



# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

## ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE ARQUITECTO

**Unidad de vivienda autosuficiente en mampostería reforzada de bloques de hormigón en Loja.**

TRABAJO DE TITULACIÓN.

**AUTOR:** Ordóñez Arévalo, Byron Geovany

**DIRECTOR:** Villacís Suarez, Carlos Iván, Arq. Mgtr.

LOJA – ECUADOR

2017



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

*Septiembre, 2017*

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Arq. Carlos Iván Villacís Suarez.

**DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **“Unidad de vivienda autosuficiente en mampostería reforzada de bloques de hormigón en Loja”**, realizado por Byron Geovany Ordóñez Arévalo, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, febrero del 2017

f). .....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Ordóñez Arévalo Byron Geovany, declaro ser el autor del presente trabajo de titulación: Unidad de vivienda autosuficiente en mampostería reforzada de bloques de hormigón en Loja, de la Titulación de Arquitecto, siendo el Arq. Carlos Iván Villacís Suarez director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja, que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f).....

Ordóñez Arévalo Byron Geovany

1900396258

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar el presente trabajo investigativo principalmente a Dios, por permitirme llegar a este momento tan importante de mi Vida.

A mis padres, Próspero y Elsa, por ser el pilar fundamental de mi formación, y por demostrarme todo su cariño y apoyo incondicional durante este arduo caminar.

Al Amor de mi vida Liss por estar siempre apoyándome, a mi familia en general, a mis hermanas, cuñados, a mis sobrinos y también a mis amigos.

***Byron Geovany Ordóñez Arévalo***

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica Particular de Loja, por darme la oportunidad de estudiar y formarme profesionalmente en sus aulas. A los docentes de la Escuela de Arquitectura, y de manera especial a mi director de tesis, Arq. Carlos Iván Villacís Suarez, quien, con su experiencia como docente, ha sabido guiarme durante la realización de este trabajo. A mis familiares, amigos, y a cada una de las personas que de una u otra forma colaboraron en la elaboración del presente trabajo investigativo. A todos ellos, mil gracias.

***Byron Geovany Ordóñez Arévalo***

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	5
HIPOTESIS.....	5
METODOLOGÍA.....	5
<b>CAPITULO I: METABOLISMO DE LA CIUDAD DE LOJA Y ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN FRENTE A LAS PROBLEMÁTICAS ACTUALES.....</b>	<b>7</b>
1.1.    Sistema de abastecimiento de agua y recolección de aguas servidas. ....	8
1.1.1.  Sistema de saneamiento alternativo: Saneamiento ecológico ECO- SAN.....	13
1.1.2.  Sistema de aprovechamiento del agua: Captación de agua lluvia y reutilización de aguas grises. ....	18
1.2.    Abastecimiento de alimentos y manejo de desechos orgánicos. ....	20
1.2.1.  Agricultura urbana y gestión de recursos orgánicos e inorgánicos.....	22
1.2.1.1.  Acuaponía.....	23
1.2.1.2.  Cultivos biointensivos. ....	25
1.2.1.3.  Cultivos en contenedores.....	26
1.2.1.4.  Cultivos verticales.....	26
1.3.    Abastecimiento de energía.....	28
1.3.1.  Aprovechamiento de energías alternativas. ....	30
1.3.1.1.  Calentador solar. ....	30
1.3.1.2.  Cocina y horno solar.....	30
1.3.1.3  Fresquera.....	31
1.4.    Sistemas constructivos.....	32

1.4.1. Mampostería reforzada con bloques de hormigón.....	33
<b>CAPITULO II: LA MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL COMO ALTERNATIVA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. ....</b>	<b>35</b>
2.1. Breve historia de la mampostería reforzada. ....	36
2.2. Componentes de la mampostería estructural. ....	37
2.2.1 Bloque de concreto. ....	37
2.2.2. Mortero.....	39
2.2.3. Concreto fluido (Grout).....	40
2.2.4. Acero de refuerzo.....	40
2.2.4.1. Cuantía mínima de refuerzo.....	41
2.2.4.2. Refuerzo vertical mínimo. ....	41
2.2.4.3. Refuerzo horizontal mínimo. ....	41
2.3. Proceso constructivo. ....	41
2.3.1. Trabajos previos a la ejecución del muro. ....	41
2.3.2. La fundación. ....	42
2.3.3. La primera hilada. ....	42
2.3.4. Recomendaciones de la primera hilada.....	43
2.3.5. El mortero de asiento.....	44
2.3.6. Asentado de los bloques de hormigón.....	44
2.3.7. Pegado de los bloques. ....	45
2.3.8. Juntas horizontales. ....	46
2.3.9. Juntas verticales. ....	47
2.3.10. Recomendaciones a la hora de colocar los bloques.....	48
2.4. Consideraciones sobre el sistema constructivo. ....	49
2.4.1. Ventajas.....	49
2.4.2. Desventajas. ....	50
2.5. Referentes.....	51
2.5.1. Eladio Dieste: Uso racional y económico de los materiales. ....	51
2.5.2. Solano Benítez: Experimentación al servicio de la sociedad. ....	53
2.6. Ejemplo nacional de uso de mampostería reforzada. ....	57
2.6.1. Parques de Galicia (Conocoto-Quito).....	57
<b>CAPITULO III: PROPUESTA DE VIVIENDA AUTOSUFICIENTE EN MAMPOSTERIA REFORZADA .....</b>	<b>60</b>
3.1. Introducción.....	61
3.2. Partido arquitectónico.....	62

3.3. Lineamientos principales de diseño. ....	62
3.4. Tecnologías a implementar: Estrategias y justificación. ....	63
3.4.1. Producción de alimentos. ....	66
3.4.2. Manejo de desechos. ....	72
3.4.3. Aprovechamiento del agua. ....	75
3.4.4. Aprovechamiento de la energía. ....	77
3.4.4.1. Aprovechamiento de energía solar. ....	77
3.4.5. Mampostería reforzada con bloques de hormigón. ....	79
<b>CAPITULO IV: RENTABILIDAD ECONÓMICA DE LAS TECNOLOGIAS PROPUESTAS</b> .....	<b>88</b>
4.1. Introducción. ....	89
4.2. Rentabilidad de la agricultura urbana. ....	89
4.2.1. Valorización económica de los residuos orgánicos. ....	90
4.2.2. Valorización económica de la orina humana. ....	91
4.2.3. Generación de recursos mediante acuaponía y jardines verticales. ....	92
4.3. Aprovechamiento de la energía. ....	95
4.4. Aprovechamiento del agua. ....	96
4.5. Mampostería reforzada en bloques de hormigón. ....	98
4.5.1. Comparación de costos. ....	98
4.5.1.1. Presupuesto de vivienda autosuficiente. ....	98
4.5.1.2. Presupuesto de vivienda en H°A°. ....	100
4.5.1.3. Análisis de los presupuestos. ....	102
4.6. Seguimiento de construcción. ....	104
4.6.1. Construcción de muro verde y tanque de almacenamiento de agua: Sistema acuapónico. ....	105
4.6.2. Construcción de vivienda en mampostería reforzada. ....	106
4.6.3. Acabados alternativos empleados en la vivienda. ....	109
CONCLUSIONES. ....	113
RECOMENDACIONES. ....	114
BIBLIOGRAFIA. ....	115
ANEXOS. ....	117

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proceso de expansión de la ciudad de Loja.....	8
Figura 2-3: Alcantarillado Sanitario.....	9
Figura 4: Agua un bien escaso. ....	10
Figura 5: Funcionamiento de los sistemas de alcantarillado sanitario.....	11
Figura 6. Ciclo de la contaminación. ....	12
Figura 7: Nutrientes en huevos de Gallina.....	13
Figura 8. Concepto de tecnologías Eco San.....	14
Figura 9. Resultados del Fertilizador de Orina.....	15
Figura 10. Costos de implementación de tecnologías de saneamiento.....	16
Figura 11. Impluvium.....	18
Figura 12. Distribución anual de la lluvia en la ciudad de Loja (promedio 1965-2005).....	19
Figura 13. Tuberías de Conducción de aguas residuales urbanas.....	19
Figura 14. Relleno Sanitario.....	21
Figura 15-16. Agricultura Urbana.....	23
Figura 17. Acuaponía.....	24
Figura 18. Ciclo de aprovechamiento de nutrientes en la Acuaponía.....	24
Figura 19. Cultivos Biointensivos.....	25
Figura 20-21. Cultivos en Contenedores.....	26
Figura 22-23. Cultivos Verticales en contenedores.....	27
Figura 24-25. Variaciones urbanas de cultivo vertical.....	27
Figura 26-27. Edificio Consorcio-Santiago.....	28
Figuras 28-29. Edificio de la Asociación de Propietarios de Mill / Le Corbusier.....	28
Figura 30. Energía Solar y su equivalente en combustibles fósiles.....	29
Figura 31. Calentador Solar.....	30
Figura 32. Cocina Solar Parabólica.....	31
Figura 33. Fresquera.....	32
Figura 34. Costo de Vivienda.....	33
Figura 35. Detalle de refuerzo vertical dentro de los Bloques vibro comprimidos.....	34
Figura 36. Aspecto exterior de mampostería reforzada.....	34
Figura 37. Vista de murallas de la Ciudad de Chan Chan.....	36
Figura 38. Unidades de Mampostería de bloques de hormigón .....	37
Figura 39. Componentes de un bloque de hormigón .....	38
Figura 40. Trazado de línea de referencia .....	43
Figura 41. Armado de la primera hilada .....	43

Figura 42 Armado de mampostería comenzando por las esquinas .....	43
Figura 43. Colocado de bloque según la separación longitudinal deseada.....	43
Figura 44. Consistencia ideal del mortero.....	44
Figura 45. Remezclado del mortero antes de su utilización .....	44
Figura 46. Verificación de ubicación de mampostería .....	45
Figura 47. Alineado longitudinal del Bloque .....	45
Figura 48. Angulo de asiento incorrecto del Bloque.....	45
Figura 49: Verificación de bloque según la separación vertical deseada .....	46
Figura 50. Nivelación vertical del Bloque con un nivel de al menos 1.20m de longitud .....	46
Figura 51. Nivelación horizontal del Bloque .....	46
Figura 52. Realineado incorrecto del Bloque .....	46
Figura 53. Asentamiento de la primera hilada de Bloque .....	47
Figura 54. Colocación de mortero en celdas reforzadas .....	47
Figura 55. Correcta colocación del mortero .....	47
Figura 56. Llenado de juntas verticales .....	48
Figura 57. Mortero en ambas juntas verticales .....	48
Figura 58. Presionado de mezcla en las juntas verticales del bloque .....	48
Figura 59. Forma incorrecta de pegado de juntas verticales .....	48
Figura 60. Iglesia del Cristo Obrero. Estación Atlántida – Canelones (1952 – 1958).....	51
Figura 61. Construcción y capas de una bóveda .....	52
Figura 62. Construcción en Cerámica Armada .....	53
Figura 63. Proyecto Teletón. (2007). .....	54
Figura 64. Gabinete de Arquitectura, Paneles Cerámicos Prefabricados, Proceso Constructivo.....	54
Figura 65. Gabinete de Arquitectura, Panel Cerámico Prefabricado de Canto.....	55
Figura 66. Solano Benítez, Casa Fanego, Boceto, Paneles Móviles.....	56
Figura 67. Solano Benítez, Casa Fanego, Paneles Móviles. ....	56
Figura 68. Casa Fanego, Proceso Constructivo de Paneles Móviles.....	56
Figura 69. Casa Fanego, Proceso Constructivo de Paneles Móviles y Fijos .....	57
Figura 70. Ubicación del Proyecto.....	58
Figura 71. Plantas Arquitectónicas .....	58
Figura 72. Vista Interior del Conjunto 1ra. Etapa.....	59
Figura 73. Vista Interior del Conjunto 2da Etapa .....	59
Figura 74. Vista Frontal de Vivienda Tipo Dúplex.....	59
Figura 75. Vista de Acceso al Conjunto.....	59
Figura 76. Tecnologías a implementar en la Vivienda Propuesta.....	64
Figura 77. Tecnologías a implementar en la Vivienda Propuesta.....	65

Figura 78. Granjas Verticales.....	66
Figura 79. Proporciones para Soleamiento.....	67
Figura 80. Soleamiento de la Vivienda.....	68
Figura 81. Envoltura de la Vivienda Propuesta.....	69
Figura 82. Gasto Energético para la Producción de Carne.....	70
Figura 83. Productividad del Sistema Acuapónico.....	70
Figura 84. Sistema acuapónico integrado a la Vivienda.....	70
Figura 85. Sistema acuapónico integrado a jardín vertical.....	71
Figura 86. Cultivo en contenedores en Balcones de Vivienda Propuesta.....	72
Figura 87. Cultivo en contenedores en Balcones de Vivienda Propuesta.....	72
Figura 88. Compostera de Vivienda Propuesta.....	73
Figura 89. Sistema de Saneamiento .....	74
Figura 90. Experimentación de empleo de baño propuesto y compostaje de excretas.....	75
Figura 91. Abastecimiento de Agua .....	76
Figura 92. Filtro biológico de aguas grises (Biojardinera).....	77
Figura 93. Aprovechamiento de iluminación natural (Vista Sala – Comedor).....	78
Figura 94. Aprovechamiento de iluminación natural (Vista Dormitorio).....	78
Figura 95. Aprovechamiento de energía solar .....	79
Figura 96. Estructura del gasto a nivel nacional.....	89
Figura 97. Aprovechamiento de los desechos orgánicos.....	90
Figura 98. Aprovechamiento de los nutrientes de la vivienda en la generación de alimentos....	91
Figura 99. Porcentajes de fertilizante a Partir de Orina Humana.....	91
Figura 100. Acelga fertilizada con orina (izquierda) y sin fertilizante (derecha).....	92
Figura 101. Sistema acuapónico integrado a jardín vertical.....	93
Figura 102. Acuaponía como herramienta para la producción de alimentos en barrios pobres.....	93
Figura 103. Sistema de jardín vertical.....	94
Figura 104. Cultivos en jardín vertical.....	94
Figura 105. Consumo de energía a nivel de vivienda.....	95
Figura 106. Grafico del Consumo Diario de Agua.....	96
Figura 107: Armado de Columnas de Muro.....	105
Figura 108: Paneles Prefabricados de Hormigón Armado.....	105
Figura 109: Vista Aérea de Muro.....	105
Figura 110: Vista Frontal de Muro y Tanque.....	105

Figura 111: Armado de Sistema de Cultivos Verticales.....	105
Figura 112: Funcionamiento de Sistema de Cultivos Verticales.....	105
Figura 113: Limpieza del Terreno.....	106
Figura 114: Excavación de Cimentación.....	106
Figura 115: Vigas de Cimentación y Contrapiso.....	106
Figura 116: Armado de las Primeras filas de Mampostería Reforzada.....	106
Figura 117: Armado de esperas de Tubería para Instalación Eléctrica.....	107
Figura 118: Armado de Refuerzo Horizontal en Mampostería Reforzada.....	107
Figura 119: Mampostería Reforzada lista para armar las Vigas de amarre.....	107
Figura 120: Armado de Encofrado para Vigas de Amarre.....	107
Figura 121: Colocación de Armadura de Viga de amarre sobre Mampostería Reforzada.....	107
Figura 122: Colocación de Armadura de Viga de amarre sobre Encofrado.....	107
Figura 123: Armado de Vigas Metálicas para soporte de Placas Deck.....	108
Figura 124: Armado de malla y fundición de Novalosa.....	108
Figura 125: Novalosa terminada y con esperas de Hierro e instalaciones para el siguiente piso.....	108
Figura 126: Ducto y esperas de instalaciones sanitarias para el siguiente piso.....	108
Figura 127: Armado de Mampostería Reforzada en Primera Planta Alta.....	108
Figura 128: Armado de Grada en Acero Estructural y perfilería metálica.....	108
Figura 129: Grada en perfilería metálica con escalones de tablón de madera.....	109
Figura 130: Revestimiento de paredes y colocación de Porcelanato en pisos.....	109
Figura 131: Vista de Comedor Diario y Cocina.....	109
Figura 132: Vista de Dormitorio Terminado.....	109
Figura 133: Armado en obra de Perfilería de hierro para ventanas.....	110
Figura 134: Ventana en perfilería de hierro y vidrio terminada.....	110
Figura 135: Armado en obra de puerta de madera con perfilería de hierro.....	110
Figura 136: Puerta de dormitorio terminada.....	110
Figura 137: Perfilería metálica para colocación de cielo falso de madera.....	111
Figura 138: Cielo Falso de Madera y perfilería metálica terminado.....	111
Figura 139: Placa Deck y estructura metálica sin acabado.....	111
Figura 140: Placa Deck y estructura metálica pintada con Pintura Anticorrosiva.....	111
Figura 141: Detalle de Sistema de Iluminación I.....	112
Figura 142: Detalle de Sistema de Iluminación II.....	112
Figura 143: Detalle de Aprovechamiento de luz natural.....	112
Figura 144: Grandes ventanales para aprovechar la luz natural.....	112

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de las unidades de mampostería de hormigón según la densidad.....	38
Tabla 2: Espesores mínimos de las caras y membranas de los bloques de hormigón.....	38
Tabla 3: Resistencia a la compresión de los bloques de hormigón.....	39
Tabla 4. Presupuesto Referencial de Construcción de Vivienda Autosuficiente.....	103
Tabla 5. Presupuesto Referencial de Construcción de Vivienda Autosuficiente.....	105
Tabla 6. Análisis Comparativo del Costo de las Estructuras.....	108
Tabla 7. Análisis Comparativo de Costo de Masillado y alisado de pisos.....	108
Tabla 8. Análisis Comparativo de Costo de Cielo Raso.....	109
Tabla 9. Análisis Comparativo de Costo de Ventanas.....	109
Tabla 10. Análisis Comparativo de Costo de Muebles de Cocina.....	109

## RESUMEN

En la naturaleza todos los recursos se gestionan en un sistema de ciclo cerrado (metabolismo circular), no existen desperdicios ni contaminación. Lastimosamente los asentamientos humanos como el nuestro no siguen estos lineamientos, constituyéndose en sistemas lineales (metabolismo lineal) que consumen gran cantidad de recursos y generan así mismo una desproporcional cantidad de desechos (Rogers, 2000).

En la actualidad existe una gran cantidad de tecnologías capaces de reconfigurar a la vivienda hacia un metabolismo circular. En virtud de ello en el presente trabajo se realiza un análisis de las mismas y como estas pueden ser integradas a la vivienda.

Paralelamente se realizará un breve estudio de la mampostería reforzada como opción tecnológica alternativa. Con esta finalidad se expondrán algunos destacados referentes que dentro de la arquitectura han empleado este sistema; además se realizara un análisis de costos, comparando con el sistema porticado de hormigón. Y para finalizar se realizará el seguimiento de una construcción realizada en este sistema.

**PALABRAS CLAVES:** Vivienda autosuficiente, mampostería reforzada, metabolismo circular, asentamientos humanos, sostenibilidad.

## **ABSTRACT**

In nature, all resources are managed in a closed cycle (loop metabolism), there is no waste or pollution. Pitifully human settlements like ours do not follow these guidelines, becoming (linear metabolism) linear systems that consume large amounts of resources and likewise generate a disproportionate amount of waste (Rogers, 2000).

There is currently a lot of technologies that can reconfigure the housing to a circular metabolism. Under this in this paper an analysis of the same is done and how are you may be integrated into the housing.

Alongside a brief study of reinforced masonry as an alternative technology choice was made. For this purpose, some outstanding references that within the architecture have used this system will be exposed; In addition, a cost analysis was carried out, comparing with concrete portico system. And finally tracking a construction made in this system is carried out.

**KEYWORDS:** Self-sufficient housing, reinforced masonry, circular metabolism, human settlements, sustainability.

## INTRODUCCIÓN

El actual crecimiento poblacional y la exponencial expansión de las áreas urbanas ameritan la aplicación de tecnologías de construcción, saneamiento, dotación de agua y energía, acorde a la situación ambiental, social, económica y las posibilidades técnicas de las áreas más necesitadas. No es posible responder a los actuales déficits con el simple recurso de multiplicar acríticamente la dotación tecnológica existente (construcción, saneamiento, producción, energía...). Es prioritario dejar de pensar en las tecnologías como soluciones paliativas a problemas (Massuh, 2010). Es fundamental considerar a las tecnologías como recursos cognitivos que brindan autonomía y autosuficiencia a la gente.

En virtud de ello, el presente trabajo de fin de carrera, plantea una vivienda en mampostería reforzada con alternativas tecnológicas que integradas a la vivienda posibiliten un mejor desempeño de la misma desde la perspectiva ambiental y energética al punto que la configuren como una unidad habitacional con un metabolismo circular y en la medida de los recursos disponibles autosuficiente en lo que respecta a dotación de agua, energía, gestión de desechos e incluso en la producción de alimentos por medio del reciclaje de nutrientes procedentes de la misma.

En el primer capítulo se expondrá el actual metabolismo de las viviendas y como las tecnologías que las componen (dotación de agua, electricidad, alcantarillado, etc.) perpetúan un modelo de contaminación y degradación ambiental, paralelamente se mostraran posibilidades tecnológicas capaces de reconfigurar el funcionamiento de la vivienda de tal manera que se reduzca su impacto sobre el medio ambiente a la par que se satisfacen los requerimientos de las personas que habitan en las viviendas.

En el capitulo dos, se profundizará en el estudio de la mampostería reforzada, pues con este sistema constructivo se edificará la vivienda. Se analizará las ventajas y desventajas del sistema. Posteriormente en el tercer capítulo se planteará una propuesta de vivienda que integre tecnologías alternativas capaces de permitir un metabolismo circular. Y por último en el cuarto capítulo se evaluará las ventajas y desventajas de las tecnologías propuestas.

Se ha cumplido satisfactoriamente los objetivos planteados, y se ha podido evidenciar que es posible un modelo de hábitat humano con un metabolismo circular, y a la par en cierta medida autosuficiente. Capaz de no solo servir de refugio, sino también como instrumento para gestionar eficientemente los recursos y desechos. No se requiere grandes inversiones, sino más bien un cambio de mentalidad en lo que se refiere a los recursos disponibles a nivel de vivienda. Las preconcepciones de las personas acerca de determinadas tecnologías como el compostaje o los baños secos, dificultan una visión objetiva de las ventajas de estas tecnologías.

Es momento que a nivel local se experimente y aplique de forma masiva, algunas de las tecnologías expuestas, siguiendo el ejemplo de muchos países a nivel mundial, que muestran resultados halagadores. No podemos continuar con asentamientos humanos que destruyen el medio ambiente, es momento de ponerse en marcha con acciones prácticas.

## OBJETIVOS

General:

Proponer un modelo de vivienda, en mampostería reforzada de bloques de hormigón, con opciones alternativas en cuanto a saneamiento, producción urbana de alimentos, manejo de desechos, dotación de agua y energía. Con la finalidad de configurarla como una unidad habitacional de metabolismo circular y en la medida de los recursos disponibles **Autosuficiente**.

Específicos:

- Efectuar un análisis general sobre las tecnologías de saneamiento, manejo de desechos, dotación de agua y energía; preponderantes en la ciudad de Loja, con la finalidad de conocer su papel en el metabolismo de la ciudad, además de las distintas alternativas tecnológicas que se pueden implementar en una vivienda de manera que puedan configurarla como una unidad autosuficiente con un metabolismo circular.
- Realizar un estudio teórico sobre los antecedentes y desarrollo de la mampostería reforzada con el propósito de conocer sus ventajas y desventajas, para su aplicación a nivel local.
- Diseñar una vivienda en mampostería reforzada que integre tecnologías que le permitan funcionar con un metabolismo circular, con el objetivo de llevar a la práctica las tecnologías planteadas.
- Evaluar el costo beneficio de las tecnologías alternativas propuestas.

## HIPOTESIS

Los enfoques convencionales de construcción, saneamiento, dotación de agua y energía, además de ser costosos, no son ambiental ni socialmente sostenibles, precisando de enfoques alternativos basados en propuestas más amigables con el ambiente y con la situación económica de los grupos poblacionales más necesitados.

## METODOLOGÍA

Empleando el método histórico-comparado, que se centra en la recolección, crítica y sistematización de datos del pasado, y el método deductivo, que a su vez plantea la necesidad de presentar conceptos, principios, definiciones o leyes que nos permitan extraer conclusiones o consecuencias en los casos en que se aplica; el proceso de investigación para el presente

proyecto se dividirá en dos partes, cada una de ellas subdividida a su vez en partes que conformarán los capítulos de la tesis.

### **Parte 1: Método Histórico-Comparado**

- Capítulo 1: Se realizará una revisión bibliográfica general sobre las distintas tecnologías constructivas, de saneamiento, manejo de desechos, dotación de agua y energía; preponderantes en la ciudad de Loja, con la finalidad de conocer su papel en el metabolismo de la ciudad; determinando con ello su viabilidad social y ambiental a largo plazo. Buscando además distintas alternativas tecnológicas que se pueden implementar en una vivienda de manera que se pueda configurar como una unidad autosuficiente con un metabolismo circular.
- Capítulo 2: Se realizará una revisión bibliográfica de distintos referentes que se han destacado por el empleo de la mampostería reforzada. Ello con la finalidad de comprender de mejor manera los beneficios y las posibilidades que brinda este sistema.

### **Parte 2: Método Deductivo**

- Capítulo 3: En base a la amplia investigación teórica realizada se diseñará una vivienda que integra algunas tecnologías alternativas que la configuren en lo posible como una unidad autosuficiente.
- Capítulo 4: Es el punto final del proyecto de investigación y la parte más importante, pues se realizará una valoración económica de las tecnologías planteadas. Validando con ello de forma práctica la viabilidad social, ambiental, tecnológica y económica de este prototipo de vivienda.

**CAPITULO I**  
**METABOLISMO DE LA CIUDAD DE LOJA Y ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN**  
**FRENTE A LAS PROBLEMÁTICAS ACTUALES.**

## 1.1. Sistema de abastecimiento de agua y recolección de aguas servidas.

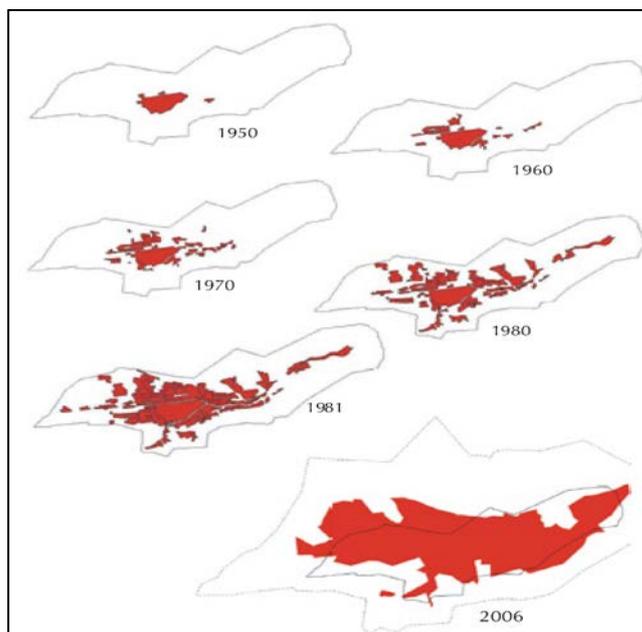


Figura 1: Proceso de expansión de la ciudad de Loja.

Fuente: Plan de Ordenamiento Urbano–Rural de Loja, CIDEPLAN–CONSULCENTRO, 1987. [http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101300600/1/Se\\_optimiza\\_sistema\\_de\\_drenaje.html](http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101300600/1/Se_optimiza_sistema_de_drenaje.html)

**En 60 años la población de Loja se ha multiplicado 14 veces, de 15.399 habitantes en 1950 a 214.855 en 2010** (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional., 2008), paralelamente **el área urbana se ha multiplicado 9.3 veces, de 556 has en 1960 a 5.186,6 ha en 1997, ultima reformulación del perímetro urbano** (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional., 2008). Este acelerado proceso de crecimiento experimentado en la ciudad durante las últimas décadas, ha generado una notable demanda de recursos, uno de ellos es el de agua potable. Problema que se ha solucionado por medio de prácticas que no resultan nada sustentables **como la implementación de nuevas captaciones y la ampliación de la planta potabilizadora** (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional., 2008). Mientras tanto, el aumento de las aguas residuales aún no tiene solución, vertiéndose directamente al cauce del río Zamora.

**Si bien en la actualidad, la tasa de crecimiento poblacional se ha reducido en relación a décadas pasadas, el tamaño de la población sigue aumentando** (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional., 2008), principalmente por la acelerada migración campo ciudad, provocando un incremento constante de la demanda por servicios básicos. La atención de dicha demanda se complica por

la baja densidad de la población (no supera los 3.000 habitantes por Km<sup>2</sup>), y el desordenado crecimiento horizontal de la ciudad. Las urbanizaciones al estar dispersas y con una baja densidad poblacional conllevan un enorme gasto para la dotación y mantenimiento de los sistemas de agua y alcantarillado existentes.



Figura 2-3: Alcantarillado Sanitario.

Fuente:

[http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101300600/1/Se\\_optimiza\\_sistema\\_de\\_drenaje.html](http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101300600/1/Se_optimiza_sistema_de_drenaje.html)

**Nota:** El Municipio de Loja destina anualmente un presupuesto importante para gastos de inversión en saneamiento ambiental, es decir, agua potable, alcantarillado y recolección de desechos sólidos, los que representaron para el año 2005, USD 7.068.197,13.

Es necesario que se planteen estrategias sustentables tanto con respecto a la dotación de agua potable como para el tratamiento de aguas negras. Si bien, tenemos una ciudad y un país privilegiados en recursos hídricos, (la disponibilidad de agua dulce por habitante por año en el Ecuador es cuatro veces más que el promedio a nivel mundial, 7.420 m<sup>3</sup> / hab. vs. 28.400 m<sup>3</sup> / hab.) no se ha dado la importancia debida al cuidado y aprovechamiento de estos recursos, a pesar de que la contaminación ambiental y el cambio climático muy evidente en los últimos años pueden generar serias crisis de las que aún no somos lo suficientemente conscientes.

**Nota:** En el último siglo las demandas mundiales de agua se han triplicado y la demanda de energía hidroeléctrica ha aumentado a un ritmo aún mayor. Las consecuencias ecológicas de estos consumos desmesurados ya son notables en muchos sitios. La exagerada extracción de agua ha causado la desecación de muchos importantes ríos, tal es caso del Río Colorado, el principal río del sudoeste de los Estados Unidos, pues en la actualidad rara vez logra llegar al mar. Otro ejemplo es el río Amarillo de China, que desde 1985 no ha logrado llegar al mar durante alguna temporada casi cada año.

Los asentamientos humanos especialmente las ciudades han empleado este vital recurso tanto para consumo, saneamiento, riego, generación de energía, sin preocuparse demasiado por las alteraciones ambientales que implican alterar los cursos de agua o por la contaminación

generada por las ingentes cantidades de desechos vertidas a los cursos de agua. Todo ello debido en gran parte al funcionamiento de los sistemas de saneamiento, adoptados por prácticamente todas las ciudades del mundo, de manera estandarizada, como si se tratara de la única opción.



Figura 4: Agua un bien escaso.

Fuente: <http://www.elnuevodiario.com.ni/nacionales/245884-millones-de-nicas-enfrentan-escasez-de-agua/>

**Nota:** Con respecto al agua potable en la ciudad de Loja, existe un gran desperdicio de la misma, generado no solo por la inconsciencia de los usuarios debido al bajo costo del agua; sino también por las pérdidas en la distribución, según la Unidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Loja, las pérdidas en las unidades de conducción, planta de tratamiento, reservas y redes de distribución, alcanzan un 40% (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional., 2008).

Otro problema que resulta especialmente preocupante es la posible incidencia del asbestocemento, principal componente de las tuberías de agua potable de la ciudad, en los altos índices de cánceres del tracto digestivo, que están entre los más altos del país; así como también, el uso indiscriminado de pesticidas en los cultivos, muchos de ellos prohibidos en otros países por su alta toxicidad y efectos cancerígenos comprobados.

Las prácticas de saneamiento promovidas actualmente en la ciudad que emplean sistemas de drenaje han evitado múltiples problemas, sin embargo, son sistemas bastante ineficientes, costosos y muy contaminantes, pues transportan y mezclan gran cantidad de residuos que las viviendas producen (eses, orina, aguas grises) con un gran volumen de agua, transfiriendo el problema de un lugar a otro, desde un individuo hacia el público a gran escala. Sin embargo, en los últimos cien años se ha considerado a este sistema como la tecnología ideal, especialmente para las áreas urbanas. **Muchos municipios en los países en desarrollo en muchos casos con ayuda financiera internacional, han tratado de adquirir este modelo** (Winblad, y otros, 1998).

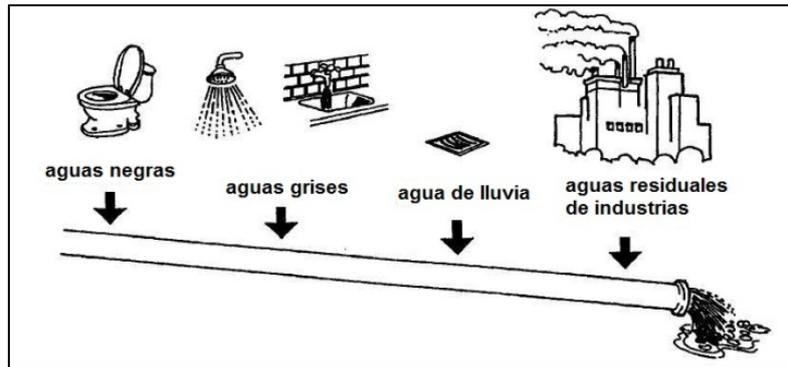


Figura 5: Funcionamiento de los sistemas de alcantarillado sanitario.

Fuente: <http://www.faircompanies.com/news/view/vateres-para-nomadas-10-wc-baratos-portatiles-y-ecologicos/>

**Nota:** Este tipo de sistemas, en lugar de ser una solución al problema de saneamiento, ha contaminado aún mayor cantidad de agua, pues generalmente la planta de tratamiento no existe o no funciona.

En las viviendas, los sistemas sanitarios instalados potencian el consumo y el desperdicio del agua. El promedio de agua por habitante es **de 170 litros/día** (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional., 2008), **siendo el sanitario el principal escenario del consumo de agua, aquí se produce el gasto de alrededor de las dos terceras partes del agua que utilizada en una vivienda** (Fundación para la Investigación y el Desarrollo Ambiental., 2010). Se considera que una persona que utiliza un excusado con agua **consume en un año la cantidad de agua que podría beber en más de 40 años** (Fundación para la Investigación y el Desarrollo Ambiental., 2010). Además de ello, otro aspecto importante es el uso de agua potable; pues **no es recomendable utilizar 15,000 litros de agua tratada o potable por persona al año para evacuar 35 kg de heces y 500 litros de orina** (Esrey, Andersson, Hillers, & Sawyer, 2006), sin considerar siquiera los costos que implican el tratamiento y conducción del agua a las viviendas, además de la alteración de los ecosistemas al romper los ciclos naturales o al disminuir, o alterar los cursos de agua.



Figura 6. Ciclo de la contaminación.  
 Fuente: Esrey, S., et al., Saneamiento Ecológico. Tr. de la 1a. edición en inglés Ecological Sanitation, Asdi, Estocolmo, 1998

Y el problema se agrava aún más, pues las aguas resultantes de los inodoros se mezclan con todas las aguas residuales de la vivienda, el agua lluvia, y el agua proveniente de las vertientes (a nivel local no existe un sistema de drenaje independiente que separe las aguas lluvias y las procedentes de las vertientes) aumentando el volumen neto de agua contaminada, con ello así mismo se aumentan los costos sociales y ambientales para tratar y depurar toda esta agua; **las heces fecales contenidas en el total de aguas servidas representan menos del 0.5 por ciento** (Avendaño, 2004). **Poco inteligente: mezclar para separar. ¿No es mucho más sensato separar ya en origen?** (Blanco, 2012) **Los inodoros y el drenaje pueden ser divididos en dos, ya que realmente no existe ninguna conexión lógica entre los dos, solo una histórica.** (Narain, 2002). **La separación de las aguas residuales domésticas, puede considerarse como un paso importante hacia un planteamiento sostenible del uso del agua y del reciclaje de nutrientes** (Avendaño, 2004). Pues, además de los problemas antes mencionados, los sistemas de drenaje al descargar las excretas humanas a los sistemas acuáticos, destruyen totalmente el ciclo de nutrientes de la naturaleza, **los nutrientes que son tomados de la tierra deberían ser devueltos a la tierra** (Narain, 2002), lo que en la actualidad no ocurre, causando importantes pérdidas de fertilidad al suelo, **y con ello no solo restando la productividad de las plantas sino además una falta de nutrientes en los alimentos humanos, lo que representa una amenaza a la salud** (Narain, 2002).

Ejemplo comparativo de los nutrientes en los huevos producidos comercialmente en relación a los huevos de gallinas criollas:  $\frac{1}{3}$  Más colesterol,  $\frac{1}{4}$  Más grasas saturadas,  $\frac{2}{3}$  Menos vitamina A, 2 veces menos omega-3, 3 veces menos vitamina E y 7 veces menos Beta carotenos.

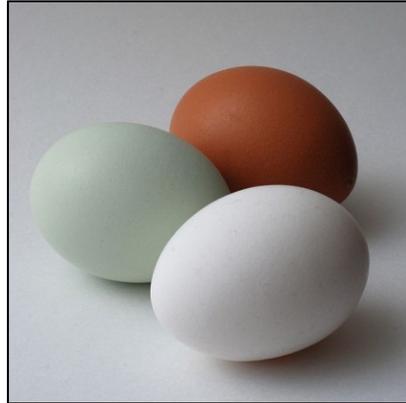


Figura 7: Nutrientes en huevos de Gallina.

Fuente:

<http://www.motherearthnews.com/eggs.asp> (11 de Noviembre del 2014)

Cada familia impone a la sociedad y al medio ambiente un enorme costo al emplear los actuales sistemas de drenaje **no solamente por el deterioro en calidad y cantidad de los recursos naturales vitales como el agua, sino porque este deterioro ocasiona costos adicionales como enfermedades y disminución de actividades productivas que dependen de estos recursos naturales** (Moreno, 2008). Por ello, es emergente buscar estrategias eficientes para el manejo de las aguas residuales y los excrementos humanos; rompiendo el condicionamiento social que nos lleva a ver a los sanitarios tradicionales y los sistemas de drenaje como algo invariable en las viviendas. **Las soluciones “lineales” de los sistemas sanitarios basadas en los conceptos de “flujo y descarga” han solucionado algunos problemas, pero han causado otros: escasez y contaminación de agua, destrucción de ecosistemas, pérdida de fertilidad del suelo y falta de seguridad alimentaria** (Esrey, Andersson, Hillers, & Sawyer, 2006). **No es posible dar soluciones lineales a problemas no lineales** (Esrey, Andersson, Hillers, & Sawyer, 2006). **Ningún problema puede ser resuelto en el mismo nivel de pensamiento en el que se originó.** Debemos reconsiderar todo el funcionamiento de los actuales sistemas de saneamiento desde la vivienda a la ciudad.

#### **1.1.1. Sistema de saneamiento alternativo: Saneamiento ecológico ECO-SAN.**

Para encontrar una solución altamente eficaz al problema del saneamiento tanto a nivel social como ambiental, en distintos países como Suecia, Alemania, Uganda, México, Zimbawe, China...etc., se han implementado a pequeña y gran escala sistemas de saneamiento que imitan los procesos de la naturaleza, llegándose a desarrollar lo que se denomina **saneamiento ecológico**. Un aspecto fundamental del saneamiento ecológico es la re-conceptualización de lo que consideramos como desechos, pues en la naturaleza no existen desechos. Todos los

residuos que produce la naturaleza son potenciales elementos para generar y mantener la vida, existe ciclos continuos en donde nada se desperdicia y todo esta interconectado en delicado equilibrio. El saneamiento ecológico **representa un cambio en la forma como se piensa y se actúa respecto a la excreta humana** (Esrey, Andersson, Hillers, & Sawyer, 2006), **considerándose que la orina y las heces son recursos valiosos, con distintas cualidades que restablecen la fertilidad del suelo e incrementan la producción de alimentos**, por lo tanto, **los sistemas sanitarios deben diseñarse de forma que semejen ecosistemas donde los “desechos” humanos sean un recurso para microorganismos que a su vez ayuden a la producción de plantas y alimentos** (Esrey, Andersson, Hillers, & Sawyer, 2006). **El saneamiento ecológico es un enfoque de “ciclo cerrado” que previene la contaminación reciclando nutrientes y materia orgánica** (Esrey, Andersson, Hillers, & Sawyer, 2006).



Figura 8. Concepto de tecnologías Eco San.

Fuente: Esrey, S., et al., Saneamiento Ecológico. Tr. de la 1a. edición en inglés Ecological Sanitation, Asdi, Estocolmo, 1998.

La mejor manera de depurar el agua es no contaminándola o al menos en la menor cuantía posible. Si facilitamos la depuración, reducimos los costes y reducimos también el tiempo en el proceso devolver al medio lo que es del medio. **Resulta más conveniente la utilización de sanitarios que no necesiten nada de agua o poca agua para sustituir a los convencionales** (Blanco, 2012). Los baños secos o los baños composteros no son una tecnología sanitaria únicamente aplicable para zonas rurales o lugares donde no se dispone de drenaje; la eficiencia de este tipo de baños **permite ser empleado en áreas urbanas, tanto en viviendas como en edificios** (Winblad, y otros, 1998), **sin embargo la ignorancia de estas tecnologías y ciertos aspectos culturales, permiten seguir manteniendo el uso de sanitarios que emplean agua, lo que perpetúa un modelo de "salubridad" obsoleto y peligroso** (Castillo, 2003).

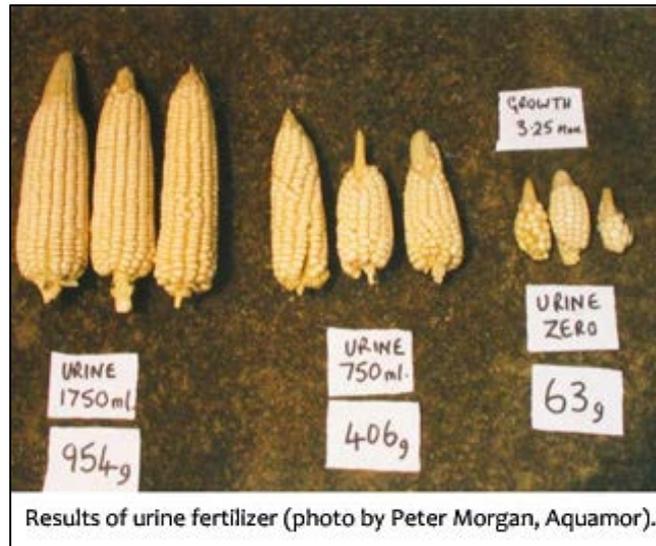


Figura 9. Resultados del Fertilizador de Orina.

Fuente: (Richert, Gensch, Jönsson, Stenström, & Dagerskog, 2011)

**Nota:** Los resultados en la fertilización del maíz con la orina (Figura 9) son significativos y evidentes. La orina se almacena y se utiliza después para fertilizar los cultivos. Por lo general se diluyó 1:3 – 1:5 de orina, en partes de agua.

**Una persona produce en promedio 400/500 litros de orina y 50 kilos de excremento en un año** (Winblad, y otros, 1998). **Noventa por ciento del valor fertilizante de las heces humanas se encuentra en la orina** (Programa EcoSanRes, Instituto Ambiental de Estocolmo., 2004). La orina es casi estéril por lo que puede manejarse más fácil y con mayor seguridad si se separa previamente de la excreta; **puede diluirse con agua y suministrarse directamente en hortalizas y campos de cultivo o bien almacenarse en tanques para su uso posterior** (Programa EcoSanRes, Instituto Ambiental de Estocolmo., 2004); **400 litros de orina contienen 4 Kg de nitrógeno, 400g de fósforo y 900g de potasio** (Winblad, y otros, 1998), capaces de producir **250 Kg de grano, cantidad suficiente para alimentar a una persona durante un año** (Winblad, y otros, 1998), en vez de contaminar el agua. **Ante la situación de inseguridad alimentaria, el decrecimiento de fertilidad de suelos y el encarecimiento de fertilizantes industrializados en los mercados mundiales, existe la necesidad de utilizar los nutrientes localizados en la orina humana, para su uso en la agricultura; esto incrementa la producción y reduce la necesidad de fertilizantes** (Winblad, y otros, 1998).

**Las heces mientras tanto, que son 10 veces menores en volumen que la orina, contienen la mayor parte de los patógenos peligrosos** (Narain, 2002), por lo que antes de reintegrarlas al suelo, hay que destruir dichos organismos, para ello los métodos secos para procesar heces y destruir patógenos son los métodos más efectivos que los métodos húmedos actualmente

empleados. **La combinación de baja humedad, bajo nivel de nutrientes/materia orgánica y un pH elevado es propicia para una destrucción rápida (Winblad, y otros, 1998) y hace que el manejo de la excreta sea seguro, fácil y barato (Winblad, y otros, 1998).** Permittedo tratar las excretas en el lugar donde se originan, previniendo con ello la contaminación, y se obtiene beneficios adicionales, pues se emplea la excreta humana saneada en la producción de alimentos.

Actualmente existen múltiples ejemplos a nivel mundial de sistemas de saneamiento ecológico a pequeña, mediana y gran escala. En ellos se puede evidenciar las notables ventajas que suponen su aplicación. Así pues, **a través del saneamiento seco, los hogares, y consecuentemente las ciudades, pueden ahorrar hasta un 40% del consumo doméstico de agua. Este ahorro de agua puede ser redirigido para la dotación de agua potable a una población urbana mayor (actual o futura), o bien puede dejarse en cuerpos de agua naturales para mantener hábitats y servicios ambientales (Córdoba, 2000). El saneamiento seco ha permitido ahorrar recursos públicos en la provisión de saneamiento ya que en la mayoría de los casos es más económico instrumentar un programa de saneamiento seco, que invertir en un sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales para el manejo de las excretas humanas (Córdoba, 2000).** Los beneficios son múltiples, sin embargo, son necesarias estrategias claras de gestión y manejo de todo el sistema de saneamiento ecológico, principalmente de la orina y los excrementos saneados, con la finalidad de ser aprovechados adecuadamente y no signifiquen un riesgo a la salud de los habitantes o al medio ambiente.

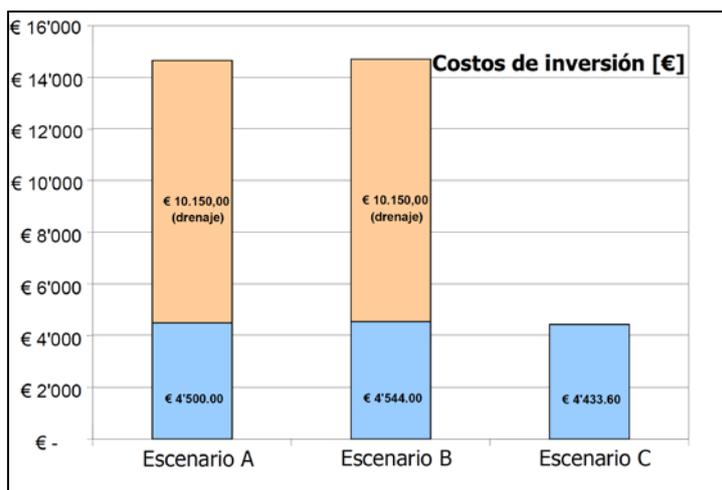


Figura 10. Costos de implementación de tecnologías de saneamiento.

Fuente: Lechner, Markus. Langergraber, Günter. Comparación de costos de soluciones de saneamiento modernas y convencionales. 2do. simposio Internacional sobre Saneamiento Ecológico, abril 2003.

**Nota:** Los costos de inversión del sistema Eco-San son significativamente menores, representan únicamente el 30% (escenario C) de la inversión de un sistema de alcantarillado (escenario A), básicamente por el ahorro en los costos del sistema de drenaje.

En contraposición los costos ambientales reales en que incurre una familia de 5 personas al emplear un tanque séptico en un período de 15 años es de US\$3.296 y US\$2.524 si se emplea alcantarillado sanitario. Mientras que la tecnología Eco San no tendría costo ambiental y además si se considera el ahorro de agua, el aprovechamiento de fertilizante y los beneficios ambientales y sociales que implica el uso del sistema Eco-San, el costo de la inversión se recupera rápidamente. (Moreno, 2008)

En nuestra ciudad, existen múltiples sectores con una muy baja densidad y déficit de agua potable, lo que la convierte en el terreno ideal para implementar tecnologías de saneamiento ecológico, pues como se ha visto los costos son muy inferiores al sistema tradicional de alcantarillado, y además traen beneficios adicionales.

Igualmente, la presencia de múltiples afluentes, en distintos sectores de la ciudad, como aguas subterráneas (se conoce que antes de 1950 las viejas casonas se abastecían de agua de pozos) hace que sea necesarias tecnologías que resulten más amigables con nuestro medio natural, sobre todo con el agua.

La posibilidad de obtener un fertilizante, gratuito, de alta calidad y de rápida acción es también un factor importante para implementar los baños secos y la desviación de orina en los contextos agrícolas y de bajos recursos de nuestra ciudad. Pues en la actualidad hay **escasez de suelos con potencial agrícola, y los pocos que existen están siendo ocupados por proyectos urbanísticos e industriales, como ocurre a lo largo de la Vía de Integración Barrial** (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional., 2008). La facilidad de implementar estos sistemas permitiría que muchas familias que conozcan los beneficios del eco saneamiento incursionen voluntariamente. El poder experimentar los beneficios del eco saneamiento, puede contribuir así mismo a derribar los paradigmas sociales con respecto a los desechos.

Las municipalidades podrían contribuir subsidiando la inversión en programas especiales. Otra posibilidad para promover los sistemas de eco saneamiento, es reducir los costos de operación y mantenimiento, como, por ejemplo, los costos de recolección de la orina y otros gastos. Esta táctica es usada por algunas municipalidades en Suecia, donde la orina es recolectada gratuitamente una o dos veces al año.

### 1.1.2. Sistema de aprovechamiento del agua: Captación de agua lluvia y reutilización de aguas grises.



Figura 11. Impluvium.

Fuente:

<http://architectsandartisans.com/index.php/2014/03/alan-maskin-the-art-of-the-impluvium/>

El **Impluvium** es una especie de estanque rectangular con fondo plano, diseñado para recoger agua de lluvia que se encontraba en el vestíbulo de las antiguas casas (domus) de los griegos, etruscos y romanos. En una época en la conservación del agua y la integración de las cisternas en la arquitectura contemporánea es fundamental, debemos reconsiderar las soluciones de diseño como estas de hace miles de años.

En la ciudad de Loja tenemos un promedio de lluvia anual de **900 mm (900 litros por metro cuadrado)** (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional., 2008), lo que implica un volumen importante de agua por ser aprovechada, si los sistemas de aguas lluvia en la vivienda se conectaran a una cisterna en vez de al sistema de drenaje (de aguas lluvias), se tendría un volumen considerable para distintos usos domésticos e incluso consumo con el tratamiento correspondiente.

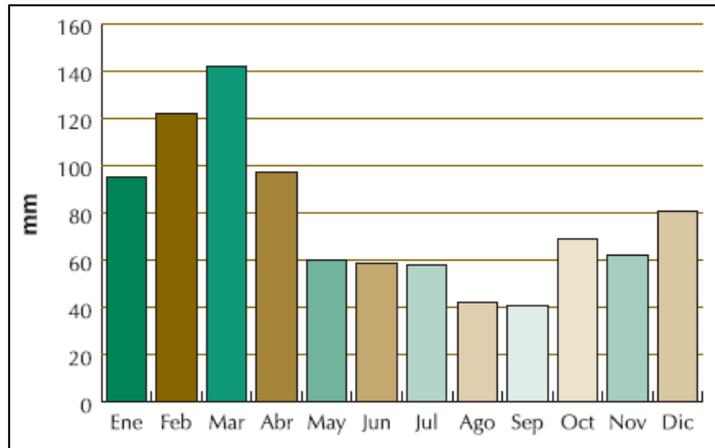


Figura 12. Distribución anual de la lluvia en la ciudad de Loja (promedio 1965-2005).

Fuente: INAMHI. 1964 - 2005

Dado que la lluvia a nivel local se distribuye a lo largo de todo el año, no es necesario grandes volúmenes de captación, pues mensualmente se tiene agua lluvia disponible de aprovechar transportada justo hacia la vivienda ahorrando todos los gastos de conducción y gran parte de los gastos de tratamiento debido a los bajos niveles de contaminación, y a que solo se potabilizara la empleada para consumo humano.



Figura 13. Tuberías de Conducción de aguas residuales urbanas.

Fuente:

<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1480914&page=37&lanqid=5>

**Nota:** La mitad de los gastos para la canalización de aguas residuales se derivan de la canalización del agua de lluvia. Debido a la enorme edificación de las ciudades: casas, fábricas, calles, etc., después de cada tormenta fluye un inmenso aluvión de agua hacia las depuradoras. En consecuencia, hay que gastar millones para grandes alcantarillados o pozos de retención.

Otro aspecto en el aprovechamiento del agua a nivel urbano, es la reutilización del agua que empleamos, esto surge así mismo como imitación de eficientes fenómenos presentes en la naturaleza, **se estima aproximadamente que, en el ciclo del agua, ésta experimenta de 5 a 6 usos antes de evaporarse en el follaje, la tierra, los ríos, lagos y el océano donde se cierra el ciclo hidrológico** (Kestler, 2004). **La idea de la reutilización convierte el gasto en tratamientos en una inversión productiva, pues en lugar de desechar el agua residual, es posible retornar al proceso productivo una fracción del agua residual tratada para que sea acondicionada apropiadamente para su reutilización** (Kestler, 2004). Esto tiene un efecto muy beneficioso tanto económicamente como ecológicamente, pues al reusar el agua se reduce las necesidades de abastecimiento y descarga de aguas residuales. **Esto trae consigo una cadena de ahorros derivados de varios hechos: primero, por estar consumiendo menos agua del servicio municipal; segundo, por disminuir el gasto de tratamiento (generalmente proporcional al volumen de agua); tercero, por la disminución en el tamaño del tratamiento final para descarga y, por último, por la posibilidad de utilizar el agua para otros usos o usuarios (García, 1982)** (Kestler, 2004).

**Tanto por la cantidad como la calidad de las aguas grises estas pueden controlarse a nivel casero** (Winblad, y otros, 1998). Pues la simple implementación de **biojardineras o humedales construidos** (Buenfil) (Sierra, 2006), se puede realizar un pre-tratamiento del agua en las mismas viviendas a muy bajos costos, si bien esta agua no es apta para el consumo puede emplearse para el riego, simples tecnologías implican un cambio radical en el aprovechamiento de los recursos. Otras estrategias de pequeña escala para la gestión y aprovechamiento del agua tienen que ver con el mantenimiento de tubos y llaves, y el uso de dispositivos ahorradores de agua, así como el uso de jabones, detergentes y químicos biodegradables.

## **1.2. Abastecimiento de alimentos y manejo de desechos orgánicos.**

Las áreas urbanas se constituyen en auténticos centros de consumo y generación de desechos. **Este hecho se traduce en que cerca del 80% de la huella ecológica global es generada solamente en el 15% del territorio.**

Gran parte de los alimentos que consumimos a diario son generados en áreas muy distantes, producidos por lo general a gran escala con ayuda de pesticidas, fertilizantes químicos; y una altísima dependencia de combustibles fósiles (elevada mecanización, abonos de síntesis, transporte, etc.). Ello causa una enorme degradación ambiental (Un 30% de los gases causantes del cambio climático se deben a la agricultura industrializada), elevados costos de los alimentos, y muchas veces productos alimenticios con altas concentraciones de químicos peligrosos, alteraciones genéticas (cuyos efectos en la salud son bien documentadas) o deficiencia de nutrientes; una serie de factores que hacen visiblemente inviable a medio plazo la continuidad del modelo vigente de abastecimiento de alimentos.

Paralelamente en las áreas urbanas gran cantidad de productos biodegradables y no biodegradables resultado en gran parte de los alimentos que consumimos son recolectados y acumulados en los llamados rellenos sanitarios o botaderos a cielo abierto. La solución principal que la sociedad actual ha dado al problema de los desechos resulta bastante primitiva; ocultarlos de la vista, arrojarlos en las afueras de las ciudades y en el mejor de los casos ocultar el problema enterrándolo (relleno sanitario). A simple vista esta estrategia no resulta ni adecuada ni sostenible sin embargo se sigue perpetuando como la única “solución”.

Si bien existe como en el caso de nuestra ciudad estrategias municipales de clasificación de desechos gran parte de estos no pueden en realidad volver a ser aprovechados por inadecuadas prácticas de clasificación, o por la inexistencia de mecanismos que permitan el aprovechamiento directo de los desechos de una forma económica. Ello causa un enorme derroche de recursos naturales, económicos y energéticos.



Figura 14. Relleno Sanitario.

Fuente: <http://www.sogamosocomercial.com/tag/relleno-sanitario/>

**NOTA:** El promedio de producción per cápita de basura en Loja es de 0.59 Kg/hab/día, similar al promedio nacional en ciudades medianas de similar tamaño. La cobertura del servicio de recolección de basura, ha alcanzado un índice del 96.5% en el sector urbano central y un 85 % en el sector rural, lo que totaliza una recolección media de 90 toneladas/día. Sin embargo, el porcentaje de reciclaje en la planta procesadora aún es muy bajo, por lo que se reduce el tiempo de vida útil del relleno sanitario. En el año 2005 se recicló el 11,37 % de desechos no degradables, y en la planta de lombricultura se procesó el 13,21 % de la basura biodegradable.

Con la dinámica de la sociedad actual de consumo, derroche y contaminación, **los seres humanos nos hemos convertido en una amenaza para el planeta. De hecho, la raza humana se asemeja bastante a una enfermedad, comprendida por organismos que se**

**multiplican excesivamente, consumiendo sin conciencia y generando desperdicios sin darle mayor importancia a la salud y bienestar de su anfitrión – el Planeta Tierra.** Si logramos continuar con nuestro comportamiento nocivo, entonces también lograremos marchar directamente a nuestra propia ruina.

El ficticio “desarrollo” e independencia de las ciudades frente a los ecosistemas naturales en los que se sustentan convierte los sistemas urbanos en los más vulnerables ante factores altamente desestabilizadores como la crisis energética, el pico del petróleo, el cambio climático o ante las consecuencias territoriales y urbanas de la crisis socioeconómica (hiperespecialización productiva, segregación espacial, deterioro de servicios públicos, exclusión social, cambios demográficos, etc.). **Se trata de una fragilidad que todavía no ha sido interiorizada por la arquitectura, el planeamiento, la economía o los estilos de vida urbanos, aun sabiendo por anticipado que a medio plazo resulta irreversible enfrentar estas perturbaciones.**

Al analizar cómo se entrelazan la crisis energética, el cambio climático, el acelerado crecimiento poblacional en las urbes con el funcionamiento del sistema agroalimentario reaparecen las ciudades como los entornos más vulnerables debido a su marcado metabolismo lineal. **Modificar los patrones en los que se sustenta el abastecimiento de las ciudades debería ser una variable principal en el diseño de cualquier estrategia de transición urbana hacia la sostenibilidad.** Resultan prioritarios mecanismos de adaptación a las nuevas problemáticas urbanas; al igual que los organismos vivos se adaptan y evolucionan para ajustarse de mejor manera al entorno, la arquitectura debe recurrir a tecnologías que la integren la vivienda al entorno donde se implantan de una manera armónica, aprovechando al máximo los recursos que dispone.

### **1.2.1. Agricultura urbana y gestión de recursos orgánicos e inorgánicos.**

La agricultura urbana se constituye en la principal estrategia que permite enfrentar los actuales desafíos mundiales producto de la dinámica de la sociedad actual; Así pues, la agricultura urbana contribuye con diversos factores, tales como: generación de empleo, seguridad alimentaria, mejor nutrición, incremento de ingresos para los pobladores, mejora y preservación del medio ambiente, abastecimiento de alimentos frescos para las ciudades, complemento a la agricultura rural, producción de medicinas naturales, esparcimiento, etc.



Figura 15-16. Agricultura Urbana.

Fuente: <http://urcosolar.blogspot.com/2011/11/agricultura-urbana-herramienta-para.html>

**Nota:** La agricultura es la actividad socioeconómica que más empleos crea en el mundo, proporcionando medios de subsistencia para el 40 por ciento de la población mundial actual.

***El acceso a tierra de cultivo puede ser visto a nivel urbano como la necesidad más crítica, sin embargo, el cultivo de productos comestibles y no comestibles puede hacerse en los techos de las casas, paredes, cercas e incluso en los patios internos de los edificios*** (Esrey, Andersson, Hillers, & Sawyer, 2006). Los alimentos pueden cultivarse donde sea que haya agua y los nutrientes suficientes; el saneamiento ecológico y el compostaje de desechos orgánicos contribuyen aquí otorgando los elementos necesarios (agua y nutrientes) permitiendo cerrar el ciclo de nutrientes, con una serie de beneficios derivados de ello.

Los pobladores urbanos, sin embargo, se enfrentan a algunas limitantes, a más del limitado espacio disponible; como el poco tiempo para realizar las actividades vinculadas a la agricultura urbana. Por ello frente a estas problemáticas se han ido desarrollando múltiples estrategias y tecnologías acorde a las condiciones de las áreas urbanas. A continuación, se describen algunas de las principales:

#### **1.2.1.1. Acuaponía.**

La Acuaponía constituye una integración entre un cultivo de peces y uno de plantas. En este sistema, los desechos metabólicos generados por los peces y los restos de alimento, son utilizados por los vegetales y transformados en materia orgánica vegetal. De esta forma se genera un producto de valor a través de un subproducto desechable, con la ventaja de que, el agua libre ya de nutrientes, queda disponible para ser reutilizada por los peces.



Figura 17. Acuaponía.

Fuente: <http://despacionatural.com/ecologia/articulos/introduccion-a-la-acuaponia/>

**Nota:** La Acuaponía es la actividad que conjuga una producción de peces (tanques de incluso 1 m3) y plantas en un sistema de recirculación de agua.

Los sistemas acuapónicos imitan los procesos de la naturaleza, esto se traduce en menores costos operativos del sistema y sumado a ello, no requiere gran cantidad de tiempo invertido para mantener funcionando correctamente el sistema en la producción de plantas y peces, aumentando así, la rentabilidad productiva.

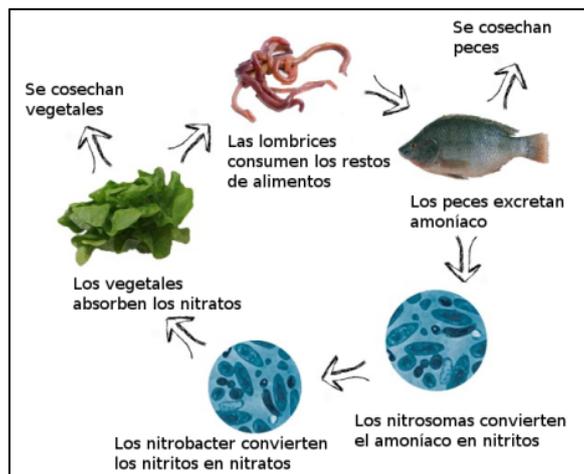


Figura 18. Ciclo de aprovechamiento de nutrientes en la Acuaponía.

Fuente: <http://huertosverdesdelsur.blogspot.com/2014/06/acuaponia-produccion-de-peces-y-plantas.html>

La utilización de un sistema acuapónico de manera casera o doméstica, es una excelente opción cuando se pretende tener un aporte de alimento auto-producido. En Australia, los sistemas acuapónicos domésticos de baja escala son muy utilizados (Diver, 2006) y es común encontrar sistemas configurados para funcionar en espacios reducidos de aproximadamente dos metros cuadrados.

### **1.2.1.2. Cultivos biointensivos.**

El Cultivo Biointensivo es una práctica de agricultura ecológica que se enfoca en sembrar en pequeños espacios, de manera intensiva para cubrir las necesidades de las familias y comunidades.

Utilizando las técnicas de la agricultura química convencional, la superficie necesaria de cultivo para satisfacer las necesidades de una dieta completa para una persona, durante todo el año, es: si la dieta es alta en carne, entre 8.500 y 4.350 m<sup>2</sup>; si el consumo de carne es moderado, entre 2.200 y 4.200 m<sup>2</sup>, y sólo 1.000 m<sup>2</sup> si la dieta es vegetariana. El Sistema Biointensivo puede generar una dieta completa para una persona, durante un año, en aproximadamente 400 m<sup>2</sup>, (40 camas de 10 m<sup>2</sup> cada una), realizarlo con herramientas manuales y en forma realmente sostenible, mejorando la calidad del suelo en lugar de agotarlo.



Figura 19. Cultivos Biointensivos.

Fuente: (Pia, 2005)

**Nota:** El cultivo en camellones es aproximadamente cuatro veces superior al cultivo ordinario. De 9m<sup>2</sup> se puede sacar 90-180 kg de hortalizas al año.

### 1.2.1.3. Cultivos en contenedores.



Figura 20-21. Cultivos en Contenedores.

Fuente: <http://jardineriaplantasyflores.com/verduras-en-macetas-cuales-crecen-bien/>

**Nota:** La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) estima que se podrían salvar 2,7 millones de vidas cada año si se incrementara el consumo de hortalizas. La falta de verduras en la dieta humana, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), es la responsable del incremento de un 14 por ciento de las muertes por cáncer gastrointestinal, el 11 por ciento de las muertes por enfermedades del corazón, y el 9 por ciento de las muertes por accidente cerebrovascular a nivel mundial.

El cultivo de muchas hortalizas se puede realizar con éxito en recipientes. Las personas que viven en apartamentos o condominios pueden cultivar hortalizas en recipientes en un balcón, la repisa de la ventana o el escalón de la puerta.

Un huerto de hortalizas en recipientes puede ser divertido y proveer hortalizas frescas. Para que el huerto sea productivo, es necesario un medio para crecimiento bien drenado, un suministro de agua y abono adecuados, y bastante luz solar son esenciales.

### 1.2.1.4. Cultivos verticales.

Los huertos verticales plantean una solución al problema de los espacios reducidos en las ciudades, ya que permiten cultivar una amplia gama de plantas que van desde las ornamentales (Aliso), medicinales (Melisa), aromáticas (Orégano) y hortalizas (Lechuga), hasta pequeños frutales (frutillas), en espacios como balcones, terrazas, azoteas, patios cementados, o en cualquier lugar donde la tierra es de difícil acceso.



Figura 22-23. Cultivos Verticales en contenedores.

Fuente: <http://www.lohago.com/categoria/medio-ambiente-2/>

Fuente: <http://ecologismos.com/jardin-vertical-con-verduras-ecologicas-en-el-aeropuerto-de-chicago/>

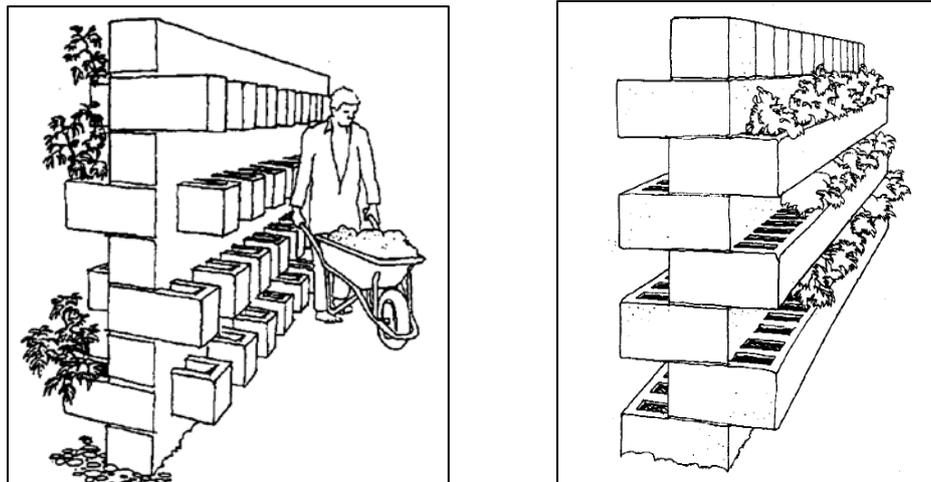


Figura 24-25. Variaciones urbanas de cultivo vertical.

Fuente: (Winblan, 1992)

Nota: En Botswana, el Dr. Gus Nilsson ha desarrollado un sistema de producción hortícola intensivo. El Dr. Nilsson puede producir 2 kilos de jitomate por muro, cuatro veces al año. El precio de venta de estos jitomates, cultivados en un metro cuadrado de muro, es cercano al costo de construcción de este metro cuadrado de muro. Fuente: (Winblad, U. 1992): *The productive homstead*, reporte Asdi, Estocolmo.

Destacados arquitectos, han hecho uso de la vegetación tanto con finalidad estética como para controlar condiciones climáticas interiores, mostrando con ello igualmente las posibilidades potenciales que existen al implementar jardines verticales.



Figura 26-27: Edificio Consorcio-Santiago.

Fuente: <http://arqa.com/rssfacebook/edificio-consorcio-santiago-14-anos-despues.html>

**Nota:** Edificio Consorcio-Santiago. Enrique Browne. La fachada del edificio se “reviste” de una doble piel compuesta por una interior de vidrio y una exterior vegetal compuesta por enredaderas plantadas en cada forjado que regulan el soleamiento del edificio con los cambios naturales de su follaje



Figuras 28 Y 29: Edificio de la Asociación de Propietarios de Mill / Le Corbusier.

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-321883/clasicos-de-arquitectura-edificio-de-la-asociacion-de-propietarios-de-mill-le-corbusier>

### 1.3. Abastecimiento de energía.

En la actualidad, la demanda energética ha concentrado su atención en los combustibles. Los más utilizados son los provenientes de fuentes no renovables, conocidos también como combustibles fósiles. A pesar que se ha documentado lo limitado de estos recursos, se sigue potenciando su empleo; recientemente el documento de la Comisión Europea: “Energía:

**Controlemos nuestra dependencia”, afirma que “atendiendo a los condicionantes geológicos, cabe prever que dentro de cincuenta años prácticamente ya no habrá petróleo ni gas o, si los hay, su extracción será muy cara, sin punto de comparación con los precios actuales. En otras palabras, hay cantidades limitadas de estos recursos naturales y no hacemos más que dilapidarlas” (Arriaga, 2003)**

En nuestro país el sector gubernamental está promoviendo políticas y construyendo infraestructura para una transición hacia el uso de energía eléctrica, en nuestro caso con el uso de turbinas eólicas, sin embargo, la dependencia a sistemas centralizados igualmente promueve la vulnerabilidad individual y la dependencia.

A nivel local existe la disponibilidad de recursos energéticos locales fácilmente aprovechables a nivel de vivienda. Sin embargo, no han sido aprovechados, salvo escasas excepciones así tenemos por ejemplo la energía solar.

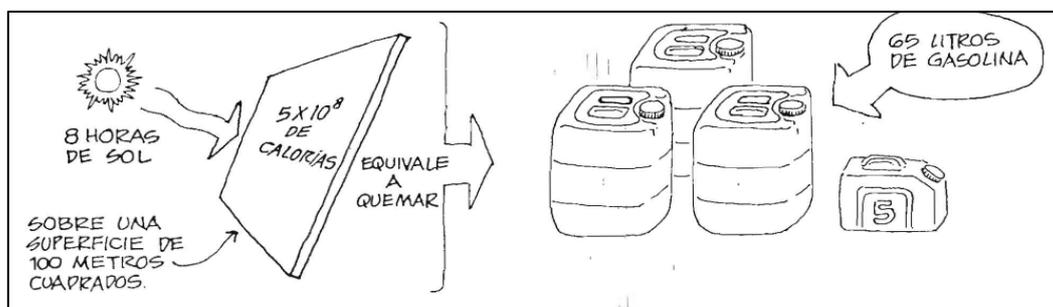


Figura 30. Energía Solar y su equivalente en combustibles fósiles.

Fuente: (Caso, 1987)

En nuestro medio gracias a nuestra ubicación geográfica (línea ecuatorial), **la cantidad de energía solar que recibe una superficie de 100m<sup>2</sup> inclinada de cara al sol durante 8 horas; es de 5x10<sup>8</sup> calorías, que en energía calorífica equivale a quemar 65 litros de gasolina.** Así pues, una de las aplicaciones de esta energía solar, es el calentamiento del agua para uso doméstico, se estima que, por cada metro cuadrado de colector solar, se ahorra un barril de petróleo al año, dado que se evita el uso de calentadores a gas.

Como se puede apreciar con el simple aprovechamiento de la energía solar se tiene un considerable volumen de energía disponible a nivel de vivienda, totalmente independiente de sistemas centralizados.

Es preciso considerar además las posibilidades del aprovechamiento pasivo de otras energías como la eólica, energía química (biodigestores), y una amplia variedad tecnologías cuyas ventajas son ampliamente documentadas en la bibliografía existente en el internet.

### **1.3.1. Aprovechamiento de energías alternativas.**

A nivel de vivienda tanto la iluminación natural, como el acondicionamiento térmico, pueden ser establecidas en el planteamiento del proyecto arquitectónico y con ello aprovechar de una manera pasiva los recursos naturales; además como se señaló en anteriormente, existe un enorme potencial para el aprovechamiento de la energía solar a nivel de vivienda, tanto con el uso de calentadores y cocinas solares. A continuación, se describen algunas de estas tecnologías alternativas.

#### **1.3.1.1. Calentador solar.**



Figura 31. Calentador Solar.

Fuente: <http://www.limpiatumundo.com/calentadores-solare/>

Un calentador solar es un aparato que utiliza el calor del sol (energía solar) para calentar alguna sustancia. Su uso más común es para calentar agua para uso o servicios sanitarios (duchas, lavado de ropa o trastes, etc.) tanto en ambientes domésticos, como hoteles y otras industrias. En muchos climas un calentador solar puede disminuir el consumo energético utilizado para calentar agua. Los calentadores tienen una elevada eficiencia para captar la energía solar. Dependiendo de la tecnología y materiales implementados, pueden llegar a alcanzar eficiencias del 98%.

#### **1.3.1.2. Cocina y horno solar.**

Entre las razones para cocinar con el Sol encontramos motivos ecológicos, económicos y nutritivos. En primer lugar, las cocinas solares ofrecen la posibilidad de utilizar una energía limpia, abundante, que no causa ninguna contaminación con su uso. En segundo lugar, es una cocina cuyo uso no tiene ningún coste de explotación y que nos permite ser más independientes con respecto a los proveedores de energía. La cocina solar nos libera de cualquier dependencia que

no sea la de las horas de Sol. Para procesos culinarios como hacer conservas (que requieren mucha energía) es una herramienta ideal.

Otras posibles aplicaciones de las cocinas solares, destacan la conservación de alimentos, la esterilización e incluso la desalinización del agua para obtener agua potable en lugares escasos de agua dulce. Además, la cocina solar, por el hecho de cocer a baja temperatura, hace que los alimentos conserven mejor sus principios nutritivos



Figura 32: Cocina Solar Parabólica.

Fuente:<https://energiasera.wordpress.com/2011/05/29/las-cocinas-solares-ventajas-y-desventajas-2/>

**Nota:** La cocina solar parabólica permite obtener cerca de 1Kw por cada 2m<sup>2</sup> de superficie de captación.

### 1.3.1.3 *Fresquera.*

Este modo de refrigeración se remonta por lo menos a 5000 años de antigüedad, en inglés la llaman pot-in-pot (olla dentro de olla), algunos también la conocen como heladera africana. La construcción es simple, un bote pequeño está contenido dentro de una maceta más grande, y se llena de arena el espacio entre los dos contenedores. La arena se mantiene húmeda en todo momento. Las verduras se pueden mantener hasta 3 semanas, y también se pueden mantener carnes y otros alimentos.



Figura 33. Fresquera.

Fuente: <http://cronicas-supervivencia-urbana.blogspot.com/>

El funcionamiento (refrigeración por evaporación) es muy simple, cuando el agua se evapora necesita energía para que se produzca el cambio de estado de líquido a vapor de agua. Esa energía puede tomarla del ambiente, pero también del propio sistema (el agua). Así cuando se evapora una parte de agua extrae energía del sistema y el agua remanente, por tanto, disminuye en su temperatura.

Los enfriadores evaporativos son una idea sencilla y cuando se utiliza en entornos adecuados puede proporcionar una buena refrigeración a muy bajo costo. La fresquera permitirá almacenar alimentos que requieran refrigeración ligera, conservándolos en óptimas condiciones proporcionando un ahorro de energía eléctrica, debido a que el refrigerador común como elemento principal de conservación de alimentos dentro de la casa, disminuirá su carga y no será necesario abrirlo y cerrarlo constantemente, ocasionando así un mayor gasto de energía eléctrica.

#### **1.4. Sistemas constructivos.**

Predomina en nuestro país y a nivel local la construcción de viviendas empleando estructuras de pórticos de hormigón armado o pórticos de estructura metálica. Estas viviendas en su gran mayoría utilizan mampostería de bloque de hormigón o ladrillo para sus divisiones internas, esta mampostería a pesar de su rigidez y resistencia a la compresión principalmente, no es considerada como elemento estructural, se considera simplemente como carga muerta, por lo que dado el elevado peso de estos materiales, los elementos estructurales de hormigón armado o metálicos, tales como columnas y vigas, deben ser de considerables dimensiones y contener una enorme cantidad de hierro (en el caso del hormigón) para soportar principalmente la carga muerta de la construcción. Así pues, los sistemas constructivos porticados con mampostería de ladrillo o bloque son tremendamente ineficientes en cuanto a aprovechamiento de recursos materiales y energéticos.

Sin embargo, como se manifestó anteriormente existe un notable predominio del sistema estructural de pórtico al observar nuestro entorno construido, esto se debe en gran medida a que dentro de las instituciones educativas se le brinda una importancia capital, siendo muchas veces el único sistema constructivo que se analiza a profundidad. Esta situación no se debe a la superioridad del pórtico sobre otros sistemas estructurales, es bien sabido las ventajas que posibilitan otros sistemas constructivos y estructurales. Sin embargo, por cuestiones de comodidad, desconocimiento o incluso descuido por parte de los profesionales vinculados a la construcción, no ha existido una diversificación tecnológica en este campo.

Dado el elevado costo (ambiental, económico y social) de la construcción convencional, los actuales déficit de vivienda y el crecimiento descontrolado de las áreas urbanas es preciso estudiar opciones y alternativas tecnológicas que permitan la eficiencia estructural, el empleo de materiales económicos y duraderos, la disminución de materiales de acabado, la rapidez y facilidad constructiva, la optimización del espacio construido,...etc.; toda una serie de posibilidades que permitan el ahorro y la optimización de recursos (económicos, naturales, energéticos, humanos).

#### 1.4.1. Mampostería reforzada con bloques de hormigón.



Figura 34: Costo de Vivienda.

Fuente: BID 2012. Un espacio para el desarrollo

Dos terceras partes del precio de venta de una vivienda nueva, ofrecida por el sector privado, pueden atribuirse a los costos de construcción. **Los materiales por sí solos representan casi 40% del costo total y la mano de obra, 20% más. Reducir estos costos ayudaría a hacer la vivienda formal más asequible para los aproximadamente 210 millones de latinoamericanos que hoy no cuentan con una vivienda formal.**

La mampostería portante de bloques de hormigón presenta ventajas económicas en comparación con el sistema tradicional (porticado). Dichas ventajas se originan, básicamente, en las menores cantidades de materiales y sus menores costos, la velocidad de ejecución y el bajo nivel de desperdicios que es posible conseguir en obra a partir de la construcción con bloques vibro comprimidos de hormigón; lo que a su vez se ve favorecido por el hecho de que se trabaja según las características de un sistema modular que permite computar los materiales en la etapa de proyecto con gran certeza.

La mampostería reforzada de bloques de hormigón es un sistema que cumple una doble función: estructural y de cierre. La armadura de refuerzo es colocada en los huecos de los bloques, los que a su vez son llenados con microconcreto, de manera tal que tanto la mampostería, el hormigón de relleno, y la armadura actúan monóticamente para resistir los refuerzos exteriores. Se crea de esta manera un elemento estructural heterogéneo similar al hormigón armado. En este sistema constructivo se emplean bloques vibro comprimidos con una resistencia promedio de 10 MPa.



Figura 35: Detalle de refuerzo vertical dentro de los Bloques vibro comprimidos.

Fuente: El autor



Figura 36: Aspecto exterior de mampostería reforzada.

Fuente:

[http://pc.cr/catalogo/catalogo\\_mamposteria/files/assets/basic-html/page9.html](http://pc.cr/catalogo/catalogo_mamposteria/files/assets/basic-html/page9.html)

**CAPITULO II**  
**LA MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL COMO ALTERNATIVA DE CONSTRUCCIÓN**  
**SOSTENIBLE.**

## 2.1. Breve historia de la mampostería reforzada.

El concepto y el uso de mampostería reforzada tiene una milenaria historia, existen múltiples culturas que a lo largo de los siglos emplearon refuerzos dentro de la mampostería, en Perú, por ejemplo, en Chan-Chan; la ciudad precolombina de barro más grande de América y la segunda en el mundo, se emplearon refuerzos de guadua en las monumentales paredes de tierra, logrando resistir con ello hasta la actualidad a pesar de la notable actividad sísmica característica de esta zona.



Figura 37: Vista de murallas de la Ciudad de Chan Chan.

Fuente: [http://www.trujillodelperu.com/chan\\_chan.htm](http://www.trujillodelperu.com/chan_chan.htm).

Sin embargo, el primer uso reconocido de mampostería armada fue en 1813 cuando Marc Isambard Brunel ingeniero británico construyó la chimenea de una planta de producción industrial, cerca de Londres. Posteriormente en 1825 Brunel utilizó la misma técnica para la construcción de un túnel hidráulico bajo el Támesis.

El desarrollo de la mampostería reforzada se detuvo en 1867, cuando el jardinero francés Joseph Monier introdujo el concepto de hormigón armado. Después de ese tiempo, el uso de mampostería reforzada se dejó de lado hasta el final de la primera guerra mundial, cuando se reintrodujo en Canadá, Reino Unido, EE. UU y Australia. En nuestro continente el más destacado referente en cuanto al uso de mampostería reforzada, es el Ing. Eladio Dieste (Uruguay), el mismo que construyó una gran cantidad de estructuras de importante magnitud en este sistema (galpones, terminales, torres, viviendas, iglesias, etc.) introduciendo algunas innovadoras estrategias de optimización estructural (sección catenaria, doble curvatura, etc.). Esto influenció a otros profesionales a construir y experimentar con esta tecnología; así tenemos: Carlos González Lobo (México) y Solano Benítez (Paraguay).

Hoy en día, el uso de mampostería reforzada está bien desarrollado en la mayoría de los países occidentales y el Lejano Oriente. Tanto en los EE. UU, América del Sur y Europa los códigos de construcción aprobados han aumentado en gran medida el uso potencial.

En la actualidad se está prestando mayor atención al potencial de las estructuras de mampostería reforzada, no sólo debido al creciente conocimiento del material y su composición, sino también a causa de los beneficios económicos de la técnica.

## 2.2. Componentes de la mampostería estructural.

La mampostería de bloque de concreto reforzado es un sistema que está compuesto por: Bloques de concreto, Mortero, Concreto fluido (Grout) y Acero de refuerzo.

### 2.2.1 Bloque de concreto.

Es un elemento prefabricado, de concreto, con forma de prisma recto y con una o más perforaciones verticales que superan el 25% de su área bruta.

Los bloques poseen dimensiones uniformes para facilitar la modulación, en cuanto a lo alto, 20cm y en cuanto a lo largo, 40cm, variando únicamente en el ancho, que en nuestro medio puede ser 10, 15 o 20cm. La norma establece que, para la construcción de viviendas, las paredes deberán tener un espesor mínimo de 15cm en la planta baja en el caso de viviendas de 2 niveles y bloques de 10cm deberán utilizarse en viviendas de un nivel y en la segunda planta de viviendas de 2 niveles. La Figura 39 muestra los principales tipos de bloques de concreto que se encuentran disponibles en nuestro medio.



Figura 38: Unidades de Mampostería de bloques de hormigón.

Fuente: (Hormigón, 2015)

Elaboración: El autor

Las partes que constituyen el bloque son las caras, que son las partes visibles de los mismos, cuando las paredes están levantadas y las membranas o tabiques que son aquellos elementos que unen las caras en los extremos o en la parte media, ver Figura 40.

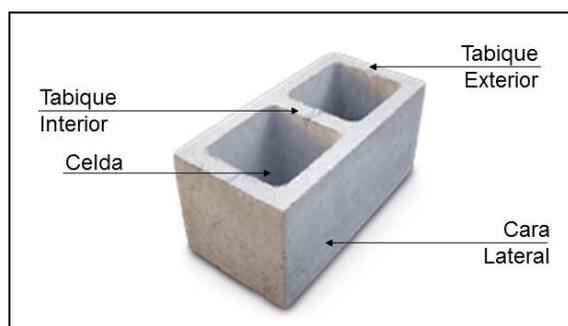


Figura 39: Componentes de un bloque de hormigón.

Fuente: (Hormigón, 2015)

Elaboración: El autor

Las unidades de concreto con perforación vertical (huecos) portantes deben cumplir con la norma ASTM C 90 “Especificación Estándar para Unidades Portantes de Mampostería de Concreto”. Esta especificación cubre las unidades huecas de mampostería de concreto hechas con cemento Portland, agua, y agregados minerales con o sin inclusión de otros materiales. La especificación señala tres clases de unidades de mampostería de concreto, las cuales se encuentran en la Tabla 1:

Tabla 1: Clasificación de las unidades de mampostería de hormigón según la densidad.

<b>Densidad (kgf/m<sup>3</sup>)</b>		
Peso Ligero	Peso Medio	Peso Normal
Menos de 1680	De 1680 hasta menos de 2000	2000 o más.

Fuente: (Instituto Colombiano de Productores de Cemento, 2014)

Elaboración: El autor

Los espesores mínimos de las caras y membranas de los bloques de concreto están especificados en la Tabla 1 de la Norma ASTM C 90-02a. Sin embargo, la Norma Técnica para el Control de Calidad de Materiales Estructurales ha adaptado dichos valores a nuestro medio obteniendo como resultado la Tabla 2.

Tabla 2: Espesores mínimos de las caras y membranas de los bloques de hormigón.

<b>Ancho nominal de las unidades en cm.</b>	<b>Espesores mínimos de las caras en cm.(a)</b>	<b>Espesor de las membranas</b>	
		<b>Membrana mínima en cm.</b>	<b>Espesor equivalente de las membranas mínimo en cm/m.(b)</b>
10	1,9	1,9	13,6
15	2,5	2,5	18,8
20	3,2	2,5	18,8

(a) Promedio de la medida de 3 unidades, tomado en el punto más delgado.  
(b) Suma de los espesores medidos, de todas las membranas en la unidad, dividida entre la longitud de la unidad.

Fuente: (Instituto Colombiano de Productores de Cemento, 2014)

Elaboración: El autor

La resistencia a la compresión es la principal cualidad que deben tener las unidades de mampostería y varía con el tipo de mampostería que con ellas se vaya a elaborar. La resistencia a la compresión esta especificada para ser alcanzada a los 28 días de producidas las unidades. Sin embargo, las unidades se pueden utilizar a edades menores cuando se tenga un registro sobre evolución de la resistencia de unidades de iguales características, y este indique que ellas alcanzaran dicha resistencia, lo cual no exime de la verificación directa de la calidad de las unidades. La Tabla 4 presentada, establece una resistencia a la ruptura por compresión medida sobre el área neta, con un valor de 12,85 MPa para el promedio de 3 unidades y 11,47 MPa como mínimo para cada unidad.

Tabla 3: Resistencia a la compresión de los bloques de hormigón.

<b>Resistencia a la compresión, mínimo, MPa.</b>	
Promedio de área neta.	
Promedio de 3 Unidades	Unidad individual
12,85	11,47

Fuente: (Instituto Colombiano de Productores de Cemento, 2014)  
Elaboración: El autor

### 2.2.2. Mortero.

El mortero es otro componente de la mampostería de bloque de concreto, cuya función es unir a las unidades de mampostería a través de las juntas verticales y horizontales, en virtud de su capacidad de adherencia además permite dar un acabado a las superficies. Debe tener buena plasticidad y consistencia para poderlo colocar de la manera adecuada y suficiente capacidad de retención de agua para que las unidades de mampostería no le roben la humedad y se pueda desarrollar la resistencia de la interface mortero-unidad, mediando la correcta hidratación del cemento del mortero. Por lo general está constituido por cemento, cal, arena, agua y aditivos. Se puede emplear cemento Portland tipo I, o cemento para mampostería el cual produce un mortero con mayor plasticidad y retención de agua.

El mortero está regulado por la norma ASTM C 270-02 que establece los siguientes 4 tipos de mortero:

- TIPO M: Mortero de alta resistencia (176kgf/cm<sup>2</sup> en promedio) y durabilidad. Recomendado para mampostería reforzada o sin refuerzo sujeta a grandes fuerzas de compresión, vientos fuertes o sismo y estructuras en contacto con el suelo como fundaciones, muros de contención, cisternas, piscinas, pozos y sótanos.

- TIPO S: Mortero de alta resistencia de adherencia. Recomendado para estructuras sujetas a cargas de compresión normales que requieren alta resistencia. Se usa también donde el mortero es el único agente de adherencia con la pared, por ejemplo, enchapes.
- TIPO N: Mortero de propósito general, de mediana resistencia (53kgf/cm<sup>2</sup> en promedio), para estructuras sobre nivel de suelo. Se recomienda para enchapes de mampostería paredes internas y divisiones. Representa la mejor combinación de resistencia, trabajabilidad y economía.
- TIPO O: Mortero de baja resistencia (25kgf/cm<sup>2</sup> en promedio), y mucha cal. Úselo en paredes y divisiones sin carga, Posee una excelente trabajabilidad.

Para el caso de la Norma para Diseño y Construcción de Viviendas establece lo siguiente: los morteros de pega a ser utilizados en la construcción de viviendas de una y dos plantas deben ser del Tipo M o Tipo S, por tener buena plasticidad, consistencia y garantizar la retención del agua mínima para la hidratación del cemento.

### **2.2.3. Concreto fluido (Grout).**

Es un elemento esencial de la mampostería estructural de concreto, que consiste en una mezcla fluida de agregados y material cementante, capaz de penetrar en todas las cavidades del muro sin sufrir segregación, la cual se adhiere a las unidades de mampostería y a las barras de refuerzo para que actúen juntas para soportar las cargas.

El mortero de relleno tiene como fin el aumento de la resistencia del muro y la transmisión de los esfuerzos al acero. También permite mejorar otras propiedades tales como el aislamiento térmico y acústico y la resistencia al fuego del muro.

Se debe tener en cuenta que el tamaño máximo del agregado debe ser 12,5 mm para eliminar toda posibilidad de obstrucción en llenado de las celdas o que se genere segregación. (Instituto Colombiano de Productores de Cemento, 2014)

### **2.2.4. Acero de refuerzo.**

El acero de refuerzo forma parte del sistema de mampostería estructural y trabaja con las unidades de concreto, mortero y el concreto fluido para conformar un sistema estructural.

Las barras de acero también llamadas hierro de construcción o varillas, tienen la propiedad de adherirse al grout y presentar elevada capacidad a tensión. En las construcciones, estas barras son colocadas de forma vertical y horizontal, con grado, diámetros y separaciones en base a recomendaciones de diseño.

#### **2.2.4.1. Cuantía mínima de refuerzo.**

Se deben cumplir las siguientes cuantías mínimas:

- La cuantía del refuerzo evaluada sobre el área bruta de la sección del muro, en cada una de las direcciones, vertical y horizontal, no debe ser menor que 0.0007.
- La suma de ambas cuantías, horizontal y vertical, no puede ser menor que 0.0020.
- La cuantía del refuerzo vertical no puede ser menos de la mitad de la cuantía del refuerzo horizontal.
- En la evaluación de las cuantías se puede tener en cuenta los refuerzos mínimos vertical y horizontal, siempre y cuando sean continuos en el tramo del muro.
- El refuerzo requerido por cortante colocado en los elementos embebidos se puede considerar dentro de la evaluación de la cuantía horizontal.

#### **2.2.4.2. Refuerzo vertical mínimo.**

Deben cumplirse los siguientes requisitos para el refuerzo vertical:

- El espaciamiento horizontal entre refuerzos verticales no puede ser mayor de 1200mm.
- Se debe disponer como mínimo una barra de 12 mm en cada extremo del muro.
- Se debe disponer como mínimo una barra de 12 mm al lado de ventanas o aberturas interiores mayores de 600 mm horizontal o verticalmente. Este refuerzo debe ser continuo dentro del tramo del muro.

#### **2.2.4.3. Refuerzo horizontal mínimo.**

Deben cumplirse los siguientes requisitos para el refuerzo horizontal:

- El diámetro del refuerzo horizontal en las juntas horizontales de pega no puede ser menor de 4 mm y no puede espaciarse verticalmente a más de 600 mm.
- El refuerzo horizontal colocado dentro de elementos embebidos dentro de unidades de mampostería especiales, no puede espaciarse verticalmente a más de 1.20 m.
- Se debe colocar un refuerzo horizontal mínimo de dos barras 10 mm en el remate y arranque de los muros y a nivel de las losas de entepiso.
- Se debe colocar además un refuerzo horizontal mínimo de dos barras 10 mm en la parte superior y en la parte inferior de aberturas interiores con dimensiones mayores de 600 mm. Este refuerzo debe extenderse dentro del muro al menos 600 mm.

### **2.3. Proceso constructivo.**

A continuación, se detallan las etapas constructivas para la edificación en Mampostería Reforzada.

#### **2.3.1. Trabajos previos a la ejecución del muro.**

- Antes de la iniciación de los trabajos, el albañil debe previamente analizar, interpretar y comprender acabadamente los planos de planta y elevación de la vivienda, para identificar todas las dimensiones de los muros y de los vanos de puertas y ventanas.
- Es importante que las esquinas se ubiquen tal como figuran en los planos de detalles. Recién entonces se procederá al replanteo de paredes, aberturas y juntas de control si las hubiere.

### **2.3.2. La fundación.**

- Antes de comenzar con las tareas previas al levantamiento de la pared, la fundación de apoyo (zapata corrida, viga de fundación, platea, etc.) debe estar suficientemente limpia para facilitar la posterior adherencia del mortero de unión y razonablemente nivelada para evitar juntas de mortero demasiado gruesas.
- Una vez controlada la limpieza y horizontalidad de la fundación, el albañil podrá comenzar las tareas de construcción de las paredes. Se aconseja que la primera hilada sea planteada por el albañil más experimentado disponible, pues un error en la hilada inicial incidirá negativamente en el resto de la obra.

### **2.3.3. La primera hilada.**

- Para replantear el muro, debe marcarse sobre el cimiento una línea de referencia para facilitar la alineación del borde externo de los bloques.
- Comenzando por las esquinas, el albañil presentará la primera hilada a junta seca (sin mortero y dejando una junta libre de 1 cm de espesor) a fin de verificar la correcta modulación del tramo.
- Para mantener constante el espesor de la junta (1cm) se aconseja colocar entre bloque y bloque un trocito de madera de 1 cm de espesor. Si al finalizar esta etapa el albañil encontrase que la modulación no coincide exactamente con los BH utilizados, deberá replantear totalmente la primera hilada compensando las diferencias con las juntas verticales.
- ATENCION: Bajo ninguna circunstancia y por ningún concepto deben salvarse errores en la modulación de la primera hilada cortando los BH, ya que este error se arrastrará luego a todo lo largo de la obra.



Figura 40: Trazado de línea de referencia.  
Fuente: (Hormigón, 2015)



Figura 41: Armado de la primera hilada.  
Fuente: (Hormigón, 2015)

### 2.3.4. Recomendaciones de la primera hilada.

- Esta primera operación en seco permite verificar la modulación para el montaje de las aberturas. Para ello, el albañil removerá los bloques de los sectores donde deberán luego ubicarse las aberturas y verificará que el espacio libre así logrado sea el indicado en los planos.
- Un vez modulada y escuadrada correctamente la primera hilada en seco y antes de levantar los BH, se procederá a marcar con tiza sobre la platea la posición de cada BH a fin de facilitar su posterior pegado en la posición correcta previamente determinada.
- Se aconseja colocar primero todos los bloques de esquina y luego avanzar hacia el centro de la pared, a los efectos de ir sistematizando los trabajos de la obra. Para ello, el albañil debe marcar la ubicación y el ángulo de las esquinas utilizando, por ejemplo, una escuadra metálica.

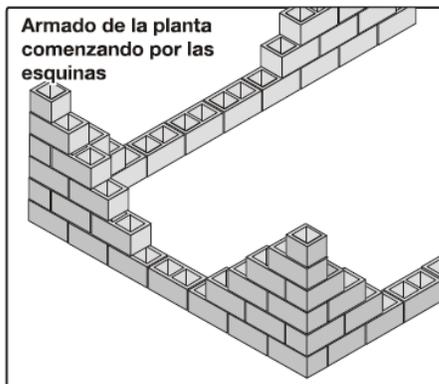


Figura 42: Armado de mampostería comenzando por las esquinas.  
Fuente: (Hormigón, 2015)



Figura 43: Colocado de bloque según la separación longitudinal deseada.  
Fuente: (Hormigón, 2015)

### 2.3.5. El mortero de asiento.

- El mortero de asiento, en el caso de la mampostería de hormigón, tiene tanta importancia como el mampuesto propiamente dicho, es el eslabón que une a todos los elementos que, en conjunto, conforman un todo, es decir la pared terminada.
- Su calidad y resistencia deben ser tenidas en cuenta de la misma forma que la calidad y resistencia de los bloques. De nada servirá contar con bloques de muy buena resistencia si luego serán asentados con un eslabón de resistencia muy inferior, si este va a estar ausente en las juntas verticales o si el mismo no se adherirá convenientemente con las distintas unidades, tanto vertical como horizontalmente.
- De allí que las normas y los códigos relacionados con la mampostería estructural de BH incluyen siempre un capítulo específico sobre la resistencia del mortero y sus otras características.



Figura 44: Consistencia ideal del mortero.

Fuente: (Hormigón, 2015)



Figura 45: Remezclado del mortero antes de su utilización.

Fuente: (Hormigón, 2015)

### 2.3.6. Asentado de los bloques de hormigón.

- Cada bloque debe ser asentado en la pared respetando una altura constante en la junta horizontal.
- Posteriormente será nivelado, aplomado y alineado antes que la mezcla de asiento comience a fraguar.
- Los BH jamás deben ser sumergidos en agua antes de ser colocado en la pared, ya que el secado posterior generara tensiones de tracción en las juntas con la consiguiente fisuración.

- A medida que se vayan levantando las sucesivas hiladas, posteriores a la primera, debe verificarse que se mantenga constante la modulación longitudinal, lo que puede ser realizado fácilmente utilizando el nivel en forma diagonal, verificando que el ángulo formado sea igual a 45° y/o que los bloques se retiren 20 cm a medida que se levantan las hiladas superiores.

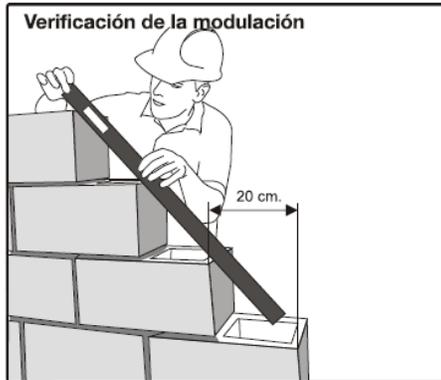


Figura 46: Verificación de ubicación de mampostería.  
Fuente: (Hormigón, 2015)



Figura 47: Alineado longitudinal del Bloque.  
Fuente: (Hormigón, 2015)



Figura 48: Angulo de asiento incorrecto del Bloque.  
Fuente: (Hormigón, 2015)

### 2.3.7. Pegado de los bloques.

- Cada bloque debe ser colocado según la separación vertical deseada. Debe ser nivelado con un nivel de al menos 1.20m de longitud. Luego debe ser aplomado verticalmente utilizando el mismo nivel. Y finalmente alineado longitudinalmente.
- Si el bloque es colocado muy por fuera de la línea (Calandro horizontal) se formará una fisura en sentido longitudinal cuando se pretenda traerlo hacia la alineación correcta, golpeándolo con el mango de la cuchara.
- Si el bloque es inclinado en forma exagerada al apoyarlo sobre el existente, cuando se lo baje a la posición final se formará una fisura vertical en la unión de ambos. La posición del bloque no debe ser nunca modificada cuando el mortero de junta haya comenzado a fraguar,

ya que de lo contrario se romperá la adherencia entre ellos, generándose fisuras en la interfase bloque mortero.

- La realineación de un bloque fuera de posición no debe intentarse luego de haber colocado la hilada o hiladas superiores.
- Cualquier bloque que haya sido movido luego de que la mezcla haya endurecido, debe ser totalmente removido y recolocado con mortero fresco.



Figura 49: Verificación de bloque según la separación vertical deseada.  
Fuente: (Hormigón, 2015)



Figura 50: Nivelación vertical del Bloque con un nivel de al menos 1.20m de longitud.  
Fuente: (Hormigón, 2015)



Figura 51: Nivelación horizontal del Bloque.  
Fuente: (Hormigón, 2015)



Figura 52: Realineado incorrecto del Bloque.  
Fuente: (Hormigón, 2015)

### 2.3.8. Juntas horizontales.

- Siendo que la primera hilada sobre la fundación es la más solicitada a la compresión, los BH deben asentarse sobre una cama de mortero de ancho completo.
- En las hiladas subsiguientes a la primera sólo debe colocarse mortero sobre los tabiques longitudinales de BH.
- Sólo se podrá colocar mortero en sentido transversal al muro cuando se trate de celdas reforzadas verticalmente y posteriormente coladas con grout.

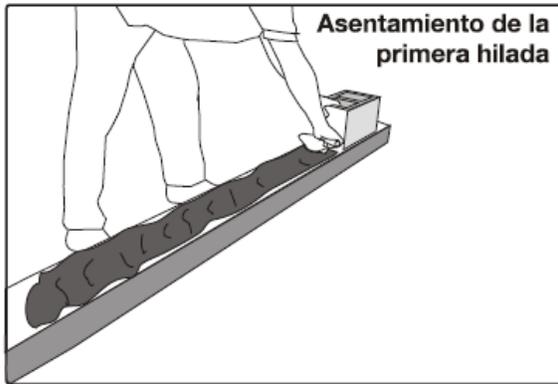


Figura 53: Asentamiento de la primera hilada de Bloque.

Fuente: (Hormigón, 2015)

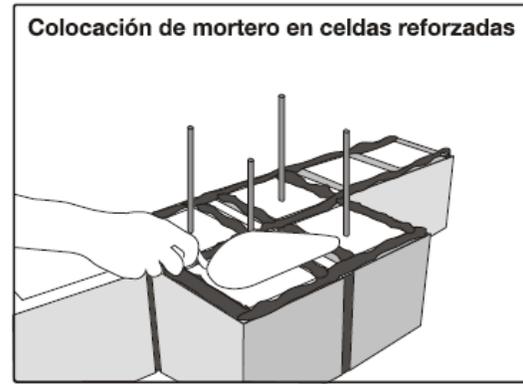


Figura 54: Colocación de mortero en celdas reforzadas.

Fuente: (Hormigón, 2015)



Figura 55: Correcta colocación del mortero.

Fuente: (Hormigón, 2015)

### 2.3.9. Juntas verticales.

- Siempre deben llenarse las juntas verticales internas y externas, utilizando una cantidad de mezcla tal que la misma fluya hacia ambos sentidos.
- El mortero de la junta vertical debe ser untado a ambos lados del bloque antes de su colocación.
- El mortero debe ser presionado sobre los bordes del BH para evitar que se caiga al ser levantado.



Figura 56: Llenado de juntas verticales.  
Fuente: (Hormigón, 2015)



Figura 57: Mortero en ambas juntas verticales.  
Fuente: (Hormigón, 2015)



Figura 58: Presionado de mezcla en las juntas verticales del bloque.  
Fuente: (Hormigón, 2015)

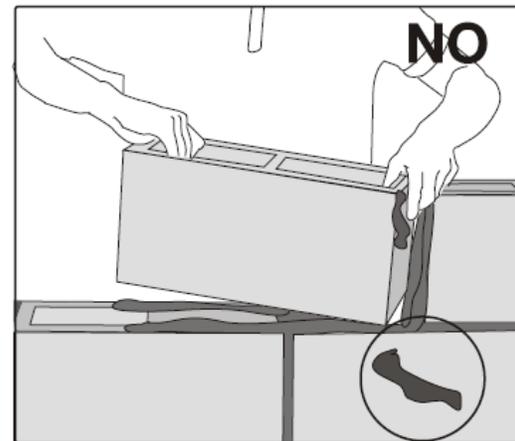


Figura 59: Forma incorrecta de pegado de juntas verticales.  
Fuente: (Hormigón, 2015)

### 2.3.10. Recomendaciones a la hora de colocar los bloques.

- Para asegurar una excelente pared de BH, todas las juntas se deben ser llenadas completamente con mortero, garantizando una adecuada adherencia entre bloques, allí donde tengan contacto el uno con el otro.
- Los BH deben ser colocados de tal manera que no se formen fisuras en la interfase bloque/mezcla de asiento al momento de apoyar un BH contra el otro. Los BH deben ser ajustados en su posición dentro del muro antes que el mortero haya perdido plasticidad a fin de asegurar una correcta adherencia.
- Nunca se debe intentar reubicar un BH cuando la mezcla de asiento haya comenzado a fraguar ya que esto generara, indefectiblemente, fisuras y falta de adherencia.

- Todas las juntas deben estar llenas con mortero al momento de asentar el BH. Cualquier relleno posterior de estas debe hacerse únicamente cuando el mortero se encuentre todavía fresco (en estado plástico).

## **2.4. Consideraciones sobre el sistema constructivo.**

A continuación, se detallan las Ventajas y Desventajas de la Mampostería Reforzada de Hormigón:

### **2.4.1. Ventajas.**

Bajo condiciones adecuadas de diseño y construcción, el sistema de mampostería de bloques de concreto presenta grandes ventajas de orden económico y operativo:

- Dada la modulación y las estrictas tolerancias de fabricación de las unidades, se disminuyen los desperdicios de material de muros y de acabados, permitiendo aplicar directamente sobre los muros, estucos delgados o pinturas, o aprovechar las texturas y colores naturales de las unidades corrientes o de las que tienen características arquitectónicas.
- Los elementos de cierre (fachada) pueden ser portantes, brindando la doble función estructural y arquitectónica.
- Dentro de las celdas verticales de los muros elaborados con bloques, se pueden colocar las conducciones eléctricas, hidrosanitarias y de telecomunicaciones.
- Además, se eliminan, en gran cantidad, las perforaciones de los muros. Las reparaciones y los desperdicios, lo que reduce mano de obra, fijaciones y materiales de reparación.
- Dado que el refuerzo vertical de la estructura se coloca dentro de las celdas o en recintos conformados por bloques, se elimina el encofrado y la obra falsa de la estructura vertical.
- Permite utilizar entrepisos total o parcialmente prefabricados, lo que da mayor velocidad al proceso constructivo y la disminución de costos por la reducción en la utilización de encofrados.
- En obras debidamente diseñadas se puede construir toda la estructura con un solo material (la mampostería), reduciendo el número de proveedores y el manejo de materiales y equipos.
- Al emplear mano de obra especializada y unidades modulares, se tiene una gran velocidad y eficiencia en la construcción de los muros, por lo cual, en muchos casos se reducen los costos por menos actividades, equipos y mano de obra.
- Como sistema constructivo genera daños secundarios menores, con sismos dentro del espectro de diseño y se pueden utilizar en todo rango de riesgo sísmico, con gran desempeño.
- Como sistema estructural y constructivo se puede emplear desde viviendas de bajo costo de uno o dos pisos, hasta edificios de gran altura y costo, pasando por los de uso industrial,

comercial, hotelero, hospitalario, educativo, etc., siempre con grandes beneficios económicos.

- La mampostería de concreto, por ser un sistema de muros portantes, facilita y hace económicas las estructuras regulares y repetitivas como hoteles, hospitales, edificios de apartamentos, centros educativos, cárceles, etc.
- Cuando se combinan las características estructurales y arquitectónicas de la mampostería de concreto, se obtienen estructuras duraderas, de muy bajo mantenimiento y de gran apariencia.
- Permite diseñar para un gran aislamiento térmico y acústico, ya que los bloques poseen perforaciones cercanas al 50 % de su área bruta, brindando cámaras de aire aislantes para ambos factores, y que se pueden llenar con materiales de características adecuadas para tal fin.
- La mampostería de concreto se puede emplear no sólo como sistema constructivo sino con el fin de brindar y reflejar una imagen de innovación, seguridad y solidez, según el manejo que se haga de su diseño arquitectónico y estructural.
- La producción de unidades de mampostería está en continua evolución, de manera que a cada momento se cuenta con nuevos productos en el mercado, que encajan dentro del sistema, y le dan un nuevo rostro en cada proyecto.
- Potencialmente es un sistema adaptable a condiciones de producción y construcción de tecnología sencilla en lugares apartados, con un gran potencial social y económico, sin sacrificar aspectos básicos de seguridad y durabilidad.

#### **2.4.2. Desventajas.**

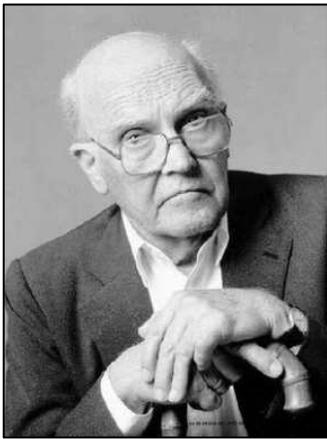
Como desventajas relativas del sistema de mampostería de concreto se pueden anotar las siguientes, algunas de las cuales se convierten en beneficio para el usuario:

- Por ser un sistema diferente al de pórticos y a otros de muros, incluyendo otros tipos de mampostería, es indispensable estudiarlo e identificar sus características, para no incurrir en ligerezas en cuanto al manejo y funcionamiento de sus materiales (unidades, morteros, etc.), con el fin de eliminar los defectos recurrentes.
- Requiere controles de calidad rigurosos y sistemáticos que, aunque especificados, rara vez se ejecutan para otros sistemas constructivos.
- Requiere de un diseño arquitectónico con una rigurosa modulación de muros, tanto vertical como horizontal.
- Tiene un peso ligeramente mayor que el de los edificios de pórticos de concreto con particiones livianas o de mampostería de arcilla.

- Dado que todos los muros son, en principio, estructurales (portantes), no se pueden modificar indiscriminadamente los espacios interiores de los edificios, suprimiendo algunos de ellos total o parcialmente.
- Provee, al igual que los edificios de muros de concreto, muros de gran dureza que dificultan su modificación o que se perfora o se clave en ellos.
- Por ser un sistema de muros portantes, tiende a generar estructuras regulares y repetitivas, de apariencia pesada, con lo cual debe trabajar el arquitecto para sacar provecho de los materiales y hacerlas más dinámicas, o aprovecharlas para edificaciones repetitivas.

## 2.5. Referentes.

### 2.5.1. Eladio Dieste: Uso racional y económico de los materiales.



*“La arquitectura sana no puede producirse sin un uso racional y económico de los materiales de construcción. Hablo incluso de la arquitectura como arte y en su nivel más elevado... ()... Es moral lo que lleva al logro final del hombre y para este logro es indispensable una utilización racional y respetuosa de los recursos de la naturaleza. Éste es el sentido de la palabra economía: uso cuidadoso y, por tanto, profundo, de las posibilidades de lo natural... ()... Estoy convencido de que la cerámica estructural es una técnica con posibilidades tan grandes como el hormigón armado”*

*“...las virtudes resistentes de las estructuras que buscamos dependen, pues, de su forma, por medio de ella son estables, no por torpe acumulación de materia, y nada hay más noble y elegante desde un punto de vista intelectual que esto: resistir por la forma.”*

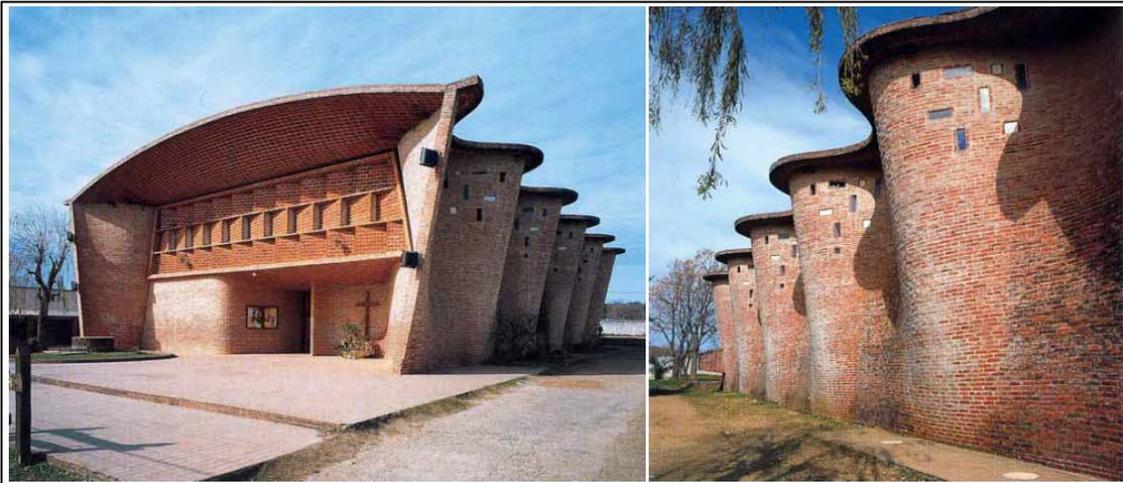


Figura 60: Iglesia del Cristo Obrero. Estación Atlántida – Canelones (1952 – 1958).

Fuente: <http://www3.mtop.gub.uy/salasaetz/fotosdieste.htm>

Eladio Dieste es uno de los más destacados representantes de la arquitectura contemporánea. Por su interés hacia los temas estructurales, desarrolló una gran capacidad creativa que se manifiesta

en el perfeccionamiento de tecnologías derivadas del uso del ladrillo, un material básico y accesible, que permite desligarse de grandes procesos industriales en la construcción.

La base de las estructuras que proyectó y construyó es el diseño optimizado; se trata de estructuras que son capaces de resistir las solicitaciones gracias a su forma y no a su masa, lo que conlleva una demanda de materiales menor. Permitiendo mayor liviandad, prefabricación y sistematización en la repetición de sus componentes, con costos competitivos para el mercado.

Dieste en sus obras de cerámica armada, dispone las piezas de mampostería sin aparejar, lo que genera una retícula bidireccional entre las mismas, donde poder ubicar los alambres o barras de acero.

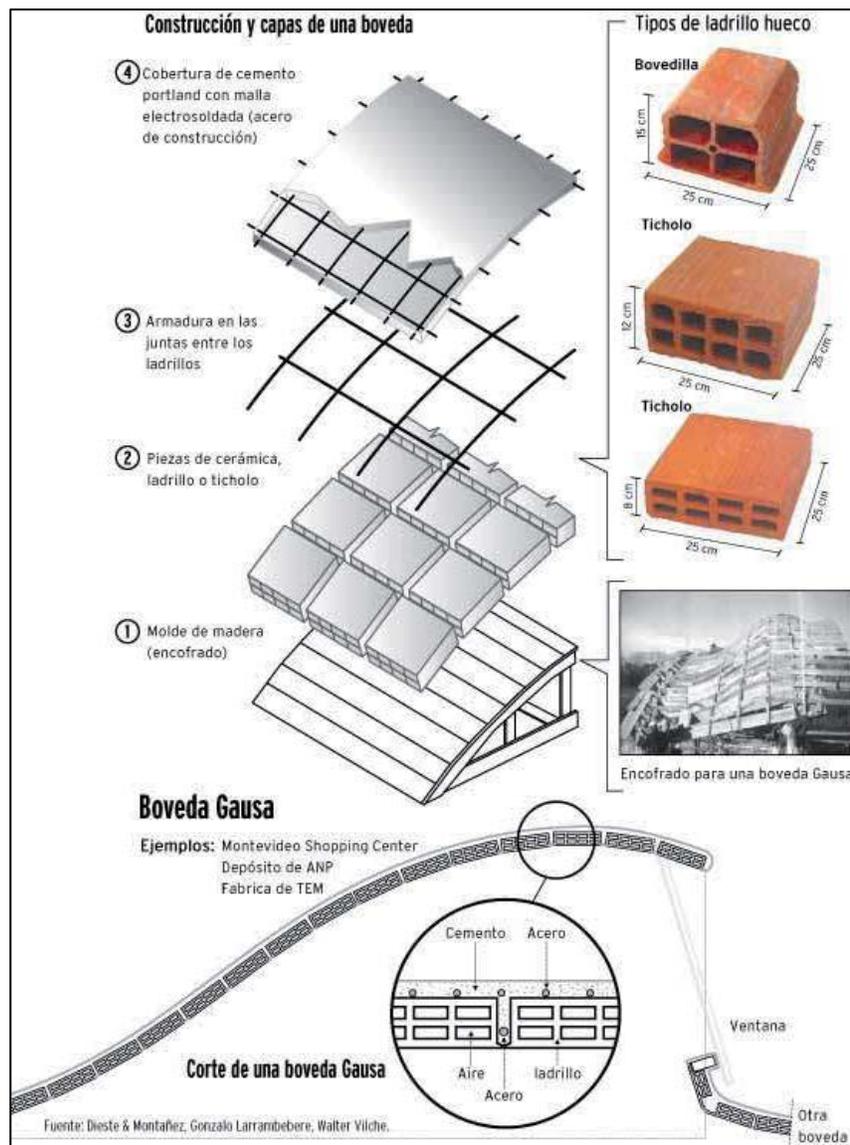


Figura 61: Construcción y capas de una bóveda.

Fuente:

[http://construccion32008.weebly.com/uploads/5/3/6/3/536327/g01\\_ceramica\\_armada.pdf](http://construccion32008.weebly.com/uploads/5/3/6/3/536327/g01_ceramica_armada.pdf)

Una de las mayores ventajas de la cerámica estructural frente al hormigón armado está en el hecho de que al existir muy poco mortero de relleno en las juntas entre los ladrillos, se disminuye mucho el tiempo de desencofrado, agilizándose con ello la velocidad de ejecución de las obras. Además, los encofrados empleados son mucho más ligeros y ofrecen una reutilización mucho más rápida y económica.

Dentro de las ventajas de la utilización del ladrillo se destacan el bajo peso, el buen comportamiento como aislante térmico y acústico, el bajo costo, la alta disponibilidad en el medio, la facilidad de transporte y manipulación y la independencia respecto de tecnologías complicadas y de mano de obra especializada. Además, evita problemas de humedad y tiene menor coeficiente de elasticidad que el hormigón (mayor deformabilidad).

A continuación, se muestran algunas imágenes de la obra del Ing. Eladio Dieste, en las mismas se puede apreciar los mecanismos de colocación de la mampostería y los refuerzos metálicos.

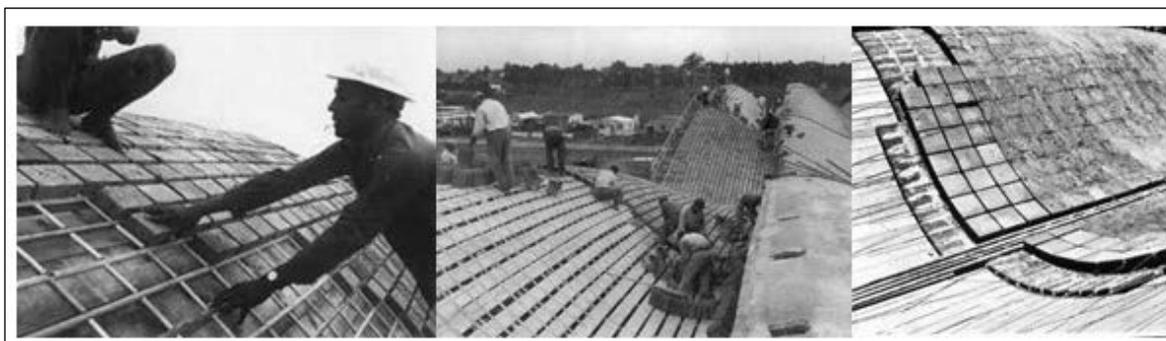


Figura 62: Construcción en Cerámica Armada.

Fuente: <http://www3.mtop.gub.uy/salasaiez/fotosdieste.htm>

### 2.5.2. Solano Benítez: Experimentación al servicio de la sociedad.



*"Lo mejor que hemos hecho hasta ahora certifica que más del 60% de la población mundial vive bajo condiciones difíciles. Lo mejor que hemos hecho sentencia a que más del 30% de la población del mundo viva en condiciones miserables"*

*"...La crisis actual no es una crisis de conocimiento, es una crisis de falta de imaginación. Tenemos disponibilidad en abundancia, pero no sabemos administrarla".*

*"La Arquitectura que hoy en día no experimenta, no sirve para nada."*

*“En el futuro el crecimiento de la miseria será exponencial y para enfrentarlo tenemos la misma herramienta que hemos tenido siempre “PENSAR, ANALIZAR, INVENTAR” (Borges) no son actos anómalos, es la normal respiración de la inteligencia”. Nos enfrentamos a esta crisis con un vínculo en común, LA INTELIGENCIA. Necesitamos generar la mayor cantidad de especialistas encargados de hacer lo que nadie sabe hacer, para hacer frente a la problemática existente”.*

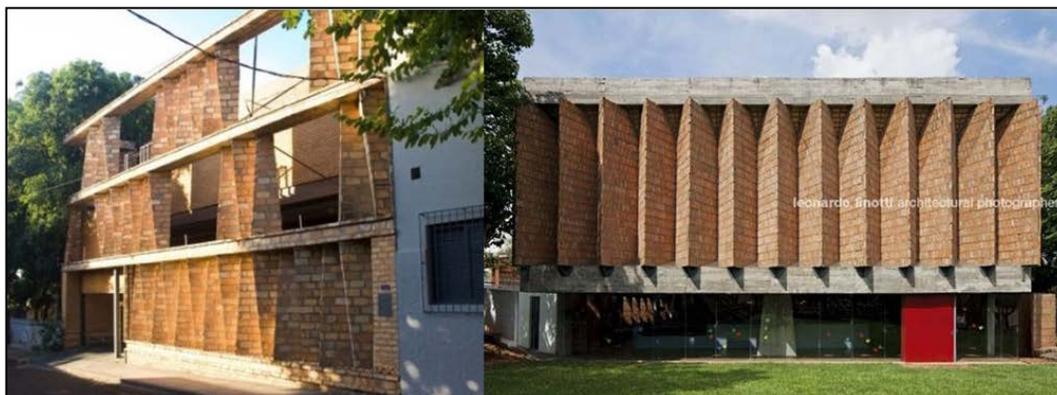


Figura 63: Proyecto Teletón. (2007).  
Fuente: (Serrano Ramírez & Solano Figueroa, 2015)

La obra del Arq. Solano Benítez se enfocada en la experimentación de la materia, extrayendo la naturaleza de las cosas. De esta manera usan el ladrillo desarrollando su poética estética y estructural, como Solano lo ha dicho, *“la elección del ladrillo no fue por un tema cualitativo del material, simplemente fue por un tema practico, además es muy barato y de fácil producción en Paraguay”.*

Al momento de proyectar un espacio, la EXPERIMENTACION de las cualidades de la materia es el punto de partida. El ladrillo y hormigón son aplicados como elementos sustentables, llevándolos al máximo de su capacidad.

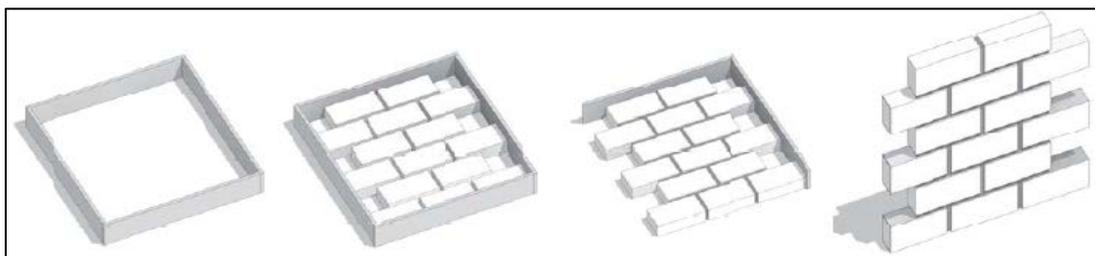


Figura 64: Gabinete de Arquitectura, Paneles Cerámicos Prefabricados, Proceso Constructivo.  
Fuente: (Serrano Ramírez & Solano Figueroa, 2015)

- **Análisis Constructivo de Paneles Prefabricados.**

El proceso constructivo parte de un análisis de costos de mano de obra. Se realizó una comparación entre el armado de una pared de canto y tabla dando como resultado un mismo tiempo de ejecución. Teóricamente una pared de canto se arma en menor tiempo porque intervienen menor cantidad de ladrillos. En la práctica es más complicado colocar ladrillos a canto que a tabla debido a que es menor la superficie de unión.



Figura 65: Gabinete de Arquitectura, Panel Cerámico Prefabricado de Canto.

Fuente: (Serrano Ramírez & Solano Figueroa, 2015)

Para optimizar los tiempos de ejecución se utiliza la pared de canto que se arma en el suelo como elementos prefabricados. Un encofrado de madera sirve para nivelar y acelerar los tiempos de ejecución en el armado de cada panel.

Los ladrillos se colocan en el encofrado, se coloca la armadura y se vierte mortero en sus juntas, cuando se cumple el tiempo de fraguado los paneles son puestos en obra. Al realizar tabiques con módulos prefabricados se agiliza la puesta en obra y los tiempos de ejecución se reducen, aminorando los costos de mano de obra.

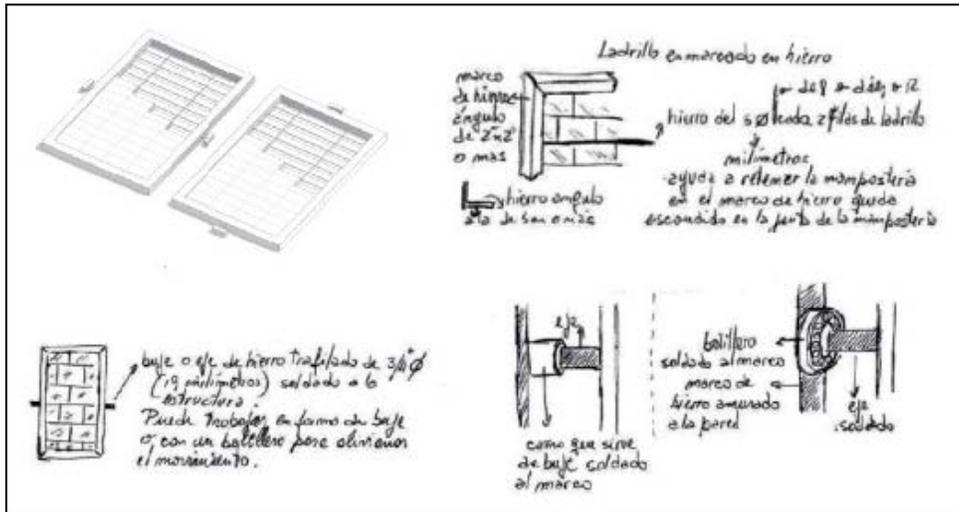


Figura 66: Solano Benítez, Casa Fanego, Boceto, Paneles Móviles.

Fuente: (Serrano Ramírez & Solano Figueroa, 2015)



Figura 67: Solano Benítez, Casa Fanego, Paneles Móviles.

Fuente: (Serrano Ramírez & Solano Figueroa, 2015)

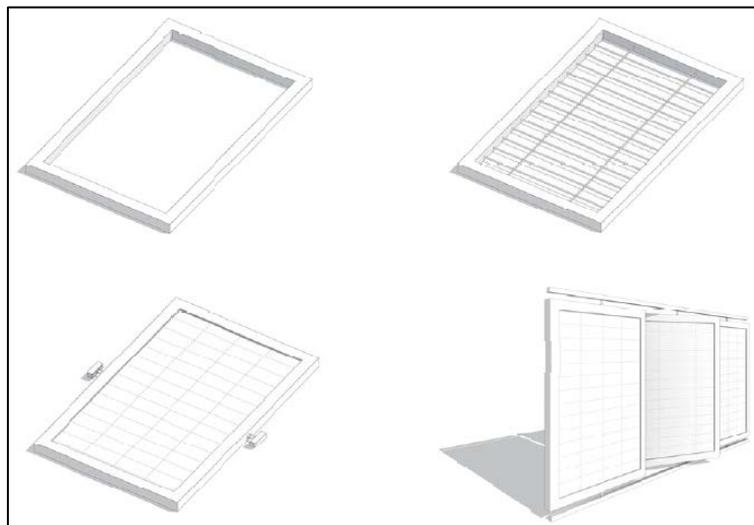


Figura 68: Casa Fanego, Proceso Constructivo de Paneles Móviles.

Fuente: (Serrano Ramírez & Solano Figueroa, 2015)



Figura 69: Casa Fanego, Proceso Constructivo de Paneles Móviles y Fijos.

Fuente: (Serrano Ramírez & Solano Figueroa, 2015)

La obra de Solano Benítez está altamente influenciada por la de Dieste, al igual que este utiliza mampostería de ladrillo sin aparejar con refuerzos metálicos. Sin embargo, formalmente la obra de Solano es muy distinta a la de Dieste, ello se debe principalmente al uso que se le brinda a la mampostería reforzada. Solano Benítez no emplea formas estructurales de sección catenaria ni con doble curvatura, en su obra emplea prefabricados livianos de mampostería reforzada, tanto como paneles divisorios o como elementos estructurales.

Las obras de los referentes aquí mencionados muestran la flexibilidad de uso y las posibilidades que brinda la mampostería reforzada. A continuación, se mostrará un conjunto residencial edificado en mampostería reforzada empleando un sistema más convencional.

## **2.6. Ejemplo nacional de uso de mampostería reforzada.**

### **2.6.1. Parques de Galicia (Conocoto-Quito).**

El tradicional sistema de hormigón armado no es la única opción para levantar casas sismo resistentes y estéticas. Existen otras técnicas igual de efectivas, pero con otras ventajas. Según la empresa encargada de la construcción del conjunto habitacional, este método tiene varias ventajas. Una es la rapidez de construcción. “Se puede levantar una vivienda de 104 m<sup>2</sup> y dos pisos, en 45 días y con cinco trabajadores”. La facilidad del sistema permite levantar 8 000 unidades de 40 m<sup>2</sup> en 12 meses. El ahorro es alrededor del 15% respecto del sistema tradicional, en lo que tiene que ver con la estructura. Además, el tiempo de construcción también es menor.

A continuación, algunas imágenes del proyecto:

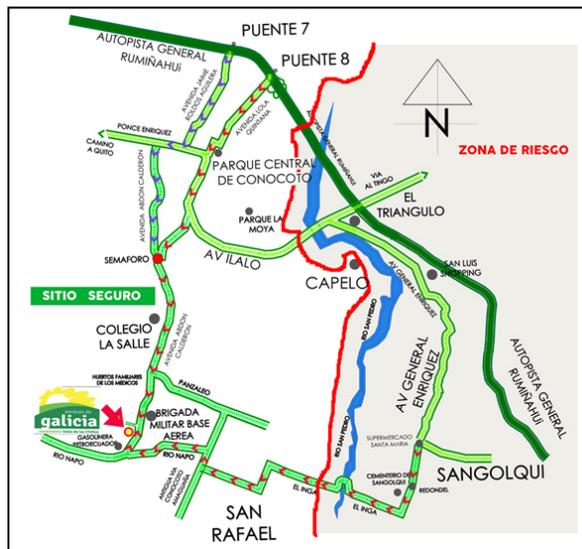


Figura 70: Ubicación del Proyecto.

Fuente: <http://www.parquesdegalicia.com/galicia.html>



Figura 71: Plantas Arquitectónicas.

Fuente: <http://www.parquesdegalicia.com/galicia.html>



Figura 72: Vista Interior del Conjunto 1ra. Etapa.  
Fuente:  
<http://www.parquesdegalicia.com/galicia.html>



Figura 73: Vista Interior del Conjunto 1ra Etapa.  
Fuente:  
<http://www.parquesdegalicia.com/galicia.html>



Figura 74: Vista Frontal de Vivienda Tipo Dúplex.  
Fuente:  
<http://www.parquesdegalicia.com/galicia.html>



Figura 75: Vista de Acceso al Conjunto.  
Fuente: <http://www.parquesdegalicia.com/galicia.html>

**CAPITULO III**  
**PROPUESTA DE VIVIENDA AUTOSUFICIENTE EN MAMPOSTERIA REFORZADA**

### **3.1. Introducción.**

El presente capítulo expondrá alternativas tecnológicas de construcción, saneamiento, producción urbana de alimentos, dotación de agua y energía, detallando los mecanismos de funcionamiento y adaptación a la vivienda, así como justificando su implementación a nivel local, en base a las problemáticas y los recursos existentes.

Para la implantación de la presente propuesta se ha decidido emplear un terreno ubicado dentro del perímetro urbano de la ciudad de Loja (barrio Samana), cuenta con un área de 240,5m<sup>2</sup> que se enmarca dentro del promedio de los terrenos que se comercializan para vivienda en los distintos sectores de la ciudad. Para la elección del mismo no se ha dado prioridad a ninguna cualidad en particular (orientación, dimensión, ubicación geográfica, dotación de servicios, etc.) con la finalidad que simplemente sirva de escenario para contener un prototipo de vivienda cuyas tecnologías puedan replicarse con facilidad en cualquier lugar de la ciudad de Loja o incluso del país.

Así, por ejemplo, dadas las abundantes precipitaciones características de la ciudad de Loja se puede hacer uso de tecnologías de captación del agua lluvia en el mismo centro de la ciudad no hace falta que se tenga déficit de agua para que resulte viable recurrir a la captación y aprovechamiento de agua lluvia. Igualmente, dada la ubicación de nuestro país; el empleo de calentadores, secadores o cocinas solares, puede ser fácilmente implementado en múltiples áreas indistintamente de su ubicación; pues únicamente se trata de adquirir conciencia de las ventajas económicas y sociales del aprovechamiento de los recursos que disponemos.

Sin embargo, existen lugares en donde resulta prioritario adoptar alguna de las tecnologías propuestas dadas las problemáticas existentes con las tecnologías disponibles o el déficit de las mismas. Tal es el caso del lugar en donde se va a implantar el proyecto; pues a pesar de contar con los servicios básicos (agua, energía eléctrica, alcantarillado, recolección de desechos, etc.), al igual que muchos sectores de la ciudad, existen problemas con estos servicios; como el desabastecimiento de agua en determinadas horas, o que la ciudad no tenga una planta de tratamiento para la red de alcantarillado sanitario, vertiéndose las aguas negras al cauce del río Zamora. En estos casos la implementación de tecnologías como la captación de aguas lluvias o el empleo de baños secos, resulta de gran importancia para enfrentarse a estas condiciones.

En virtud de lo antes expuesto, la presente propuesta plantea un conjunto de tecnologías con la flexibilidad que permitan adoptarse en su totalidad o individualmente posibilitando un amplio abanico de posibilidades, adecuándose a viviendas nuevas o construcciones existentes en áreas urbanas o incluso áreas rurales.

### **3.2. Partido arquitectónico.**

#### **¿Por qué la necesidad del hábitat autosuficiente?**

1. Recursos escasos:
  - El impacto de la humanidad en la tierra es una preocupación creciente.
  - El consumo intensivo de los recursos continúa sin introducir mecanismos a gran escala de reciclaje; esto eventualmente llevará a una carestía de los mismos.
2. Población y consumo:
  - Una pequeña porción de la población mundial consume cerca del 80% de los recursos potenciales y produce el 80% de la contaminación ambiental.
  - La población se ha incrementado diez veces en los últimos cien años debido a las innovaciones científicas y al incesante desarrollo tecnológico.
  - Estas cifras se verán aumentadas de 6 billones a 10 billones de personas con el consecuente impacto sobre recursos en escasez.
3. Disparidad mundial:
  - Profunda brecha entre los países de alta tecnología los países pobres.
  - La mayoría de los estados con ingresos elevados tiene poblaciones de crecimiento estable pero la tasa de consumo de recursos es cientos de veces mayor que los países pobres.
  - La pugna por comida, materias primas y espacios vitales entre los países industrializados y aquellos en vías de desarrollo se hace cada vez más severa.
4. El futuro:

El concepto de edificio autosuficiente surge con el impulso de diversas comunidades interesadas en la conservación del agua, el aire y la tierra, en el uso eficiente de la energía y la búsqueda de recursos alternativos. Todo ello con el objetivo de configurar un hábitat que se integre armónicamente con el medio ambiente, causando el mínimo impacto y garantizando la disponibilidad de recursos para las poblaciones futuras.

### **3.3. Lineamientos principales de diseño.**

Producto de la investigación realizada, la presente propuesta plantea como lineamientos rectores del proyecto los siguientes aspectos:

- Limitar la dependencia a sistemas centralizados: dependencia a una única fuente energética, dotación de alimentos, manejo de desechos y aguas negras.

- Imitar patrones de la naturaleza: Metabolismo circular (aprovechamiento de los nutrientes en la vivienda - evitar producir residuos), aprovechamiento de recursos locales (agua, energía), usar recursos biológicos (compostaje, producción de alimentos, medicinas, combustibles), sistemas estructurales esbeltos y eficientes.

### 3.4. Tecnologías a implementar: Estrategias y justificación.

Las tecnologías planteadas se han clasificado en 5 grupos principales con la finalidad de facilitar su organización y comprensión:

- **Producción de alimentos:** Acuaponía, jardines verticales, cultivos Biointensivos.
- **Manejo de desechos:** Compostaje, baños secos, biojardineras.
- **Aprovechamiento del agua:** Captación de agua lluvia, baños secos, dispositivos ahorradores, biojardineras.
- **Aprovechamiento de energía:** Energía Solar, Energía eólica, empleo de recursos biológicos.
- **Optimización constructiva:** Mampostería reforzada, paneles livianos (cortina), acabados alternativos.

Estas tecnologías han sido planteadas en base a los recursos disponibles y las problemáticas existentes con las tecnologías convencionales. A continuación, se profundiza en cada una de ellas describiendo brevemente las estrategias y justificación de su empleo.

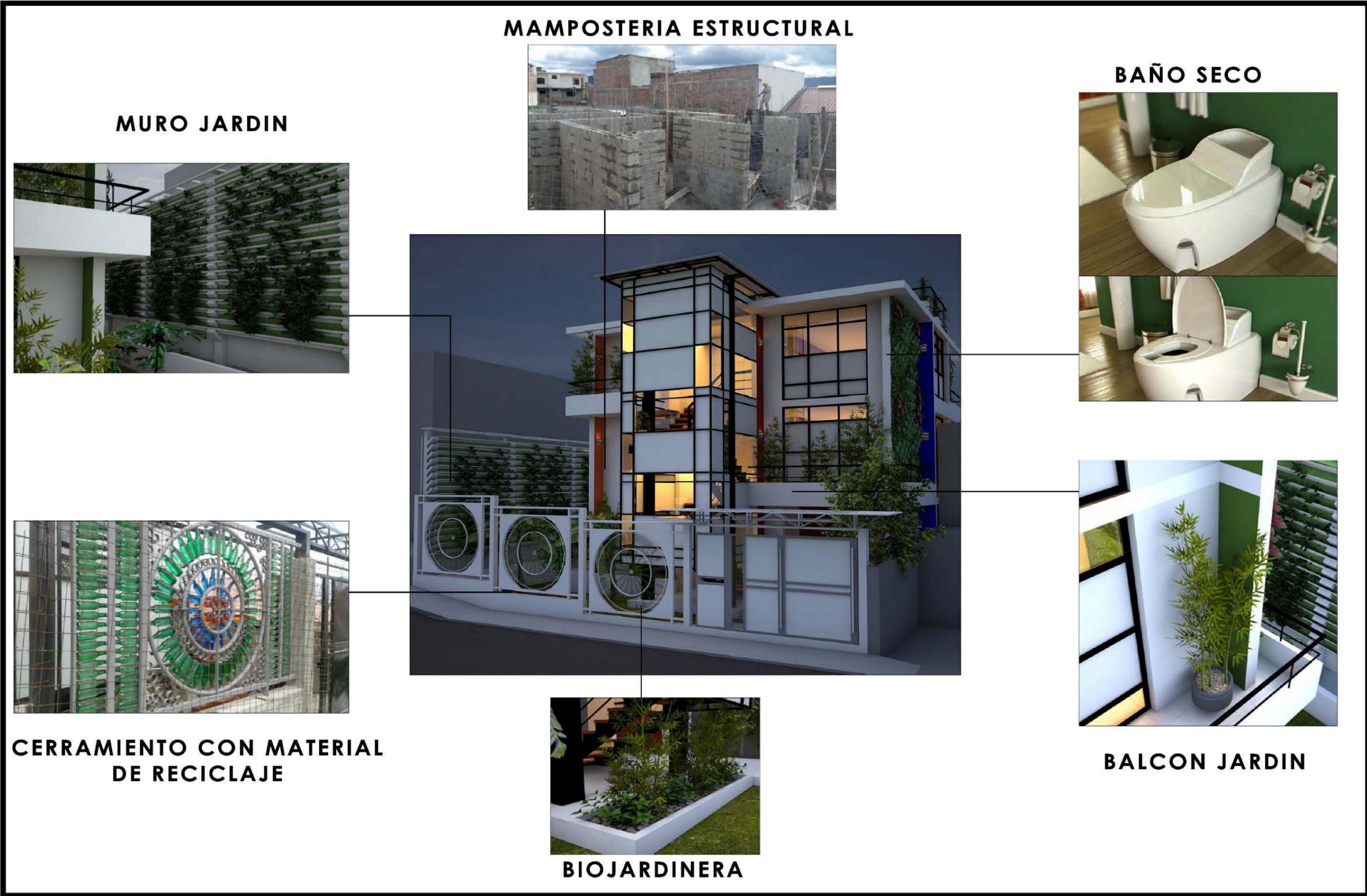


Figura 76: Tecnologías a implementar en la Vivienda Propuesta  
 Fuente: El autor  
 Elaboración: El autor

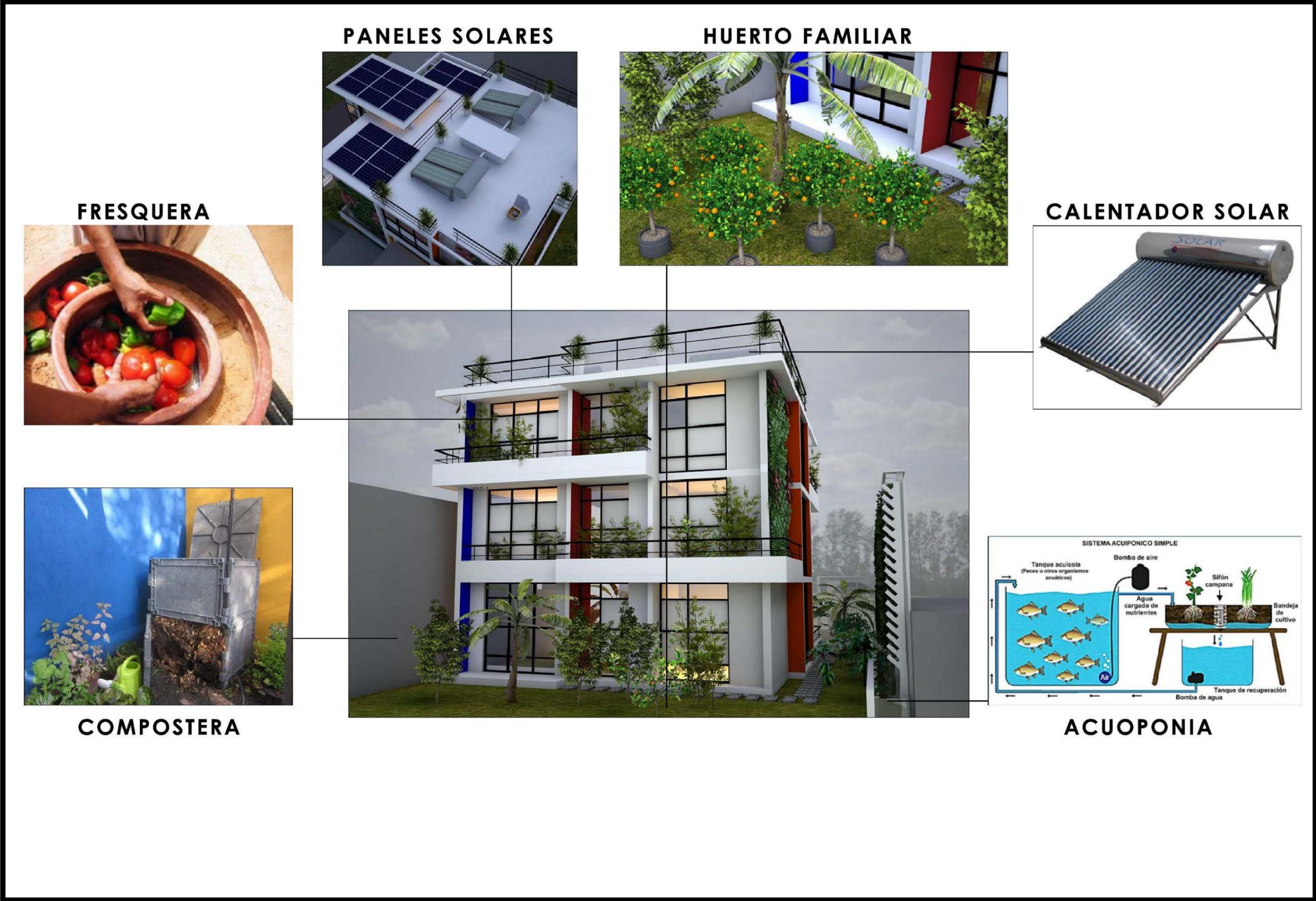


Figura 77: Tecnologías a implementar en la Vivienda Propuesta  
 Fuente: El autor  
 Elaboración: El autor

### 3.4.1. Producción de alimentos.



Figura 78: Granjas Verticales.  
Elaboración: El autor

Nuestro mundo se urbaniza rápidamente, este crecimiento sin precedentes requiere un nuevo enfoque para aliviar la escasez de alimentos, y un cambio en las ideas preconcebidas sobre lo que el tejido urbano puede ofrecer. La reinención de las ciudades como un bastión para la agricultura urbana ha impulsado una serie de diseños provocativos. Sin embargo, **muchos de estas propuestas enfocadas en la producción de alimentos más cerca de donde se consume, son todavía demasiado ineficientes energética y económicamente para servir como modelos viables.** Debido principalmente que para suplir las necesidades de los cultivos de fertilizantes y de luz solar se plantea el uso de fertilizantes líquidos artificiales (hidroponía, aeroponía) y el empleo de iluminación artificial; prácticas que resultan altamente industrializadas y costosas.

En contraposición a ello **la presente propuesta plantea el uso de fertilizantes líquidos orgánicos generados dentro de la vivienda; como lo es la orina humana, la recirculación del agua proveniente de estanques de peces (Acuaponía), fertilizantes obtenidos de compostaje o lombricompostaje, provenientes de los desechos orgánicos de la cocina.**

Con respecto al soleamiento para la producción vegetal, **la propuesta aquí planteada busca aprovechar al máximo el soleamiento natural en las distintas superficies de la vivienda**

beneficiándonos que las condiciones climáticas locales permiten el cultivo de alimentos a lo largo de todo el año y además permite la adaptación de una amplia gama de especies vegetales.

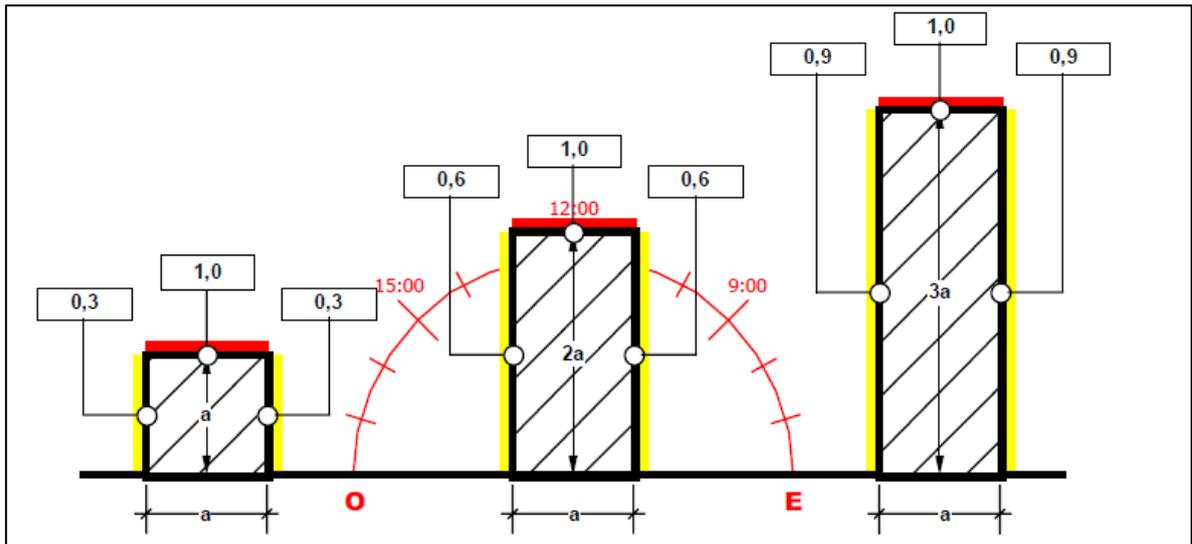


Figura 79: Proporciones para el Soleamiento  
Elaboración: El autor

Al aumentar las proporciones de los planos verticales Este - Oeste, aumentará proporcionalmente con respecto a su área, la cantidad de radiación total recibida, pues, al poseer más área, es lógico que capturen una mayor cantidad de radiación. Pero siempre el plano horizontal de Cubierta alcanzará una mayor temperatura que los planos de fachada, debido a que, en latitudes ecuatoriales, la cantidad de radiación recibida por unidad de superficie siempre será el triple que la recibida por los planos verticales Este u Oeste. De ello deriva que en la presente propuesta se plantea una construcción en altura en donde **los planos verticales se emplearan para la producción de plantas (frutales, medicinales, ornamentales...), mientras que en el plano horizontal de cubierta se ubicara dispositivos de aprovechamiento de energía** (solar, eólica...), en nuestro caso, colector solar y cocina solar.



Figura 80: Soleamiento de la Vivienda  
Elaboración: El autor

**La piel de la vivienda autosuficiente, por lo tanto, se constituirá en una envoltura orgánica constituida por distintas especies de plantas.** Esta envoltura aprovechará tanto la energía solar, como los nutrientes producidos a nivel de vivienda y los transformará alimentos, medicinas o productos.

Para contener las distintas especies de plantas se ha tomado como referente el Arq. Enrique Browne el mismo que por medio de contenedores y soportes ha logrado conseguir una piel vegetal para algunas de sus construcciones, como se mostraba en el capítulo 1.



Figura 81: Envoltura de la Vivienda Propuesta  
Elaboración: El autor

Otro aspecto fundamental en la producción de alimentos a nivel urbano es la productividad y el gasto energético que implica la producción de uno u otro alimento; así, por ejemplo: En promedio, se requiere 16 libras de grano y más de 1.800 litros de agua para producir una libra de carne de ganado vacuno. A medida que nuestra población crece y tierras de cultivo se vuelve cada vez más extensas, tendrá que ser cuestionado el uso extravagante de recursos para producir este tipo de pequeñas cantidades de alimentos.

En vista de ello **la presente propuesta plantea el uso de un sistema acuapónico, pues este no sólo produce proteína animal (pescado), sino también grandes cantidades de frutas, verduras y alimentos, sin la necesidad de fertilizantes adicionales o un excesivo uso del agua.**



Figura 82: Gasto Energético para la Producción de Carne  
 Fuente: <http://worldlandscapearchitect.com/urban-food-jungle-aecom/>  
 Elaboración: El autor



Figura 83: Productividad del Sistema Acuapónico  
 Fuente: <http://worldlandscapearchitect.com/urban-food-jungle-aecom/>  
 Elaboración: El autor

Por cada 2,5 lb de comida para peces se obtiene una libra de pescado y más de 55 lb de vegetales. El sistema acuapónico además permite aprovechar los desechos orgánicos provenientes de la vivienda bien para uso de alimento para los peces o para fabricar suplementos fertilizantes para los vegetales.



Figura 84: Sistema Acuapónico funcionando  
 Elaboración: El autor



Figura 85: Sistema acuapónico integrado a jardín vertical.  
Elaboración: El autor

Con el optimizar del uso del espacio en la vivienda propuesta el cerramiento se ha configurado como un jardín vertical que contiene al mismo tiempo integrado un sistema acuapónico. De esta manera recurriendo simplemente a la captación pluvial y un sistema de recirculación de agua se puede producir a nivel de vivienda peces y plantas.

Los cultivos verticales y la posibilidad de fertilizantes fácilmente accesibles a nivel urbano posibilitan la producción de una amplia gama de productos en pequeños espacios.

A nivel local existe una gran cantidad de productos alimenticios altamente productivos, que requieren poco espacio y se pueden integrar fácilmente a la vivienda, utilizando contenedores o integrándolos al sistema acuapónico; a continuación, se indican algunos (no se profundizara en este tema dado la extensión del mismo):

- Frutas: Babaco, tomate de árbol, higo, uvilla. Injertos: Cítricos, manzana, durazno...
- Hierbas aromáticas y medicinales: cilantro, perejil, toronjil, tomillo, menta, manzanilla, ruda, tilo, limoncillo.
- Enredaderas: Achogchas, zarandajas, chayote, zambo, granadilla, etc.



Figura 86: Cultivo en contenedores en Balcones de Vivienda Propuesta  
Elaboración: El autor



Figura 87: Cultivo en contenedores en Balcones de Vivienda Propuesta  
Elaboración: El autor

### 3.4.2. Manejo de desechos.

Para la vivienda propuesta se plantea el uso de composteras en las que se podrá transformar los desechos orgánicos provenientes de la vivienda en un fertilizante rico en nutrientes los mismos que pueden ser comercializados o utilizados en la producción de alimentos. Este dispositivo se ubicará en la parte posterior de la vivienda como indica la imagen y tendrá un volumen de 1.5m<sup>3</sup> capaces de contener los desechos orgánicos por dos meses (dos familias)

hasta su transformación en compost (es importante destacar que se requiere dos composteros con el objetivo de que una vez que uno se haya llenado utilizar el siguiente).



Figura 88: Compostera de Vivienda Propuesta  
Elaboración: El autor

Los residuos orgánicos provenientes de los baños (eses y orina) también serán compostados. **Se empleará un inodoro seco de tercera generación**, estos se diferencian de los otros por su funcionamiento biológico. En estos baños el olor se inhibe gracias a la adición de una camada compuesta de materia vegetal que es rica en celulosa (aserrín, hojarasca, papel triturado, etc.). En este sanitario, la celulosa vegetal inhibe biológicamente las reacciones enzimáticas en las excretas que son responsables de los olores. Esto sólo puede funcionar en presencia de orina. Para evitar la fermentación anaeróbica (con los consiguientes malos olores), la capacidad de «almacenaje» del inodoro no debe exceder el volumen de una semana de «producción». Por lo tanto, el vaciado del contenedor debe ser frecuente, al menos dos veces por semana. Hay que tener en cuenta que este tipo de baño, a pesar de que se coloca dentro de la casa, no requiere ventilación mecánica. Los procesos biológicos antes descritos garantizan la neutralización de los olores. Antes de su reutilización para fines agrícolas o de jardinería, los efluentes de este inodoro deben ser compostados. El compost obtenido es adecuado para la agricultura, sin ningún riesgo para la salud.

# SISTEMA DE SANEAMIENTO

MANEJO DE DESECHOS ORGANICOS DE VIVIENDA



Se genera 30Kg semanales producto del baño de compost (eses, orina y aserrín).

Los recipientes contenedores son retirados manualmente y llevados al área de compostaje.



30 kg



Residuos  
cocina  
30kg



COMPOST  
semanal  
 $0.5 \times 60\text{kg} = 30\text{kg}$

Se realiza el proceso de compostaje de las eses y orina en conjunto con los restos orgánicos producidos en la cocina.

Dado que el proceso de compostaje se realiza en un lapso de 2 meses. En este tiempo se tendría 240 kg de compost por familia de 5 personas

Figura 89: Sistema de Saneamiento.  
Elaboración: El autor

Si bien estos baños pueden ser considerados primitivos por su mecanismo de funcionamiento (vaciar manualmente los contenedores al área de compostaje o emplear substratos ricos en celulosa). Es importante considerar que emplear agua potable para arrastrar nuestra orina y eses a ríos cercanos sin brindarles ningún tipo de tratamiento, destrozando ecosistemas acuáticos y restando con ello fertilidad a la tierra, no puede ser considerado de ninguna manera un sistema avanzado o inteligente de manejar nuestras excretas. Al contrario, emplear mecanismos biológicos para aprovechar los nutrientes de las excretas humanas para producir alimentos capaces de abastecer a las ciudades y de esta manera proteger nuestro planeta, resulta desde todas las perspectivas un mecanismo avanzado de manejo de excretas humanas.



Figura 90: Experimentación de empleo de baño propuesto y compostaje de excretas.

Elaboración: El autor

### 3.4.3. Aprovechamiento del agua.

Dado el régimen de distribución de las lluvias en el mes más lluvioso se puede captar 466.67 litros diarios; mientras que el consumo familiar diario es de 1000 litros (dos familias de 5 personas) la cisterna se dimensionaría de la siguiente manera.

- $1000L \times 30 \text{ días} = 30000 \text{ litros al mes}$
- $466.66 \times 30 \text{ días} = 14000 \text{ litros agua lluvia en el mes más lluvioso}$

La cisterna debería contener 7000 litros de agua es decir la mitad de la cantidad de agua lluvia del mes más lluvioso, ello debido que el consumo familiar se considera como constante a lo largo del mes. Las constantes lluvias existentes en la ciudad brindan la posibilidad de captación de agua lluvia a lo largo de todo el año, utilizando una cisterna de pequeñas dimensiones, en nuestro caso 7m<sup>3</sup>.

# ABASTECIMIENTO DE AGUA

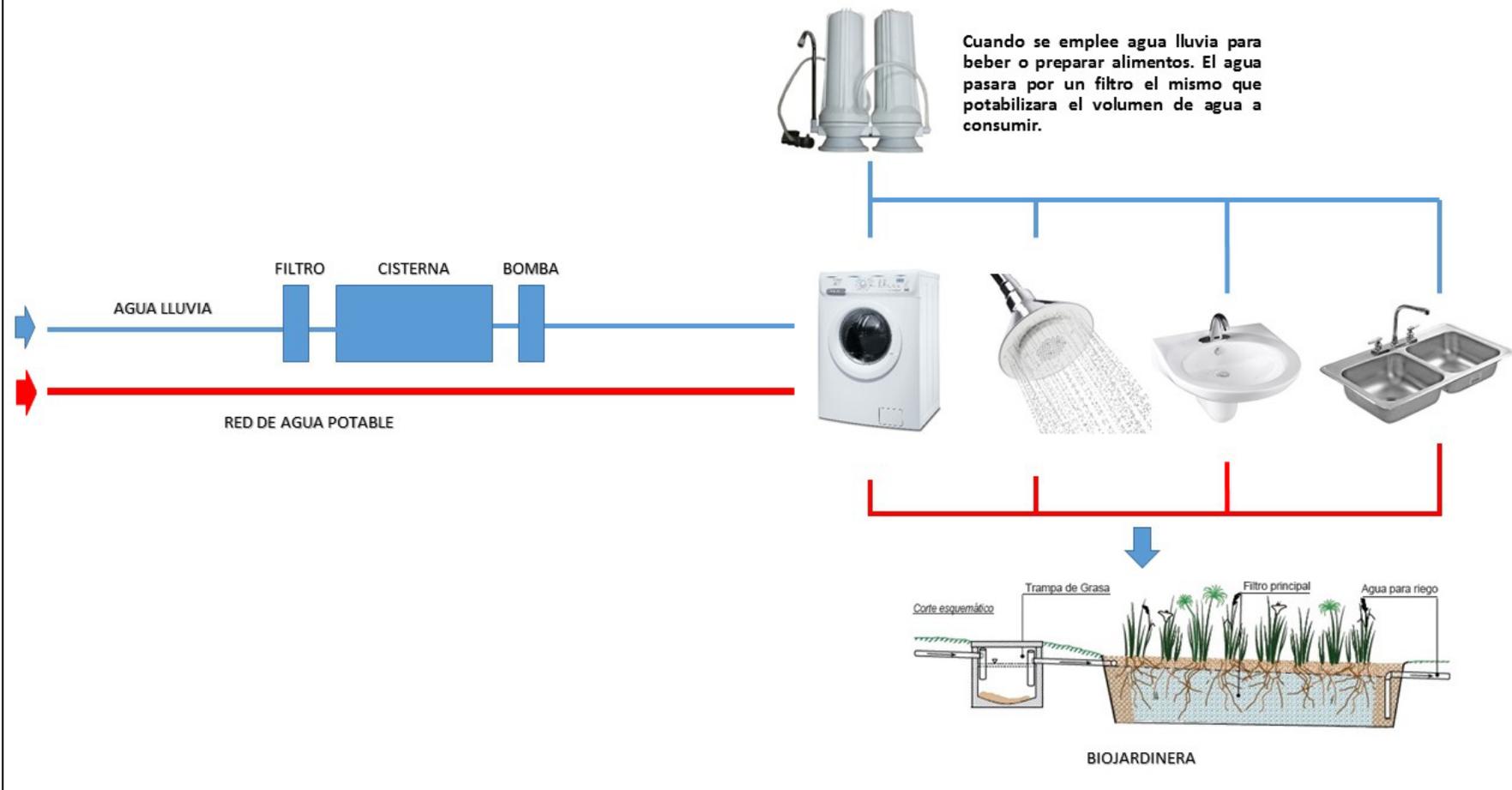


Figura 91: Abastecimiento de Agua.  
Elaboración: El autor

Adicional a la captación de agua lluvia el empleo de baños secos permite un considerable ahorro de agua, y si consideramos una Biojardinera integrada al sistema, también se puede dar un pretratamiento a las aguas grises provenientes de la vivienda y con ello brindamos un mejor manejo a este vital recurso. En la vivienda propuesta se plantea una biojardinera de 2.5 m<sup>3</sup>.



Figura 92: Filtro biológico de aguas grises (Biojardinera).  
Elaboración: El autor

#### **3.4.4. Aprovechamiento de la energía.**

El objetivo principal del presente tema es conocer las alternativas energéticas disponibles a nivel de vivienda y las posibles formas de implantarlas. Permitiendo disminuir la fuerte dependencia a sistemas centralizados de dotación energética (energía eléctrica, combustibles fósiles), dependencia que nos convierte en altamente vulnerables.

##### **3.4.4.1. Aprovechamiento de energía solar.**

Debido a que el Ecuador está ubicado en la línea ecuatorial, su potencial solar es alto con niveles de insolación solar global promedio del orden de 4,575 kWh/m<sup>2</sup> - día, un mínimo de 3,634 kWh/m<sup>2</sup> - día y un máximo de 5,748 kWh/m<sup>2</sup>- día.

El nivel de insolación diario se mantiene a lo largo de todo el año y la homogeneidad que se presenta en todo el territorio nacional lo hace un país en el cual se puede aprovechar de forma sostenible este recurso renovable. Frente a este panorama, se plantea la posibilidad del aprovechamiento de la energía solar.

En base a los requerimientos energéticos de una vivienda. La propuesta de vivienda autosuficiente se configura de manera que:

- La energía solar y eólica se pueden emplear para el acondicionamiento pasivo de la vivienda.
- Aprovechar al máximo la iluminación natural.
- La fresquera disminuirá la carga energética sobre los equipos de refrigeración.
- El colector solar, la cocina solar y los paneles solares disminuirán el consumo de energía eléctrica cuando exista la posibilidad del aprovechamiento de este recurso.



Figura 93: Aprovechamiento de iluminación natural (Vista Sala – Comedor)  
Elaboración: El autor

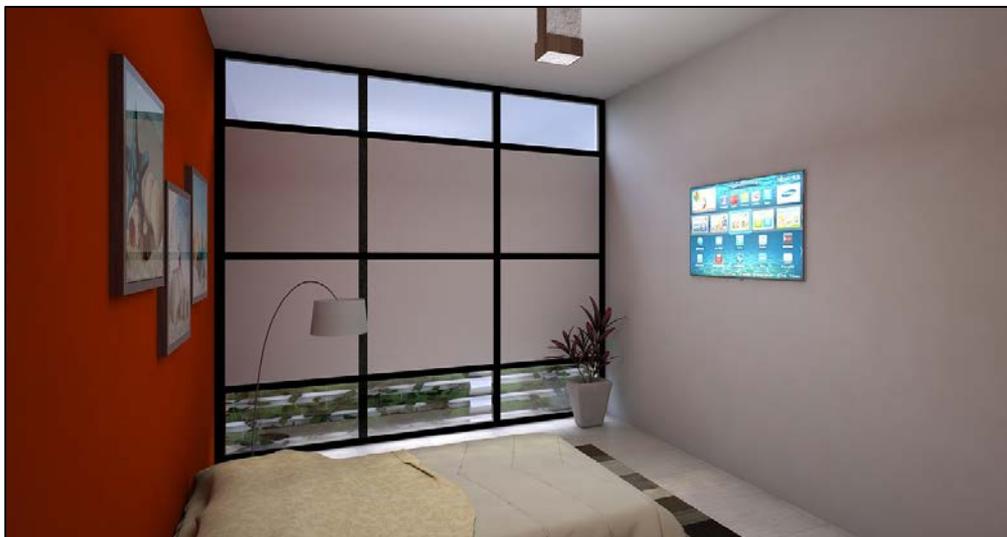


Figura 94: Aprovechamiento de iluminación natural (Vista Dormitorio)  
Elaboración: El autor



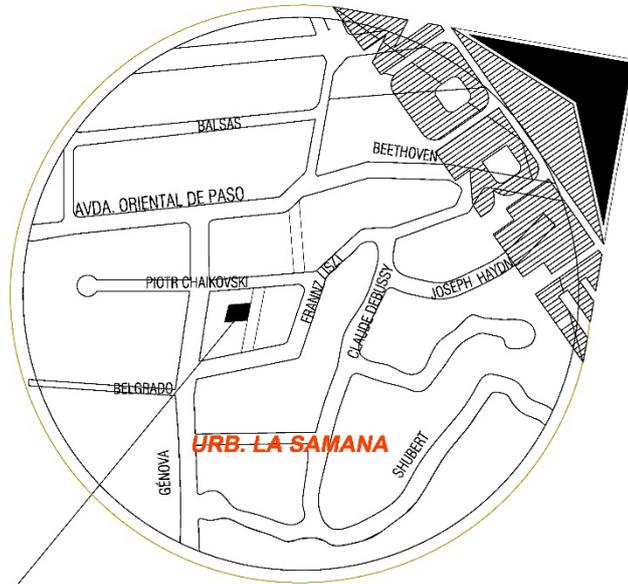
Figura 95: Aprovechamiento de energía solar.  
Elaboración: El autor

### **3.4.5. Mampostería reforzada con bloques de hormigón.**

A continuación, se incluye los planos de la propuesta de vivienda en mampostería reforzada de bloques de hormigón, indicándose la distribución de los espacios y como se configura las paredes que resultan la estructura de la vivienda.

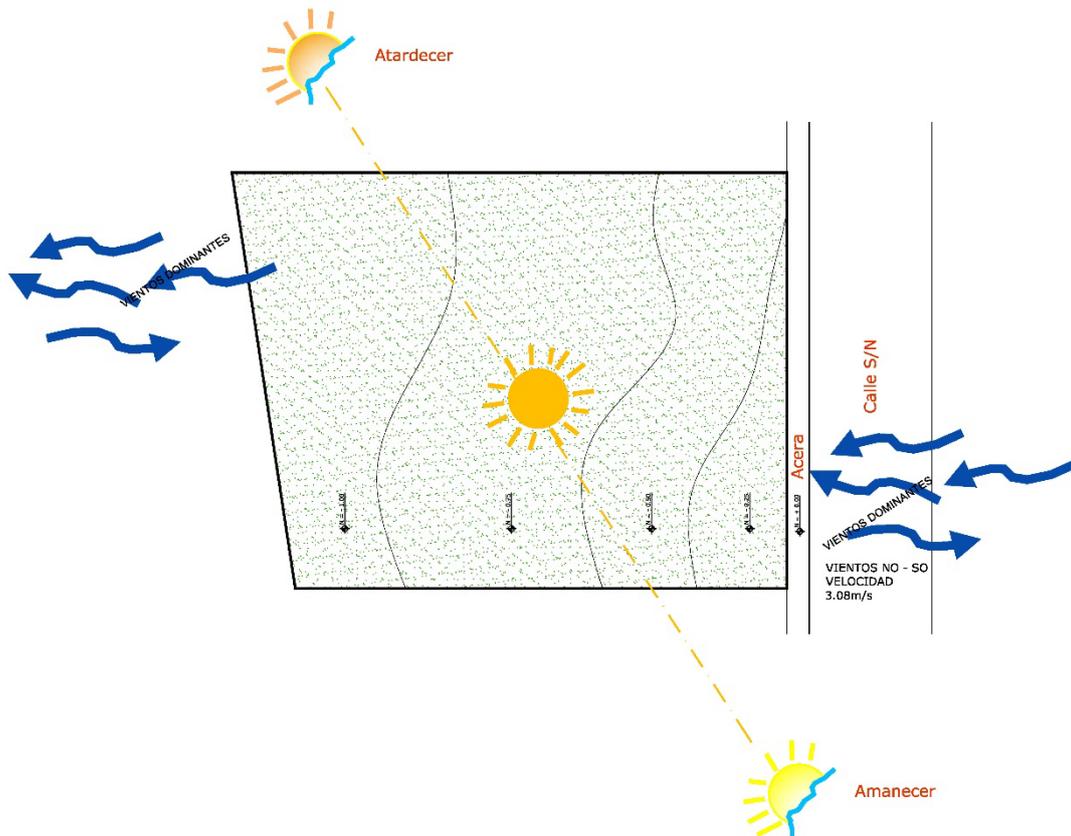
En el capítulo siguiente se detallará los costos de construcción en mampostería reforzada; realizándose adicionalmente un análisis comparativo con los sistemas tradicionales.

## 1. UBICACION EN EL TERRENO

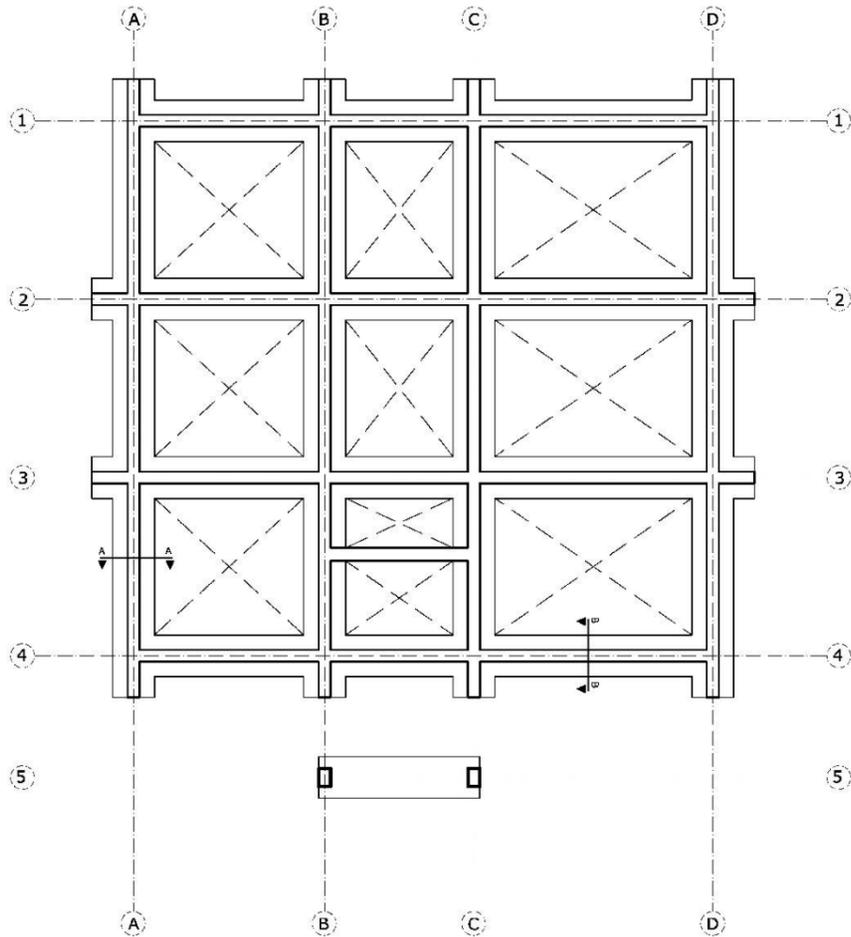


Terreno de la Propuesta

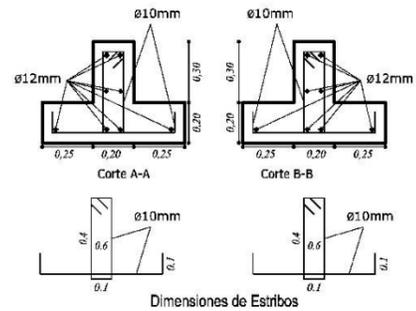
## 2. SOLEAMIENTO Y VIENTOS



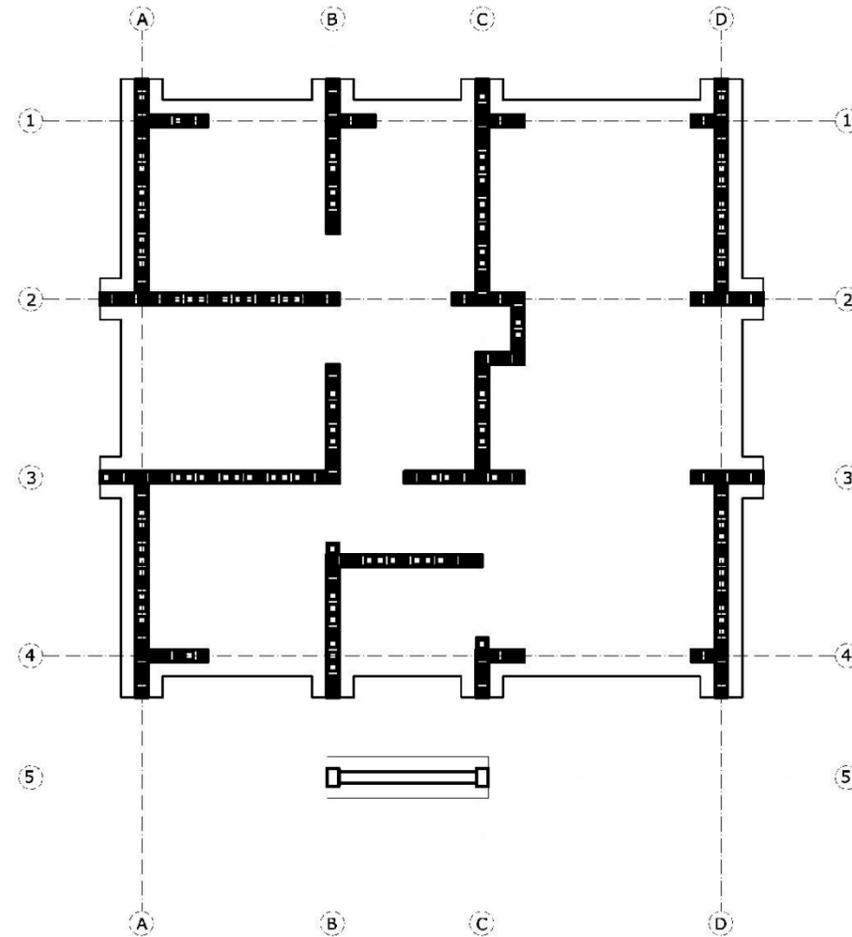
3. PLANOS CONSTRUCTIVOS



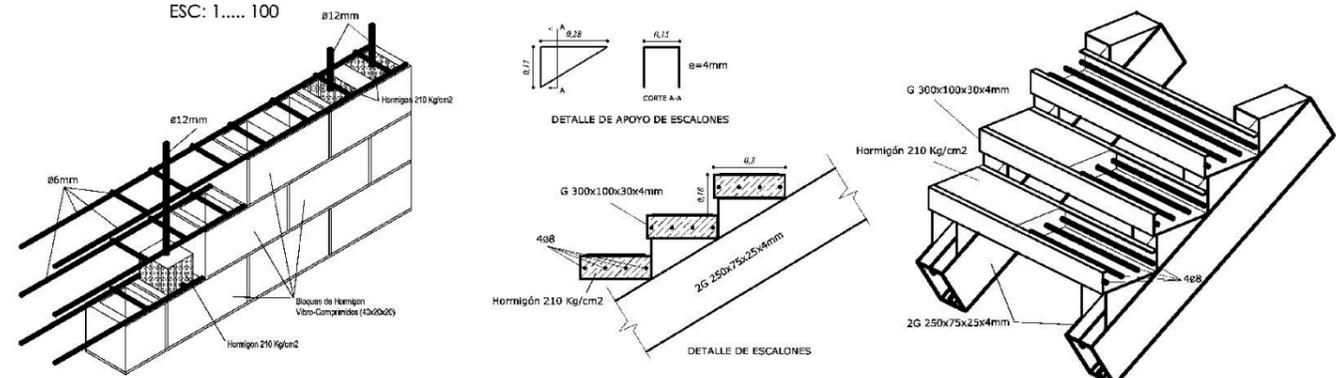
**PLANTA CIMENTACION**



**DETALLE DE ZAPATAS DE CIMENTACION**

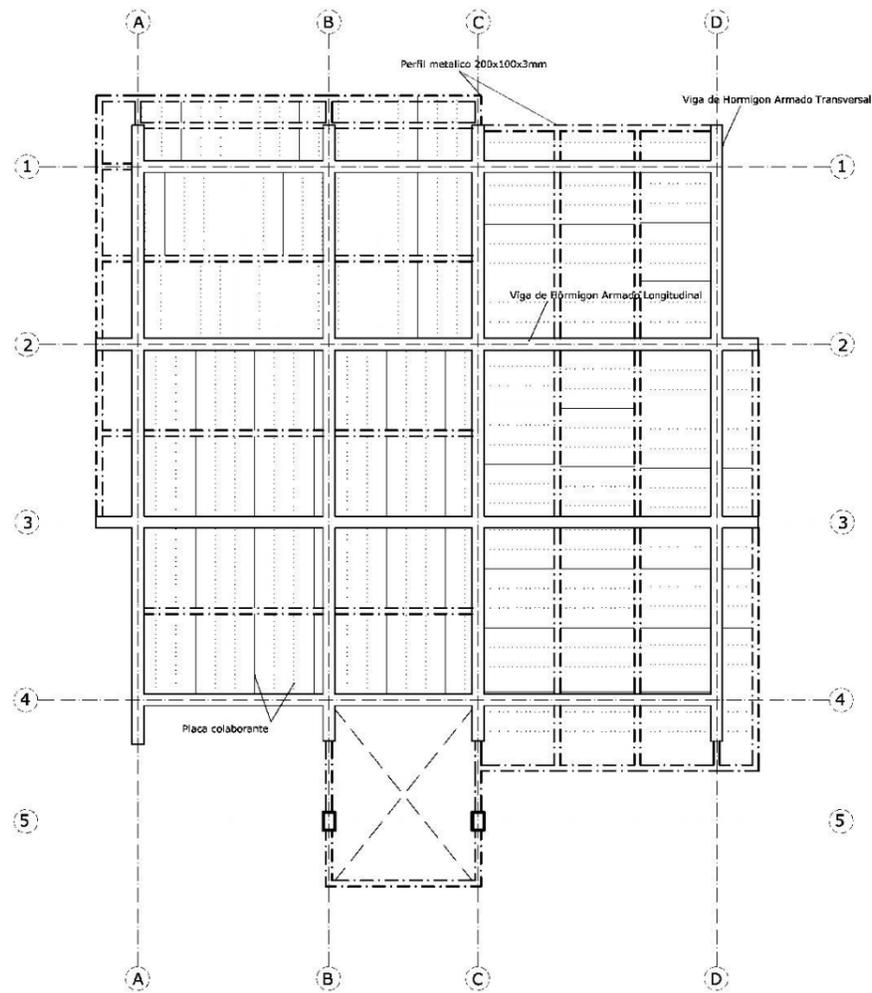


**ARMADO DE MAMPOSTERIA REFORZADA**

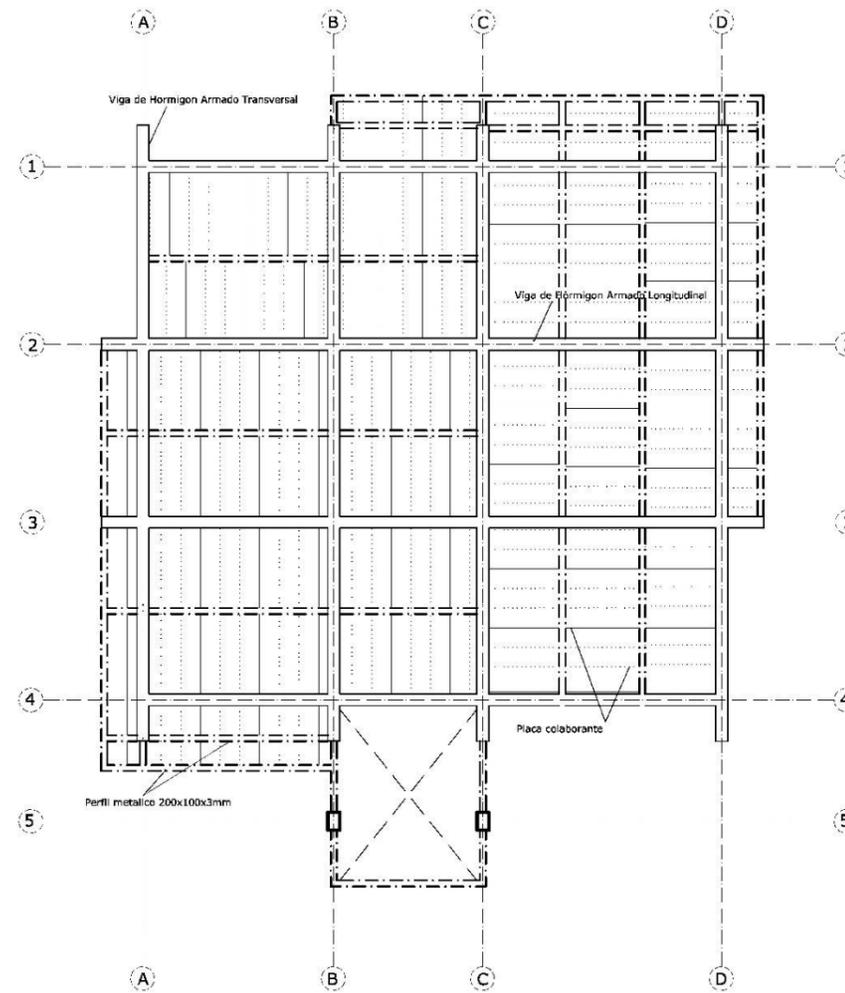


**DETALLE DE MAMPOSTERIA REFORZADA Y ESCALERA**

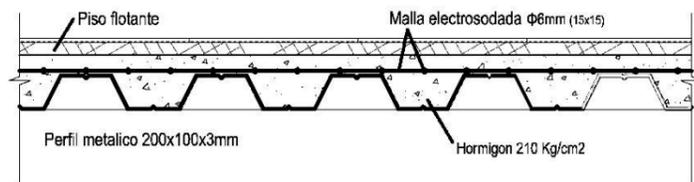




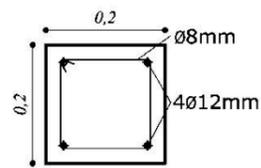
**ARMADO DE LOSA N=+3.00**



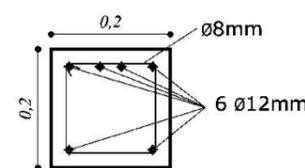
**ARMADO DE LOSA N=+6.00**



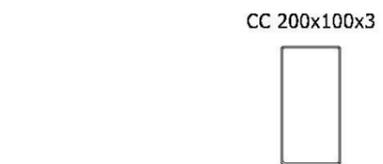
**DETALLE DE LOSA**



**CORTE X-X**

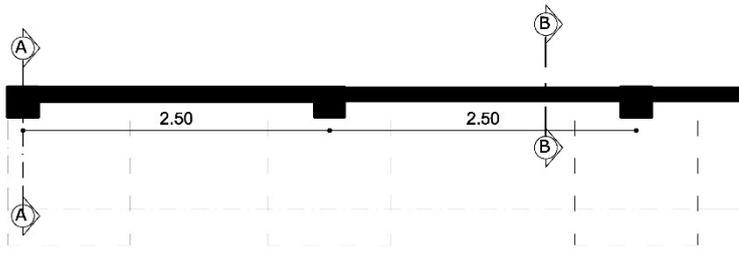


**CORTE Y-Y**

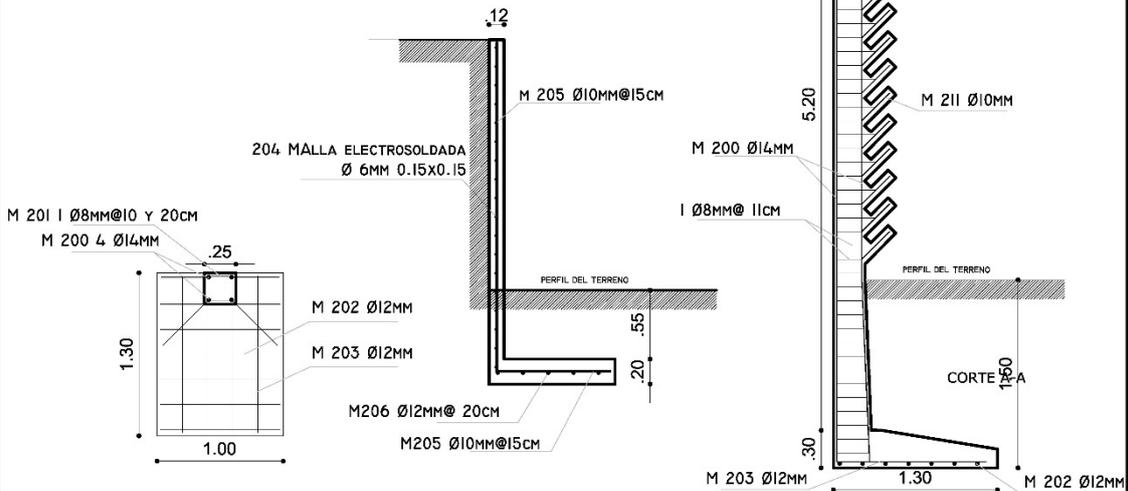


**CORTE PERFIL METALICO**





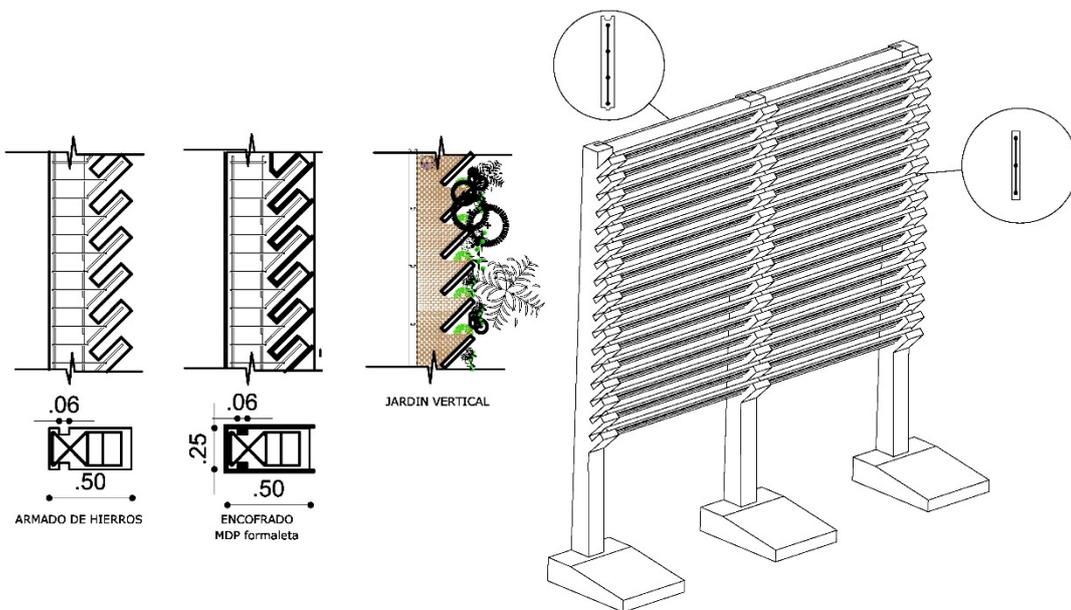
### PLANTA ARQUITECTONICA



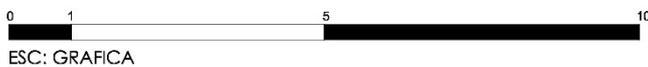
### PLINTO

### CORTE B-B

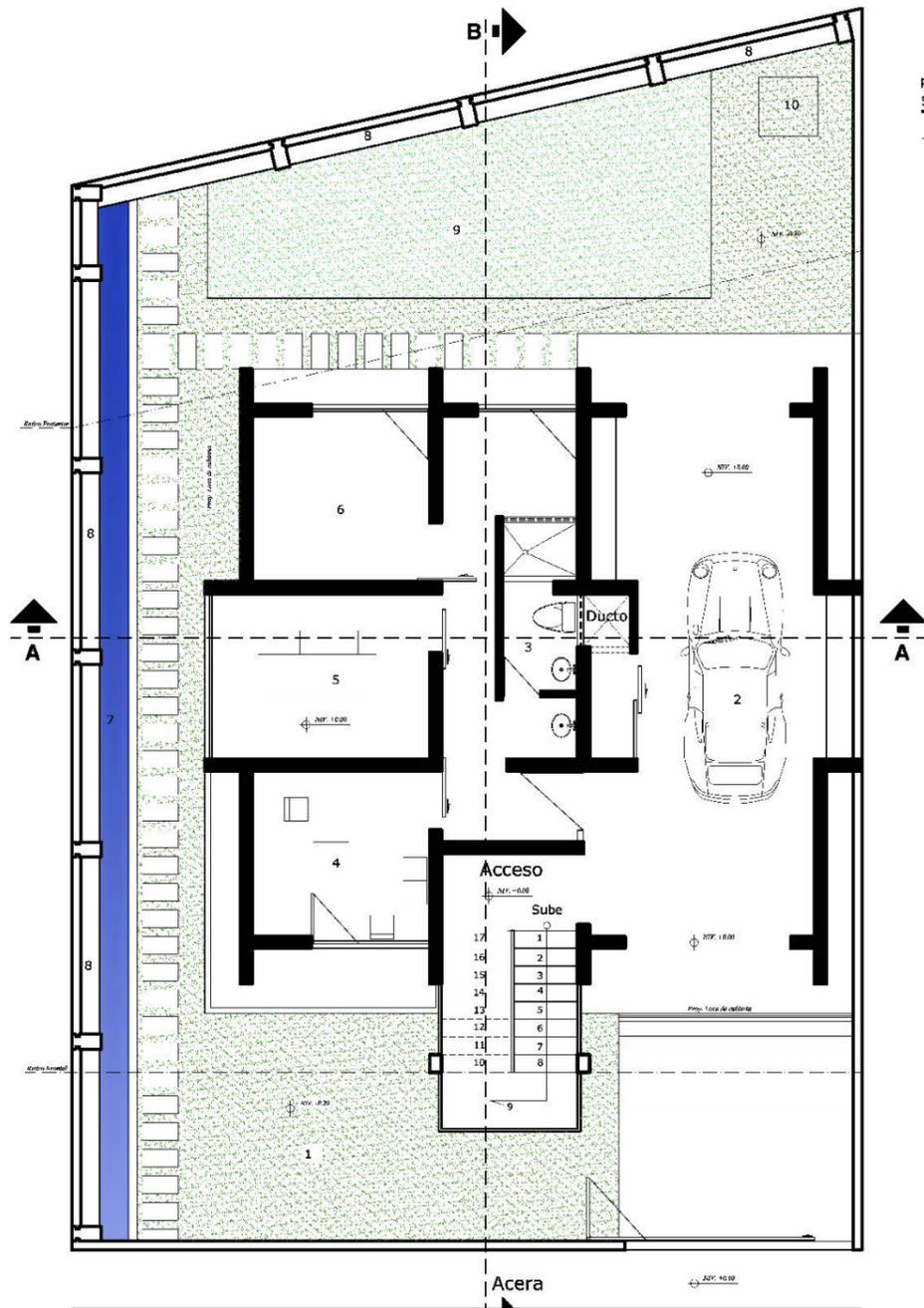
### CORTE A-A



### DETALLE DE MURO



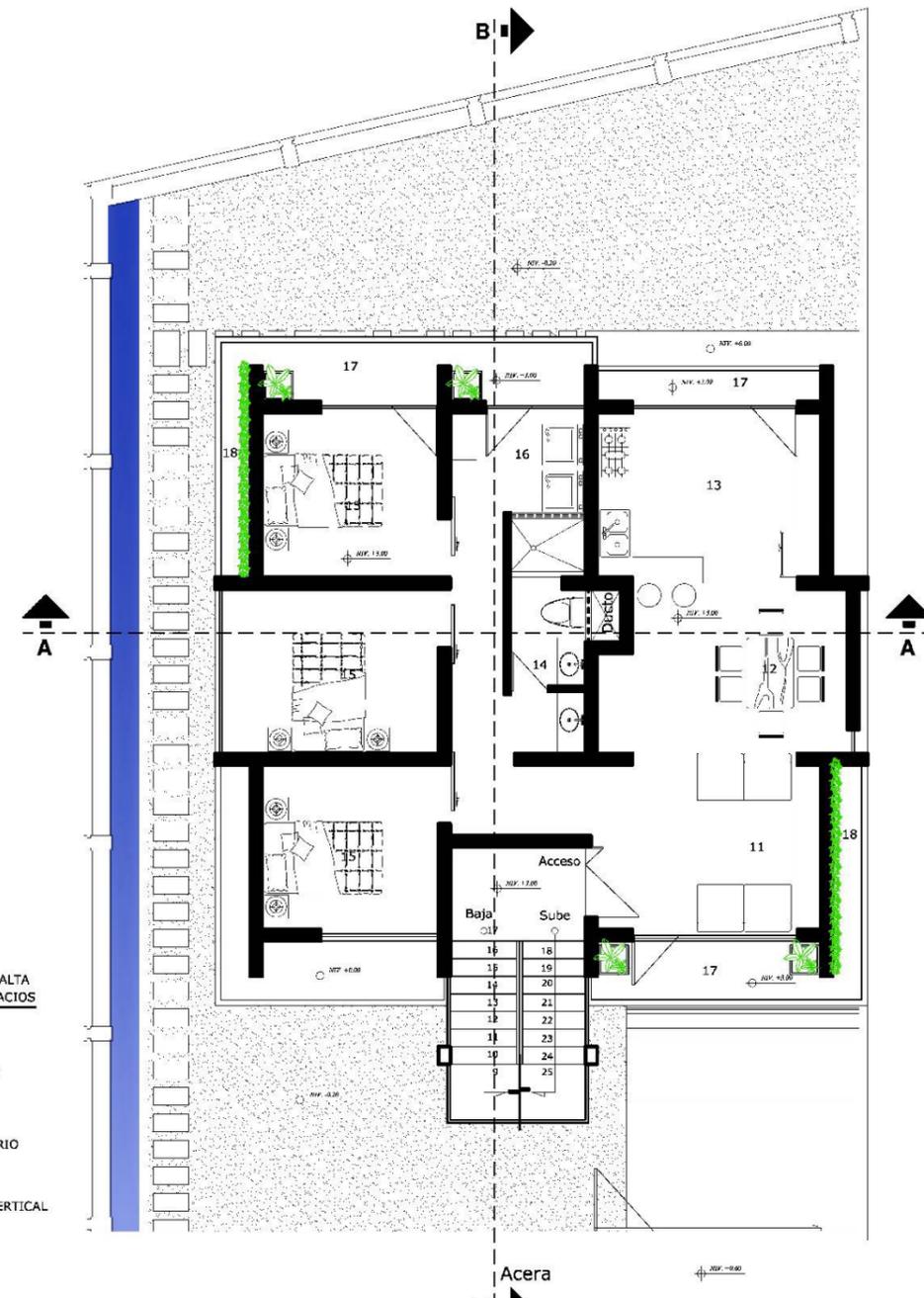
4. PLANOS ARQUITECTONICOS



PLANTA BAJA  
SIMBOLOGIA ESPACIOS

No	ESPACIO
1	PATIO
2	GARAJE
3	BAÑO
4	OFICINA
5	TALLER
6	BODEGA
7	TANQUE DE AGUA
8	MURO VERDE
9	HUERTO
10	COMPOSTERA

**PLANTA BAJA**

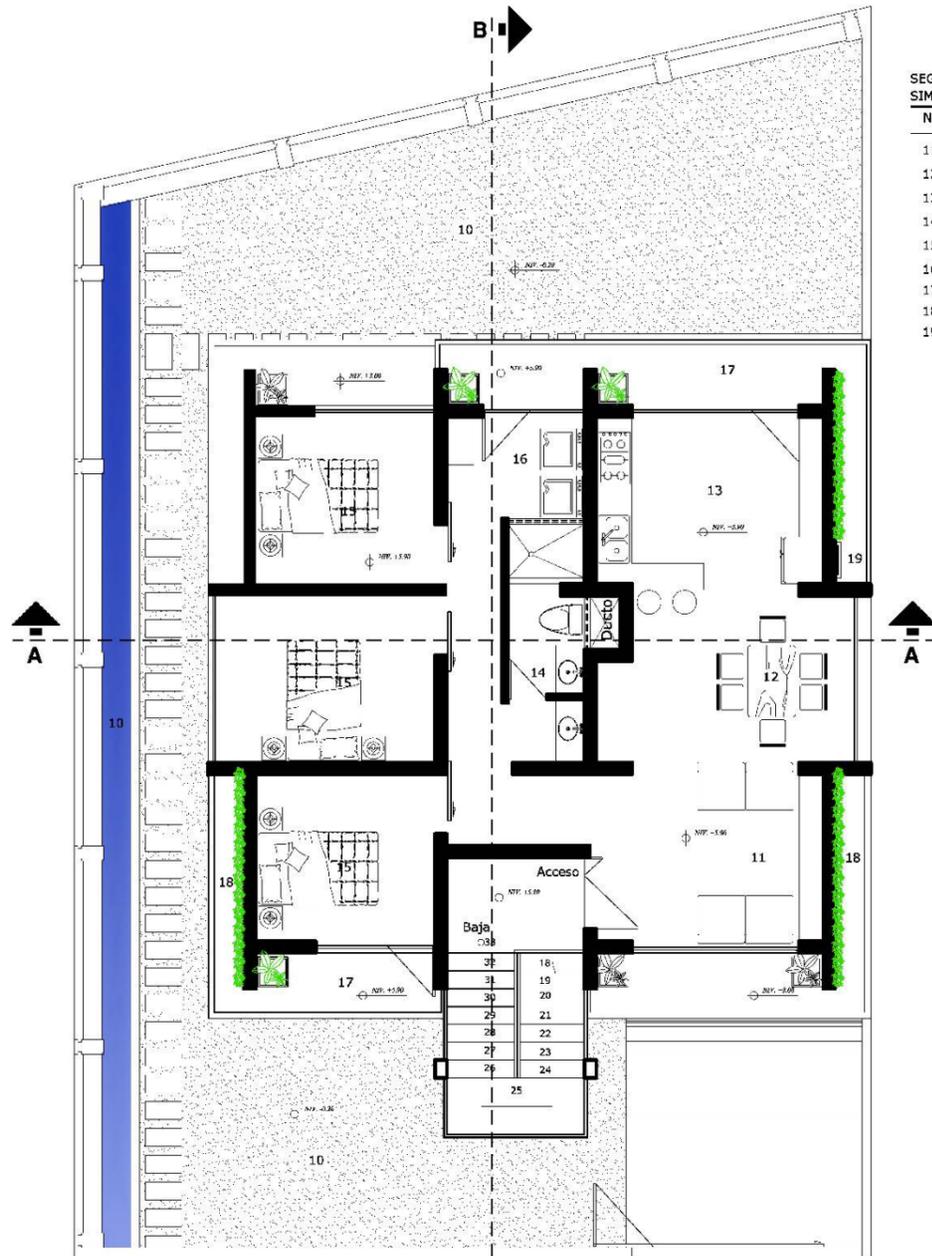


PRIMERA PLANTA ALTA  
SIMBOLOGIA ESPACIOS

No	ESPACIO
11	SALA
12	COMEDOR
13	COCINA
14	BAÑO
15	DORMITORIO
16	LAVADO
17	BALCON
18	JARDIN VERTICAL

**PRIMERA PLANTA ALTA**



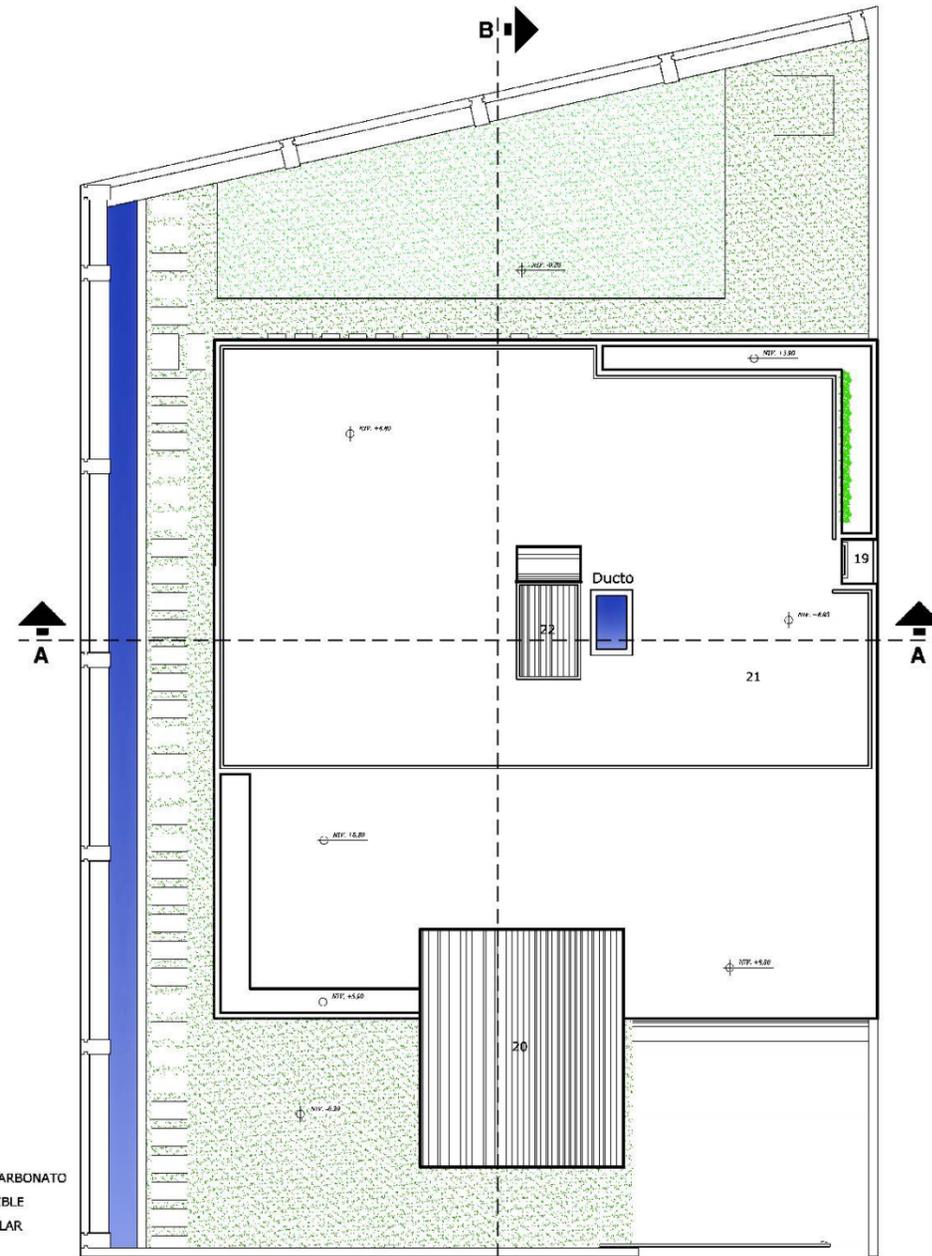


**SEGUNDA PLANTA ALTA**  
**SIMBOLOGIA ESPACIOS**

No	ESPACIO
11	SALA
12	COMEDOR
13	COCINA
14	BAÑO
15	DORMITORIO
16	LAVADO
17	BALCON
18	JARDIN VERTICAL
19	ESCALERA MARINERA

**SEGUNDA PLANTA ALTA**

ESC: 1..... 100



**PLANTA TERRAZA**  
**SIMBOLOGIA ESPACIOS**

No	ESPACIO
20	CUBIERTA POLICARBONATO
21	TERRAZA ACCESIBLE
22	CALENTADOR SOLAR

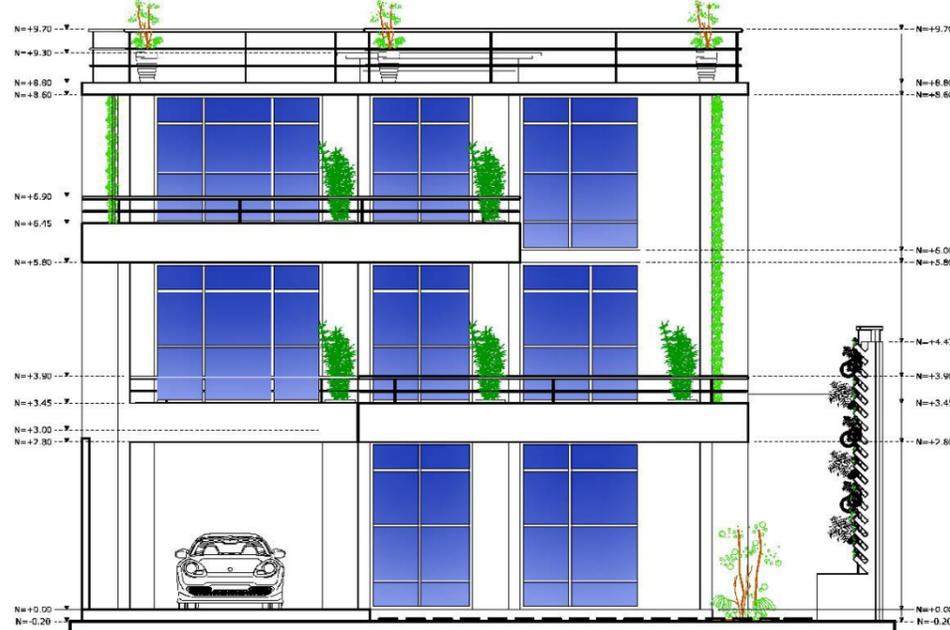
**EMPLAZAMIENTO Y TERRAZA**

ESC: 1..... 100



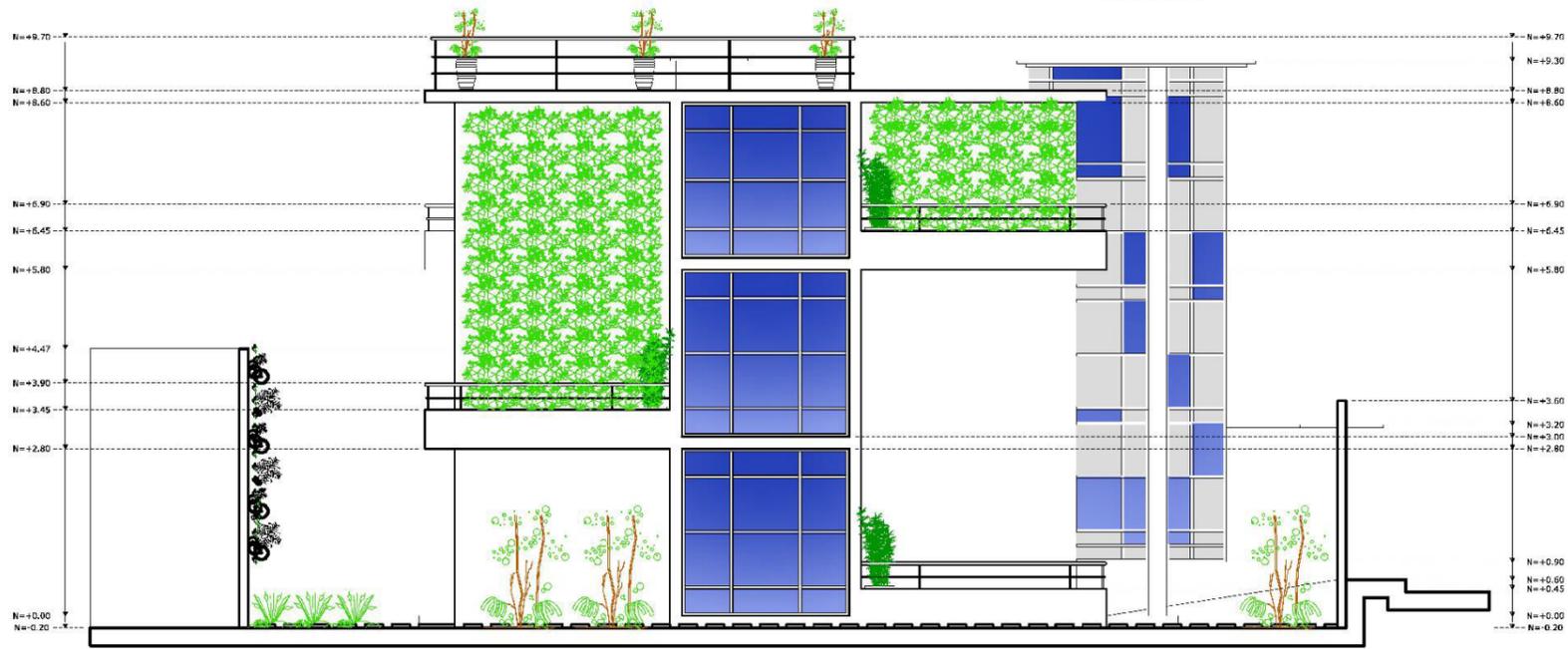
**FACHADA FRONTAL**

0 1 5 10  
 ESC: 1..... 100



**FACHADA POSTERIOR**

0 1 5 10  
 ESC: 1..... 100



**FACHADA LATERAL IZQUIERDA**

0 1 5 10  
 ESC: 1..... 100



**CORTE A - A**

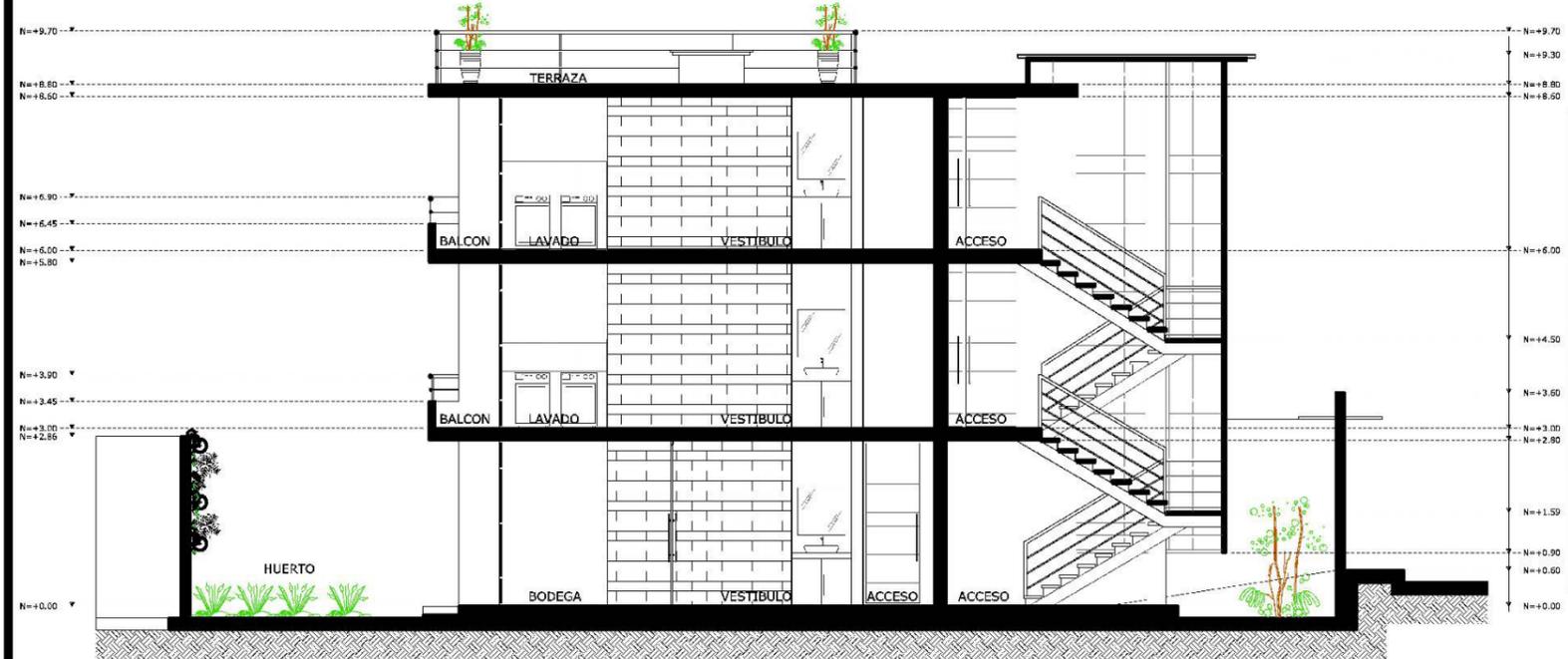
ESC: 1..... 100

**PERSPECTIVAS**

0 1 5 10  
ESC: GRAFICA



VISTA FRONTAL



**CORTE B - B**

ESC: 1..... 100



VISTA POSTERIOR

**CAPITULO IV**  
**RENTABILIDAD ECONÓMICA DE LAS TECNOLOGIAS PROPUESTAS**

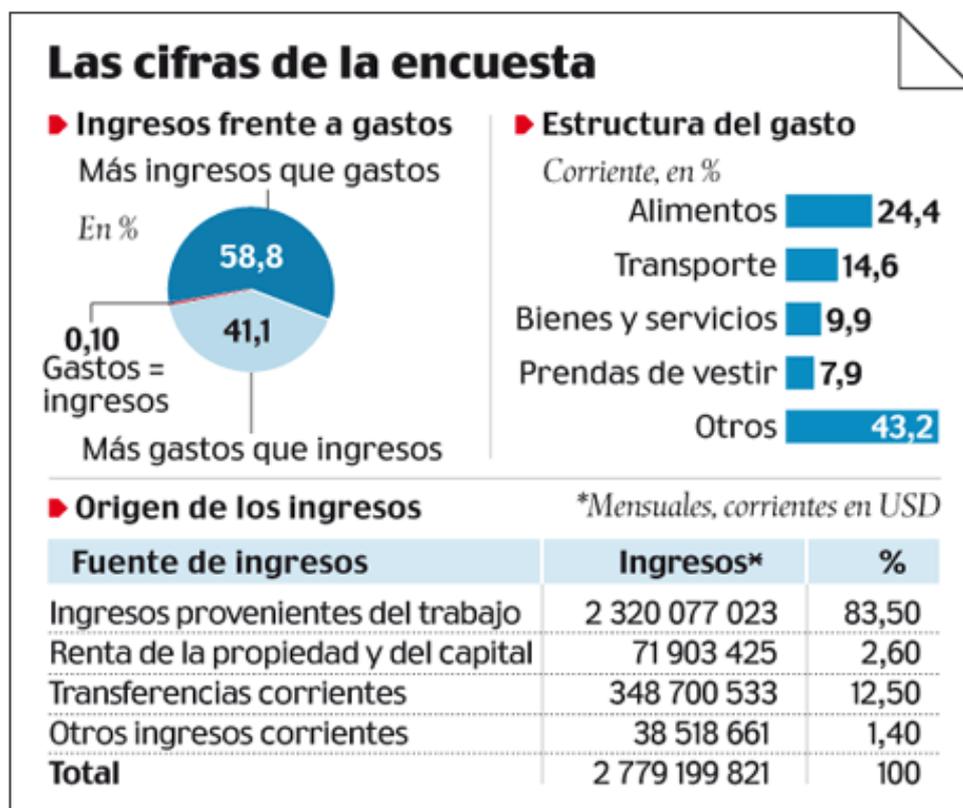
#### 4.1. Introducción.

El presente capítulo tiene la finalidad de valorar las tecnologías propuestas. A pesar de que como se ha podido apreciar en el transcurso de este documento, las ventajas sociales y ambientales resultan evidentes.

Con la finalidad de ser lo más objetivos posibles, en el presente tema se evaluarán la rentabilidad económica de las tecnologías planteadas, estimando costos, y mostrando de forma práctica en la construcción de una vivienda.

#### 4.2. Rentabilidad de la agricultura urbana.

En nuestro país según la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos del INEC. En la estructura del gasto a nivel nacional, el rubro de alimentos es el que genera el mayor desembolso con el 24% del total. La agricultura urbana puede aliviar de cierta manera los gastos que incurre la familia en alimentación, al tiempo que se aprovecha los desechos orgánicos producidos en la vivienda.



Fuente: INEC / EL COMERCIO

Figura 96: Estructura del gasto a nivel nacional.

Fuente: Inec. /El Comercio

#### 4.2.1. Valorización económica de los residuos orgánicos.



Figura 97: Aprovechamiento de los desechos orgánicos.

Elaboración: El autor

A nivel urbano una familia de 5 miembros en promedio semanalmente produce 30kg de basura orgánica, en 30 días 120 kg y en un año 1440 kg. Si se comercializa el humus de lombriz a un costo de 5 dólares por 40kg tendríamos una ganancia de 180 dólares anuales por familia.

Si bien no resulta un valor alto monetariamente, la facilidad de implementar el compostaje urbano en conjunto con las ventajas sociales y ambientales que implica el manejo adecuado de los desechos hace de esta estrategia un elemento fundamental hacia un metabolismo circular del hábitat humano. A continuación, enumeramos las ventajas y desventajas del compostaje urbano.

- Se cierra el ciclo de la materia orgánica.
- Se recupera y se reciclan recursos naturales.
- Se reduce la cantidad de residuos sólidos urbanos que se destinan a vertederos, de modo que se evitan problemas como la contaminación de suelos y las emisiones provenientes de la descomposición en vertederos.
- El compost fruto del proceso favorece la productividad de la tierra sin contaminarla con químicos dañinos para los ecosistemas y que acaban incorporándose a nuestra cadena alimentaria. Es un fertilizante natural, corrector de la estructura del suelo, protector contra la erosión y sustrato de cultivo.
- No causa malos olores e incluso se puede compostar en las terrazas.
- Se produce un abono de elevada calidad con un mínimo del costo.
- Como única desventaja se puede manifestar es que si no se realiza un manejo adecuado de los desechos orgánicos se pueden generar malos olores atrayendo moscas y roedores.

#### 4.2.2. Valorización económica de la orina humana.



Figura 98: Aprovechamiento de los nutrientes de la vivienda en la generación de alimentos.

Elaboración: El autor

La orina producida por una persona durante todo un año contiene todo el Nitrógeno necesario para cultivar toda la comida que necesita esa persona por un año. La cantidad de N excretada al año en la orina varía entre 1,6 kg a 3,8 kg.

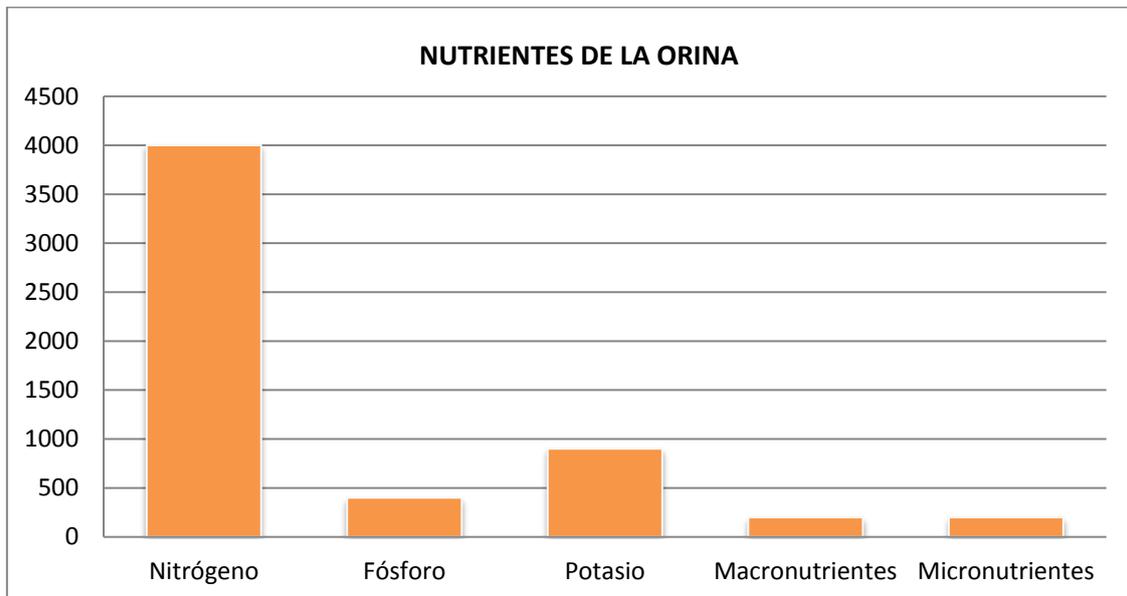


Figura 99: Porcentajes de fertilizante a Partir de Orina Humana.

Fuente: <http://es.slideshare.net/ocelotlunam/maritza-marin-orina-humana>

Elaboración: El autor

Si bien se puede comercializar la orina como fertilizante orgánico, existe algunas concepciones sociales que dificultarían su venta. Por ello el presente trabajo se plantea utilizar a nivel de vivienda en agricultura urbana y con ello garantizar un suministro de alimentos a nivel urbano.

Una familia de 5 miembros gasta aproximadamente 130 dólares semanales en comida lo que significa que el gasto anual en comida oscila en los 6.240 dólares. Si asumimos que un 20% de estos gastos se deben a la compra de frutas y verduras que pueden ser producidos a nivel de vivienda, anualmente se puede ahorrar un promedio de 1.248 dólares aprovechando con ello los nutrientes provenientes de la orina.



Figura 100: Acelga fertilizada con orina (izquierda) y sin fertilizante (derecha).

Fuente: <http://es.slideshare.net/ocelotlunam/maritza-marin-orina-humana>

Como se puede apreciar la agricultura urbana trae importantes ahorros en la economía familiar, sin embargo, existen otras ventajas que enumeramos a continuación.

- La agricultura urbana representa una fuente de beneficios recreativos y ecológicos para los residentes de las ciudades.
- Ofrece a los habitantes de las ciudades oportunidades de obtener ingresos agrícolas y recursos alimenticios sanos.
- Reduce la distancia del productor al consumidor, hay menos necesidad de comercialización, transporte y envasado.
- Mejora la diversidad biológica y la calidad del aire ambiental de las urbes.
- Ayuda en la gestión y aprovechamiento de aguas residuales.
- Facilita la reutilización de residuos para la producción de alimentos.
- Tiene un impacto directo sobre la ecología urbana.
- Crea puestos de trabajo y aporta ingresos en espacios que de otro modo serían completamente improductivos.
- Mejora la economía local y evita tener que adquirir productos de distancias lejanas.
- En cuanto a las desventajas no se puede citar ninguna.

#### **4.2.3. Generación de recursos mediante acuaponía y jardines verticales.**

En esta tesis no se profundizará en la valoración económica de la producción en acuaponía y jardines verticales. Simplemente se plantea como estos sistemas (acuaponía y los jardines

verticales) en conjunto pueden configurar como una unidad productiva anexa a la vivienda capaz de producir alimentos e incluso generar fuentes de trabajo.

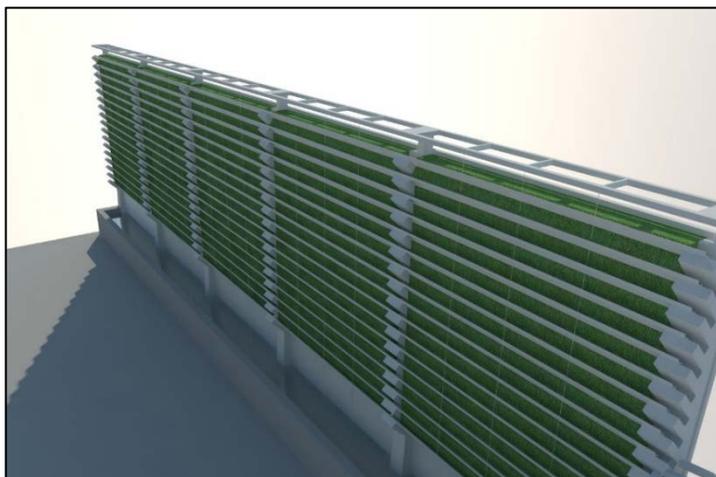


Figura 101: Sistema acuapónico integrado a jardín vertical.  
Elaboración: El autor

La implementación de los sistemas de jardines verticales y acuaponía permiten con el mínimo espacio la generación de un micro ecosistema de ciclo cerrado del que podemos extraer recursos a nivel urbano de forma sostenible, recursos como son peces y plantas; Si bien estos recursos pueden ser para consumo familiar la generación de excedentes permiten la posibilidad de generar una fuente de ingresos dentro de la vivienda.



Figura 102: Acuaponía como herramienta para la producción de alimentos en barrios pobres.

Fuente: [http://elpais.com/elpais/2015/07/01/planeta\\_futuro/1435761050\\_467308.html](http://elpais.com/elpais/2015/07/01/planeta_futuro/1435761050_467308.html)

**Nota:** Los vecinos de uno de los barrios más castigados de Sevilla explotan en sus casas los beneficios de la producción acuapónica. En 2014, cuando soledad Nieto accedió a poner el sistema acuapónico en su casa, generó 21 kilos de pescado y 60 de hortalizas y frutas (imagen 112).

El sistema de jardines verticales permite que en un área de 11m<sup>2</sup> que corresponde al espacio utilizado para el cerramiento de la casa, se amplíen a 121 m<sup>2</sup> de superficie. Es decir, el espacio disponible se multiplica once veces.



Figura 103: Sistema de jardín vertical.

Elaboración: El autor

En estos 121 m<sup>2</sup> disponibles para cultivo debido a su disposición no reciben soleamiento uniforme, razón por la cual las mejores áreas de soleamiento serán utilizadas para el cultivo de plantas comestibles y el espacio restante en el cultivo de especies ornamentales de valor comercial como el caso de orquídeas, anturios, geranios y helechos.

Dado que los jardines verticales son un sistema de cultivo intensivo permitirían albergar 3000 plantas, 2000 de las cuales tendrían un fin comercial. Debido a la tasa de crecimiento y de reproducción de algunas de las especies seleccionadas se puede comercializar 500 especies cada 4 meses a un costo de venta promedio de 4 dólares. Por lo que mensualmente se tendría una ganancia de 500 dólares.



Figura 104: Cultivos en jardín vertical.

Elaboración: El autor

En el caso de la acuaponía disponemos de un volumen de agua de 13 m<sup>3</sup> capaces de producir 285 Kg de pescado al año; cantidad muy superior a la necesaria para una familia de 5 miembros razón por la cual como se manifestó anteriormente se hace necesaria la comercialización de excedentes.

Las ganancias provenientes ambos sistemas, se estima permitirían solventar los costos de funcionamiento (bomba de agua, oxigenadores, comida de peces, mano de obra para el cuidado del sistema), mantenimiento y a la par generar un ingreso económico.

### 4.3. Aprovechamiento de la energía.

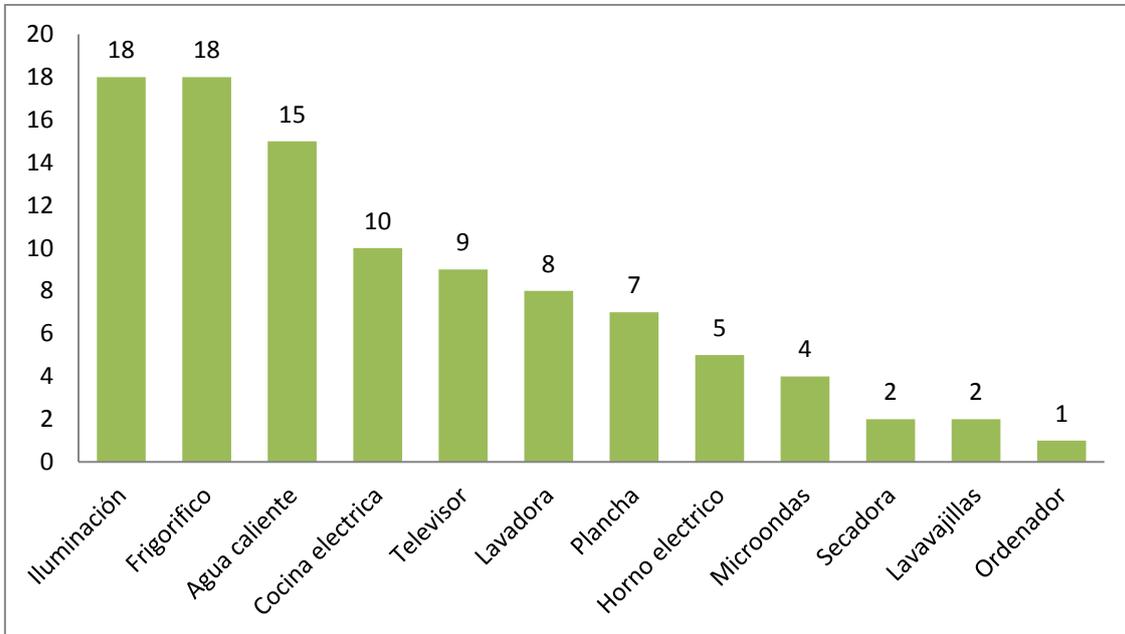


Figura 105: Consumo de energía a nivel de vivienda

Fuente: <http://www.20minutos.es/noticia/1922793/0/ahorrar/energia/dinero/>

Elaboración: El autor

Como se puede apreciar en el gráfico anterior la iluminación, el frigorífico, el agua caliente y la cocina eléctrica son los artefactos que más consumen energía por ello las alternativas tecnológicas planteadas se enfocan en disminuir el uso de estos artefactos.

- **Estrategia para la disminución de la demanda de energía para iluminación:**

El empleo de ventanales adecuadamente dispuestos y dimensionados permite anular el consumo de energía eléctrica durante el día. Sin embargo, muchas veces el uso de cortinas o persianas por cuestiones de privacidad propicia el uso iluminación eléctrica. En vista de esta situación se ha planteado el uso de pantallas de policarbonato ubicados de tal manera que propicien privacidad al tiempo que posibiliten la iluminación adecuada.

- **Estrategia para la disminución de la demanda para refrigeración:**

La ciudad de Loja se tiene una temperatura promedio de 17 C. Con la implementación de una fresquera fácilmente se puede disminuir el uso del refrigerador. Con este dispositivo se puede alcanzar temperaturas de 6 a 10 grados centígrados.

- **Estrategia para la disminución de la demanda energética para cocinar y calentar agua o alimentos.**

El empleo de la electricidad para procesos de calentamiento de agua y cocción de alimentos resulta enormemente costoso, además de un desperdicio de energía de alta calidad para convertirla en calor, que puede considerarse energía de menor calidad y, por tanto, de fácil obtención por otros medios menos costosos como lo es el aprovechamiento de la energía solar. Nuestro país es rico en este recurso; los índices de insolación (radiación solar) están entre los más altos del mundo.

A continuación, se detallan algunas ventajas y desventajas vinculadas al aprovechamiento de este recurso:

- La más importante de todas las ventajas es que este tipo de energía no contamina.
- Al estar hablando de la energía solar podemos afirmar que es una fuente inagotable.
- Los sistemas de captación solar que se suelen utilizar son de fácil mantenimiento, lo que facilita su elección.
- La única inversión es el coste inicial de la infraestructura, pues no requiere de ningún combustible para su funcionamiento, y se pueda amortizar a los 5 años de su implantación.
- La energía solar fotovoltaica no requiere ocupar ningún espacio adicional, pues puede instalarse en tejados y edificios.
- La disponibilidad de energía solar reduce la dependencia de otros países para el abastecimiento de energía de la población.
- Es un tipo de energía que está en alza. Cada vez más gente apuesta por este tipo de energía para abastecer sus hogares.

#### 4.4. Aprovechamiento del agua.

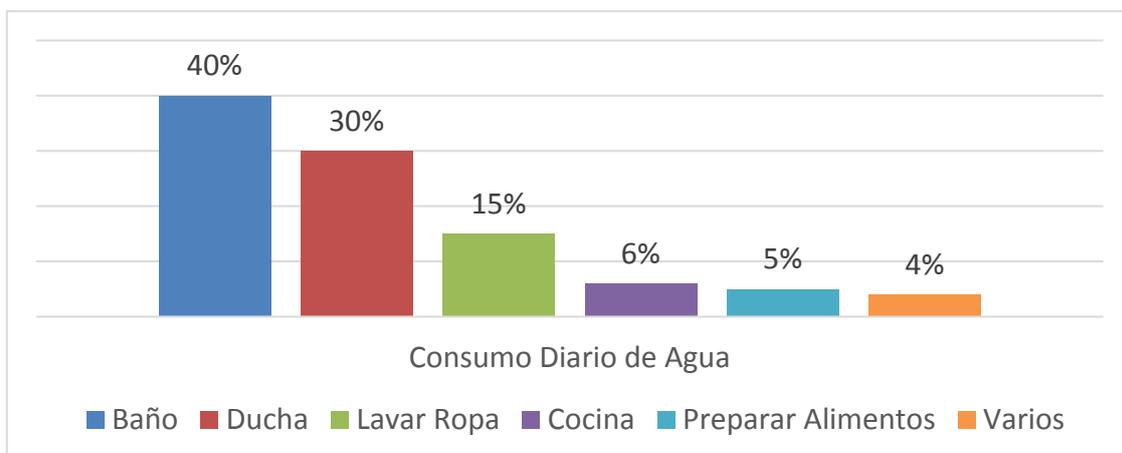


Figura 106: Gráfico del Consumo Diario de Agua.

Fuente: [http://www.cespt.gob.mx/culturaagua/articulo\\_consumotarifas.html](http://www.cespt.gob.mx/culturaagua/articulo_consumotarifas.html)

Elaboración: El autor

1. Consumo familia 5 personas= 500 Litros Diarios (OMS) = **182.500 litros anuales.**
2. Gasto en Inodoro (25 L x persona): **45.625 litros de agua potable anuales** (5 personas).

Dado que se tiene una superficie de captación de agua lluvia de 100m<sup>2</sup> se anualmente se puede captar un promedio de **90000 litros de agua.**

Por lo tanto, del consumo familiar anual de **182.500 L** le restamos el gasto del inodoro y los 90000 litros de agua lluvia (100m<sup>2</sup> de captación) tenemos:

**182.500 L - 45.625 L- 90000 L = 46875 L anuales**

Es decir que en la vivienda propuesta diariamente el consumo de agua de la red potable de la ciudad es de: **46875 L / 365 días = 128.42 litros**

En vivienda autosuficiente se emplea únicamente el 25% del agua de la red municipal con respecto a una vivienda convencional: **128.42 litros**

Además de ello los 500 litros diarios aproximados de aguas grises generados por familias, fácilmente se pueden tratar en biojardineras (filtros biológicos) dentro de la vivienda. Por lo que la vivienda autosuficiente al disminuir el caudal de agua empleada reduce considerablemente los costos ambientales que se incurre con los sistemas convencionales.

A continuación, se detallan algunas ventajas y desventajas vinculadas al aprovechamiento de este recurso:

- El agua de lluvia es un recurso gratuito y fácil de mantener, relativamente limpio.
- Reducción en las tarifas de agua potable entubada por la disminución en su uso.
- Recargar los acuíferos y conservación de las reservas de agua potable (ríos, lagos, humedales)
- Fomenta una cultura de conservación y uso óptimo del agua.
- Disminuir el volumen de agua lluvia que entra al sistema de drenaje, evitando que se sature y reduciendo las inundaciones.
- El costo es un factor que impide la proliferación de los proyectos de aprovechamiento del agua de lluvia. Una nueva lata de instalación puede costar entre US\$ 200 y US\$ 2000 o más, dependiendo del tamaño y del nivel de tecnología del sistema. Como los paneles solares, los sistemas de aprovechamiento del agua de lluvia finalmente se amortizan solos, pero esto puede llevar entre 10 y 20 años, dependiendo del sistema y de las precipitaciones.
- Se debe tener cuidado con posible contaminación del agua por materia orgánica o animales, razón por la que debe pasar por un proceso de limpieza antes de ser almacenada en un lugar seguro y bien cerrado.

#### 4.5. Mampostería reforzada en bloques de hormigón.

A continuación, se detalla las ventajas económicas de la construcción en Mampostería reforzada en contraposición a la construcción con pórticos de hormigón.

##### 4.5.1. Comparación de costos.

##### 4.5.1.1. Presupuesto de vivienda autosuficiente.

Tabla 4. Presupuesto Referencial de Construcción de Vivienda Autosuficiente.

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA AUTOSUFICIENTE				
ÁREA DEL TERRENO (M2):		260,13m2		
ÁREA DE CONSTRUCCIÓN (M2):		344,23m2		

PRESUPUESTO DE LAS OBRAS POR EJECUTARSE				
U.M.	CANTIDAD	P. UNITARIO	C. TOTAL	
<b>1.0 RUBROS PRELIMINARES</b>				
	m2	117,00	\$ 1,15	\$ 134,55
Replanteo y Nivelación				
	m2	117,00	\$ 1,37	\$ 160,29
Desbroce y Limpieza				
	m2	9,49	\$ 81,89	\$ 777,14
Bodega y oficinas provisionales (con madera de encofrado y cubierta de zinc)				
	m	13,34	\$ 9,76	\$ 130,20
Cerramiento Provisional con Planchas de Zinc H=2.4 m				
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 1.202,17</b>	
<b>2.0 MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
	m3	53,67	\$ 2,60	\$ 139,54
Excavación a Máquina en Suelo Natural para Vigas de Cimentación H=1.00m				
	m3	56,31	\$ 2,76	\$ 155,42
Desalojo de Material de excavación cargado a máquina				
	m3	26,84	\$ 14,24	\$ 382,20
Relleno compactado, a máquina incluye material de mejoramiento				
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 677,16</b>	
<b>3.0 ESTRUCTURA</b>				
	kg	3408,00	\$ 2,96	\$ 10.087,68
Acero estructural A36 (provisión y montaje)				
	kg	4432,47	\$ 1,72	\$ 7.623,85
Acero de refuerzo en varillas corrugadas f'y=4200 kg/cm2(provisión, confección y colocación)				
	m2	347,43	\$ 16,00	\$ 5.558,88
Placa colaborante Deck metálico 0,50mm				
	m3	2,68	\$ 109,86	\$ 294,42
Replanteo de Hormigón Simple 180 kg/cm2				
	m3	17,58	\$ 123,00	\$ 2.162,34
Hormigón Simple en columnas f 'c= 210 kg/cm2 (huecos)				
	m3	10,06	\$ 220,18	\$ 2.215,01
Hormigón Simple en Vigas f c= 210 kg/cm2 + Encofrado				
	m3	28,66	\$ 125,73	\$ 3.603,42
Hormigón en Losa f'c=210 Kg/cm2 + Encofrado				
	m3	18,00	\$ 196,32	\$ 3.533,76
Hormigón Simple envigas de cimentación F 'c= 240 kg/cm2 incluye encofrado				
	m2	347,43	\$ 4,98	\$ 1.730,20
Malla Electrosoldada 15x15x6mm en Losa y Contrapiso				
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 36.809,57</b>	
<b>4.0 MAMPOSTERIA, ENLUCIDOS, PISOS, CARPINTERIA Y CIELO RASO</b>				

Mampostería de bloque de 20cm	m2	430,92	\$ 21,76	\$ 9.376,82
Mampostería de bloque de 10cm	m2	82,23	\$ 13,28	\$ 1.092,01
Pintura anticorrosiva	m2	347,43	\$ 3,69	\$ 1.282,02
Enlucido Vertical paletado	m2	960,93	\$ 6,15	\$ 5.909,72
Empastado Paredes Interiores	m2	640,96	\$ 2,64	\$ 1.692,13
Empastado Paredes Exteriores	m2	277,17	\$ 3,72	\$ 1.031,07
Pisos flotante Alto Tráfico e=12,3mm	m2	86,67	\$ 17,15	\$ 1.486,39
Piso de Porcelanato de 50 x 50 cm	m2	158,52	\$ 22,45	\$ 3.558,77
Acera de Hormigón Simple e = 6 cm. f'c=180 Kg/cm2 + Piedra	m2	13,34	\$ 21,20	\$ 282,81
Contrapiso H.S. f'c=180 Kg/cm2 (Piedra e=15 cm)	m2	118,24	\$ 17,05	\$ 2.015,99
Barrederas de madera a = 6,5 cm	m2	5,45	\$ 4,74	\$ 25,83
Barrederas de cerámica 10cm	m	92,81	\$ 2,73	\$ 253,37
Pasamanos de Balcones. H=0.45m	m	48,65	\$ 57,50	\$ 2.797,38
Puerta Corrediza de Madera 1.10 m x 2.80 m. (lacada)	u	9,00	\$ 150,00	\$ 1.350,00
Puerta Principal 1.315 m x 2.80 m. (incluye manija y cerradura)	u	3,00	\$ 300,00	\$ 900,00
Panel Divisorio de Baño y Soporte de Lavamanos	u	3,00	\$ 130,00	\$ 390,00
Ventana con marco de Hierro; vidrio claro 6mm	m2	102,35	\$ 23,00	\$ 2.354,05
Mesón de Cocina de Hormigón Armado (a=60 cm)	m	5,26	\$ 78,60	\$ 413,44
Mueble de Cocina Alto con estructura metálica y vidrio	m	6,12	\$ 85,85	\$ 525,40
Mueble de Cocina Bajo con estructura metálica y melamínico	m	6,12	\$ 86,46	\$ 529,14
Cerámica para pared 20 x 30 cm (Costo medio)	m2	58,81	\$ 17,20	\$ 1.011,53
Pintura de Caucho Interior; 2 Manos (costo medio)	m2	582,15	\$ 3,77	\$ 2.194,71
Pintura de Caucho Exterior; 2 Manos (costo medio)	m2	277,17	\$ 4,17	\$ 1.155,80
Cielo Raso de Gypsum (incluye perfilera)	m2	10,65	\$ 17,22	\$ 183,39
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 41.811,77</b>
<b>5.0 INSTALACIONES</b>				
Acometida de agua potable (incluye caja/medidor)	U	1,00	\$ 139,32	\$ 139,32
Punto de agua PVC roscable 1/2"	pto.	18,00	\$ 18,40	\$ 331,20
Tubería PVC roscable 1/2"	m	52,00	\$ 3,29	\$ 171,08
Llave de Paso Cortadora de 1/2 " (Red White)	U	10,00	\$ 11,82	\$ 118,20
Llave Cromada Tipo FV	U	8,00	\$ 11,25	\$ 90,00
Ducha	U	3,00	\$ 35,60	\$ 106,80
Inodoro tanque bajo Edesa	U	3,00	\$ 73,18	\$ 219,54
Fregadero de Dos Pozos 100 x 50 cm. (sin grifería)	U	2,00	\$ 184,41	\$ 368,82
Lavamanos Completo Blanco (sin grifería)	U	6,00	\$ 50,28	\$ 301,68
Bordillo de H.S en ducha revestida de cerámica	m	3,54	\$ 14,42	\$ 51,05
Acometida de alcantarillado sanitario/pluvial	u	1,00	\$ 226,00	\$ 226,00
Punto de Desagüe PVC 50 mm con Tubería y Accesorios.	pto.	8,00	\$ 17,41	\$ 139,28
Punto de Desagüe PVC 75 mm con Tubería y Accesorios.	pto.	5,00	\$ 26,45	\$ 132,25
Punto de Desagüe PVC 110 mm con Tubería y Accesorios.	pto.	3,00	\$ 32,03	\$ 96,09
Tubería de Desagüe PVC 50 mm	m	8,55	\$ 3,62	\$ 30,95
Tubería de Desagüe PVC 75 mm	m	37,31	\$ 6,03	\$ 224,98
Tubería de Desagüe PVC 110 mm	m	19,65	\$ 6,67	\$ 131,07
Tubería de Desagüe PVC 160 mm	m	25,00	\$ 14,08	\$ 352,00
Rejilla Interior de Piso 50 mm.	u	3,00	\$ 2,75	\$ 8,25
Rejilla Interior de Piso 75 mm.	u	7,00	\$ 3,25	\$ 22,75
Caja de Revisión (0.6 x 0.6 x 0.6) m incluye tapa de H°A°	u	4,00	\$ 85,84	\$ 343,36
Medidor de Energía Bifásico 220 Volt. Incluye Acometida	u	1,00	\$ 275,42	\$ 275,42

Tablero Eléctrico de Distribución Principal con Platina Cu de 30 x 5mm	u	1,00	\$ 184,49	\$ 184,49
Tablero de Distribución Eléctrica de 8 Breakers	u	3,00	\$ 202,64	\$ 607,92
Punto de Iluminación con boquilla Plafón y foco ahorrador	pto.	57,00	\$ 28,26	\$ 1.610,82
Punto Tomacorriente Doble Polarizado B Ticino Matix	pto.	48,00	\$ 32,90	\$ 1.579,20
Punto de tomacorriente 220 Voltios para Cocina de Inducción	pto.	2,00	\$ 59,86	\$ 119,72
Salidas Especiales Para Duchas o Calefones Eléctricos	pto.	3,00	\$ 38,16	\$ 114,48
Punto Empotrado para Teléfono	pto.	3,00	\$ 15,25	\$ 45,75
Punto Empotrado para Tv Cable	pto.	3,00	\$ 15,65	\$ 46,95
Puesta a Tierra	u	1,00	\$ 25,07	\$ 25,07
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 8.214,48</b>	
<b>6.0 EXTERIORES</b>				
Bordillo de H.S 180 kg/cm2 (H=35cm B=15 cm)	m	13,34	\$ 17,30	\$ 230,78
Cubierta policarbonato 6 mm.	m2	13,60	\$ 24,03	\$ 326,81
Limpieza Final de la Obra	m2	346,13	\$ 1,18	\$ 408,43
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 966,02</b>	
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 89.681,18</b>	

SON:

**Ochenta y nueve mil seiscientos ochenta y uno con 18/100 centavos**

Fuente: El autor  
Elaboración: El autor

#### 4.5.1.2. Presupuesto de vivienda en H°A°.

Tabla 5. Presupuesto Referencial de Construcción de Vivienda Autosuficiente.

<b>PROYECTO: CONSTRUCCION DE VIVIENDA AUTOSUFICIENTE EN H°A°</b>	
ÁREA DEL TERRENO (M2):	260,13m2
ÁREA DE CONSTRUCCIÓN (M2):	344,23m2

<b>PRESUPUESTO DE LAS OBRAS POR EJECUTARSE</b>				
U.M.	CANTIDAD	P. UNITARIO	C. TOTAL	
<b>1.0 RUBROS PRELIMINARES</b>				
	m2	118,87	\$ 1,15	\$ 136,70
Replanteo y Nivelación				
Desbroce y Limpieza	m2	118,87	\$ 1,37	\$ 162,85
Bodega y oficinas provisionales (con madera de encofrado y cubierta de zinc)	m2	9,49	\$ 81,89	\$ 777,14
Cerramiento Provisional con Planchas de Zinc H=2.4 m	m	13,34	\$ 9,76	\$ 130,20
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 1.206,89</b>	
<b>2.0 MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
Excavación Manual para Estructuras	m3	8,89	\$ 9,60	\$ 85,34
Excavación a Máquina en Suelo Natural Plintos H=1.50m	m3	38,88	\$ 2,60	\$ 101,09
Desalojo de Material de excavación cargado a máquina	m3	20,54	\$ 2,76	\$ 56,69

Relleno compactado, a máquina incluye material de mejoramiento	m3	5,18	\$ 14,24	\$ 73,76
Relleno compactado, a máquina con material existente	m3	23,89	\$ 7,15	\$ 170,81
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 487,70</b>
<b>3.0 ESTRUCTURA</b>				
Acero Estructural en Gradas	kg	250,00	\$ 2,96	\$ 740,00
Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	kg	7758,33	\$ 1,72	\$ 13.344,33
Replanteo de Hormigón Simple 180 KG/CM2	m3	6,00	\$ 109,86	\$ 659,16
Hormigón Simple en Plintos f'c=210 Kg/cm2	m3	10,00	\$ 169,14	\$ 1.691,40
Hormigón Simple en Cadenas de Amarre f'c=210 Kg/Cm2 + Encofrado	m3	5,25	\$ 219,65	\$ 1.153,16
Hormigón Simple en Columnas f'c=210 Kg/Cm2 + ENCOFRADO	m3	14,00	\$ 233,09	\$ 3.263,26
Hormigón Simple en Vigas f'c= 210 kg. /cm2 + Encofrado	m3	13,00	\$ 220,18	\$ 2.862,34
Hormigón en Losa Alivianada e= 20 cm. f'c=210 Kg/cm2 + Encofrado	m2	435,08	\$ 48,23	\$ 20.983,91
Bloque Alivianamiento 15x40x20	u	1866,00	\$ 1,20	\$ 2.239,20
Malla Electrosoldada 15x15x6mm en Losa y Contrapiso	m2	195,00	\$ 4,98	\$ 971,10
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 47.907,86</b>
<b>4.0 MAMPOSTERIA, ENLUCIDOS, PISOS, CARPINTERIA Y CIELO RASO</b>				
Mampostería Ladrillo de Filo (29 x 14 X 9) cm	m2	403,09	\$ 13,66	\$ 5.506,21
Dintel 7 x 15 cm f'c=180Kg/cm2 + Encofrado	m	14,85	\$ 11,56	\$ 171,67
Enlucido Vertical paletado	m2	960,93	\$ 6,15	\$ 5.909,72
Enlucido Horizontal paletado	m2	132,80	\$ 7,17	\$ 952,18
Empastado Paredes Interiores	m2	640,96	\$ 2,64	\$ 1.692,13
Empastado Paredes Exteriores	m2	277,17	\$ 3,72	\$ 1.031,07
Piso flotante Alto Tráfico e=12,3mm	m2	86,67	\$ 17,15	\$ 1.486,39
Piso de Porcelanato de 50 x 50 cm	m2	158,52	\$ 22,45	\$ 3.558,77
Acera de Hormigón Simple e = 6 cm. f'c=180 Kg/cm2 + Piedra	m2	13,34	\$ 21,20	\$ 282,81
Masillado y alisado de pisos	m2	308,59	\$ 9,01	\$ 2.780,40
Contrapiso H.S. f'c=180 Kg/cm2 (Piedra e=15 cm)	m2	118,24	\$ 17,05	\$ 2.015,99
Barrederas de madera a = 6,5 cm	m2	5,45	\$ 4,74	\$ 25,83
Barrederas de cerámica 10cm	m	92,81	\$ 2,73	\$ 253,37
Pasamanos de Balcones. H=0.45m	m	48,65	\$ 57,50	\$ 2.797,38
Puerta de MDF 90 cm x 2.00 m. (lacada)	m2	22,80	\$ 145,68	\$ 3.321,50
Puerta de MDF 75 cm x 2.00 m. (lacada)	u	3,00	\$ 140,68	\$ 422,04
Cerradura Llave-Llave Instalada (costo medio)	u	3,00	\$ 18,92	\$ 56,76
Cerradura Llave-Seguro Instalada (costo medio)	u	9,00	\$ 18,80	\$ 169,20
Cerradura de Baño Instalada (costo medio)	u	3,00	\$ 18,45	\$ 55,35
Ventana Corrediza de Aluminio Natural; vidrio claro 4mm	m2	102,35	\$ 55,92	\$ 5.723,41
Ventana Fija de Aluminio Natural; vidrio claro 4mm	m2	60,26	\$ 46,92	\$ 2.827,40
Mesón de Cocina de Hormigón Armado (a=60 cm)	m	5,26	\$ 78,60	\$ 413,44
Mueble de Cocina Alto	m	6,12	\$ 171,71	\$ 1.050,87
Mueble de Cocina Bajo	m	6,12	\$ 172,92	\$ 1.058,27
Cerámica para pared 20 x 30 cm (Costo medio)	m2	58,81	\$ 17,20	\$ 1.011,53
Pintura de Caucho Interior; 2 Manos (costo medio)	m2	582,15	\$ 3,77	\$ 2.194,71
Pintura de Caucho Exterior; 2 Manos (costo medio)	m2	277,17	\$ 4,17	\$ 1.155,80
Cielo Raso de Gypsum (incluye perfilera)	m2	217,57	\$ 17,22	\$ 3.746,56
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 51.670,75</b>
<b>5.0 INSTALACIONES</b>				

Acometida de agua potable (incluye caja/medidor)	u	1,00	\$ 139,32	\$ 139,32
Punto de agua PVC roscable 1/2"	pto.	18,00	\$ 18,40	\$ 331,20
Tubería PVC roscable 1/2"	m	52,00	\$ 3,29	\$ 171,08
Llave de Paso Cortadora de 1/2 " (Red White)	u	10,00	\$ 11,82	\$ 118,20
Llave Cromada Tipo FV	u	8,00	\$ 11,25	\$ 90,00
Ducha	u	3,00	\$ 35,60	\$ 106,80
Inodoro tanque bajo Edesa	u	3,00	\$ 73,18	\$ 219,54
Fregadero de Dos Pozos 100 x 50 cm. (sin grifería)	u	2,00	\$ 184,41	\$ 368,82
Lavamanos Completo Blanco (sin grifería)	u	6,00	\$ 50,28	\$ 301,68
Bordillo de H.S en ducha revestida de cerámica	m	3,54	\$ 14,42	\$ 51,05
Acometida de alcantarillado sanitario/pluvial	u	1,00	\$ 226,00	\$ 226,00
Punto de Desagüe PVC 50 mm con Tubería y Accesorios.	pto.	8,00	\$ 17,41	\$ 139,28
Punto de Desagüe PVC 75 mm con Tubería y Accesorios.	pto.	5,00	\$ 26,45	\$ 132,25
Punto de Desagüe PVC 110 mm con Tubería y Accesorios.	pto.	3,00	\$ 32,03	\$ 96,09
Tubería de Desagüe PVC 50 mm	m	8,55	\$ 3,62	\$ 30,95
Tubería de Desagüe PVC 75 mm	m	37,31	\$ 6,03	\$ 224,98
Tubería de Desagüe PVC 110 mm	m	19,65	\$ 6,67	\$ 131,07
Tubería de Desagüe PVC 160 mm	m	25,00	\$ 14,08	\$ 352,00
Rejilla Interior de Piso 50 mm.	u	3,00	\$ 2,75	\$ 8,25
Rejilla Interior de Piso 75 mm.	u	7,00	\$ 3,25	\$ 22,75
Caja de Revisión (0.6 x 0.6 x 0.6) m incluye tapa de H°A°	u	4,00	\$ 85,84	\$ 343,36
Medidor de Energía Bifásico 220 Volt. Incluye Acometida	u	1,00	\$ 275,42	\$ 275,42
Tablero Eléctrico de Distribución Principal con Platina Cu de 30 x 5mm	u	1,00	\$ 184,49	\$ 184,49
Tablero de Distribución Eléctrica de 8 Breakers	u	3,00	\$ 202,64	\$ 607,92
Punto de Iluminación con boquilla Plafón y foco ahorrador	pto.	57,00	\$ 28,26	\$ 1.610,82
Punto Tomacorriente Doble Polarizado B Ticino Matix	pto.	48,00	\$ 32,90	\$ 1.579,20
Punto de tomacorriente 220 Voltios para Cocina de Inducción	pto.	2,00	\$ 59,86	\$ 119,72
Salidas Especiales Para Duchas o Calefones Eléctricos	pto.	3,00	\$ 38,16	\$ 114,48
Punto Empotrado para Teléfono	pto.	3,00	\$ 15,25	\$ 45,75
Punto Empotrado para Tv Cable	pto.	3,00	\$ 15,65	\$ 46,95
Puesta a Tierra	u	1,00	\$ 25,07	\$ 25,07
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 8.214,48</b>
<b>6.0 EXTERIORES</b>				
Bordillo de H.S 180 kg/cm2 (H=35cm B=15 cm)	m	13,34	\$ 17,30	\$ 230,78
Cubierta policarbonato 6 mm.	m2	13,60	\$ 24,03	\$ 326,81
Limpieza Final de la Obra	m2	346,13	\$ 1,18	\$ 408,43
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 966,02</b>
	<b>TOTAL</b>			<b>\$ 110.453,70</b>

SON:

**Ciento diez mil cuatrocientos cincuenta y tres con 70/100 centavos**

Fuente: El autor  
Elaboración: El autor

#### 4.5.1.3. Análisis de los presupuestos.

Tabla 6. Análisis Comparativo del Costo de las Estructuras.

Estructura de Hormigón		Estructura de Mampostería Reforzada	
Rubro	Precio	Rubro	Precio
Acero Estructural	\$ 740,00	Acero Estructural	\$ 10.087,68
Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	\$ 13.344,33	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	\$ 7.623,85
Hormigón Simple en Columnas f'c=210 Kg/Cm2 + ENCOFRADO	\$ 3.263,26	Hormigón Simple en columnas f 'c= 210 kg/cm2 (huecos)	\$ 2.162,34
Hormigón en Losa Alivianada e= 20 cm. f'c=210 Kg/cm2 + Encofrado	\$ 20.983,91	Hormigón en Losa f'c=210 Kg/cm2 + Encofrado	\$ 3.603,42
Malla Electrosoldada 15x15x6mm en Losa y Contrapiso	\$ 971,10	Malla Electrosoldada 15x15x6mm en Losa y Contrapiso	\$ 1.730,20
Mampostería Ladrillo de Filo (29 x 14 X 9) cm	\$ 5.506,21	Mampostería de bloque de 20cm	\$ 9.376,82
		Mampostería de bloque de 10cm	\$ 1.092,01

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

La vivienda en mampostería reforzada tiene una mayor cantidad de acero estructural debido al empleo de la losa de placa colaborante, sin embargo, muestra significativos ahorros en la cantidad de acero de refuerzo, se emplea el 57% respecto a la vivienda en hormigón armado.

En la vivienda de mampostería reforzada se emplea un mayor volumen de hormigón simple en columnas, este hormigón se emplea para llenar los huecos donde se ubican los refuerzos verticales. Si bien hay un mayor volumen de hormigón, el costo es menor, pues no requiere ningún tipo de encofrado.

Los costos en cuanto al hormigón en losa se muestran significativamente menores en la vivienda de mampostería reforzada ello se debe en parte a los menores volúmenes de hormigón necesarios y a que no se requiere encofrado.

La losa de placa colaborante emplea malla electro soldada en toda su área, razón por la cual los costos de este rubro son mayores en la vivienda en mampostería reforzada.

Los costos de la mampostería son significativamente mayores en la vivienda en mampostería reforzada, ello se debe: al mayor costo de los bloques, el mayor tiempo necesario para colocarlos, pues se van colocando refuerzos de acero en las juntas, y, por último, por la exactitud con la que deben ser colocados para mantener su modulación.

Tabla 7. Análisis Comparativo de Costo de Masillado y alisado de pisos.

Estructura de Hormigón		Estructura de Mampostería Reforzada	
Masillado y alisado de pisos	\$ 2.780,40	Masillado y alisado de pisos	\$ 0

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

En la losa de placa colaborante mediante el uso de indicadores de nivel, se aseguró un perfecto nivelado del piso (durante la fundición se aumentó la cantidad de trabajadores con la finalidad de garantizar el nivelado del piso), de tal manera que no se requiera ningún tipo de Masillado.

Tabla 8. Análisis Comparativo de Costo de Cielo Raso.

Estructura de Hormigón		Estructura de Mampostería Reforzada	
Cielo Raso de Gypsum (incluye perfilera)	\$ 3.746,56	Pintura anticorrosiva	\$ 1.282,02

Fuente: El autor  
Elaboración: El autor

En la vivienda de mampostería reforzada no se empleó cielo raso de Gypsum, simplemente se pintó la placa colaborante y la perfilera metálica. Obteniéndose un ahorro en este rubro.

Tabla 9. Análisis Comparativo de Costo de Ventanas.

Estructura de Hormigón		Estructura de Mampostería Reforzada	
Ventana Corrediza de Aluminio Natural; vidrio claro 4mm	\$ 5.723,41	Ventana con marco de Hierro: vidrio claro 6mm (incluye ventanas abatibles y puertas).	\$ 2.354,05
Ventana Fija de Aluminio Natural; vidrio claro 4mm	\$ 2.827,40		

Fuente: El autor  
Elaboración: El autor

En cuanto a los costos de ventanas, las de marco de hierro empleadas en la vivienda de mampostería reforzada muestran un costo significativamente menor. Ello obedece a los menores volúmenes de material necesario y al menor costo de hierro con respecto al aluminio. De igual manera el costo de mano de obra es significativamente menor.

Tabla 10. Análisis Comparativo de Costo de Muebles de Cocina.

Estructura de Hormigón		Estructura de Mampostería Reforzada	
Mueble de Cocina Alto	\$ 1.050,87	Mueble de Cocina Alto con estructura metálica y vidrio	\$ 525,40
Mueble de Cocina Bajo	\$ 1.058,27	Mueble de Cocina Bajo con estructura metálica y melamínico	\$ 529,14

Fuente: El autor  
Elaboración: El autor

Los costos de los muebles de cocina son menores al emplear una estructura de hierro y un diseño sencillo, ocupando menores volúmenes de materiales.

#### 4.6. Seguimiento de construcción.

#### 4.6.1. Construcción de muro verde y tanque de almacenamiento de agua: Sistema acuapónico.



Figura 107: Armado de Columnas de Muro.  
Elaboración: El autor



Figura 108: Paneles Prefabricados de Hormigón Armado.  
Elaboración: El autor



Figura 109: Vista Aérea de Muro.  
Elaboración: El autor



Figura 110: Vista Frontal de Muro y Tanque.  
Elaboración: El autor



Figura 111: Armado de Sistema de Cultivos Verticales.  
Elaboración: El autor



Figura 112: Funcionamiento de Sistema de Cultivos Verticales.  
Elaboración: El autor

La construcción de sistema Acupónico se realizó con un sistema de columnas y prefabricados de hormigón (0,04mx2,80m). Se aprovechó la construcción del muro de contención para que contenga un sistema de cultivos verticales que sirven para filtrar el agua de los peces que se van a ubicar en la cisterna de la base del muro.

#### 4.6.2. Construcción de vivienda en mampostería reforzada.



Figura 113: Limpieza del Terreno.  
Elaboración: El autor



Figura 114: Excavación de Cimentación.  
Elaboración: El autor



Figura 115: Vigas de Cimentación y Contrapiso.  
Elaboración: El autor



Figura 116: Armado de las Primeras filas de Mampostería Reforzada.  
Elaboración: El autor



Figura 117: Armado de esperas de Tubería para Instalación Eléctrica.  
Elaboración: El autor



Figura 118: Armado de Refuerzo Horizontal en Mampostería Reforzada.  
Elaboración: El autor



Figura 119: Mampostería Reforzada lista para armar las Vigas de amarre.  
Elaboración: El autor



Figura 120: Armado de Encofrado para Vigas de Amarre.  
Elaboración: El autor



Figura 121: Colocación de Armadura de Viga de amarre sobre Mampostería Reforzada.  
Elaboración: El autor



Figura 122: Colocación de Armadura de Viga de amarre sobre Encofrado.  
Elaboración: El autor



Figura 123: Armado de Vigas Metálicas para soporte de Placas Deck.  
Elaboración: El autor



Figura 124: Armado de malla y fundición de Novalosa.  
Elaboración: El autor



Figura 125: Novalosa terminada y con esperas de Hierro e instalaciones para el siguiente piso.  
Elaboración: El autor



Figura 126: Ducto y esperas de instalaciones sanitarias para el siguiente piso.  
Elaboración: El autor



Figura 127: Armado de Mampostería Reforzada en Primera Planta Alta.  
Elaboración: El autor



Figura 128: Armado de Grada en Acero Estructural y perfilera metálica.  
Elaboración: El autor



Figura 129: Grada en perfilera metálica con escalones de tablón de madera.  
Elaboración: El autor



Figura 130: Revestimiento de paredes y colocación de Porcelanato en pisos.  
Elaboración: El autor



Figura 131: Vista de Comedor Diario y Cocina.  
Elaboración: El autor

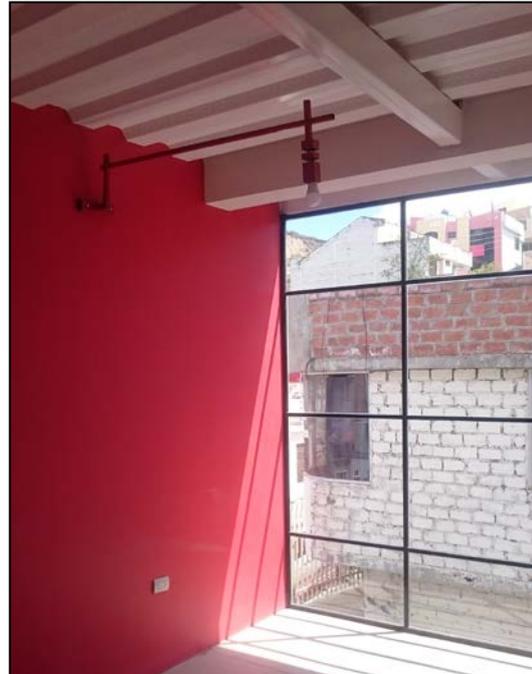


Figura 132: Vista de Dormitorio Terminado.  
Elaboración: El autor

Dentro de los aspectos más característicos a destacar en la construcción de la vivienda es la velocidad de ejecución de la misma, dado que no requiere el empleo de encofrados tanto para columnas como para losa.

#### **4.6.3. Acabados alternativos empleados en la vivienda.**

En la Vivienda se ha implementado algunos acabados en Ventanas, Puertas, Cielo Falsos e Iluminación. A continuación, se los detalla en imágenes:

### Ventanas



Figura 133: Armado en obra de Perfilera de hierro para ventanas.  
Elaboración: El autor



Figura 134: Ventana en perfilera de hierro y vidrio terminada.  
Elaboración: El autor

### Puertas



Figura 135: Armado en obra de puerta de madera con perfilera de hierro.  
Elaboración: El autor



Figura 136: Puerta de dormitorio terminada.  
Elaboración: El autor

### Cielo Falso con Perfilería Metálica y Madera



Figura 137: Perfilería metálica para colocación de cielo falso de madera.  
Elaboración: El autor



Figura 138: Cielo Falso de Madera y perfilería metálica terminado.  
Elaboración: El autor

### Placa Deck y Estructura Metálica Pintada



Figura 139: Placa Deck y estructura metálica sin acabado.  
Elaboración: El autor



Figura 140: Placa Deck y estructura metálica pintada con Pintura Anticorrosiva.  
Elaboración: El autor

## Iluminación



Figura 141: Detalle de Sistema de Iluminación I.  
Elaboración: El autor



Figura 142: Detalle de Sistema de Iluminación II.  
Elaboración: El autor



Figura 143: Detalle de Aprovechamiento de luz natural.  
Elaboración: El autor



Figura 144: Grandes ventanales para aprovechar la luz natural.  
Elaboración: El autor

## CONCLUSIONES.

- Al integrar las tecnologías antes mencionadas al hábitat humano; la vivienda se configura como una unidad autosuficiente (en la medida de lo posible) al mismo tiempo se constituye en una unidad productiva, capaz de gestionar eficiente e inteligentemente sus recursos y con ello generar beneficios ambientales y sociales.
- Mediante un continuo mejoramiento de la manera en que ubicamos, diseñamos, construimos, operamos y reacondicionamos los edificios, se puede elevar en forma considerable el bienestar del país. El uso de tecnologías avanzadas para el ahorro de energía, en edificios permite generar enormes reducciones en la demanda de combustibles fósiles y en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Asimismo, mejores prácticas de diseño y edificación pueden contribuir a enfrentar retos ambientales como el agotamiento de los recursos naturales, la eliminación de residuos y la contaminación de aire, agua y suelo, además de ayudar a obtener beneficios de salud humana y prosperidad
- La investigación en el desarrollo de materiales permite una actualización de la materialidad de los edificios, para mejorar los sistemas constructivos que durante siglos han llevado al desarrollo de una arquitectura basada en la transformación de los materiales encontrados de forma local. Ahora es el momento de la interacción entre disciplinas y tecnologías con el fin de producir soluciones que integren diferentes ámbitos de investigación.
- La presente tesis ha mostrado una serie de tecnologías que pueden ser usadas de forma práctica. Permitiendo de esta manera aprovechar recursos existentes y enfrentarse a las actuales problemáticas.
- Un gran porcentaje de profesionales vinculados a la arquitectura se enfocan únicamente en aspectos formales estéticos, sin darle la menor importancia a aspectos fundamentales como son el rendimiento energético y la sostenibilidad. Estos profesionales son indiferentes a las actuales problemáticas mundiales de pobreza y degradación ambiental.
- La vivienda propuesta gracias a sus refuerzos longitudinales y transversales en todas sus paredes no presenta fisuras luego de un año de su construcción. Incluso después del fuerte sismo que sacudió nuestro país el año en curso.

## RECOMENDACIONES.

- Las instituciones educativas deberían concientizar a las nuevas generaciones de los problemas ambientales que traen consigo algunas de las tecnologías comúnmente empleadas en la actualidad para saneamiento, dotación de agua, construcción, producción de alimentos, etc...
- En el marco político y tecnológico actual es incomprensible la pasividad de muchos arquitectos ante la desesperanzadora realidad de pobreza y degradación ambiental que nos envuelve. Es por ello que cualquier aportación en el terreno de la “arquitectura alternativa” respecto a la “arquitectura de moda” que se consume y se enseña actualmente en casi todas las Escuelas de Arquitectura, incluso la nuestra, es imprescindible para allanar el camino hacia, al menos, una hipotética igualdad en la distribución del conocimiento arquitectónico.
- Ante esta realidad de pobreza y degradación ambiental es necesario orientar la investigación y la praxis en la materialización de una “vivienda digna” que integre de forma práctica sistemas económicos y descentralizados de dotación de agua, energía, manejo de desechos e incluso la producción urbana de alimentos.
- Se recomienda que a nivel local las instituciones educativas vinculadas al campo de la construcción profundicen en el estudio de este tipo de construcción alternativa gracias a las potenciales ventajas que ofrece, como lo es su resistencia sísmica, fundamental en países como el nuestro.

## BIBLIOGRAFIA

- Arriaga, J. I. (2003). Energía y desarrollo sostenible.  
[www.energiasur.com/sustentabilidad/PerezArriagaEnergiaDesaSust.pdf](http://www.energiasur.com/sustentabilidad/PerezArriagaEnergiaDesaSust.pdf).
- Avendaño, V. (2004). *Propuesta para la implementación de Saneamiento ecológico en la ciudad de la Habana*. Alemania: Tesis de Maestría, Universidad de Ciencias Aplicadas de Colonia-FH, Alemania. Disponible en:  
<http://www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/es-saneamiento-ecologico-habana-2004.pdf>.
- Blanco, L. (2012). *¿Sanitarios secos, el futuro del presente o el presente del futuro?* Disponible en:  
[http://www.probicosl.com/index.php?Itemid=73&id=112&option=com\\_content&task=view](http://www.probicosl.com/index.php?Itemid=73&id=112&option=com_content&task=view).
- Buenfil, J. (s.f.). *Instrumentos Educativos para el Saneamiento Ecológico, Biofiltro*. Disponible en: <http://www.sarar-t.org/portal/indexFrames.php>.
- Caso, A. D. (1987). *La casa ecológica autosuficiente para climas templado y frío*. Mexico: Concepto S.A.
- Castillo, L. (2003). *Sanitario Ecológico Seco*. Disponible en:  
<http://www.zoomzap.com/techniques/SES-esp.php>.
- Córdova, A. (2000). *Programas de Saneamiento Seco a Gran Escala –Observaciones y Recomendaciones Preliminares de Experiencias Urbanas en México*. México: Disponible en: [www.gtz.de/en/dokumente/es-ecosan-nl03-2001.pdf](http://www.gtz.de/en/dokumente/es-ecosan-nl03-2001.pdf).
- Einstein, A. (s.f.). <http://www.proverbia.net/citasautor.asp?autor=327>.
- Esrey, S., Andersson, I., Hillers, A., & Sawyer, R. (2006). *Cerrando el ciclo, Saneamiento ecológico para la seguridad alimentaria*. Mexico: Sarar Transformación, S.C. Disponible en: <http://www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/es-cerrando-ciclo-seguridad-alimentaria-2001.pdf>.
- Fundación para la Investigación y el Desarrollo Ambiental. (2010). *Construcción de un baño seco*. Disponible en: <http://mioplanet.org/la-ruta-de-la-caca-posible-soluci%C3%B3n-construcci%C3%B3n-de-un-ba%C3%B1o-seco>.
- Fundación para la Investigación y el Desarrollo Ambiental. (2010). *En el cuarto de baño*. Disponible en [http://www.fida.es/02\\_portada/fida\\_educacion/agua/agua\\_bano.htm](http://www.fida.es/02_portada/fida_educacion/agua/agua_bano.htm).
- González Ortiz, H. (2001). *Caminos hacia lo alternativo dentro del Ambito Conceptual, Proyectual y Contextual de la Arquitectura*. Barceona: UNAM.

- Kestler, P. (2004). *Uso, reúso y reciclaje del agua residual en una vivienda*. Guatemala: Tesis de licenciatura, Universidad Rafael Landívar. Guatemala. Disponible en: [www.cepis.org.pe/bvsaar/fulltext/uso\\_reuso.pdf](http://www.cepis.org.pe/bvsaar/fulltext/uso_reuso.pdf) .
- Mas Guindal, A. (2005). *Eladio Dieste y la Cerámica Estructural en Uruguay*. España: ETSAM.
- Moreno, M. (16 de Octubre de 2008). Valoración económica del uso de tecnologías de saneamiento ecológico para aguas residuales domiciliarias. *Revista de la red iberoamericana de economía ecológica*.
- Narain, S. (28 de Febrero de 2002). Ecológicamente hablando, WC. ¡Ni pensarlo! . "Down to Earth", 10(19).
- Pia, F. (2005). *Huerta Orgánica Biointensiva*. Río Negro: CIESA.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional. (2008). *Perspectivas del medio ambiente urbano: GEO Loja*. Loja.
- Programa EcoSanRes, Instituto Ambiental de Estocolmo. (2004). *Lineamientos para el Uso de la Orina y de las Heces en la Producción de Cultivos*. Estocolmo: Disponible en: [www.ecosanres.org/spanish\\_publications.htm](http://www.ecosanres.org/spanish_publications.htm).
- Richert, A., Gensch, R., Jönsson, H., Stenström, T.-A., & Dagerskog, L. (2011). *Guía Práctica de Uso de la Orina*. Estocolmo: [www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org).
- Serrano Ramírez, P., & Solano Figueroa, F. (2015). *ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES EN LA OBRA*. Cuenca: UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- Sierra, J. (2006). *Tratamiento y reutilización de aguas grises en proyectos de vivienda de interés social*. Bogotá D.C.: Tesis de grado de Magister en ingeniería civil. Universidad de los Andes.
- UTPL. (2012). *Guía Didáctica: Cuencas Hidrográficas. Disponibilidad de agua en el Ecuador*. Loja: UTPL. Recuperado de: <http://www.utpl.edu.ec/eva/descargas/material/140/GAMAGAA19/G271001.pdf> (15 de Octubre del 2014).
- Winblad, U., Esrey, S., Gough, J., Rapaport, D., Sawyer, R., Simpson-Hébert, M., & Vargas, J. (1998). *Saneamiento ecológico*. México: Disponible en <http://www2.gtz.de/isis/internet/IsisSearch/Environment/Generated/EN/ecosan-gesamtliste.htm> .
- Winblan, U. (1992). *The productive homestead*. Botswana: SIDA.

**ANEXOS.**

1. Ensayo de compresión de bloques de hormigón.



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

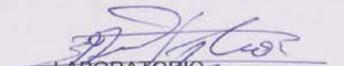
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

**PRUEBAS EN BLOQUES DE HORMIGÓN**

PROYECTO:	VIVIENDA AUTOSUFICIENTE			FECHA =	06-02-10
OBRA:	BLOQUES DE HORMIGÓN				
CONSTRUYE	ARQ. BYRON ORDOÑEZ				
FISCALIZA	ARQ. LUIS ORTEGA	DIMENCIO	39,00 cm.		15,00 cm.
UBICACIÓN:	LOJA				

REPORTE DE RESULTADOS

#	OBRA	FECHA FUNDICIÓN	TIEMPO DÍAS	FECHA ROTURA	LARGO cm.	ANCHO cm.	ÁREA cm <sup>2</sup>	CARGA Kg.	RESIST. Kg/cm <sup>2</sup>
1	BLOQUE 39x15x19	05-01-10	32	06-feb	39,00	15,00	585,00	48.300,0	118,38
2	BLOQUE 39x15x19	05-01-10	32	06-feb	39,00	15,00	585,00	46.740,0	115,71
3	BLOQUE 39x15x19	05-01-10	32	06-feb	39,00	15,00	585,00	44.240,0	111,44
4	BLOQUE 39x15x19	05-01-10	32	06-feb	39,00	15,00	585,00	42.140,0	110,75
5									
6									
7									
8									
9									
10									
<b>PROMEDIO</b>									<b>114,07</b>

  
LABORATORIO  
ING. DIEGO I. CASTILLO

CONSTRUYE  
ARQ. BYRON ORDOÑEZ

FISCALIZADOR  
ARQ. LUIS ORTEGA

**ESTSUELCON CIA. LTDA.**  
Estudios de Suelos, Laboratorio,  
Construcción y Consultoría  
Loja-Ecuador



## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

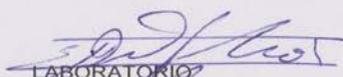
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

### PRUEBAS EN BLOQUES DE HORMIGÓN

PROYECTO:	VIVIENDA AUTOSUFICIENTE	FECHA =	10-04-15
OBRA:	BLOQUES DE HORMIGÓN		
CONSTRUYE	ARQ. BYRON ORDOÑEZ		
FISCALIZA	ARQ. LUIS ORTEGA	DIMENCIO	39,00 cm.
UBICACIÓN:	LOJA		20,00 cm.

#### REPORTE DE RESULTADOS

#	OBRA	FECHA INDICIÓN	TIEMPO DÍAS	FECHA ROTURA	LARGO cm.	ANCHO cm.	ÁREA cm <sup>2</sup>	CARGA Kg.	RESIST. Kg/cm <sup>2</sup>
1	BLOQUE 39x20x20,8	15-03-15	26	10-abr	39,00	20,00	780,00	54.440,0	131,33
2	BLOQUE 39x20x20,8	15-03-15	26	10-abr	39,00	20,00	780,00	52.020,0	141,05
3									
4									
5									
6									
PROMEDIO									136,19

  
LABORATORIO  
ING. DIEGO I. CASTILLO

CONSTRUYE  
ARQ. BYRON ORDOÑEZ

FISCALIZADOR  
ARQ. LUIS ORTEGA

**ESTSUELCON CIA. LTDA.**  
Estudios de Suelos, Laboratorio,  
Construcción y Consultoría  
Loja-Ecuador

2. Ensayo de compresión de mortero de hormigón.



**ESTSUELCON CIA. LTDA.**

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

**PRUEBAS EN BLOQUES DE HORMIGÓN**

PROYECTO:	VIVIENDA AUTOSUFICIENTE				FECHA =	10-04-15
OBRA:	BLOQUES DE HORMIGÓN					
CONSTRUYE:	ARQ. BYRON ORDOÑEZ			DIMENCIO	39,00 cm.	20,00 cm.
FISCALIZA:	ARQ. LUIS ORTEGA					
UBICACIÓN:	LOJA					

REPORTE DE RESULTADOS

#	OBRA	FECHA FUNDICIÓN	TIEMPO DÍAS	FECHA ROTURA	LARGO cm.	ANCHO cm.	ÁREA cm <sup>2</sup>	CARGA Kg.	RESIST. Kg/cm <sup>2</sup>
1	MORTERO 1	15-03-15	28	10-abr	5,00	5,00	25,00	4.090,00	133,04
2	MORTERO 2	15-03-15	28	10-abr	5,00	5,00	25,00	4.160,00	136,32
3	MORTERO 3	15-03-15	28	10-abr	5,00	5,00	25,00	4.120,00	130,54
4									
5									
6									
<b>PROMEDIO</b>									133,30



LABORATORIO  
ING. DIEGO I. CASTILLO

CONSTRUYE  
ARQ. BYRON ORDOÑEZ

FISCALIZADOR  
ARQ. LUIS ORTEGA

**ESTSUELCON CIA. LTDA.**  
Estudios de Suelos, Laboratorio  
Construcción y Consultoría  
Loja-Ecuador

3. Se incluirá en archivo digital la Norma Ecuatoriana de la Construcción en Mampostería Estructural (diciembre 2014).