L'	8	m
Ancho fondo	B'	5	m
Talud 1:m	m	2,5	
Profundidad	h	1,5	m

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

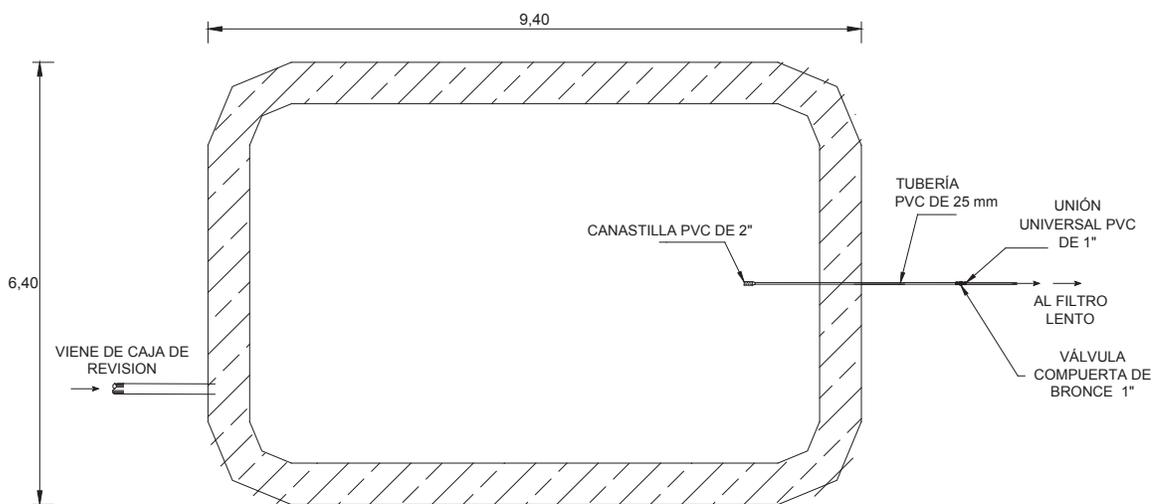


FIGURA 7-2. VISTA EN PLANTA DEL RESERVORIO.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

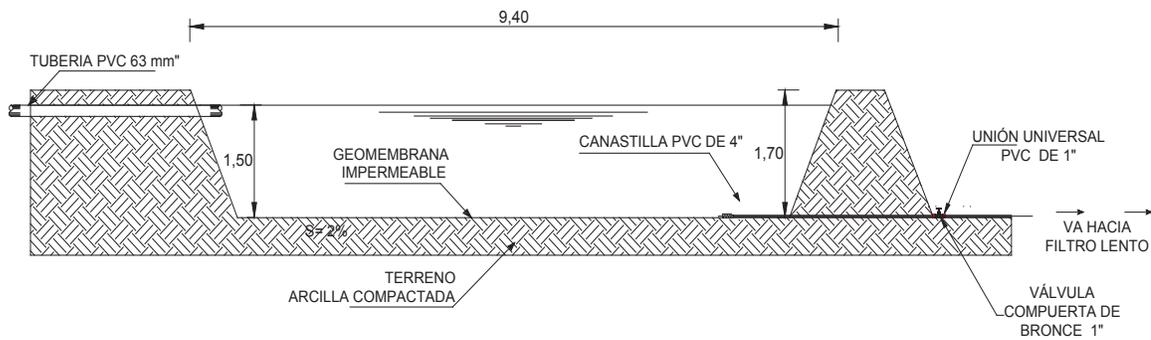


FIGURA 7-3. VISTA LATERAL DEL RESERVORIO.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

7.1.2 FILTRO LENTO DE ARENA

El filtro lento de arena (FLA) se caracteriza por ser un sistema sencillo, limpio y a la vez eficiente para el tratamiento de agua que no genera una fuente adicional de contaminación para el ambiente. Su simplicidad y bajo costo de operación y mantenimiento lo convierte en un sistema ideal para zonas rurales y pequeñas comunidades.

La TABLA 7-2 expone los resultados del diseño y la FIGURA 7-4 y FIGURA 7-5 son esquemas del mismo.

TABLA 7-2. RESULTADOS DISEÑO DEL FILTRO LENTO DE ARENA

Filtro lento de arena			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal	Q	0,21 l/s	
Carga sobre el vertedero	h	26,2 cm	
Tasa de filtración	T	4 m ³ /m ² -día	
Área filtrante	A	4,64 m ²	
Número de filtros	N	2 filtros	
Ancho c/filtro	B	1,6 m	
Largo c/filtro	L	2,90 m	
Altura sobrenadante		1 m	
Altura total	Ht	2,63 m	
Composición de lecho filtrante			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Altura de arena	Harena	1 m	
Altura de grava	Hgrava	0,325 m	
Número de laterales	n	2 laterales	
Total laterales	#lat	8 laterales	
Longitud de cada lateral	LI	65 cm	
Perforaciones por c/lateral	#o/l	16 orificios	
Diámetro de perforación	D	10 mm	
Separación entre orificios	e	8 cm	
Separación entre laterales	el	0,8 m	
Pérdidas			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Pérdidas en lecho filtrante		23,06 cm	
Pérdidas en orificios	Hot	0,82 cm	
Pérdidas totales	Hf	23,88 cm	

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

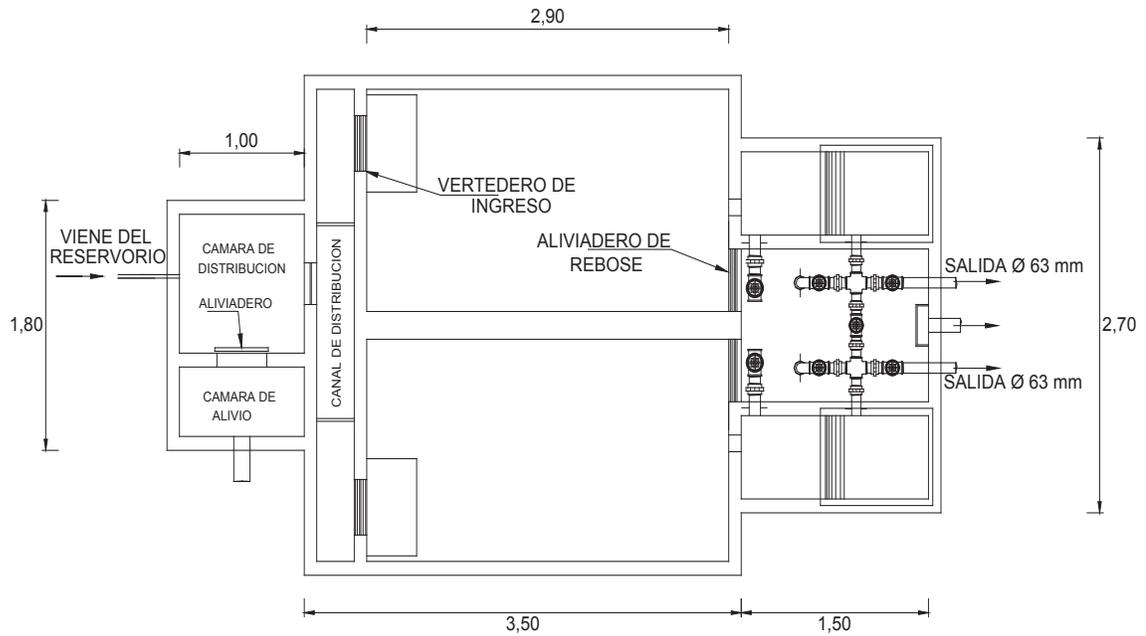


FIGURA 7-4. VISTA EN PLANTA DEL FILTRO LENTO DE ARENA.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

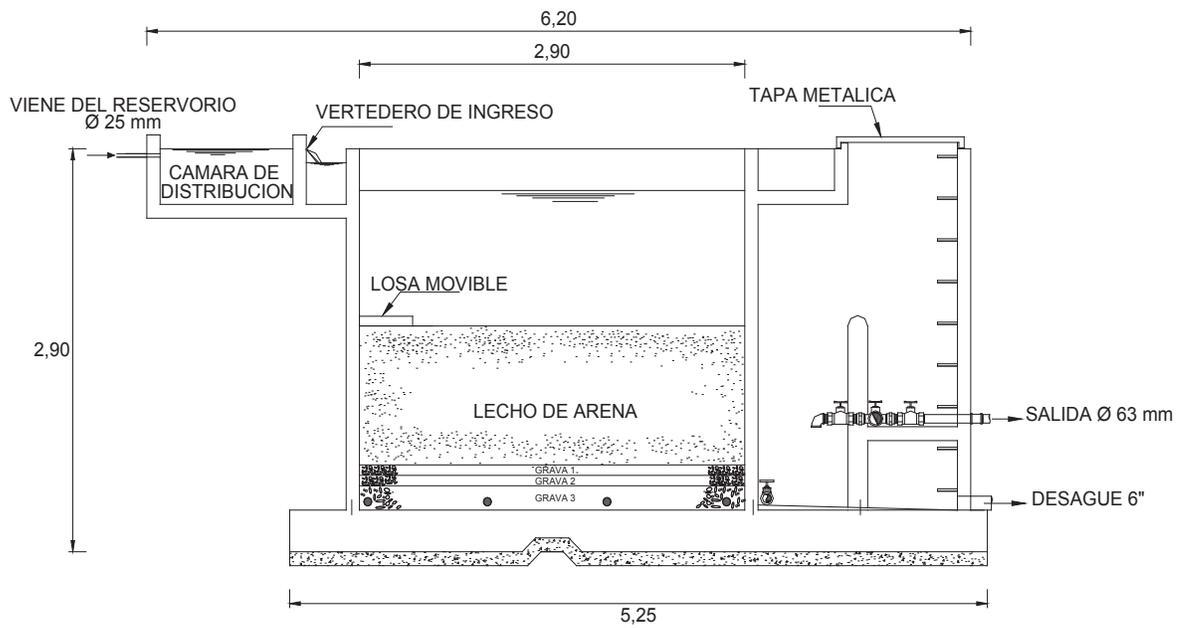


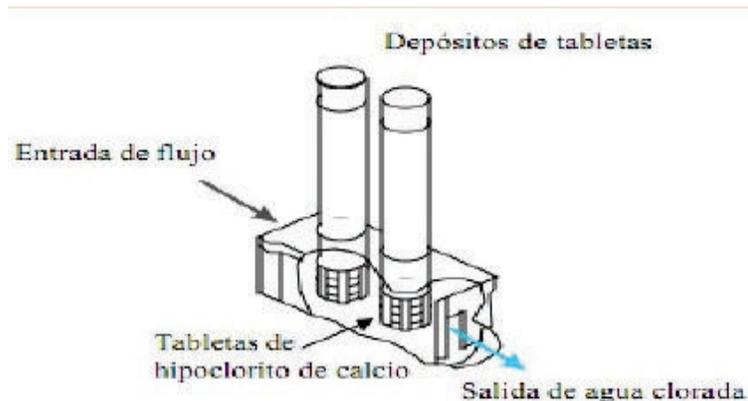
FIGURA 7-5. VISTA LATERAL DEL FILTRO LENTO DE ARENA.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

7.1.3 DESINFECCIÓN

Para la desinfección se utilizará un dosificador de tabletas de hipoclorito de calcio (FIGURA 7-6) que puede ser adquirido en el mercado.

FIGURA 7-6. DOSIFICADOR DE TABLETAS DE HIPOCLORITO DE CALCIO.



Fuente: (Zuñiga, 2010)

7.1.4 CISTERNA DE ALMACENAMIENTO

Se instalarán dos tanques plásticos de 10 m³ cada uno, los mismos que deben ser enterrados de acuerdo con las especificaciones del fabricante. La TABLA 7-3 expone los resultados del diseño y la FIGURA 7-7 y FIGURA 7-8 son esquemas del mismo.

TABLA 7-3. RESULTADOS DISEÑO DE LA CISTERNA DE ALMACENAMIENTO.

Datos			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal	Q	0,21	l/s
Tiempo de retención	tr	24	hr
Resultados			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Volumen	V	18,46	m ³

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

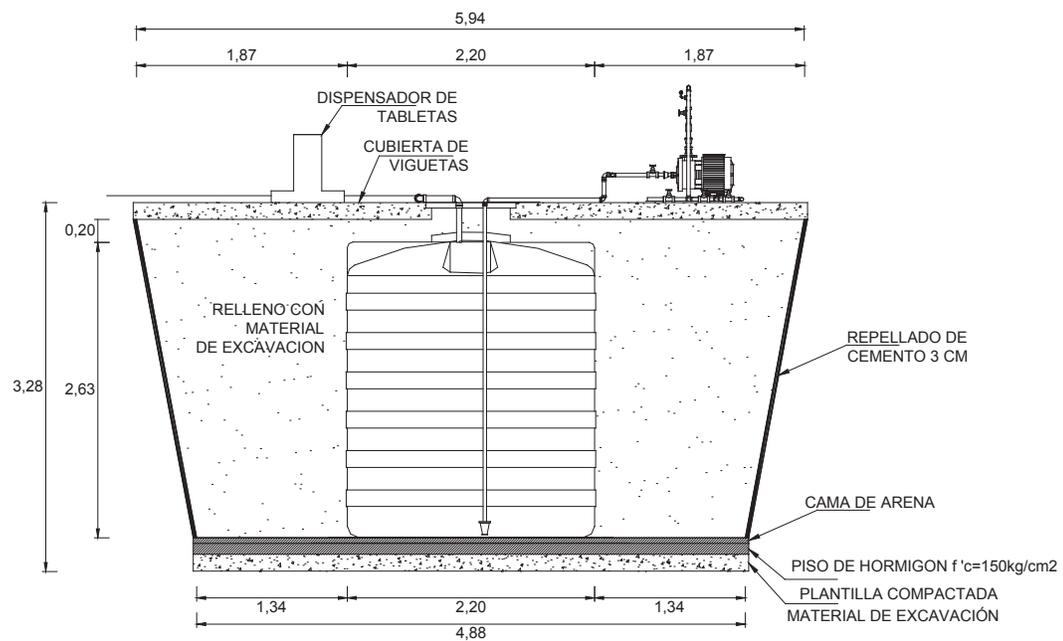


FIGURA 7-7. VISTA LATERAL DE LA CISTERNA DE ALMACENAMIENTO.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

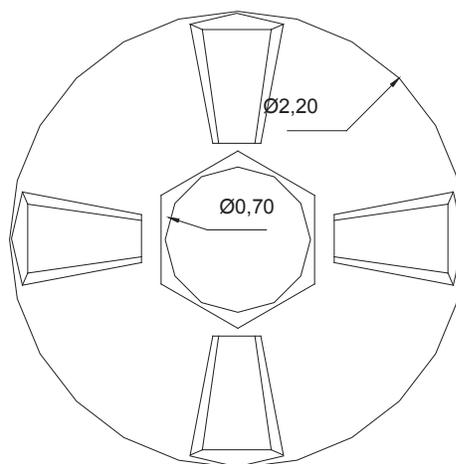


FIGURA 7-8. VISTA EN PLANTA DE LA CISTERNA DE ALMACENAMIENTO.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

7.2 AGUAS RESIDUALES

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el diseño de los diferentes componentes que intervienen en el sistema de aguas residuales. La memoria de cálculo que detalla los pasos de diseño se encuentra en el ANEXO 11 y los planos en el ANEXO 5.

7.2.1 LAGUNA DE BAJO CALADO

La laguna de bajo calado cuenta con un dispositivo de control que dispone de una rejilla cuando el agua llega de la recolección y de un dispositivo que permite la salida del efluente tratado. La TABLA 7-4 expone los resultados del diseño y la FIGURA 7-9 y FIGURA 7-10 son esquemas del mismo.

TABLA 7-4. RESULTADOS DISEÑO LAGUNA BAJO CALADO

Datos				
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	
Caudal afluente	Qa	11,85	m ³ /día	
DBO afluente	DBO _{5a}	150	mg/l	
Concentración inicial coliformes fecales	Co	1,00E+07	NMP/100 ml	
Tiempo de retención	tr	1	días	
Profundidad	h	0,35	m	
Relación Largo/Ancho	L/B	3,00		
Evaporación	e	5,00	mm/día	
Temperatura del agua	T	20	°	
Resultados				
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	
Largo	L	10,10	m	
Ancho	B	3,40	m	
Área	A	0,003	Ha	
		34,34	m ²	
Carga superficial	LS	517,60	kg/ha-día	
Caudal efluente	Qe	11,68	m ³ /día	
Cte. Remoción patógenos	Kb	12,540	día ⁻¹	
Concentración final coliformes fecales	Cf	35,81	NPM/100 ml	
Cte. Remoción DBO	Kt	0,44	día ⁻¹	
DBO efluente	DBO _{5e}	96,49	mg/l	

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

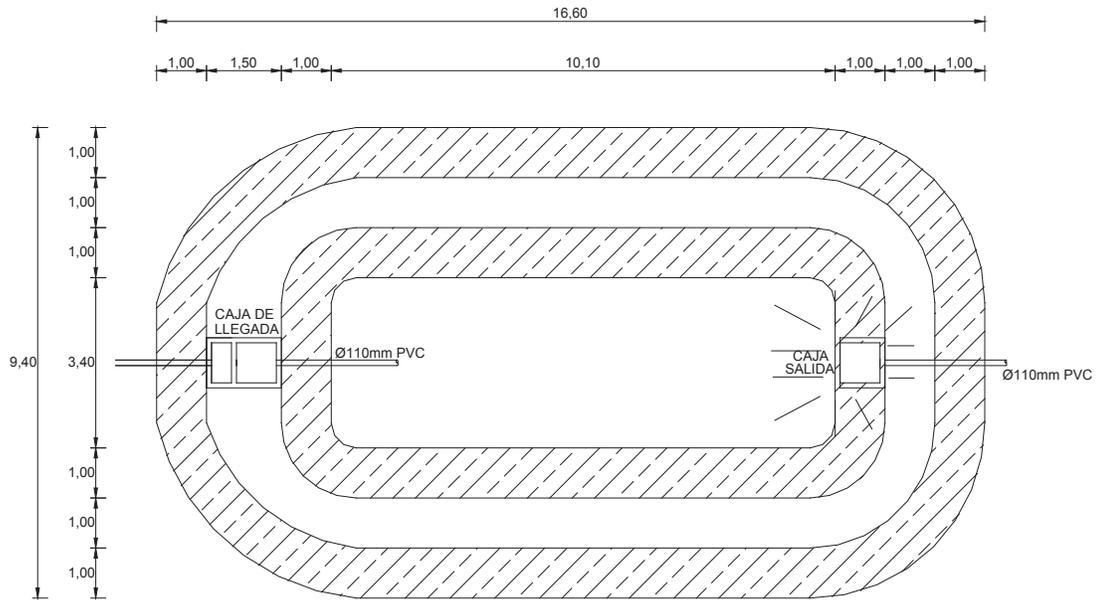


FIGURA 7-9. VISTA EN PLANTA DE LAGUNA DE BAJO CALADO.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

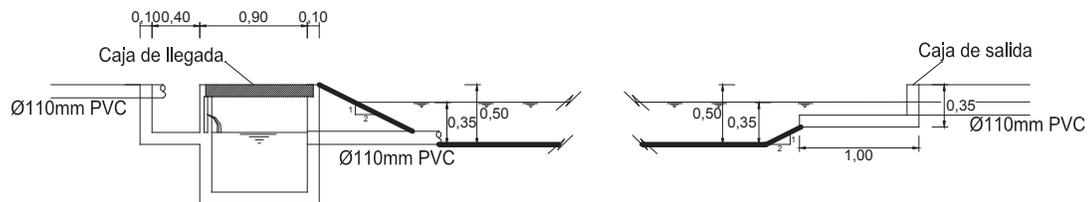


FIGURA 7-10. VISTA LATERAL LAGUNA DE BAJO CALADO.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

7.2.2 HUMEDAL SUBSUPERFICIAL

El humedal subsuperficial está compuesto por 3 estratos y por plantas de tipo Pasto Alemán, que contribuirán para el tratamiento de las aguas residuales. La TABLA 7-5 expone los principales resultados del diseño y la FIGURA 7-11 es un esquema del mismo.

TABLA 7-5. RESULTADOS DISEÑO HUMEDAL SUBSUPERFICIAL

Datos			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal afluente	Qa	11,68	m ³ /s
DBO afluente	DBO5a	96,49	mg/l
DBO efluente	DBO5e	10	mg/l
Concentración inicial coliformes fec	Co	35,81	NPM/100 ml
Profundidad total del humedal	h	0,6	m
Temperatura del agua	T	20	°C
Porosidad promedio	Po	34,66%	
Conductividad hidráulica	Ks	10883,33	m ³ /m ² -día
Pérdida de carga	dh	0,06	m
Resultados			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Cte. Remoción DBO	Kt	1,10	d ⁻¹
Área superficial	As	115,30	m ²
Tiempo de retención	tr	2,05	días
Ancho	B	1,85	m
Largo teórico	Lt	62,20	m
Divisiones	D	4,00	
Largo de cada división	L	15,50	m
Cte. Remoción coliformes fecales	Kb	2,60	d ⁻¹
Concentración final coliformes fecal	Cf	5,65	NPM/100ml

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

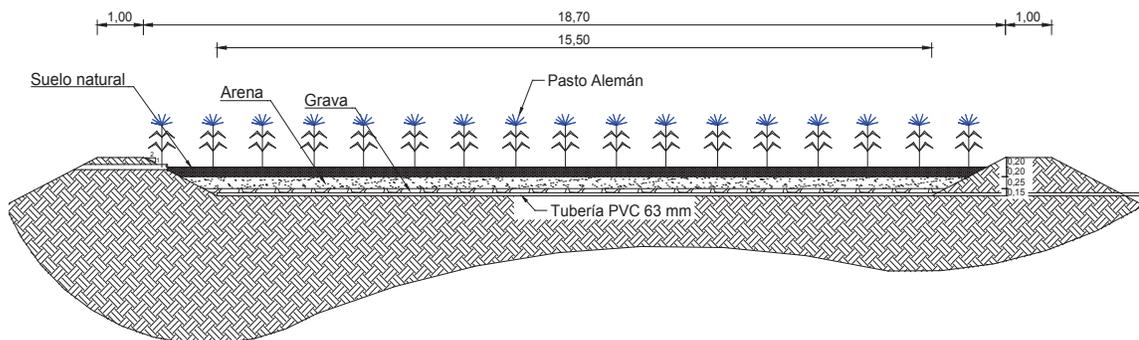


FIGURA 7-11. VISTA LATERAL HUMEDAL SUBSUPERFICIAL.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

7.2.3 BIODIGESTOR

El biodigestor permitirá el tratamiento de las aguas negras, convirtiéndolas en fertilizante mediante un proceso anaerobio que se facilita debido a la presencia de materia orgánica proveniente de excretas humanas. La TABLA 7-6 expone los principales resultados del diseño y la FIGURA 7-12 y FIGURA 7-13 son un esquema del mismo.

TABLA 7-6. RESULTADOS DISEÑO BIODIGESTOR

Datos				
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	
Caudal afluente	Q	0,83	m ³ /día	
Población	P	71	hab	
Tiempo de retención	tr	20	días	
Materia orgánica por persona	MO	0,4	kg	
Resultados				
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	
Volumen líquido	VI	16,62	m ³	
Volumen gaseoso	Vg	5,54	m ³	
Volumen total	Vt	22,16	m ³	
Producción de estiércol		28,4	kg/día	

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

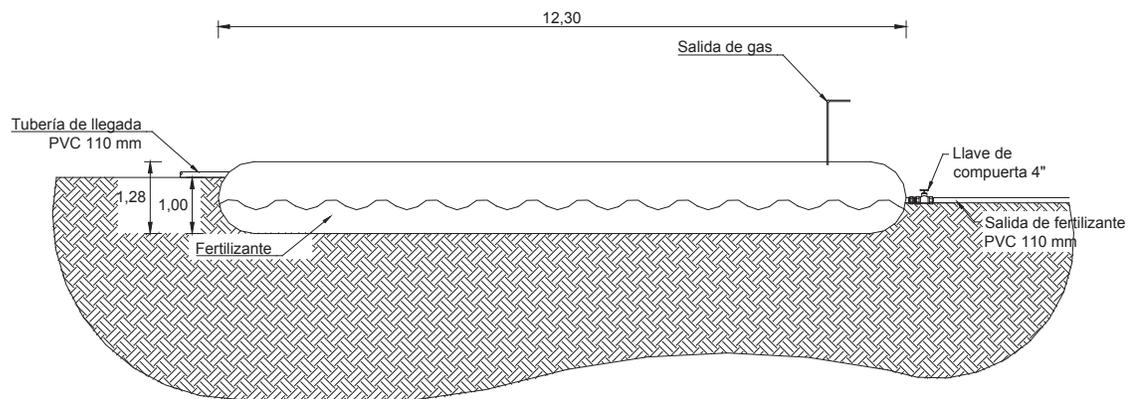


FIGURA 7-12. VISTA LATERAL BIODIGESTOR.

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

CAPÍTULO 8

ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA ENERGÉTICO

8.1 REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS

Como se había mencionado en el apartado 4.2.4.3, sí existe servicio de energía eléctrica en el área de estudio. Sin embargo, el servicio sufre de interrupciones constantes.

De tal manera, es necesaria la implementación de un sistema auxiliar que permita suplir la demanda de los aparatos que consumen mayor cantidad de energía. La TABLA 8-1 resume los consumos de mayor magnitud.

TABLA 8-1. PRINCIPALES REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS DEL PROYECTO

TIPO	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL (W)	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS FUNCIÓN	CONSUMO (Wh)
SECADORA	3	240	720	2	1.440,00
COMPUTADOR	1	225	225	8	1.800,00
VENTILADORES	4	75	300	6	1.800,00
PLANCHA	2	1.000	2.000	1	2.000,00
TELEVISOR LCD 40"	2	130	260	8	2.080,00
EXTRACTOR DE OLORES	2	1.100	2.200	1	2.200,00
BOMBA	2	1.200	2.400	1	2.400,00
VENTILADORES	24	75	1.800	4	7.200,00
REFRIGERADORA	20	420	8.400	8	67.200,00
LAVADORA	3	720	2.160	2	4.320,00
LUMINARIA EN POSTE	15	120	1.800	4	7.200,00
REFRIGERADORA INDUSTRIAL	2	600	1.200	8	9.600,00
CONGELADORA INDUSTRIAL	2	1.125	2.250	8	18.000,00
DUCHA	13	3.850	50.050	1	37.537,50
AIRE ACONDICIONADO	1	4.800	4.800	8	38.400,00

 Aparatos de mayor consumo

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Como se puede observar, los artefactos que consumen la mayor cantidad de energía son la lavadora, luminaria en poste, refrigeradora, congeladora, ducha y

aire acondicionado debido principalmente a que requieren de altas potencias para operar, así como elevados tiempos de funcionamiento.

8.2 ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN Y DOTACIÓN

Alrededor del mundo, la generación de energía siempre ocasiona un impacto sobre el medio ambiente, al emitir ciertos contaminantes hasta cuando proviene de fuentes renovables. Sin embargo, el efecto es mucho menor en comparación al producido por la explotación de fuentes tales como el carbón o gas natural (TABLA 8-2).

TABLA 8-2. IMPACTO AMBIENTAL EN LAS FORMAS DE PRODUCIR ELECTRICIDAD

(Emisiones de contaminantes para todo el ciclo de combustible. En toneladas por GWh producido)								
FUENTE	CO ₂	NOX	SO ₂	PARTÍCULAS SÓLIDAS EN SUSPENSIÓN	CO	HIDRO- CARBUROS	RESIDUOS NUCLEARES	TOTAL
■ Carbón	1.058,2	2,986	2,971	1,626	0,267	0,102	-	1.066,1
■ Gas natural (**)	824,0	0,251	0,336	1,176	TR(*)	TR	-	825,8
■ Nuclear	8,6	0,034	0,029	0,003	0,018	0,001	3,641	12,3
■ Fotovoltaica	5,9	0,008	0,023	0,017	0,003	0,002	-	5,9
■ Biomasa	0,0	0,614	0,154	0,512	11,361	0,768	-	13,4
■ Geotérmica	56,8	TR	TR	TR	TR	TR	-	56,8
■ Eólica	7,4	TR	TR	TR	TR	TR	-	7,4
■ Solar térmica	3,6	TR	TR	TR	TR	TR	-	3,6
■ Hidráulica	6,6	TR	TR	TR	TR	TR	-	6,6

(*) Trazas. (**) Gas natural en ciclo combinado
La emisión de la biomasa presupone la regeneración anual de la cantidad consumida, lo que raras veces sucede.

Fuente: US Department of Energy, Council for Renewable Energy Education y Worldwatch Institute.

Fuente: (Merino, 2003)

Las energías alternativas son aquellas que producen el menor impacto sobre el ambiente, con la característica en común de que su generación proviene de fuentes ilimitadas. En este grupo, se encuentran principalmente las energías: fotovoltaica, biomasa, eólica, solar térmica e hidráulica.

El análisis de alternativas para el sistema energético a implementarse dentro del Complejo Ecoturístico Laguna de Cube incluirá a las energías: fotovoltaica, biomasa, eólica y solar térmica al existir la fuente primaria de cada una, es decir: sol, viento y desechos. Se han revisado y analizado varias fuentes bibliográficas

incluidos documentos orientados al diseño e implementación de estos sistemas para su análisis.

No se ha tomado en cuenta a la energía hidráulica por cuanto para su generación, es necesaria la construcción de obras civiles de mediana y gran magnitud.

8.2.1 ENERGÍA FOTOVOLTAICA

El principio de la energía fotovoltaica consiste en la captación de la radiación emitida por el sol mediante un dispositivo semiconductor denominado célula solar fotovoltaica.

Todo sistema fotovoltaico está compuesto de varios elementos necesarios para su correcto funcionamiento y control. Estos equipos son el generador fotovoltaico, el regulador e inversor de corriente, sistemas de acumulación o baterías y equipo diverso para mantener estables los sistemas de seguridad y medición (Mogrovejo & Sarmiento, 2011). La función y relación de cada elemento se muestra en la FIGURA 8-1.

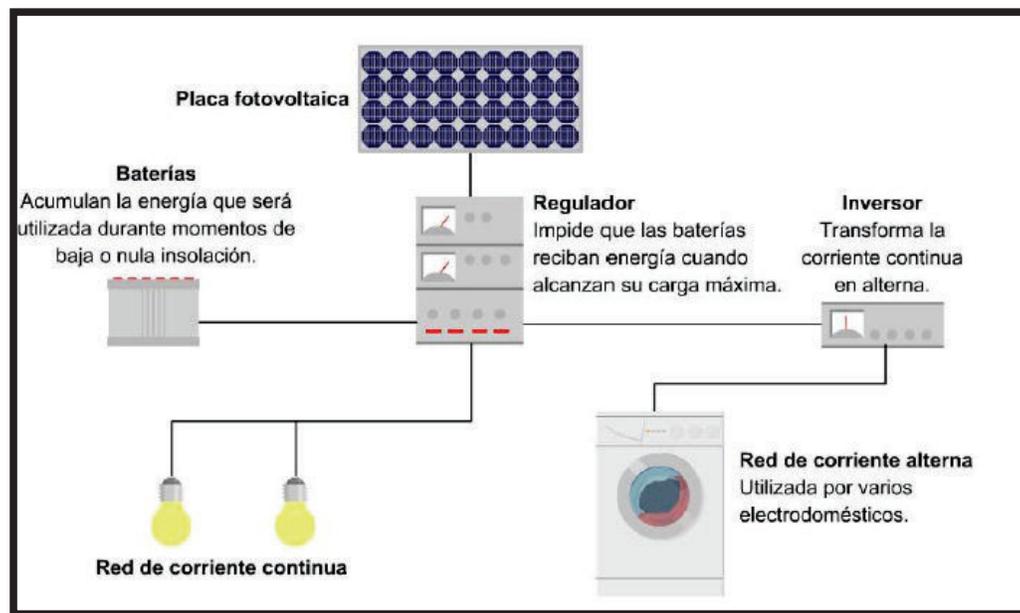


FIGURA 8-1. EQUIPOS QUE COMPONEN UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Fuente: (Mogrovejo & Sarmiento, 2011)

La placa fotovoltaica es el componente más importante del sistema. Está constituida por células fotovoltaicas, que son láminas semiconductoras fabricadas principalmente de silicio (el segundo elemento más abundante en la Tierra) con cantidades relativamente pequeñas de ciertos materiales cuyas propiedades eléctricas únicas hacen que en presencia de luz solar se produzca una corriente eléctrica continua (Posso, 2002).

Las principales ventajas y desventajas de este sistema se encuentran resumidas en la FIGURA 8-2.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • El sol es una fuente de energía natural, limpia e inagotable que se encuentra en casi todas partes • Es un sistema ideal para instalar en sectores de ubicación complicada o inaccesible para la red pública y/o por cuestiones de transporte, lo cual se adapta al caso de estudio. • Los costos de operación y mantenimiento de un sistema fotovoltaico son pequeños en comparación con el costo de otras energías renovables. • Los paneles fotovoltaicos no producen ruido alguno durante su operación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia máxima entre el 14% y 25%. • Costo elevado debido a la falta de compañías dedicadas a su fabricación dentro o cerca del Ecuador • Probablemente la energía utilizada al fabricar la célula solar, sea mayor a la energía total que pueda autogenerar el panel durante sus años de vida útil • En Ecuador, para recuperar la inversión inicial se supera el tiempo de vida útil de los equipos. • No es competitiva con la energía hidroeléctrica que cubre aproximadamente el 50% del consumo de Ecuador • Dependiendo la zona, la época del año y el clima la cantidad de radiación del sol puede variar, haciendo inestable la cantidad de energía solar que se puede almacenar • El sistema requiere de inversores y baterías lo que aumenta su costo considerablemente.

FIGURA 8-2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Fuente: (Mogrovejo & Sarmiento, 2011)

8.2.2 ENERGÍA EÓLICA

En la energía eólica se utiliza la fuerza del viento para generar energía cinética por efecto de las corrientes de aire (Posso, 2002).

El funcionamiento de un aerogenerador, así como los componentes que integran a todo el sistema se muestran en la FIGURA 8-3.

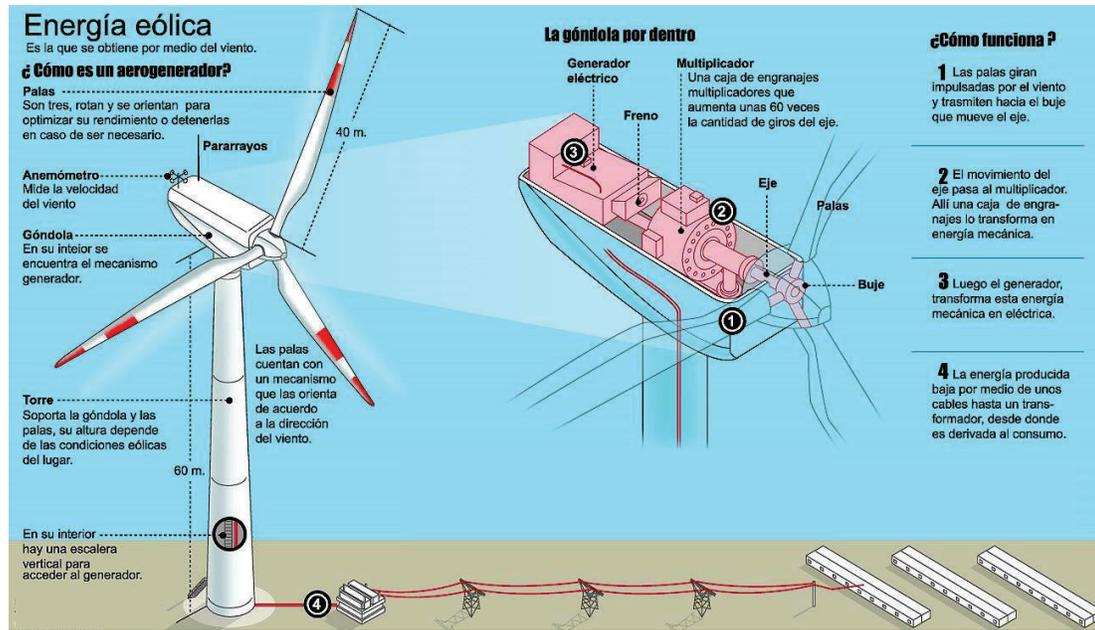


FIGURA 8-3. COMPONENTES DEL SISTEMA EÓLICO

Fuente: (López, 2016)

Las principales ventajas y desventajas de este sistema se encuentran resumidas en la FIGURA 8-4.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Es una energía disponible en prácticamente la totalidad del planeta, • Reduce las importaciones energéticas • Permite crear riqueza y empleo de forma local • No emite sustancias tóxicas ni contaminantes al aire o al agua • El equivalente de la energía proporcionada por proyectos de energía eólica en Ecuador abastece a 150 mil hogares en la actualidad. • El Ecuador posee actualmente una base jurídica que promueve la conservación y protección del medioambiente en la actividad eléctrica. • Su implementación es ideal para comunidades que se encuentren aisladas o alejadas • En países desarrollados el costo kW/h de la energía eólica es competitivo en relación a la obtenida por fuentes convencionales 	<ul style="list-style-type: none"> • La rotación de las aspas y dispositivos mecánicos producen ruido, por lo que deben instalarse a 300-400 m de sitios habitados • Puede generar interferencia a ondas de televisión y radio. • Pueden haber perturbaciones a la vida salvaje, especialmente de pájaros • Impacto visual • Los lugares donde existen buenas corrientes de aire se encuentran generalmente en lugares remotos • Se necesitan grandes áreas para su ubicación • Previo a la instalación de los aerogeneradores se necesitan periodos de medición de mínimo un año, y el uso de técnicas probabilísticas para determinar el potencial energético. • Para obtener resultados financieros mínimos, se requeriría un incremento del precio de la energía en valores superiores al 60 %, con respecto a lo establecido en la Regulación CONELEC – 004/11 (0,0913 USD/kWh).

FIGURA 8-4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA EÓLICO

Fuente: (Barragán, 2012)

8.2.3 ENERGÍA DE BIOMASA

En sentido amplio el término biomasa se refiere a cualquier tipo de materia orgánica que ha tenido su origen inmediato en un proceso biológico y es, en última instancia, energía solar transformada por fotosíntesis. En la producción bioquímica los procesos asociados se basan en la descomposición de la biomasa mediante microorganismos en presencia o ausencia de oxígeno, y comprende principalmente la producción de combustibles líquidos (generalmente etanol) por fermentación o su utilización para quema directa (Posso, 2002).

El biodigestor por implementarse en el proyecto tiene la capacidad de producir combustible en cantidades mínimas, por cuanto la carga orgánica depositada corresponde únicamente a excretas humanas.

Las principales ventajas y desventajas de este sistema se muestran en la FIGURA 8-5.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Libera únicamente el CO₂ contenido naturalmente en las plantas y que normalmente se desprende al descomponerse o al consumirse como energía al ser consumidas por los animales • Contribuye a la limpieza de los montes y al aprovechamiento de residuos • El uso de cultivos energéticos, y el aprovechamiento de tierras abandonadas evita la erosión y degradación del suelo. • La biomasa es renovable y abundante ya que proviene de seres vivos que cumplen con un proceso cíclico de vida • Reduce el tamaño y uso de vertederos y rellenos sanitarios • La caña de azúcar, el sorgo dulce, las frutas y la remolacha son los cultivos fácilmente convertibles en etanol. 	<ul style="list-style-type: none"> • El mal uso de la biomasa puede promover la deforestación de los bosques y la destrucción de los hábitats naturales. • Los biocombustibles líquidos contribuyen a la formación de lluvia ácida. • Todavía existen dificultades para mantener el transporte y almacenamiento de la biomasa sólida. • Podría contribuir al calentamiento global y a la contaminación (aunque en menor escala que los combustibles fósiles). • Promueve la producción de metano que es dañino para la capa de ozono.

FIGURA 8-5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE BIOMASA

Fuente: (Posso, 2002)

8.2.4 ENERGÍA TERMO-SOLAR

La energía termo-solar es usada principalmente para el calentamiento de agua. El objetivo del sistema termo solar es aprovechar la radiación solar y conseguir el máximo ahorro de energía.

Uno de los mejores sistemas de este tipo de instalación es el de termosifón FIGURA 8-6. El principio de funcionamiento se relaciona con el cambio de densidad que

presenta el fluido. Cuando la temperatura del fluido aumenta debido a la radiación solar, su densidad disminuye, por lo que asciende dentro del colector. El movimiento del fluido existirá siempre que haya una variación de temperatura entre colectores y acumulador, y cuando la temperatura se iguale se detendrá (Mogrovejo & Sarmiento, 2011).

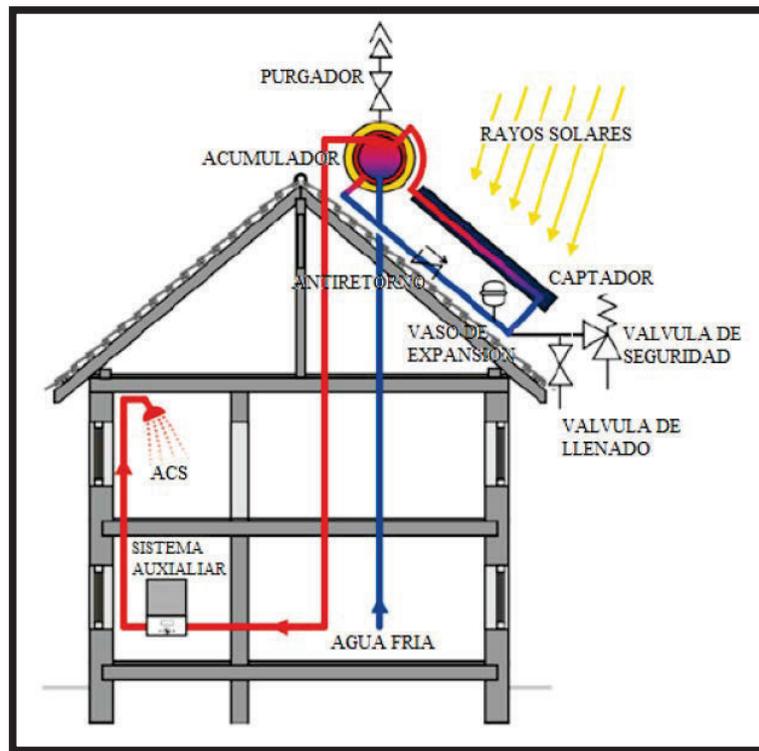


FIGURA 8-6. SISTEMA TERMO-SOLAR POR TERMOSIFÓN

Fuente: (Mogrovejo & Sarmiento, 2011)

Las principales ventajas y desventajas de este sistema se muestran en la FIGURA 8-7.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • No generan emisiones • Su tiempo de duración es mayor a los 20 años (25 con materiales de excelente calidad). • Utilizan una fuente de energía inagotable y gratuita. • Evitan consumo innecesario de combustibles o red eléctrica. • Mínimo mantenimiento periódico. • Bajo consumo energético para el sistema auxiliar. • Puede cubrir el 90% de las necesidades de agua caliente. • Se amortizan aproximadamente entre 5 – 7 años. • No requiere del uso de bombas • Es apropiado en zonas climáticas cálidas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden darse fugas en los sistemas. • Si no hay una correcta instalación los componentes pueden oxidarse o corroerse. • Hay la necesidad de un sistema auxiliar alimentado por corriente eléctrica

FIGURA 8-7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA TERMO-SOLAR POR TERMOSIFÓN

Fuente: (Mogrovejo & Sarmiento, 2011)

8.3 COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

Con el fin de seleccionar el mejor sistema para la provisión de energía al Complejo Ecoturístico, se ha realizado una evaluación de diferentes parámetros que establecen la factibilidad de implementar las alternativas (TABLA 8-3).

TABLA 8-3. COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SISTEMAS DE ENERGÍA

CALIFICACIÓN	PUNTAJE
Excelente	5
Buena	4
Regular	3
Mala	1
Pésima	0

PARÁMETROS	ALTERNATIVAS			
	Fotovoltaica Paneles solares	Eólica Aerogeneradores	Biomasa Biodigestor	Termosolar Calentador solar
Inversión inicial baja	1	0	4	4
Facilidad de instalación	3	1	3	4
Poco mantenimiento	4	3	5	4
Disponibilidad de fuente primaria	3	1	1	3
Terreno ocupado	4	1	3	4
Amortización de la inversión	1	1	4	4
Bajo impacto ambiental	5	4	1	5
Durabilidad	5	4	3	4
Uso en variedad de aplicaciones	5	4	1	1
PUNTAJE	31	19	25	33

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

La energía eólica y de biomasa obtuvieron el puntaje más bajo, debido principalmente a la falta de disponibilidad de una fuente primaria en cantidad suficiente.

Aunque el costo de implementación de la energía fotovoltaica es un gran impedimento pues requiere de una alta inversión, este sistema tiene grandes beneficios ambientales.

La instalación de un sistema termosolar constituye la mejor opción, pero únicamente puede aplicarse en duchas.

8.4 SELECCIÓN DEL SISTEMA

Siendo los postes de luz convencionales uno de los más importantes consumidores de energía de todo el proyecto, se propone reemplazarlos por postes autónomos con paneles solares (FIGURA 8-8), que consumen apenas el 20% energía de los convencionales.



FIGURA 8-8. POSTE DE LUZ CON PANEL SOLAR

Fuente: (Esco-tel, 2014)

Por otro lado, las duchas eléctricas han demostrado ser el segundo mayor consumidor de energía en el proyecto. Por lo tanto, se recomienda reemplazar este sistema con calentadores solares, que permiten un ahorro de casi el 100% del consumo de energía en esta aplicación.

Finalmente, con la implementación de ambos sistemas, se ha determinado el consumo de los diferentes aparatos e instalaciones eléctricas necesarias para la correcta operación del proyecto. El análisis se encuentra en el ANEXO 12.

CAPÍTULO 9

PRESUPUESTO

9.1 DEFINICIÓN Y COMPONENTES

El presupuesto, es un documento elaborado en una fecha determinada, que sirve para realizar una estimación del costo de un proyecto u obra (Cedillo & Herrera, 2012). Los principales componentes que lo integran son:

1. Rubros: son los componentes del proyecto que se obtienen una vez que se han analizado los planos y diseños de los componentes. Generalmente se agrupan en diferentes categorías según sus características comunes.
2. Unidad de medida: debe ser acorde al rubro dependiendo del tipo de actividad que involucre.
3. Cantidades: Las cantidades o volúmenes de obra se obtienen al cuantificar los rubros de acuerdo con su unidad de medida, mediante el análisis de los planos y diseños definitivos de la obra. En algunos casos es probable que algunas mediciones se deban hacer en sitio.
4. Precio unitario: Es el costo por unidad de medida de cada rubro. Se obtiene mediante un análisis de precios unitarios.

Al finalizar la elaboración del presupuesto, se obtendrán dos resultados:

1. Presupuesto General: Es un listado en el que constarán los diferentes rubros que conforman el proyecto, ordenados según la actividad y su categoría, acompañados de su respectiva unidad de medida, cantidad, precio unitario y precio total. También contará con el precio total de todo el proyecto.
2. Análisis de precios unitarios: permite obtener el costo por unidad de medida de cada rubro.

9.2 RESULTADOS

El resumen del presupuesto final se muestra en la TABLA 9-1.

TABLA 9-1. RESUMEN DE PRESUPUESTO GENERAL.

CÓD.	DESCRIPCION	COSTO TOTAL (USD)
1	OBRAS PRELIMINARES	2.537,10
4	MOVIMIENTO DE TIERRAS PRELIMINAR	21.008,83
11	RECEPCIÓN, ADMINISTRACIÓN Y RECREACIÓN	22.140,98
12	Derrocamientos y retiros	1.399,48
19	Estructura	1.705,83
23	Mampostería resistente	1.491,57
26	Cubierta	4.926,46
29	Instalaciones hidrosanitarias	345,49
32	Instalaciones eléctricas	822,88
37	Acabados	11.449,27
46	RESTAURANTE Y COCINA	88.164,80
47	Movimiento de tierras	288,11
50	Estructura	7.699,83
55	Mampostería resistente	10.872,42
58	Cubierta	14.206,30
61	Instalaciones hidrosanitarias	834,45
64	Instalaciones eléctricas	2.152,83
69	Acabados	52.110,86
88	ALOJAMIENTO	
89	ALOJAMIENTO SIMPLE/DOBLE	120.617,33
90	Movimiento de tierras	664,36
93	Estructura	13.211,21
97	Mampostería resistente	21.554,17
100	Cubierta	23.656,56
103	Instalaciones hidrosanitarias	1.851,53
106	Instalaciones eléctricas	3.293,84
110	Acabados	56.385,66
125	ALOJAMIENTO TRIPLE	67.684,64
126	Movimiento de tierras	575,31
129	Estructura	7.644,35
133	Mampostería resistente	13.475,87
136	Cubierta	13.392,43
139	Instalaciones hidrosanitarias	1.011,51
142	Instalaciones eléctricas	1.646,92
146	Acabados	29.938,25
161	ALOJAMIENTO CUÁDRUPLE	38.711,90
162	Movimiento de tierras	430,32
165	Estructura	4.727,96
169	Mampostería resistente	8.474,28
172	Cubierta	8.290,03
175	Instalaciones hidrosanitarias	576,28
182	Acabados	16.213,03
197	ALOJAMIENTO PERSONAL Y ÁREA DE SERVICIOS	27.279,88
198	Movimiento de tierras	358,92
201	Estructura	2.764,54
205	Mampostería resistente	6.688,22
208	Cubierta	4.116,11
211	Instalaciones hidrosanitarias	197,01
214	Instalaciones eléctricas	1.212,59
218	Acabados	11.942,49

TABLA 9-1. CONTINUACIÓN

CÓD.	DESCRIPCION	COSTO TOTAL (USD)
231	DOTACION DE AGUA	58.197,20
232	Captación de Aguas Superficiales	6.510,26
237	Conducción desde efuente de la Laguna de Cube	39.311,12
242	Captación de aguas lluvias	8.094,35
248	Reservorio tipo estanque revestido con geotextil impermeable	4.281,47
258	POTABILIZACIÓN DE AGUA CRUDA	26.132,11
259	Movimiento de tierras	7.465,54
263	Reservorio	3.074,00
267	Filtro lento	15.592,57
280	Tanques de almacenamiento y conducción	24.335,19
281	Movimiento de tierras	348,71
285	Estructura	3.305,82
288	Almacenamiento	20.680,66
292	Distribución de agua	25.864,50
293	Movimiento de Tierras	5.752,28
297	Tubería	20.112,22
308	TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES	23.339,21
309	Movimiento de Tierras	12.135,51
313	Sistema de recolección	9.980,29
321	Trampa de grasas	1.223,41
329	Tratamiento primario y laguna de bajo calado	3.523,27
330	Movimiento de tierras	1.564,13
336	Estructura	1.959,14
340	Humedal subsuperficial	18.957,32
341	Movimiento de tierras	1.387,82
345	Lecho filtrante	17.569,50
352	TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS	11.709,09
353	Sistema de alcantarillado	9.985,67
360	Biodigestor de polietileno tubular	809,66
363	Movimiento de tierras	193,33
367	Estructura	720,43
370	MANEJO DE DESECHOS	3.537,77
	TOTAL	584.564,90

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Las hojas de cálculo utilizadas para determinar los diferentes componentes involucrados en la elaboración del presupuesto se encuentran en:

- Costos de mano de obra en ANEXO 13.
- Costos indirectos en ANEXO 14.
- Presupuesto final y análisis de precios unitarios en ANEXO 15.

El tiempo de ejecución probable del proyecto son 6 meses en condiciones generales favorables. La ejecución de los rubros a lo largo del tiempo se muestra en la TABLA 9-2.

TABLA 9-2. CRONOGRAMA VALORADO DEL PROYECTO

CÓD.	DESCRIPCION	TOTAL	CRONOGRAMA VALORADO					
			1	2	3	4	5	6
1	OBRAS PRELIMINARES	2.537,10	2.537,10	-	-	-	-	-
4	MOVIMIENTO DE TIERRAS	21.008,83	10.504,42	10.504,42	-	-	-	-
11	RECEPCIÓN, ADMINISTRACIÓN Y RECREACIÓN	22.140,98	-	-	-	-	-	-
12	Derrocamientos y retiros	1.399,48	1.399,48	-	-	-	-	-
19	Estructura	1.705,83	-	1.705,83	-	-	-	-
23	Mampostería resistente	1.491,57	-	1.491,57	-	-	-	-
26	Cubierta	4.926,46	-	4.926,46	-	-	-	-
29	Instalaciones hidrosanitarias	345,49	-	345,49	-	-	-	-
32	Instalaciones eléctricas	822,88	-	822,88	-	-	-	-
37	Acabados	11.449,27	-	-	5.724,64	5.724,64	-	-
46	RESTAURANTE Y COCINA	88.164,80	-	-	-	-	-	-
47	Movimiento de tierras	288,11	288,11	-	-	-	-	-
50	Estructura	7.699,83	-	7.699,83	-	-	-	-
55	Mampostería resistente	10.872,42	-	10.872,42	-	-	-	-
58	Cubierta	14.206,30	-	14.206,30	-	-	-	-
61	Instalaciones hidrosanitarias	834,45	-	834,45	-	-	-	-
64	Instalaciones eléctricas	2.152,83	-	2.152,83	-	-	-	-
69	Acabados	52.110,86	-	-	26.055,43	26.055,43	-	-
88	ALOJAMIENTO	255.117,21	-	-	-	-	-	-
89	ALOJAMIENTO SIMPLE/DOBLE	120.617,33	-	-	-	-	-	-
90	Movimiento de tierras	664,36	-	664,36	-	-	-	-
93	Estructura	13.211,21	-	-	13.211,21	-	-	-
97	Mampostería resistente	21.554,17	-	-	21.554,17	-	-	-
100	Cubierta	23.656,56	-	-	23.656,56	-	-	-
103	Instalaciones hidrosanitarias	1.851,53	-	-	1.851,53	-	-	-
106	Instalaciones eléctricas	3.293,84	-	-	3.293,84	-	-	-
110	Acabados	56.385,66	-	-	-	18.795,22	18.795,22	18.795,22
125	ALOJAMIENTO TRIPLE	67.684,64	-	-	-	-	-	-
126	Movimiento de tierras	575,31	-	-	575,31	-	-	-
129	Estructura	7.644,35	-	-	-	7.644,35	-	-
133	Mampostería resistente	13.475,87	-	-	-	13.475,87	-	-
136	Cubierta	13.392,43	-	-	-	13.392,43	-	-
139	Instalaciones hidrosanitarias	1.011,51	-	-	-	1.011,51	-	-
142	Instalaciones eléctricas	1.646,92	-	-	-	1.646,92	-	-
146	Acabados	29.938,25	-	-	-	-	14.969,13	14.969,13
161	ALOJAMIENTO CUÁDRUPLE	39.535,36	-	-	-	-	-	-
162	Movimiento de tierras	430,32	-	-	-	430,32	-	-
165	Estructura	4.727,96	-	-	-	-	4.727,96	-
169	Mampostería resistente	8.474,28	-	-	-	-	8.474,28	-
172	Cubierta	8.290,03	-	-	-	-	8.290,03	-
175	Instalaciones hidrosanitarias	576,28	-	-	-	-	576,28	-
214	Instalaciones eléctricas	823,46	-	-	-	-	823,46	-
182	Acabados	16.213,03	-	-	-	-	8.106,52	8.106,52
197	ALOJAMIENTO PERSONAL Y ÁREA DE SERVICIOS	27.279,88	-	-	-	-	-	-
198	Movimiento de tierras	358,92	-	-	-	358,92	-	-
201	Estructura	2.764,54	-	-	-	-	2.764,54	-
205	Mampostería resistente	6.688,22	-	-	-	-	6.688,22	-
208	Cubierta	4.116,11	-	-	-	-	4.116,11	-
211	Instalaciones hidrosanitarias	197,01	-	-	-	-	197,01	-
214	Instalaciones eléctricas	1.212,59	-	-	-	-	1.212,59	-
218	Acabados	11.942,49	-	-	-	-	5.971,25	5.971,25
231	DOTACION DE AGUA	58.197,20	-	-	-	-	-	-
232	Captación de Aguas Superficiales	6.510,26	6.510,26	-	-	-	-	-
237	Conducción desde efluente de la Laguna de Cube	39.311,12	19.655,56	19.655,56	-	-	-	-
242	Captación de aguas lluvias	8.094,35	8.094,35	-	-	-	-	-
248	Reservorio tipo estanque revestido con geotextil impermeable	4.281,47	-	4.281,47	-	-	-	-
258	POTABILIZACIÓN DE AGUA CRUDA	26.132,11	-	-	-	-	-	-
259	Movimiento de tierras	7.465,54	-	7.465,54	-	-	-	-
263	Reservorio	3.074,00	-	3.074,00	-	-	-	-
267	Filtro lento	15.592,57	-	7.796,29	-	-	-	-
280	Tanques de almacenamiento y conducción	24.335,19	-	-	-	-	-	-
281	Movimiento de tierras	348,71	-	-	348,71	-	-	-
285	Estructura	3.305,82	-	-	1.652,91	1.652,91	-	-
288	Almacenamiento	20.680,66	-	-	10.340,33	10.340,33	-	-
292	Distribución de agua	25.864,50	-	-	-	-	-	-
293	Movimiento de Tierras	5.752,28	-	-	-	5.752,28	-	-
297	Tubería	20.112,22	-	-	-	10.056,11	10.056,11	-

TABLA 9-2. CONTINUACIÓN

CÓD.	DESCRIPCION	TOTAL	CRONOGRAMA VALORADO					
			1	2	3	4	5	6
308	TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES	23.339,21	-	-	-	-	-	-
309	Movimiento de Tierras	12.135,51	4.045,17	4.045,17	4.045,17	-	-	-
313	Sistema de recolección	9.980,29	-	4.990,15	4.990,15	-	-	-
321	Trampa de grasas	1.223,41	-	-	1.223,41	-	-	-
329	Tratamiento primario y laguna de bajo calado	3.523,27	-	-	-	-	-	-
330	Movimiento de tierras	1.564,13	-	-	1.564,13	-	-	-
336	Estructura	1.959,14	-	-	1.959,14	-	-	-
340	Humedal subsuperficial	18.957,32	-	-	-	-	-	-
341	Movimiento de tierras	1.387,82	-	1.387,82	-	-	-	-
345	Lecho filtrante	17.569,50	-	8.784,75	8.784,75	-	-	-
352	TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS	11.709,09	-	-	-	-	-	-
353	Sistema de alcantarillado	9.985,67	-	-	4.992,84	4.992,84	-	-
360	Biodigestor de polietileno tubular	809,66	-	-	-	809,66	-	-
363	Movimiento de tierras	193,33	-	-	-	193,33	-	-
367	Estructura	720,43	-	-	-	720,43	-	-
370	MANEJO DE DESECHOS	3.537,77	-	-	-	-	-	3.537,77
	TOTAL	584.564,90	-	-	-	-	-	-
	SUMA PARCIAL		53.034,45	117.707,58	143.620,50	123.053,49	95.768,70	51.379,88
	SUMA ACUMULADA		53.034,45	170.742,02	314.362,52	437.416,01	533.184,71	584.564,58
	PORCENTAJE PARCIAL		9,07%	20,14%	24,57%	21,05%	16,38%	8,79%
	PORCENTAJE ACUMULADO		9,07%	29,21%	53,78%	74,83%	91,21%	100,00%

Elaboración: Manolo Remache y Carla Zuleta

Se obtiene que el monto de 254.293,75 USD correspondiente al sistema de alojamientos es el más costoso y que será distribuido a lo largo de los 6 meses de construcción, por otro lado, los sistemas de potabilización de agua cruda y tratamiento de aguas residuales que serán terminados hasta el quinto mes representan el 32.85% del presupuesto general, es decir un monto de 192.057,89 USD, siendo estos dos sistemas los más representativos dentro del presupuesto general.

Debido al diseño hidrosanitario basado en lineamientos de sustentabilidad el monto para este sistema tiene un costo bastante representativo en comparación a los sistemas tradicionales, solamente el sistema de aguas residuales corresponde al 9.8 % del presupuesto total.

El complejo iniciará sus funciones al concluir la implementación del último rubro que en este caso son los acabados, por tal motivo los inversionistas deberán contar con el monto total del presupuesto desde el inicio del proyecto.

CAPITULO 10

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 CONCLUSIONES

- Se estableció la necesidad de implementar nuevos procesos y metodologías en la ingeniería de la construcción en el ámbito estructural, energético e hidrosanitario del proyecto, a través de los principios de sostenibilidad, que buscan conciliar las necesidades del hombre con la capacidad de regeneración del planeta.
- Se identificaron aspectos relevantes en el sector del proyecto tales como: un alto porcentaje de la población tiene trabajos ocasionales o se encuentra desempleado, ninguna familia cuenta con servicio de agua potable o alcantarillado, y para las descargas de aguas residuales la mayoría de familias acostumbran a utilizar letrinas. Esto se debe principalmente a que no existe una actividad que proporcione trabajo a largo plazo y que garantice estabilidad económica a las familias.
- En el sector se evidenció una actitud positiva por parte de los pobladores al hecho de generar un complejo ecoturístico, que marque una oportunidad para el desarrollo de modelos económicos que basen su sustento en el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y artesanías. Siendo claramente una fuente de trabajo y desarrollo para los habitantes del sector que de momento no cuentan con oportunidades suficientes para mejorar su calidad de vida.
- El programa arquitectónico responde a la necesidad inmediata del sector, teniendo una infraestructura básica para la comodidad de sus visitantes, así como el adecuado uso de materiales de construcción. Consta de 14 cabañas de alojamiento con una capacidad total máxima de 61 visitantes.
- La distribución espacial de las estructuras permite el aprovechamiento interno de los ocupantes y también de visitantes pasajeros cubriendo una tasa de ocupación hotelera promedio mensual del 26,8 %.

- Se tiene un diseño bioclimático como la mejor alternativa para alcanzar la eficiencia energética y confort del proyecto, conservando la temperatura interior de las estructuras dentro del rango de confort térmico (18 °C a 26 °C) y aprovechando la energía solar incidente en la zona.
- Los sistemas arquitectónico y estructural se diseñaron con bambú (*Guadúa angustifolia* Kunth) como principal elemento constructivo ya que es un material liviano, fuerte, flexible, sísmo resistente, económico, de fácil manipulación y que se regenera rápidamente. Mediante este sistema estructural la resistencia a carga lateral que es la más crítica, es tres veces mayor que la solicitación dada por las cargas de servicio más sísmo, considerando un coeficiente de corte basal de 1,54.
- El diseño del sistema hidrosanitario se concibió como un sistema ecológico natural, que permite equilibrar la oferta con la demanda de agua mediante la utilización óptima y la reutilización del recurso. El diseño garantiza que las aguas pluviales y las descargas de agua sean gestionadas in situ.
- El proyecto tiene una demanda de 260 l/hab.día. Para el abastecimiento de agua se priorizaron dos estrategias: la captación de agua lluvia de todas las cubiertas del complejo para épocas lluviosas, que permitirá suplir una demanda máxima de 0,21 l/s cuando el Complejo este a máxima capacidad, y durante época seca la captación de agua del efluente de la Laguna de Cube del cual se captaran 0,14 l/s, correspondiente a 2/3 de la demanda máxima, gracias a que el agua se puede almacenar en el reservorio.
- Tomando en cuenta como parámetros el tipo de proyecto, la calidad, la oferta y demanda del agua a captarse, se estableció que el mejor sistema de potabilización consta de un proceso de filtración lenta y posterior desinfección.
- Para la recolección de aguas residuales, considerándolas como el 80% de agua potable consumida se implementó un sistema separado de aguas grises y negras que, aunque implica un costo inicial más elevado, se compensa con procesos más sencillos en el tratamiento y la devolución más rápida del agua tratada al ambiente. El agua residual tratada se destinará a cubrir las necesidades de riego de jardines y del huerto y a reutilizarse en inodoros especialmente en épocas secas.

- El tratamiento de aguas grises incluye un sistema que consta de rejilla, trampa de grasas, laguna de bajo calado y humedal subsuperficial, de tal manera que la depuración llega a un nivel terciario.
- Para el tratamiento de aguas negras únicamente se diseñó un biodigestor, que es capaz de transformar principalmente la materia orgánica en abono que puede ser utilizado en plantas frutales y cultivos de fruto subterráneo (más de 50 cm del suelo). Además contribuirá con la producción de biogás, como un sistema auxiliar al GLP utilizado en la cocina.
- Tras un análisis de alternativas se determinó que las mejores opciones para el sistema eléctrico auxiliar son la implementación de postes de luz con paneles solares (energía fotovoltaica) y de un sistema de calentamiento solar (energía termosolar) para el agua de las duchas, ya que en ambos casos el requerimiento energético con aparatos tradicionales sería muy elevado.
- Los sistemas de diseño solar pasivo y activo son la base fundamental para determinar la sostenibilidad del sistema de estructuras ecológicas, caso contrario sería un sistema tradicional no amigable con el medio ambiente.
- Para concebir un proyecto en base a principios de sustentabilidad el costo de la infraestructura para dotación de agua y disposición de aguas residuales tienen un monto relevante comparado con el costo total del proyecto, se presenta un 23% y un 9,80% correspondientemente para cada sistema.
- Para el sistema arquitectónico y estructural los rubros más representativos en el ámbito de los costos son los correspondientes a los acabados, mampostería resistente y cubierta, observándose que para obtener un diseño bioclimático adecuado implica un gasto mayor al tradicional.
- El proyecto podría ejecutarse en un plazo probable de 6 meses consecutivos según la disposición favorable de los propietarios y condiciones del sitio con un presupuesto estimado de 584.564,90 USD.

10.2 RECOMENDACIONES

- Para optimizar el uso del agua sería necesario que todo el sistema hidrosanitario corresponda con un sistema de circuito cerrado, es decir aquel en el cual la salida de agua es tratada sin uso de químicos, recircula y vuelve

a entrar para ser utilizada con propósitos iguales o diferentes a los que tuvo inicialmente.

- Para un mejor comportamiento de las estructuras ante cargas sísmicas o de viento se recomienda realizar una verificación de cálculo estructural particular posterior a esta tesis, para cada tipo de cabaña o estructura y así conservar la seguridad integral del proyecto a un nivel superior al dado en este trabajo.
- Es totalmente recomendable adicionar actividades de esparcimiento o espacios de jardinería que complementen el objetivo del complejo ecoturístico, siempre conservando los lineamientos de sostenibilidad.
- Para el correcto uso de las instalaciones en base a un desarrollo sostenible se requiere la colaboración primordial de los ocupantes, que se obtendrá mediante una correcta señalética, cuadros informativos, instructivos e indicaciones en cada estructura, así como también en los espacios exteriores.
- La inclusión de la comunidad en el desarrollo de las diferentes actividades promovidas por el complejo será un objetivo esencial para la sostenibilidad del proyecto.
- Es evidente que queda mucho que hacer al respecto, como incorporar programas de vivienda social sostenible, brindar incentivos a este tipo de construcciones, generar normativas que se ajusten a la realidad nacional, pero sobretodo incorporar leyes y políticas que impulsen la sostenibilidad en la construcción tal como se lo ha planteado en este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACIS, A. C. (2010). *Manual de construcción simoresistente de viviendas en bahareque encementado*. Colombia.
- Akadiri, P. O., Olomolaiye, P. O., & Chinyio, E. A. (2013). Multi-criteria evaluation model for the selection of sustainable materials for building projects. *Automation in Construction*.
- Alavedra, P., Domínguez, J., Gonzalo, E., & Sierra, J. (1997). La construcción sostenible. El estado de la cuestión. *Informes de la Construcción* , 41-47.
- Albuja, C., Pinto, F., & Pontón, M. (2000). Centro Ecológico de Vínculo Laguna de Cube. Ecuador.
- ARCONEL. (2015). *Energía renovable*. Obtenido de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/ecuador-posee-un-5155-de-energia-renovable/>
- ATECOS. (2016). Diseño Bioclimático. *Asistente Técnico para la construcción sostenible*.
- Báez, A., & Acuña, A. (2003). Guía para las mejores prácticas de ecoturismo en áreas protegidas. Mexico.
- Barragán, A. (2012). Análisis, especificación y desarrollo de procedimientos de operación para la gestión de la energía eólica en el Ecuador. Universidad de Cuenca.
- Beltrán, M. (marzo de 2016). Estudio de factibilidad económica y financiera utilizando tecnología Net Zero Energy para un proyecto de vivienda familiar de clase media urbana en la ciudad de Quito. Quito: EPN.
- Berrón, G. E. (2003). Importancia de incorporar conceptos ambientales en el diseño y construcción de obras civiles.
- Buendía, V. (2015). *A vueltas con el tiempo*. Obtenido de <http://ulum.es/a-vueltas-con-el-tiempo/>

- Cabrera, F., Coellar, I., & Paredes, X. (2006). Complejo Ecoturístico Sustentable Luz y Guía. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Calva, L. (2015). *Diseño de un modelo de vivienda ecológica con bambú para la zona rural de Yantzaza*. Loja.
- Cedillo, A., & Herrera, M. (2012). Determinación del Costo de Construcción y Estructuración del Precio de Venta de Proyectos de Vivienda . Universidad de Cuenca.
- CEPAL . (2012). Diagnóstico de la Estadística del Agua en Ecuador.
- CGBC, C. G. (marzo de 2011). Toward Net Zero Water: Best management practices for decentralized sourcing and treatment.
- CONELEC. (2008). *Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica*. Quito.
- Convención de Ramsar. (2015). El Cuarto Plan Estratégico para 2016 – 2024. Uruguay.
- Cordero, X., & Guillén, V. (2013). Diseño y validación de vivienda bioclimática para la ciudad de Cuenca. Cuenca.
- Cortés, F., Lluévanos, A., Lluévanos, R., Uranga, A., Ávila, C., & González, J. (2011). Diseño de Lagunas de Estabilización en serie con diferentes configuraciones. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*.
- Cueva, E., & Rivadeneira, F. (2013). Tratamiento de aguas domésticas residuales mediante un humedal artificial de flujo subsuperficial con vegetación herbácea.
- de Garrido, L. (2009). Arquitectura Sustentable. *Promateriales*.
- Du Plessis, C. (2001). Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries.
- Eawag, Sacher, N., Dumlao, M., & Gensch, R. G. (2014). Direct Use of Biogas.
- EPA, U. S. (Septiembre de 2012). Guidelines for Water Reuse. Estados Unidos.

- Esco-tel. (2014). *LUMINARIAS SOLARES PARA ALUMBRADO PUBLICO*.
Obtenido de http://www.esco-tel.com/luminarias_solares_para_alumbrado_publico.html
- Europraxis Consultores, T. &. (2007). *Diseño del plan estratégico de desarrollo de turismo sostenible para Ecuador "PLANDETUR 2020"*. Quito.
- FAO, F. A. (2013). *CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA*. Chile.
- Fundación Natura, MAE, M. d., & WWF, W. W. (1994). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LA LAGUNA DE CUBE*.
- Galeón*. (2015). Obtenido de <http://galeon.com/elregante/lluvia.html>
- Greywater Action. (2015). *Manual de diseño para manejo de aguas grises*. Tecovas Foundation.
- Hernández, A. (2010). *Manual de diseño bioclimático urbano*. Portugal.
- Hill, R. C., & Bowen, P. A. (1997). Sustainable construction: principles and a framework for attainment. *Construction Management and Economics*, 223-239.
- INAMHI. (2015). *Anuario meteorológico*. Quito.
- INBAR, R. I. (2015). *Norma Andina para diseño y construcción de casas de uno y dos pisos de bahareque encementado*. Quito.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.
- Kibert, C. (2012). The Emerging Future of Sustainable Construction: Net Zero. *SHB2012 - 7th International Symposium on Sustainable Healthy Buildings*. Seoul, Korea.
- Kivaisi, A. (2000). The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review. *Ecological Engineering*, 545–560.
- López, J. (2016). *Energía Eólica*.

- Luostarinen, S., Sanders, W., Kujawa-Roeleveld, K., & Zeeman, G. (2007). Effect of temperature on anaerobic treatment of black water in UASB-septic tank systems. *Bioresource Technology*, 980–986.
- MAE. (2014). Guía de Parques REMACH.
- MAE. (2015). Áreas protegidas del Ecuador socio estratégico para el desarrollo. 20.
- MAE, & Alianza REMACH. (2005). *PLAN DE MANEJO Y GESTION PARTICIPATIVA DE LA RESERVA ECOLÓGICA MACHE CHINDUL 2005–2010*.
- MAG. (2010). MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BÁSICAS PARA LA ELABORACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA (SCALL). Costa Rica.
- Martí, J. (2008). Biodigestores familiares. Guía de diseño y manual de instalación. Bolivia: GTZ.
- Matute, M. (2014). *Tecnología sostenible y eficiencia energética aplicada al diseño de una vivienda*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Merino, L. (2003). Energías renovables para todos.
- Ministerio de Turismo. (11 de abril de 2017). *Servicios Turismo*. Obtenido de <http://servicios.turismo.gob.ec/index.php/portfolio/turismo-cifras/20-oferta-turistica/tarifa-y-ocupacion/275>
- Mogrovejo, W., & Sarmiento, J. (2011). Análisis de factibilidad técnica y económica en la implementación de energía fotovoltaica y termo solar para generación de electricidad y calentamiento de agua mediante paneles solares fijos y con un seguidor de sol de construcción casera. Universidad de Cuenca.
- MOP, M., MINVU, M., Minenergía, M., & MMA, M. (2013). Estrategia Nacional de Construcción Sustentable. Chile.
- Moreno, J. (2017). ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA PARA EL COMPLEJO ECOTURÍSTICO “LAGUNA DE CUBE” MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA NORMA ISO 14040.

- Ojeda, B. (2014). Implementación de mejoras en los procesos de atención al cliente de la Dirección Provincial IESS Napo. Tena.
- Olmedo, G., & Paredes, M. (2013). Modelos de gestión ecológicos para las aguas residuales de pequeñas poblaciones de la Amazonía, caso de estudio Sucúa. Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- OPS (a), O. P. (2004). Guía de diseño para la captación de agua lluvia. Lima.
- OPS (b), O. P. (2000). *Filtración lenta*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/desinfeccion/capitulo5.pdf>
- OPS (c), O. P. (2005). Guía para diseño de sistemas de tratamientos de filtración en múltiples etapas. Lima.
- OPS (d), O. P. (2005). Guía para el diseño de sedimentadores y desarenadores. Lima.
- Ove Arup and Partners Ltd. (Marzo de 2014). INTERNATIONAL SUSTAINABILITY SYSTEMS COMPARISON.
- Peña, A., & Pinta, F. (2012). Análisis sectorial INEC. *Infoeconomía*.
- Pinto, D. C., Nique, W. M., Añaña, E. d., & Herter, M. M. (2011). Green consumer values: how do personal values influence environmentally responsible water consumption? *International Journal of Consumer Studies*, 121-131.
- PNUMA. (2014). Situación de la Construcción Sostenible en Latinoamérica . México.
- Posso, F. (2002). ENERGÍA Y AMBIENTE: PASADO, PRESENTE Y FUTURO. PARTE DOS: SISTEMA ENERGÉTICO BASADO EN ENERGÍAS ALTERNATIVAS. *GEOENSEÑANZA*. Vol.7-2002, 54-73.
- Prieto, M. (. (2011). *Espacios en disputa: el turismo en Ecuador*. Quito: Flacso Ecuador.
- Rabat, J. (Junio de 2016). Análisis de los modelos de diseño de los sistema naturales de depuración . Universidad de Alicante.

- Ramsar. (2014). *La importancia de los humedales*. Obtenido de <http://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-importancia-de-los-humedales>
- Red Tecnológica MID. (2017). *Manual de instalador digital*. Obtenido de https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-27_01-18-5298075.pdf
- Rodríguez, F., & Fernández, G. (agosto de 2010). *Ingeniería sostenible: nuevos objetivos en los proyectos de construcción*. Santiago de Chile.
- Rojas, J. (2002). *Lagunas de estabilización de aguas residuales*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Rolim, S. (1999). *LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: ¿POR QUÉ NO USARLAS?* Bogotá: OPS.
- Sánchez, D. (2010). *Depuración de aguas residuales de una población mediante humedales artificiales*. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (2010). *Uso racional de los humedales: Concepto y enfoque para el uso racional de los humedales*. Gland, Suiza: Secretaría de la Convención de Ramsar.
- Serra, R., & Coch, H. (1995). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Silva, J., & Torres, P. M. (Agosto de 2008). *Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652008000200020&lng=en&nrm=iso. ISSN 0120-9965.
- Solsona, F., & Méndez, J. P. (2002). *Desinfección del agua*. Lima: OPS/CEPIS.
- Stem, C., Lassoie, J., Lee, D., & Deshler, D. (2003). How 'Eco' is Ecotourism? A Comparative Case Study of Ecotourism in Costa Rica. *Journal of Sustainable Tourism*.
- Taboada, J. (2016). *TYS Magazine*. Obtenido de <http://www.tysmagazine.com/ecoturismo-turismo-sostenible/>

- Villacres, D. (2005). Remoción natural de microorganismos patógenos en estanques de 20 y 35 cm de profundidad. Quito: EPN.
- Yépez, D. (2012). Análisis de la arquitectura vernácula del Ecuador: Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable. UPC.
- Yépez, S. (diciembre de 2015). Modelo de gestión de turismo ecológico comunitario: Recinto “La Laguna” Reserva Mache Chindul, Parroquia Cube, Quininde, Esmeraldas. Quito: IAEN.
- Zuñiga, E. (julio de 2010). Diseño de planta de potabilización del proyecto regional de agua potable de la provincia de Orellana Coca-Loreto-Sacha. Quito, Ecuador: EPN.