



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

**ÁREA TÉCNICA**

**TÍTULO DE ARQUITECTO**

**Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo basado en gramáticas  
formales**

**TRABAJO DE TITULACIÓN.**

**AUTOR:** Piedra Rojas, Marco David

**DIRECTOR:** Burneo Valdivieso, Xavier Eduardo, Arq.

**LOJA – ECUADOR**

**2016**



*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, 2016*

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Arquitecto.

Xavier Eduardo Burneo Valdivieso.

### DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **“Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo basado en gramáticas formales”** realizado por Marco David Piedra Rojas, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, mayo de 2016

f).....

Xavier Eduardo Burneo Valdivieso, Arq.

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Marco David Piedra Rojas declaro ser autor del presente trabajo de titulación: **“Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo basado en gramáticas formales”**, de la Titulación de arquitectura, siendo Xavier Eduardo Burneo Valdivieso, Arq., 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 que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

Marco David Piedra Rojas

C.I: 1104622582

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación quiero dedicarlo con el mayor de los placeres a:

A mi más grande amor, mi hija Fátima Luciana.

Mis abuelos: Guillermina (+), Miguel (+), Segundo (+) y Elvia.

A mi amiga, compañera y madre, María de Fátima Bossle.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres y hermanos por su apoyo y confianza incondicionales en el transcurso de mi formación académica.

A mi director Arq. Xavier E. Burneo V., por tantos conocimientos compartidos.

A la Universidad Técnica Particular de Loja por albergarme en el seno de sus aulas.

A Jenny Ordoñez, compañera, amiga y consejera.

Al Arq. Miguel A. Rojas J., por ser un mentor y guía en el desarrollo de mi carrera.

Por tanto y por todo mil gracias.

## INDICE DE CONTENIDOS

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| CARATULA.....                                                           | i   |
| APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....                  | ii  |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....                        | iii |
| DEDICATORÍA.....                                                        | iv  |
| AGRADECIMIENTO.....                                                     | v   |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS.....                                               | vi  |
| RESUMEN.....                                                            | 1   |
| ABSTRACT.....                                                           | 2   |
| INTRODUCCIÓN.....                                                       | 3   |
| 1. VIVIENDA (FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA).....                               | 5   |
| 1.1. Introducción.....                                                  | 6   |
| 1.2. Vivienda (enfoque teórico y conceptos).....                        | 7   |
| 1.3. La vivienda como hábitat.....                                      | 8   |
| 1.4. Modulación en arquitectura.....                                    | 10  |
| 1.4.1. Modulación.....                                                  | 11  |
| 1.4.2. Módulo.....                                                      | 11  |
| 2. SISTEMAS PROGRESIVOS.....                                            | 14  |
| 2.1. Enfoques teóricos.....                                             | 15  |
| 2.2. La vivienda flexible (progresividad).....                          | 15  |
| 2.2.1. La flexibilidad y la adaptabilidad en la vivienda.....           | 16  |
| 2.2.2. Consideraciones arquitectónicas en los sistemas progresivos..... | 18  |
| 2.2.2.1. Transformabilidad.....                                         | 19  |
| 2.2.2.2. Flexibilidad.....                                              | 19  |
| 2.2.2.3. Diversidad.....                                                | 19  |
| 2.2.2.4. Variabilidad.....                                              | 20  |
| 2.3. Clasificación.....                                                 | 20  |
| 2.3.1. Primera clasificación.....                                       | 20  |
| 2.3.1.1. Progresividad Espontanea.....                                  | 20  |
| 2.3.1.2. Progresividad Asistida.....                                    | 21  |
| 2.3.2. Segunda clasificación.....                                       | 21  |
| 2.3.2.1. Progresividad hacia adentro o cuantitativa.....                | 21  |
| 2.3.2.2. Progresividad en extensión o cualitativa.....                  | 21  |
| 2.4. Modalidades de los sistemas progresivos.....                       | 21  |
| 2.4.1. Semilla.....                                                     | 22  |
| 2.4.2. Cascara.....                                                     | 22  |

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.3. Soporte.....                                                                  | 23 |
| 2.4.4. Mejorable.....                                                                | 23 |
| 3. GRAMÁTICAS FORMALES.....                                                          | 25 |
| 3.1. Introducción.....                                                               | 26 |
| 3.1.1. Noam Chomsky y las gramáticas (antecedentes).....                             | 26 |
| 3.1.1.1. <i>La gramática tradicional y la lingüística estructural</i> .....          | 26 |
| 3.1.1.2. <i>La gramática generativa y transformacional</i> .....                     | 27 |
| 3.1.1.3. <i>Planteamiento de Chomsky</i> .....                                       | 27 |
| 3.1.1.4. <i>Definiciones de la gramática de Chomsky</i> .....                        | 28 |
| 3.1.2. George Stiny y Jim Gips y las gramáticas formales.....                        | 29 |
| 3.1.2.1. Análisis de la gramática establecida por Stiny y Gips .....                 | 30 |
| 3.2. Enfoque teórico y definiciones.....                                             | 32 |
| 3.3. Las cinco etapas de un enfoque constructivista .....                            | 33 |
| 3.3.1. Vocabulario de formas.....                                                    | 34 |
| 3.3.2. Relaciones espaciales.....                                                    | 34 |
| 3.3.3. Reglas de la forma.....                                                       | 35 |
| 3.3.4. Forma inicial definida.....                                                   | 36 |
| 3.3.5. Gramática de la forma especificada.....                                       | 37 |
| 4. PROTOTIPO.....                                                                    | 38 |
| 4.1. Análisis de softwares para gramáticas formales.....                             | 39 |
| 4.1.1. Shaper2D.....                                                                 | 39 |
| 4.1.1.1. Análisis de la interfaz del software: Shaper2D.....                         | 39 |
| 4.1.1.2. Ejercicios de aplicación.....                                               | 40 |
| 4.1.1.3. Observaciones.....                                                          | 45 |
| 4.1.2. Shape Grammar Interpreter (SGI).....                                          | 45 |
| 4.1.2.1. Análisis de la interfaz del software: Shape Grammar Interpreter (SGI).....  | 46 |
| 4.1.2.2. Ejercicios de aplicación.....                                               | 49 |
| 4.1.2.3. Observaciones.....                                                          | 55 |
| 4.2. Experimentación de diseño de anteproyectos arquitectónicos.....                 | 56 |
| 4.2.1. Ejercicios de experimentación.....                                            | 56 |
| 4.2.2. Conclusiones.....                                                             | 60 |
| 4.3. Especificaciones para el prototipo.....                                         | 60 |
| 4.3.1. Análisis de crecimiento de la vivienda.....                                   | 60 |
| 4.3.1.1. <i>Las edades de la familia / ciclo vital de la familia</i> .....           | 60 |
| 4.3.1.2. <i>La familia nuclear como determinante de cambios en la vivienda</i> ..... | 62 |
| 4.3.2. Elección del tipo de progresividad.....                                       | 65 |
| 4.4. Estudio de referentes .....                                                     | 67 |



|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.4.1. Las villas de Palladio.....                                | 67  |
| 4.4.2. Nakagin Capsule Tower (Torre cápsula).....                 | 68  |
| 4.4.3. Micro-house (micro-casa).....                              | 71  |
| 4.4.4. Análisis de la Quinta Monroy (ELEMENTAL).....              | 73  |
| 4.5. Metodología.....                                             | 76  |
| 4.5.1. Proceso de diseño a través de gramáticas formales.....     | 77  |
| 4.6. Diseño del prototipo.....                                    | 82  |
| 4.6.1. Partido arquitectónico y concepto.....                     | 83  |
| 4.6.2. Justificación del proyecto arquitectónico.....             | 84  |
| 4.6.3. Elección de los módulos.....                               | 85  |
| 4.6.4. Adaptación de las gramáticas establecidas al proyecto..... | 85  |
| 4.6.5. Planos arquitectónicos.....                                | 86  |
| 4.6.6. Análisis cualitativo del proyecto.....                     | 101 |
| CONCLUSIONES.....                                                 | 106 |
| RECOMENDACIONES.....                                              | 107 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                                 | 108 |
| ANEXOS.....                                                       | 111 |



## RESUMEN

El presente trabajado investigativo se desarrolla en la teoría y práctica de las gramáticas formales, establecidas por Stiny y Gips, quienes basaron su teoría en el estudio de Noam Chomsky sobre la lingüística para establecer un sistema de diseño capaz de generar formas que puedan llegar a determinar un proyecto de arte (escultura o pintura) y que luego se trasladarían al estudio de la arquitectura y su aplicación en este medio; por cuanto se pretende establecer un lenguaje formal capaz de adaptarse a un sistema progresivo para un tipo de vivienda unifamiliar evolutiva, capaz de poder transformarse con el paso del tiempo.

A este proyecto se suman fundamentaciones teóricas sobre la vivienda progresiva así como, los modos de habitar y la modulación en la arquitectura como base de información y de normas para poder considerarlas en el proyecto arquitectónico, así también en el desarrollo del prototipo se considera las características de una familia promedio o tipo, desarrollando un análisis de su evolución y vinculándolo directamente con el crecimiento espacial de la vivienda.

**Palabra clave:** vivienda progresiva, gramáticas formales, modulación.

## **ABSTRACT**

This worked research takes place in the theory and practice of formal grammars, established by Stiny and Gips, who based if theory in the study of Noam Chomsky on language to establish a design system capable of generating forms that can get to determine an art project (sculpture or painting) and then be moved to the study of architecture and its application in this environment; because it is intended to establish a formal language capable of adapting to a progressive system for a type of evolutionary, able to transform over time family home.

In this project theoretical foundations on progressive housing, ways of living and modulation architecture as the basis of information and rules to consider in the final architectural project add up, so in the development of the prototype is considered the characteristics of average or type to be used as shown by developing an analysis of its evolution and linking it directly with the space housing growth, considering her increasing family members and how this affects the need for new space family; in addition, the characteristics of these spaces that are unique to each age.

**Keywords:** progressive housing, formal grammars, modulation.

## INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de titulación se refiere al tema de la vivienda estática, que se puede definir como aquella vivienda que condiciona al hombre (usuario) a adaptarse a esta, obviando las necesidades del mismo en cuanto a progresividad, por cuanto se puede evidenciar que la vivienda no está pensada desde el punto de vista de una posible expansión a futuro de la familia.

La característica principal de este tipo de vivienda es que está concebida o planificada desde un principio como viviendas terminadas donde la intervención del usuario se ve limitada en cuanto a usos de espacios y dinamización de los mismos.

Para analizar esta problemática es necesario de mencionar sus causas. Una de ellas son ciertas consideraciones de diseño que limitan estos procesos de adaptación de los espacios, evidenciando la carencia de modulación en la organización de la vivienda para ampliar las posibilidades de uso, considerando que las necesidades del usuario son cambiantes con el paso el tiempo.

Limitaciones dentro de los aspectos técnico-constructivos que no admiten cambios o que hacen que las ampliaciones generen mucho más gasto energético del necesario.

Una evidente desconsideración de la capacidad del usuario de apoderarse de aquel espacio que el mismo diseño para su planificación, por cuanto queda exento de la participación dentro del proyecto como interventor del mismo a futuro.

Profundizar la indagación desde la perspectiva del diseño arquitectónico, fue el interés académico de este trabajo de titulación valiéndose del estudio de las gramáticas formales como herramienta de producción de formas y de posibilidad de organización de espacios.

En el marco de la teoría de la arquitectura habitacional, la investigación se desarrolla a partir del estudio de bibliografía con información disponible sobre conceptos básico de vivienda, hábitat, flexibilidad y adaptabilidad y esencialmente de la teoría de las gramáticas formales para la obtención de un determinado concepto de diseño.

Además de esto una de las herramientas prácticas como parte de la investigación ha sido el análisis de referentes de casos en los cuales se han aplicado las gramáticas formales en un proyecto arquitectónicas, así como proyectos en los que se ve reflejada la vivienda progresiva como tal.

Para un entendimiento más claro de los alcances de este trabajo de titulación se presenta a continuación los objetivos que rigen el mismo:

*El desarrollo de un prototipo de sistema progresivo modular, usando métodos de diseño basados en las gramáticas formales.* Del cual derivan objetivos específicos tales como:

**1)** *analizar los procesos de diseño basados en gramáticas formales con el fin de establecer una metodología de proyección,*

**2) estudiar los procesos de crecimiento de la familia y como estos se vinculan con el carácter evolutivo de la vivienda, y**

**3) diseñar un prototipo de sistema progresivo modular a través de gramáticas formales capaz de acondicionarse a los cambios que el crecimiento de la familia determine.**

Así pues el presente trabajo investigativo procura responder y aportar información a la comunidad de la arquitectura en relación a la siguiente pregunta: ¿Qué ventajas y desventajas trae consigo una vivienda progresiva diseñada a través de gramáticas formales como respuesta a la necesidad de vivienda en la actualidad? La pregunta de investigación planteada busca la relación entre las siguientes variables: 1) los modos de habitar que debe albergar una vivienda en nuestra actualidad, 2) el impacto que estos modos de habitar generan en la vivienda como un elemento construido, y, 3) la aplicación de procesos de diseño basados en gramáticas formales para obtener modulaciones espaciales.

En función de las consideraciones anteriores, el presente trabajo de fin de titulación (TFT) está compuesta por cuatro capítulos, especificados en el siguiente orden:

El *Capítulo I*, presenta la fundamentación teórica sobre la vivienda, y además de ello un análisis de las formas de habitar que para el desarrollo de esta investigación son de vital importancia y que aportan datos para el proceso de diseño, reforzado con el estudio de la modulación en la arquitectura.

En el *Capítulo II*, se abordan aspectos teóricos relacionados con los sistemas progresivos. En primer orden se hace un análisis de flexibilidad de la vivienda y sus características para luego establecer una clasificación de los tipos de progresividad que posiblemente se apliquen al proyecto experimental.

En el *Capítulo III*, se hace un análisis teórico de las gramáticas formales determinadas por George Stiny y Jim Gips; además el análisis de las etapas de diseño a través de las gramáticas formales.

Por último se presenta el *Capítulo IV*, de tipo propositivo en el cual se hace un análisis de dos softwares básicos para la producción de gramáticas formales; fortalecido a través de un taller realizado con estudiantes (pasantes) de arquitectura; se establecen algunos referentes de proyecto y el estudio de la gramáticas establecidas en los mismos proyectos; *cuarto*, se establece una metodología de diseño basada en las gramáticas formales para finalmente comenzar a diseñar el prototipo.

Por último se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo investigativo, así como los anexos que son parte de la documentación complementaria para un mejor entendimiento de la parte proyectual de la investigación.

**CAPÍTULO I**  
**VIVIENDA (FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA)**

## 1. Vivienda (Fundamentación Teórica)

### 1.1. Introducción.

La necesidad de refugio ha sido una de las exigencias primordiales en la vida del hombre, desde tiempos inmemoriales, esta necesidad se ha ido transformando consecuentemente con la evolución de las sociedades, las culturas, las políticas y el hombre mismo, sin embargo, la necesidad de refugio sigue siendo la misma (proteger al hombre de la intemperie), esto por lo tanto establece que, lo que irá transformándose en el paso del tiempo serán las maneras de proyectar una vivienda, mas no el sentido de protección (refugio), y estas maneras de proyectar serán definidas por varios factores que las formas de habitar exigen.



Figura 1: Refugio Neandertal

Fuente:

[http://media.lavozdegalicia.es/default/2009/10/18/0012\\_2641230/Foto/m18c4f2.jpg](http://media.lavozdegalicia.es/default/2009/10/18/0012_2641230/Foto/m18c4f2.jpg)

En relación con lo anterior descrito se considera que las condicionantes que establecen las maneras de proyectar una vivienda son básicas, tanto que nuestros ancestros las entendían a la perfección, por aquel instinto natural o sentido común que se desarrolló debido a sus maneras de vivir. Por ende entendemos entonces que se hace necesario comprender estos factores para la proyección de la vivienda:

- El entorno,
- Las tecnologías disponibles,
- Los materiales disponibles, y
- La mano de obra.

Todo esto tiene un fin, y a este lo denominamos: economía. Desde el punto del aprovechamiento de aquello que se tiene a la mano, y que por ende es mucho más fácil de obtener.



La arquitectura por lo tanto deberá obedecer aquellos estilos de vida, que son individuales de cada cultura, esto envuelve características socioculturales que se mantienen en el tiempo. Por esto la arquitectura no puede pretender establecer modelos universales de vivienda. Sin embargo, no puede dejarse de lado los avances tecnológicos como parte de un proyecto arquitectónico, ya que son propios del desarrollo de las sociedades y que se han convertido en fuertes herramientas que ayudan a suplir de manera eficaz las exigencias de los usuarios, y permitirnos desarrollar los proyectos en tiempos más cortos y con un grado de complejidad mayor.

### 1.2. **Vivienda (enfoque teórico y conceptos).**

*“La vivienda es el espacio donde principalmente encontramos nuestra privacidad y donde desarrollamos una parte importante de las actividades básicas de nuestro quehacer cotidiano”. (Morales Soler, 2012)*

Luego de lo expuesto entonces, consideramos por vivienda: a aquel espacio propicio para el desarrollo de variadas actividades, unas concretas como: comer y dormir; y otras habituales como: leer y jugar. Teniendo en cuenta por lo tanto que parte de estas actividades determinaran los estilos o formas de habitar, que son únicos para cada caso, lo cual puede ser un factor que arrastre consigo condiciones para la realización de un proyecto de vivienda, sumado a esto, está la configuración de la familia (número de integrantes y edades de los mismos) en donde, ciertos individuos desarrollan más actividades concretas o habituales dependiendo de las edades, *“cada edad tiene sus exigencias no solo físicas, sino psíquicas, espirituales y culturales; y es muy deseable que la familia pueda adaptar la vivienda a sus sueños”*, Araujo , & Garitaonaindía (1996), este enfoque denota que el arquitecto deberá desarrollar sus proyectos de vivienda considerando el funcionamiento de una familia, y por funcionamiento se entiende a los cambios propios de la edad, inclinaciones culturales, sociales, económicas y hasta políticas que se presentan en este ecosistema (vivienda).

Por lo tanto la vivienda actual, la vivienda de nuestra época, debe tener consideraciones especiales en cuanto a la configuración de los espacios, ya que de ello dependerá que su utilidad sea la óptima, deberá organizar la vida del hombre y mejorar la calidad de vida del mismo.

Por otro lado se hace necesario para el desarrollo de esta investigación, entender y tener claro el concepto de vivienda, y las teorías o enfoques de varios autores sobre el tema:

Según la Real Academia Española *“es un lugar cerrado y cubierto construido para ser habitado por personas”*.

Según Le Corbusier (1965): “la casa ha sido siempre la indispensable y primera herramienta que se ha forjado, una casa es una máquina de habitar: baños, sol, agua caliente, agua fría, temperatura a voluntad, conservación de los alimentos, higiene, belleza mediante la proporción”.

Según Morales Soler (2012): “La vivienda es el espacio donde principalmente encontramos nuestra privacidad y donde desarrollamos una parte importante de las actividades básicas de nuestro quehacer cotidiano”

Se define entonces como vivienda: al lugar adecuado (casa) con espacios necesarios, suficientes y eficientes, para el desarrollo eficaz de las actividades de un hogar (familia).

Estas definiciones por lo tanto nos incitan a indagar en la diferenciación entre: *vivienda*, *casa* y *hogar*. Para lo cual establecemos lo siguiente:

Denominamos a la **vivienda** como el hábitat, entonces será el conjunto formado por una casa (refugio) y sus habitantes (familia/hogar); la **casa** constituye por lo tanto el elemento construido (conjuntos de elementos estructurales y de cerramientos) capaz de albergar una familia; y, a la **familia** como el conjunto de habitantes que desarrollan sus actividades diarias en uno o varios espacios configurados para sus fines.

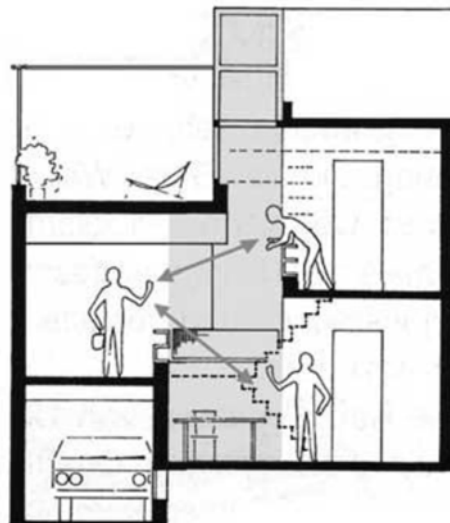


Figura 2: Actividad dentro de una vivienda

Fuente:

<http://www.middelkooparchitecten.nl/diagoo-nwoningen.html>

### 1.3. La vivienda como hábitat.

La vivienda como hábitat, hace referencia esencialmente a los cambios socioculturales que se han generado como producto de varios factores exógenos a los de una cultura, que en este caso denominaremos fenómenos, estos según Sarquis, (2011) son: “la globalización, la internacionalización de la economía y el acelerado desarrollo tecnológico”, por lo tanto, esto

genera cambios en las maneras de vivir (habitar) que son únicas para cada caso (cultura). En consecuencia con esto consideramos que el núcleo familiar se configura por una madre y/o padre que trabaja, e hijos que estudian, juegan y desarrollan actividades extras; cambiando por completo aquella connotación de vivienda ancestral, donde, el trabajo solía hacerse en casa, la madre atendía la misma todo el día, y por ende las horas de estancia (habitar) en casa eran mayores, esto sin embargo cambió a causa de importantes hechos como la liberación femenina e igualada de género que inmiscuyen a la madre en el ámbito laboral, misma que, como ya se mencionó le dio a la mujer la capacidad de ser reconocida ante la sociedad como una figura igual a la del hombre, en esencia la mujer se traslada de la casa a la ciudad y consigue un papel reconocido dentro de la sociedad más allá del de ama de casa (aspectos sociales, políticos y laborales principalmente), que reconfiguran las actividades que puedan desarrollarse en un vivienda. Por ende la arquitectura debe pretender abrir sus ojos a los nuevos conceptos de vivir, a los **hábitos**, que los fenómenos anteriormente mencionados han fundado en las sociedades actuales, y que, por condiciones de desarrollo y evolución irán sumándose, teniendo en cuenta que, constantemente y con el paso del tiempo nos estaremos enfrentando a nuevas maneras de habitar, Le Corbusier afirma que el arquitecto deberá *“adecuar la arquitectura a las formas de vida contemporáneas de los hombres de cada tiempo histórico y de cada lugar de la tierra”*. Sarquis, (2011)

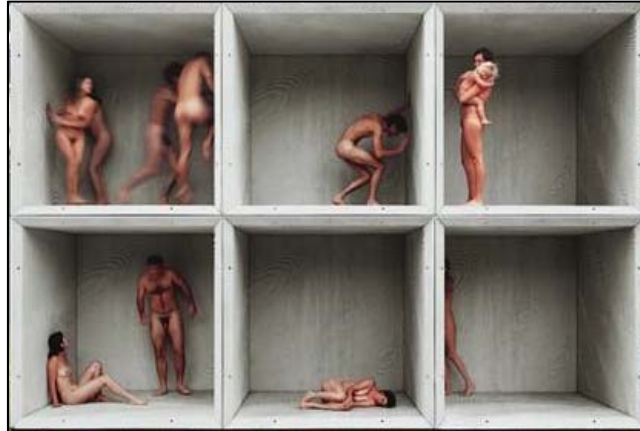


Figura 3: La vivienda como hábitat según Jorge Sarquis  
Fuente: Sarquis, J. (2011) Arquitectura y modos de habitar.

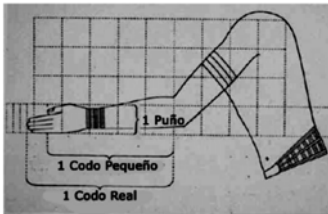
Los hábitos por lo tanto son la esencia de la vivienda, entendiendo a los hábitos como:  
Un principio de habitación, donde juega un papel importante el usuario, que debe habituarse a un determinado número de fenómenos endógenos y exógenos de la casa, esto, es a lo que denominamos costumbres, actividades habituales que consiguen determinar patrones de comportamiento, y que de una u otra forma son parte de un espacio de la vivienda.

#### 1.4. Modulaci3n en arquitectura.

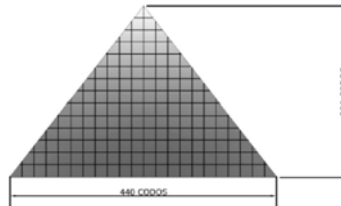
El arte de proyectar la arquitectura, ha tenido siempre en consideraci3n las posibilidades de ajustarse a las necesidades del hombre; esto no es reciente, y tampoco ha nacido con los arquitectos; sin embargo, han sido estos quienes han profundizado en el tema, afines al hecho de concebir lugares que sigan adapt3ndose de mejor manera a las medidas del hombre como referente de proporciones. Resulta oportuno, citar a Le Corbusier, quien, en su estudio de **él modulator** analiza las construcciones de las civilizaciones ancestrales, quienes han considerado adecuado el uso de una medida que estandarice sus construcciones, as3 pues,

*“los Partenones, los templos indios y la catedrales se construyeron seg3n medidas precisas que constitu3an un c3digo, un sistema coherente que afirmaba una unidad esencial. M3s aun; el salvaje de todos los tiempos y d de todos los lugares, el transmisor de las altas civilizaciones, el egipcio, el caldeo, el griego, etc., han construido y por consiguiente medido. ¿De qu3 instrumento dispusieron? De instrumentos eternos y permanentes, de instrumentos precisos puesto que est3n adscritos a la persona humana, instrumentos que ten3a un nombre: codo, dedo, pulgada, pie, brazo, palmo, etc.” (Caporioni, Gerlatti, Tenca-Montini, 1971)*

Medida egipcia (codo o cubito)



Pir3mide egipcia medida en codos



Hombre egipcio medido en codos



Figura 4: Sistema de medida de la civilizaci3n egipcia

Fuente: Mena Altamirano, M. J. (2009). El diseño modular en la construcci3n: Fundamentos Te3ricos aplicados a la Vivienda

En el ejemplo anterior descrito; correspondiente a las im3genes (*ver figura 4*), podemos evidenciar, como se hac3a necesaria una normalizaci3n de la medida, estableciendo de esta manera un est3ndar, y no se configuraba como algo arbitrario, sino m3s bien como un orden, que formaba parte de un estilo o forma de hacer las cosas en un determinado tiempo y lugar. A esta normalizaci3n se denomina modulaci3n, puesto que manifiesta el uso de una medida b3sica (m3dulo), misma que se repite las veces necesarias para conseguir un determinado elemento.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, se hace imprescindible el estudio de la modulaci3n, considerando que la industrializaci3n, y la estandarizaci3n forman parte de los procesos constructivos actuales, y por ende, del diseño en el mundo de la arquitectura.

#### 1.4.1. **Modulación.**

Dentro del estudio de la modulación, se hace inevitablemente necesario el estudio del módulo, comprendido este como una unidad básica de la cual deriva la modulación; esto en vista de que, existen muchos más enfoques teóricos sobre el modulo como medida que de la modulación en sí. Sin embargo, se pretende asentar el concepto de modulación para esta investigación, considerando el uso posterior de esta como parte de una etapa de producción de una propuesta.

*“La modulación es la relación de las partes frente a una unidad” (Alonso, J. 2000), a esto se añade el concepto de la proporción que se determina como la relación de las partes entre sí y con su totalidad; donde evidentemente, la proporción hace referencia a la adecuado uso de una determinada modulación.*

La modulación proviene de la palabra módulo, por ende, se entiende como modulación al uso lógico y organizado de un determinado módulo, para proporcionar un objeto, dicho módulo está sujeto a una medida y al mismo tiempo a una unidad; el mismo que puede repetirse el número de veces deseado con el propósito que establezca el técnico, en este caso el arquitecto.

Resulta oportuno mencionar el modulator de Le Corbusier (figura 5, pág.12), canon de medidas basadas en el hombre; que empleó en sus obras. Este estudio de medidas ha conseguido llegar a nuestra época con una utilidad magnífica, de la cual podemos concluir que el uso de un módulo (medida estándar), coadyuva en la elaboración de determinados diseños tanto arquitectónicos como industriales, así pues Le Corbusier (1979) menciona que *“el Modulor opera con medidas “apreciadas” (fenómeno activo). Todo problema que un cliente plantee a su arquitecto, lo hará con las numeraciones usuales: el metro o el pie, etc., es decir expresado en cifras (fenómeno pasivo)”*.

#### 1.4.2. **Módulo.**

La arquitectura actual ha de servirse de estándares y normas, que le permitan acelerar los procesos constructivos desde un punto anterior que es el diseño; mismo que, ha de ajustarse a una medida o magnitud que a pos pueda convertirse en una célula, misma que repetida consiga la formación integral y completa de un cuerpo arquitectónico del tipo que fuera.

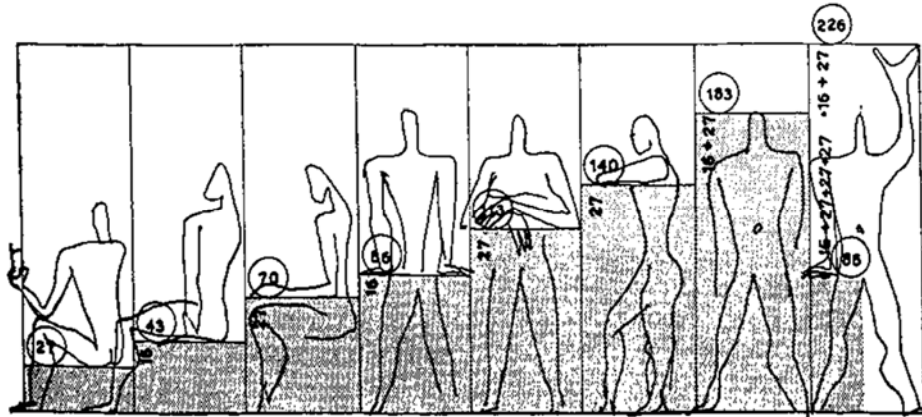


Figura 5: Modulor de Le Corbusier.

Fuente: <http://miquelmartindesign.com/blog/wp-content/uploads/2011/01/figure13.jpg>

Después de lo anterior expuesto, hemos de hacer valido el estudio sobre la coordinación modular de Caporioni, Gerlatti, Tenca-Montini, (1971), en el cual menciona que el módulo

*“contiene dos conceptos distintos: el de unidad de medida y el de factor numérico. Como **unidad de medida** forma parte del vocabulario arquitectónico desde el periodo helénico; desde entonces posee una función estética de particular importancia, encontrándosele introducido como portador de armonía en la construcción y como regulador de las proporciones de las distintas partes de la misma. Comúnmente, derivaba de una parte específica de la construcción; en la mayoría de los casos era el radio de la columna próximo a la base; en consecuencia, variaba de edificio a edificio; y, como **factor numérico**, fija una norma que sirve para coordinar los números o las dimensiones. En el caso de la serie geométrica, representa la razón de la progresión. En esta concepción del módulo, como factor de multiplicación, se halla incluida la ya mencionada escala <<modulor>> de Le Corbusier”.*

Sobre la base de las consideraciones anteriores, podemos entonces definir al módulo como: una unidad lógica con características únicas; misma que puede organizarse de manera compleja, hasta el punto de construir configuraciones espaciales organizacionales, que funcionan como guía dentro de los aspectos de obtención de un diseño y que regulan la construcción de un determinado objeto arquitectónico, estableciendo con ello una normalización y estandarización que rijan el proyecto en su totalidad.

Hecha la observación anterior, no podemos dejar de considerar las propiedades del módulo como unidad, estas características

*“deben diferenciarse y entenderse para la comprensión de la coordinación modular; siendo estas: la **dimensión**, que se define como la extensión del cuerpo; la **unidad de medida**, expresada en un patrón o sistema como las pulgadas o centímetros; y, el **número**, entendido como la magnitud”. (Caporioni, Gerlatti, Tenca-Montini, 1971),*

En función de esto podemos citar como ejemplo un módulo cuadrado de  $1\text{m}^2$  (ver figura 6), donde la **dimensión** se entiende como aquello que podemos observar a simple vista (cuerpo), la *unidad de medida* para este caso el **metro** y el **número 1** por cada lado del cuadrado establecido.

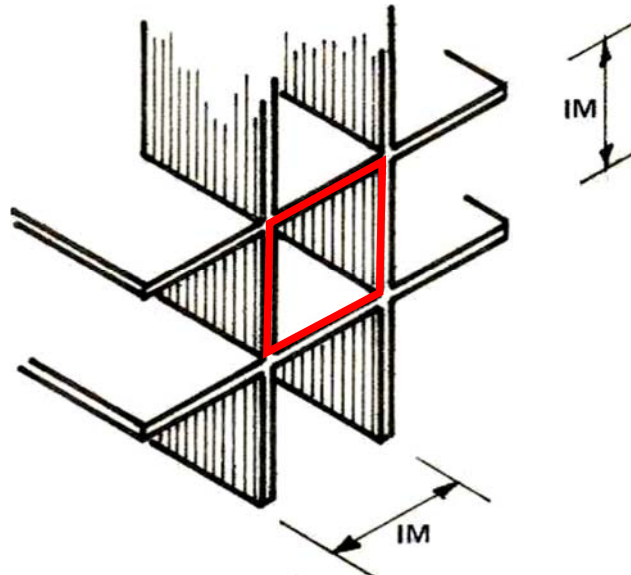


Figura 6: Módulo con sus características.  
Fuente: Norma INEN 308, 1977-07.

**CAPÍTULO II**  
**SISTEMAS PROGRESIVOS**



## 2. Sistemas progresivos

### 2.1. Enfoques teóricos.

Las maneras actuales de habitar, vinculadas a la globalización y al intercambio cultural generado por factores sociales y tecnológicos, promueven el hecho de reformular el diseño de la vivienda, para que esta sea capaz de ajustarse a los cambios que continuamente se van originando en el núcleo familiar. Es decir que esta sea flexible, y que por esto sea capaz de admitir modificaciones en su configuración tanto funcional como espacialmente; adentrándonos en este contexto, Schneider, T., y Till J, (2005), sostienen que

*“la vivienda flexible tiene el potencial de alentar a los usuarios a expresar su concepto de la vida, porque lo acepta la sociedad - en una macro escala hacia arriba y hacia abajo en una micro escala - no es un modelo estático, pero entiende el cambio como condición previa, es progresividad que se promueve en lugar de estancamiento”.*

Por las consideraciones anteriores se hace necesario entender a la progresividad y que tipos existen, la manera en que funcionan y como pueden ser aplicados; Gelabert Abreu, D. y González Couret, D. (2013) establecen en sus enfoques teóricos sobre la progresividad que, los tipos de progresividad pueden ser:

- **Progresividad espontánea y,**
- **progresividad asistida**

Primera clasificación que estaría atendiendo al control y manera de ejecución de la vivienda; y en:

- **Progresividad hacia dentro o cuantitativa y,**
- **Progresividad en extensión o cualitativa**

Segunda clasificación que estaría atendiendo los procesos de evolución de la vivienda.

### 2.2. La vivienda flexible (progresividad).

*“Una vivienda estática, con tipologías poco susceptibles a transformaciones porque no está concebida desde ese punto de vista ni funcional, ni constructivamente, se contrapone desde el mercado a una realidad social dinámica y de diversidad”. Sarquis, (2011). (p. 75)*

La vivienda en la actualidad debería configurarse como un sistema; uno evolutivo, que pueda adaptarse a las necesidades de los usuarios y que su diseño surja de la planificación adecuada de los espacios necesarios, así como las consideraciones formales que no se eximen, considerando que, serán regidas por las tecnologías existentes o que puedan desarrollarse; y del conocimiento oportuno del crecimiento del núcleo familiar; ya que, constantemente y con el paso del tiempo la vivienda es la que debe enfrentarse a cambios socio culturales que son propios de cada familia, pero que pueden manifestarse de distintas

maneras por la diferencia de edades de los integrantes de dicho núcleo (padres, hijos mayores, hijos menores), lo que realmente es importante en el proceso de estos cambios es el cambio físico de los usuarios o habitantes de un hábitat establecido (vivienda en nuestro caso), cambios físicos propios de la biología del hombre que por lógica demandan de cambios en la vivienda por cuestiones antropométricas y ergonómicas, que el proyectista no puede obviar, Montaner y Muxí, (2010), sostienen que

*“la vivienda ha de proyectarse con respuestas de máxima ambigüedad y versatilidad funcional, de manera que pueda cobijar la enorme variedad de modos de vida y permitir una mayor capacidad de transformación, con costes mínimos, tanto económicos como técnicos, (...) por lo tanto es un espacio que garantiza el correcto desarrollo de la vida grupal e individual de las personas. Dicho espacio ha de permitir modificaciones y adecuaciones según los cambios de los modos de vida de las personas que lo habitan”.*

El constante cambio mencionado sugiere a los usuarios establecer mejoras en su vivienda, adaptaciones que el usuario implanta en determinados instantes de su ciclo de vida (evolución del espacio físico), Habraken, (1979), en su libro *“El diseño de soportes”* sugiere que estas mejoras son explicadas por la *“necesidad de identificación, que por sí sola estimula algunas alteraciones, pero, además, estilos de vida cambiantes, causados por contactos con otras culturas, nuevas ideas acerca del ser humano y la sociedad y la disponibilidad de nuevas tecnologías”*, Montaner y Muxí, (2010), en favor de esta posición enuncian que

*“la vivienda debe concebirse como germen de núcleo familiar o de convivencia, pensada para albergar y satisfacer las necesidades de dos personas, con el horizonte de que pueda modificar su composición con la incorporación de otra persona (descendientes, familiar o invitado) o que pueda incorporar espacios productivos sin entorpecer las tareas reproductivas propias, es decir, una vivienda que se adecúe a diferentes grupos y necesidades”.*

La justificación de la necesidad de una vivienda flexible y adaptable, se hace notar en el hecho de que una vivienda debe ser capaz de admitir cambios, mismos que pueden ser: *“estructurales, formales y funcionales, por tanto las características de flexibilidad y adaptabilidad se verán reflejadas por las nuevas necesidades y posibilidad de generar las transformaciones necesarias”*. Sarquis, (2011), y en este mismo sentido y orden Habraken, (1979) plantea tres principios en el diseño de soportes donde

*“1) cada unidad de vivienda en un soporte debe permitir un número de diferentes distribuciones; 2) ha de ser posible cambiar la superficie de la planta, bien por la construcción adicional o por cambio de los límites de las unidades dentro del soporte; y 3) los soportes o parte de un soporte tienen que ser adaptables a funciones no residenciales”*

En los marcos de las observaciones anteriores se hace necesario establecer el concepto de flexibilidad, así como el concepto de adaptabilidad; y por ende la relación existente entre estos dos términos en cuanto al tema de vivienda, y como consideraciones primordiales en el desarrollo del tema de progresividad como factor principal del fenómeno de la evolución de la vivienda.

### 2.2.1. La flexibilidad y la adaptabilidad en la vivienda progresiva.

En tema de progresividad en la vivienda es imperante hacer referencia a la conceptualización, tanto de la flexibilidad, así como de la adaptabilidad; por tanto que son propiedades o características físicas propias de los sistemas progresivos.

**La flexibilidad** según la Real Academia de la Lengua Española (2015), se define como: *cualidad de flexible*, y obedeciendo a esto hacemos referencia a la flexibilidad en tema de vivienda como *objeto susceptible de cambios o variaciones según las circunstancias o necesidades*; Morales Soler, et al (2012), deja en claro su enfoque sobre la flexibilidad en la vivienda considerándola como “*una característica que le permite adaptarse a lo largo de su ciclo de vida a los cambios de las necesidades y los requerimientos de las personas usuarias y de su entorno*”; y en este mismo sentido Schneider, y Till (2005), sostienen que: “*la vivienda flexible significa que la vivienda puede adaptarse a las necesidades cambiantes de los usuarios*”, y hacen énfasis en el concepto de flexibilidad y su diferenciación con respecto a la adaptabilidad mencionando que

*“la categoría flexible en su definición es más amplia que lo que pueda significar vivienda adaptable y que el grado de flexibilidad está determinado de dos maneras: en primer lugar, por la posibilidad de adaptabilidad embebida en la construcción definida como “capaz de diferentes usos sociales” y en segundo lugar por la posibilidad de flexibilidad, definida como “capaz de diferentes configuraciones físicas”*

Por otro lado y haciendo referencia al diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2015) se define a la **adaptabilidad** como *la cualidad de adaptable*, en este caso el espacio es *capaz de ser adaptado*, es decir que se puede ajustar o acomodar de acuerdo a un requerimiento <<configuración>>., ante esto Montaner y Muxí (2010), por otro lado conceptualizan a la adaptabilidad como la “*capacidad de adecuarse a diferentes situaciones familiares en el tiempo y diferentes agrupaciones entre personas, (...) La capacidad de adaptabilidad de la vivienda es un factor básico de sostenibilidad*”. Por otro lado Morales Soler, et al (2012), establecen dos reflexiones sobre la adaptabilidad y puntualizan que en un punto “*la adaptabilidad es posibilidad de uso. Con esto quiere decir que la posibilidad de adaptabilidad física y la posibilidad de usar esa adaptabilidad, son dos cosas distintas. La adaptabilidad no es sólo un factor físico, sino también una cuestión de conocimiento y gestión*”

y en otro, *“la adaptabilidad como proceso debe aparecer desde la fase de programación y se puede aplicar en las fases de diseño y proyecto, construcción, uso y rehabilitación”*.

Concluyendo por lo tanto que la flexibilidad hace referencia a una gama amplia de posibilidades de habitación, la capacidad física del edificio o elemento construido para admitir diferentes cambios, transformaciones eficientes para un nuevo uso, y por otro lado la adaptabilidad hace referencia a los modos de habitar que son cambiantes en la vida del ser humano, capacidad de un espacio para adaptarse a las necesidades de un usuario y no al contrario, puesto que el usuario puede establecer reglas de uso y de esta manera apropiarse del espacio.

Entendiendo entonces por tanto que, el concepto de **progresividad** está estrechamente ligado con la flexibilidad y la adaptabilidad, y que estos términos están vinculados de manera directa con el hecho del aprovechamiento de espacios, y la adecuación de los mismos a los requerimientos de la familia creciente; esto conlleva por tanto a reflexionar en las cuestiones de diseño y planificación para el uso de dichos espacios, Gelabert Abreu, y González Couret, (2013), desde la perspectiva de la funcionalidad espacial y la evolución familiar manifiestan que

*“la vivienda debería favorecer la adaptabilidad de sus espacios y funciones en el tiempo en correspondencia con la evolución dinámica natural de la familia por disímiles factores: variabilidad en el número de sus miembros, composición variable del núcleo familiar, desarrollo tecnológico en ascenso, posición económica y social de la familia, entre los más comunes. Esto permitiría evitar la obsolescencia de las soluciones, garantizando su validez en el tiempo y la calidad de vida de sus moradores. La adaptación de la vivienda debe estar referida no sólo a la transformación de las funciones, sino también, al cambio de valores de esas funciones en el tiempo”*. (p. 18)

Precisando de una vez, la progresividad hace referencia al hecho mismo de progresar, según establece la Real Academia de la Lengua Española, *“tiene la cualidad de avanzar, favorece el avance o lo procura”*; que puede por tanto aumentar en cantidad o en perfección; lo relacionamos entonces al aumento con el acondicionamiento de espacio o el incremento de los mismos y a la perfección con la aplicación adecuada de las tecnologías que permitan un crecimiento eficaz.

#### **2.2.2. Consideraciones arquitectónicas en los sistemas progresivos.**

Para que un sistema sea progresivo, mucho más allá de ser capaz de crecer debe contar con características que le permitan evolucionar y determinar cambios necesarios para el usuario, para ello se determinan conceptos relacionados directamente con la parte espacial de la

vivienda, considerando dentro de ellas la sistematización que establecerá lineamientos tanto de conceptualización así como de diseño. Estas consideraciones son:

- *Transformabilidad*
- *Flexibilidad*
- *Diversidad, y*
- *Variabilidad*, Valenzuela, C. (2004),

#### 2.2.2.1. **Transformabilidad.**

En el caso de la vivienda, transformar implica recrear, puesto que se trata de un cambio permanente que se relaciona directamente con la adecuación de la vivienda a sus habitantes,

*“el concepto de transformabilidad se entiende entonces como la capacidad de la vivienda de dar lugar al cambio, por medio de la incorporación a la planta de tres conceptos básicos: flexibilidad, diversidad y variabilidad. La utilización de ellos por separado o su combinación genera lo que se define como planta transformable”.* Valenzuela, C. (2004),

#### 2.2.2.2. **Flexibilidad.**

*“La flexibilidad incorpora un grado de libertad que da cabida a la existencia de diversos modos de vida, basándose en la simpleza a través de la movilidad isotrópica o adaptación de los elementos divisorios o componentes de la vivienda”.* Valenzuela, C. (2004), esta característica por lo tanto le da a la vivienda un carácter de universalidad de usos a procesos de cambio generados por las nuevas necesidades del usuario. (Ver figura 7).

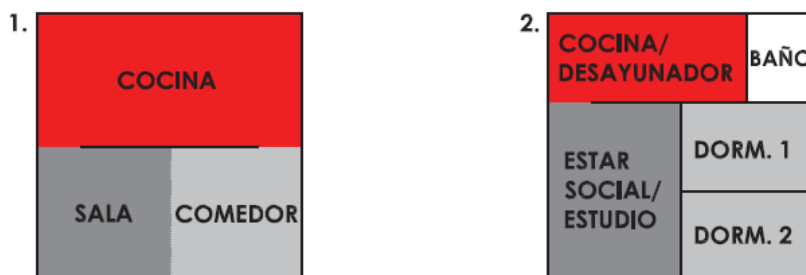


Figura 7: Esquema Grafico de Flexibilidad en la vivienda

Fuente: Ugalde Serrano, D. E. (2014). Anteproyecto arquitectónico de una vivienda social para la ciudad de Cuenca en base a un módulo que permita su crecimiento evolutivo. Aplicación de un sistema que responda de mejor manera al aspecto tecnológico y económico.

#### 2.2.2.3. **Diversidad.**

*“Se produce una búsqueda de variedad, de semejanza y diferenciación a través de la combinación de espacios y de elementos tecnológicos, móviles, de agrupación de programas y otros”*, Valenzuela, C, (2004), esta característica le permite a la vivienda considerar a los espacios como no-estáticos (ver figura 8, pág. 20), es decir serán capaces de receptar nuevas configuraciones, las unidades pueden unirse con la finalidad de generar espacios mayores, o separarse con la finalidad de dividirlos

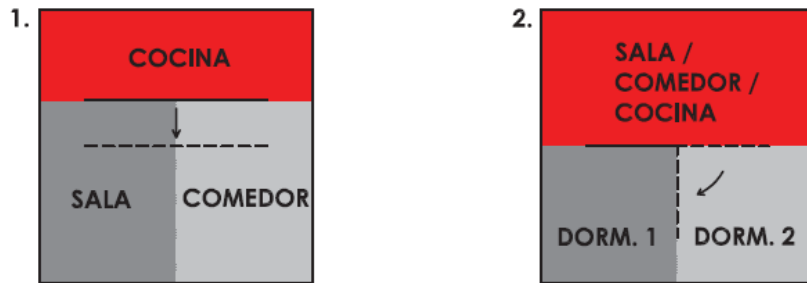


Figura 8: Esquema Grafico de Diversidad en la vivienda

Fuente: Ugalde Serrano, D. E. (2014). Anteproyecto arquitectónico de una vivienda social para la ciudad de Cuenca en base a un módulo que permita su crecimiento evolutivo. Aplicación de un sistema que responda de mejor manera al aspecto tecnológico y económico.

#### 2.2.2.4. Variabilidad.

*“Busca no proyectar espacios definidos, sino dar lugar a la incertidumbre de la forma. A través de la dinámica de los usos cotidianos se indaga en la variación de las morfologías y recintos”,* Valenzuela, C, (2004), esta característica por otro lado le permite a la vivienda ser versátil en cuanto a su uso (*ver figura 9*), considerando la posibilidad alternar o alterar las áreas determinadas en diferentes espacios; es decir se pueden combinar espacios abiertos con la finalidad de acoplar nuevos servicios.



Figura 9: Esquema Grafico de Variabilidad en la vivienda

Fuente: Ugalde Serrano, D. E. (2014). Anteproyecto arquitectónico de una vivienda social para la ciudad de Cuenca en base a un módulo que permita su crecimiento evolutivo. Aplicación de un sistema que responda de mejor manera al aspecto tecnológico y económico.

### 2.3. Clasificación.

#### 2.3.1. Primera clasificación.

Una primera clasificación hace referencia a la progresividad espontánea y la progresividad asistida que estaría atendiendo el control y manera de ejecución de la vivienda:

##### 2.3.1.1. Progresividad Espontánea.

*“Establece que los cambios (ampliaciones y transformaciones) son desarrolladas por parte de los habitantes de la vivienda eximiendo la participación de un técnico <<arquitecto>> efectuando de esta manera una autoconstrucción espontanea”.* Gelabert Abreu, y González Couret, (2013). Podríamos por tanto concluir que el proceso constructivo puede desarrollarse

de manera empírica, trayendo consigo quizá problemas posteriores: estructurales, de forma o funcionales; en vista de que no existe un estudio que se aplique a estos factores.

#### **2.3.1.2. Progresividad Asistida.**

*“Este tipo de progresividad demanda en todo proceso ya sea de diseño o de construcción de la intervención y asistencia de uno o varios técnicos calificados (arquitectos, ingenieros, etc.) para su desarrollo”.* Gelabert Abreu, y González Couret, (2013). Por tanto, la participación técnica habría de aplicar su conocimiento en los diferentes procesos a los que se enfrenta la vivienda en su evolución, con la finalidad de organizar todos los espacios y por tanto prever la progresividad y aplicar las tecnologías apropiadas, es decir estructuras, sistemas de evacuación y de servicios básicos (instalaciones).

#### **2.3.2. Segunda clasificación.**

Una segunda clasificación hace referencia a la progresividad hacia adentro o cuantitativa y la progresividad en extensión o cualitativa que estaría atendiendo los procesos de evolución de la vivienda:

##### **2.3.2.1. Progresividad hacia dentro o cuantitativa.**

*“Hace referencia a una cascara habitable completa de inicio, que pueda ser transformada y mejorada gracias a la incorporación de varios niveles de terminaciones que no puedan afectar a la seguridad y estabilidad de lo que ya se encuentra construido”.* Gelabert Abreu, y González Couret, (2013). Este tipo de progresividad podría estar determinada en sus procesos con la “progresividad espontanea” así como también con la “progresividad asistida”, considerando que las modificaciones o transformaciones se harían después de un cierto proceso que lo establece el crecimiento del núcleo familiar, así como las necesidades que surgen como efecto de dicho crecimiento.

##### **2.3.2.2. Progresividad en extensión o cualitativa.**

*“La vivienda en este tipo de progresividad se enfrenta al desarrollo posterior, mismo que se obtiene por la incorporación de nuevos espacios, estas ampliaciones contemplan tanto situaciones estructurales como de protección por cubiertas”.* Gelabert Abreu, y González Couret, (2013). Este tipo de crecimiento o progresividad hace referencia a un tipo de vivienda que puede ir creciendo por bloques (módulos) que se pueden adicionar para complementar la obra llegando al final del proceso a un producto terminado.

#### **2.4. Modalidades de los sistemas progresivos.**

En referencia a la clasificación anterior y según citan Gelabert Abreu y González Couret. (2013), puede definirse además las modalidades en que el crecimiento de la vivienda puede desarrollarse, sostienen que las cuatro modalidades son:

- *Semilla,*
- *Cáscara,*
- *Soporte y*
- *Mejorable.*

#### 2.4.1. **Semilla.**

Vivienda que crece, que parte de un núcleo básico inicial (*ver figura 10*). Dicho núcleo (modulo), debe satisfacer los requerimientos y necesidades que establezca el usuario para otorgar el hábitat, según Ugalde Serrano, (2014), *“crece a manera del ciclo de vida hasta ser una vivienda terminada según las necesidades y posibilidades de los usuarios”*.

##### **Características:**

- Su condición irrelevante es la adición de unidades de manera lógica y ordenada, dicha adición determinará la forma final de la vivienda.
- La organización de estas unidades es diversa, y es eficiente espacialmente.
- Cada unidad se considera un núcleo estructural en sí mismo y para el conjunto, adecuad a las dimensiones requeridas por el usuario.
- El sistema constructivo debería permitir el crecimiento horizontal y vertical con un máximo de tres niveles.

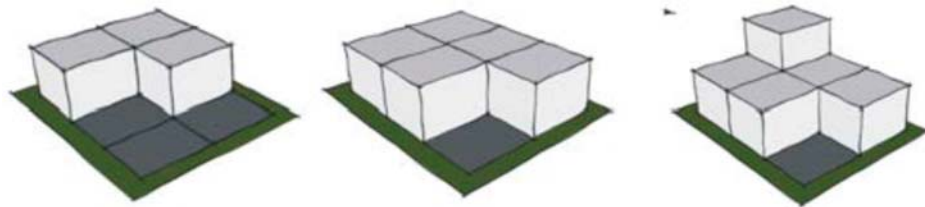


Figura 10: Progresividad tipo semilla

Fuente: Gelabert Abreu, D. y González Couret, D. (2013) Progresividad y flexibilidad. Enfoques Teóricos.

#### 2.4.2. **Cáscara.**

Este tipo de vivienda sugiere la construcción en principio del cerramiento exterior y seguidamente las subdivisiones internas (*ver figura 11, pág. 22*).

##### **Características:**

- Su imagen inicial evoca el de una vivienda terminada por completo, sin embargo lo es solo superficialmente (aún no cuenta con divisiones).
- Permite configurar internamente la casa de forma variable.
- El número de piso estará determinado por el diseño específico y soluciones estructurales.
- El diseño del cerramiento exterior queda definido y construido como primera etapa.
- El cerramiento (cáscara) es un elemento permanente.



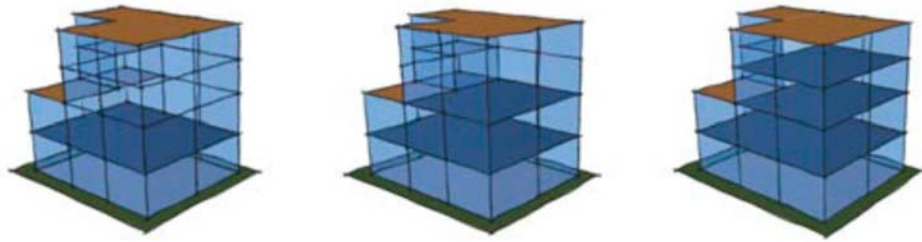


Figura 11: Progresividad tipo semilla

Fuente: Gelabert Abreu, D. y González Couret, D. (2013) Progresividad y flexibilidad. Enfoques Teóricos.

#### 2.4.3. Soporte /estructura.

De principio se establecen el esqueleto de la vivienda (ver figura 12), con tecnología adecuada, instalaciones y circulaciones principales, el cerramiento exterior así como las subdivisiones internas se hacen secuencialmente.

##### Características:

- La distribución de soportes estructurales debe garantizar la libertad de diseño de las subdivisiones interiores, así como su imagen exterior (diseño).
- Interiormente el diseño debe permitir una gama de configuraciones espaciales diversas, considerando la flexibilidad del espacio.
- Las divisiones espaciales deben minimizarse al máximo, lo que permite un margen de libertad en cuanto a cambios de uso, jerarquía y disposición del equipamiento, conformando espacios abiertos, unitarios e integrados.
- La estructura debe establecer grandes luces, y por cuestiones de optimización de recursos debe ser de gran altura.



Figura 12: Progresividad tipo semilla

Fuente: Gelabert Abreu, D. y González Couret, D. (2013) Progresividad y flexibilidad. Enfoques Teóricos.

#### 2.4.4. Mejorable.

Los acabados iniciales deberán ser de baja calidad, estos materiales por lo tanto serán más baratos, mismos que posteriormente podrán ser substituidos por materiales de mejor calidad y por ende de mayor precio, Ugalde Serrano, (2014), manifiesta que *“es una mejora cualitativa de sus características, el usuario por tanto inicia con una vivienda básica pero habitable con aceptación a mejoras”*.

##### Características:

- Mejoramiento de los acabados
- Mejora condiciones internas con el paso del tiempo
- No supone ampliaciones o avances en su construcción.

Una vez estudiadas las teorías sobre progresividad, y como aporte de esta investigación se hace necesario desarrollar un análisis comparativo de la vivienda, considerando tres tipologías: la vivienda progresiva, la vivienda flexible, y la vivienda adaptable; con la finalidad de poder ubicar posteriormente a nuestro proyecto en el aspecto práctico teniendo consideraciones teóricas previas fundamentadas.

Tabla 1: Clasificación y características de los diferentes tipos de vivienda

| CARACTERÍSTICAS | TIPO DE VIVIENDA                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | PROGRESIVA                                                                                                                                                                                                           | FLEXIBLE                                                                                                   | ADAPTABLE                                                                                                                                                                                           |
|                 | El diseño favorece la continuidad de la construcción sin necesidad de demoliciones, problemas de instalaciones y, sobre todo, sin riesgos estructurales                                                              | Distancias entre columnas que permitan la distribución de los espacios de permanencia de diferentes formas | Instalaciones pensadas con racionalidad, y distribuidas para permitir una rápida y fácil transformación de los espacios interiores                                                                  |
|                 | El diseño de la estructura debe permitir la combinación y adaptabilidad de los espacios en etapas posteriores.                                                                                                       | Menor cantidad posible de muros interiores                                                                 | Estructura diáfana y ordenada que facilite cualquier configuración interior                                                                                                                         |
|                 | Uso de tecnologías constructivas que incorporen mano de obra no calificada.                                                                                                                                          | Agrupación de servicios fijos                                                                              | Una envolvente sólida y eficiente que garantice durabilidad                                                                                                                                         |
|                 | Adopción de tecnologías que permitan la racionalización en el uso de los recursos financieros.                                                                                                                       | Removibilidad de elementos que limitan el espacio                                                          | Cada unidad jurídicamente independiente cuenta con conexión a las instalaciones generales, un punto de acceso directo desde la zona común                                                           |
|                 | El diseño interior debe posibilitar diversos esquemas de plantas, a partir de la flexibilidad como concepto fundamental.                                                                                             | Posibilidad de variadas actividades en el espacio                                                          |                                                                                                                                                                                                     |
|                 |                                                                                                                                                                                                                      | Poseer una planta con una estructura clara (a manera de planta libre).                                     |                                                                                                                                                                                                     |
|                 | Adopción de tecnologías constructivas abiertas                                                                                                                                                                       | Múltiples alternativas de ensamblaje de los elementos,                                                     | Se emplean medidas estándar para hacer los componentes y los materiales también son estándar.                                                                                                       |
|                 | Divisiones espaciales deben minimizarse al máximo, lo que permite un margen de libertad en cuanto a cambios de uso, jerarquía y disposición del equipamiento, conformando espacios abiertos, unitarios e integrados. | Elementos livianos para subdividir el espacio de fácil montaje y desmontaje de sus partes                  | Concebido a base de unidades legalmente independientes, donde el usuario decide cómo utilizarlo mediante la adquisición o segregación de las diferentes unidades funcionales a lo largo del tiempo, |

Fuente: Sarquis, J. (2011) Arquitectura y modos de habitar  
Edición: Piedra Rojas, Marco David

**CAPÍTULO III**  
**GRAMÁTICAS FORMALES**

### 3. Gramáticas Formales

#### 3.1. Introducción.

*“La gramática de formas surgió de la interpretación de la teoría lingüística de Noam Chomsky, por George Stiny y James Gips en 1971 para describir y generar lenguajes de proyectos en dos o tres dimensiones. Conforme Stiny la Gramática de Forma es la asociación de un vocabulario (conjunto de formas pre-establecidas, que combinadas poseen relaciones espaciales) a un conjunto de reglas, que determina como y donde los elementos de este vocabulario pueden ser combinadas para formar sistemas que, a la vez, constituyen estructuras de formas más complejas dentro de un mismo lenguaje de proyecto”. Reis Schreiner, (2009).*

##### 3.1.1. Noam Chomsky y las gramáticas (antecedentes).



Figura 13: Noam Chomsky

Fuente: <http://www.resumenlatinoamericano.org/wp-content/uploads/2015/04/noam-chomsky.jpg>

Varios teóricos sostienen que la

*“Lingüística como tal nació a principios del siglo XIX. Hasta entonces, todos los estudios sobre el lenguaje, desde las especulaciones griegas, las aportaciones romanas y medievales, así como las de los que vivieron durante los siglos XVI, XVII y XVIII, se agrupan bajo el nombre de Gramática tradicional” Nafría Ramos, (2005)*

, una contraparte sin embargo se pronunció al establecer un estudio sobre la llamada Lingüística estructural, cuyos fundadores fueron el suizo Ferdinand de Saussure (1857-1913) y el norteamericano Leonard Bloomfield (1887-1949). Ambas teorías sin embargo ha de ser superadas por una contraparte más fuerte que es la definida por Chomsky y a la cuales ha denominado *gramáticas generativas*.

##### 3.1.1.1. La gramática tradicional y la lingüística estructural.

*“La gramática tradicional está constituida por una serie de supuestos teóricos acerca del lenguaje, además de sus métodos de estudio y de términos para nombrar sus unidades y operaciones. Uno de dichos supuestos es el de identificar las categorías del pensamiento lógico con las del lenguaje; así, a la categoría lógica de sustancia*

*corresponde la categoría gramatical de sustantivo; a la de acción, la de verbo, etc.; y la oración gramatical era entendida como la expresión oral de un juicio”, Nafría Ramos, (2005);*

el estudio de las gramáticas sin embargo requería de una análisis mucho más científico para poder descubrir la regularidad los fenómenos analizados, así como la leyes que rigen el lenguaje; apareciendo entonces a la **gramática comparada**, considerando las posibilidades de identificar parentescos de las lenguas ente sí, sin embargo esta gramática paso a ser una etapa más desembocando así en lo que se define como **gramática histórica**; mediante la cual se pudo estudiar la evolución de la lengua desde sus orígenes, determinado de esta manera la leyes que rigen su evolución dándole de esta manera a la lingüística un carácter científico, mismo que, continuó en investigaciones sobre dicha evolución quedándose estancada hasta le aparecimiento de Ferdinand de Saussure (Ginebra,1857-1913), quien elabora una nueva teoría, unos nuevos supuestos teóricos para describir la estructura de una lengua, no su evolución, dando origen a **la lingüística estructural** misma que queda definida como *“una forma de análisis basada en la consideración del lenguaje compuesto por elementos que se relacionan ente si y forman parate de una estructura”*. Nafría Ramos, (2005).

#### **3.1.1.2. La gramática generativa y transformacional.**

Ante los estudios o modalidades antecesoras Chomsky instaure la gramática generativa y transformacional, afirmando que *“sí existen los universales lingüísticos, rasgos comunes a todas las lenguas conocidas, resultado de que los seres humanos tenemos una misma capacidad lingüística innata, un patrón similar del que las lenguas particulares son meras variantes de ese patrón innato”*. (Nafría Ramos, 2005).

Chomsky presentó sus teorías por primera vez en el libro Syntactic Structures (Estructuras sintácticas), en 1956. Luego las reformuló en Aspects of the Theory of Syntax (Aspectos de la teoría de la sintaxis), en 1965, y posteriormente las sometió a nuevas revisiones, aunque su núcleo teórico quedó ya inalterado. El hecho de que sus teorías hayan sido frecuentemente revisadas, reformuladas, y se hayan explorado con ella nuevos e imprevistos caminos son hechos que hablan por sí solos de la fecundidad de esta línea chomskiana de la gramática.

#### **3.1.1.3. Planteamiento de Chomsky.**

El planteamiento de Chomsky está basado en las características propias del hombre para adquirir el lenguaje (idioma nativo), y como es capaz de dominarlo y entenderlo desde tan corta edad, y con una destreza capaz de permitirle expresarse y entender los códigos de ese lenguaje, por muy nuevos que fueren, este consigue adquirirlos y dominarlos, careciendo de una aprendizaje sistemático, puesto que se encuentra limitado de datos (recursos) de su lengua. Así pues Chomsky hace el siguiente planteamiento y responde a lo siguiente:

**¿A qué se debe que, en tan poco tiempo de vida, el ser humano pueda entender y producir apropiadamente un número prácticamente infinito de oraciones?**

Chomsky: *“el ser humano, como los demás animales, nace con una serie de programas genéticos o facultades; unas son comunes con los animales y otras, como la facultad del lenguaje, es específicamente humana; esta sería una de las facultades de nuestra mente, una especie de esquema innato que nos permite utilizar, en poco tiempo, nuestra lengua nativa de modo correcto y adecuado a la situación”*. Nafría Ramos, (2005).

Así pues Chomsky sostiene que le niño no aprende una lengua sino que desarrolla su capacidad innata de adquirir su lengua materna, Chomsky por lo tanto intenta explicar cómo el hablante puede construir sus mensajes, cómo puede entender y expresar cosas que nunca había oído o dicho antes.

El aporte de Chomsky a los estudio de la gramáticas es el apoyo que encuentra en *“conocimientos matemáticos, formula y trata con claridad los procesos recursivos del lenguaje (un hablante tiene un conocimiento finito de su lengua, su memoria también es limitada; sin embargo puede expresar un número infinito de oraciones; a cada oración se le pueden añadir nuevos elementos, alargándola, y a esta otros nuevos, y así infinitamente)”*. Nafría Ramos, (2005).

#### **3.1.1.4. Definición de la gramática según Chomsky.**

*“Chomsky describe la gramática de una lengua como un mecanismo para producir o entender oraciones, es decir, para generarlas. De ahí el término de gramática generativa, es decir, de una gramática que refleja el aspecto creador del lenguaje humano, aspecto que lo distingue de cualquier sistema de comunicación animal y que constituye el principal problema de estudio. ¿Cómo se manifiesta? Una vez dominado el lenguaje, somos capaces de comprender un número indefinido de expresiones que no hemos oído jamás y que no tienen ningún parecido físico ni son exactamente análogas a las expresiones que constituyen nuestra experiencia lingüística; además, somos capaces, con más o menos facilidad, de producir nuevas expresiones en las ocasiones apropiadas a pesar de su novedad e independientemente de configuraciones de estímulo detectable, y quienes comparten esta misteriosa capacidad son también capaces de comprendernos. El uso normal del lenguaje es, en este sentido, una actividad creadora. Se trata de un uso creativo, libre del control de estímulos externos.”* Nafría Ramos, (2005).

### 3.1.2. George Stiny y Jim Gips y las gramáticas formales.

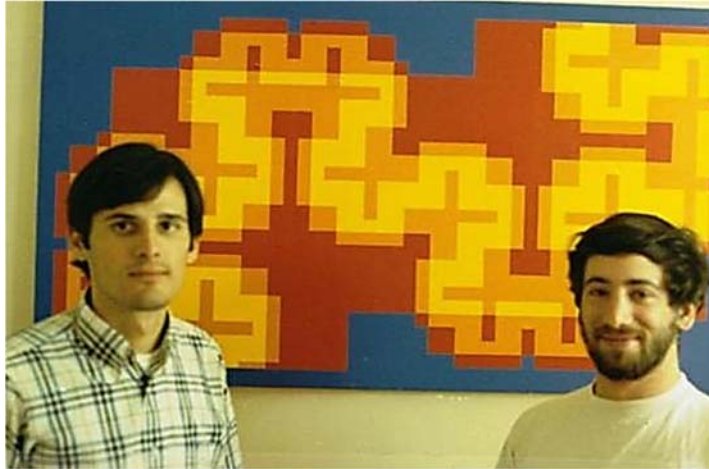


Figura 14: George Stiny y James Gips

Fuente: Stiny, G., y Gips, J. (1971). Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture.

Las primeras publicaciones de las *gramáticas de la forma* ocurrieron al inicio de la década de 1970, con el artículo de George Stiny y James Gips (ver figura 14), en 1971, titulado “*Shape Grammars Generative Specification of Painting and Sculpture*” que introdujo un conjunto de reglas generadoras de algunas pinturas hechas por el propio Stiny, pertenecientes a una serie denominada *Uniform*.

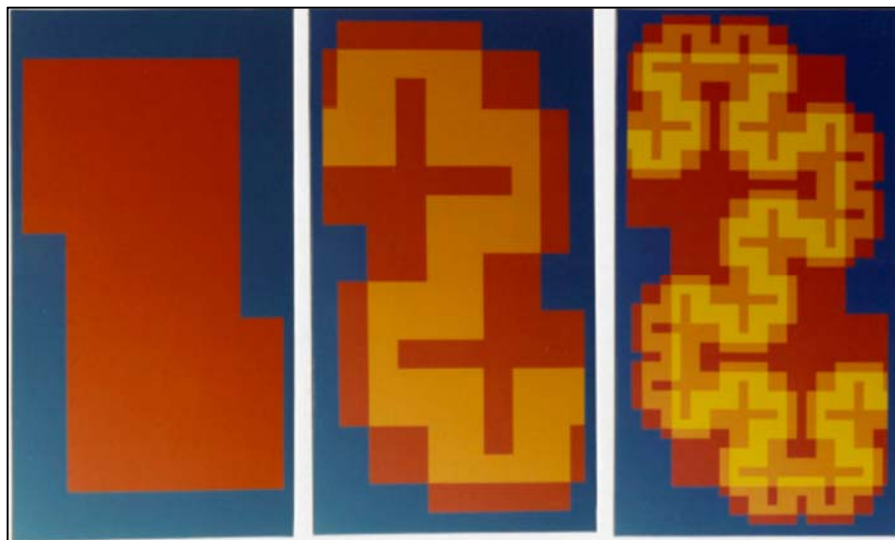


Figura 15: Ejercicio planteado por Stiny y Gips en tres lienzos de un mismo tamaño.

Fuente: Stiny, G., y Gips, J. (1971). Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture.

El objetivo de esta tarea era realizar una gramática de la forma para pintura y escultura, en la que el artista proyectaría sus reglas de composición, siendo entonces capaz de combinarlas de diferentes maneras y así crear una variedad de obras de arte. Las reglas demostradas en ese artículo pasarían, así, a servir de base para ilustrar varios conceptos de gramáticas de la forma.

### 3.1.2.1. Análisis de la gramática establecida por Stiny y Gips.

$SG1 = (V_T, V_M, R, I)$

$V_T = (—)$ : Contiene una línea recta; terminales consisten en arreglos finitos de líneas rectas.

$V_M = (\circlearrowleft)$ : Consta de un solo elemento.

$R$ : Contiene tres reglas. Una de cada ellas permitida por la definición.

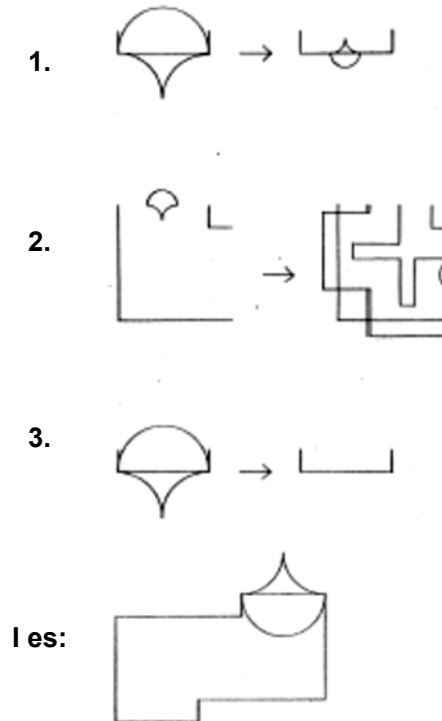


Figura 16: Gramática de Forma SG1  
Fuente: Stiny, G., y Gips, J. (1971). Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture.

En la siguiente imagen (ver figura 17, pág. 30) se muestra el lenguaje definido por Stiny y Gips, especificando el número de pasos y la regla correspondiente para cada uno.

*Regla 1:* encontrar parte de la forma que es geoméricamente similar a la del lado izquierdo de una regla en términos de ambos elementos no terminales y terminales.

*Regla 2:* encontrar las transformaciones geométricas (escala, traslación, rotación, imagen de espejo) que hacen que el lado izquierdo de la regla sea idéntica a la parte correspondiente en la forma

*Regla 3:* aplicarán dichas transformaciones en el lado derecho de la regla y sustituir la parte derecha de la regla para la parte correspondiente de la forma



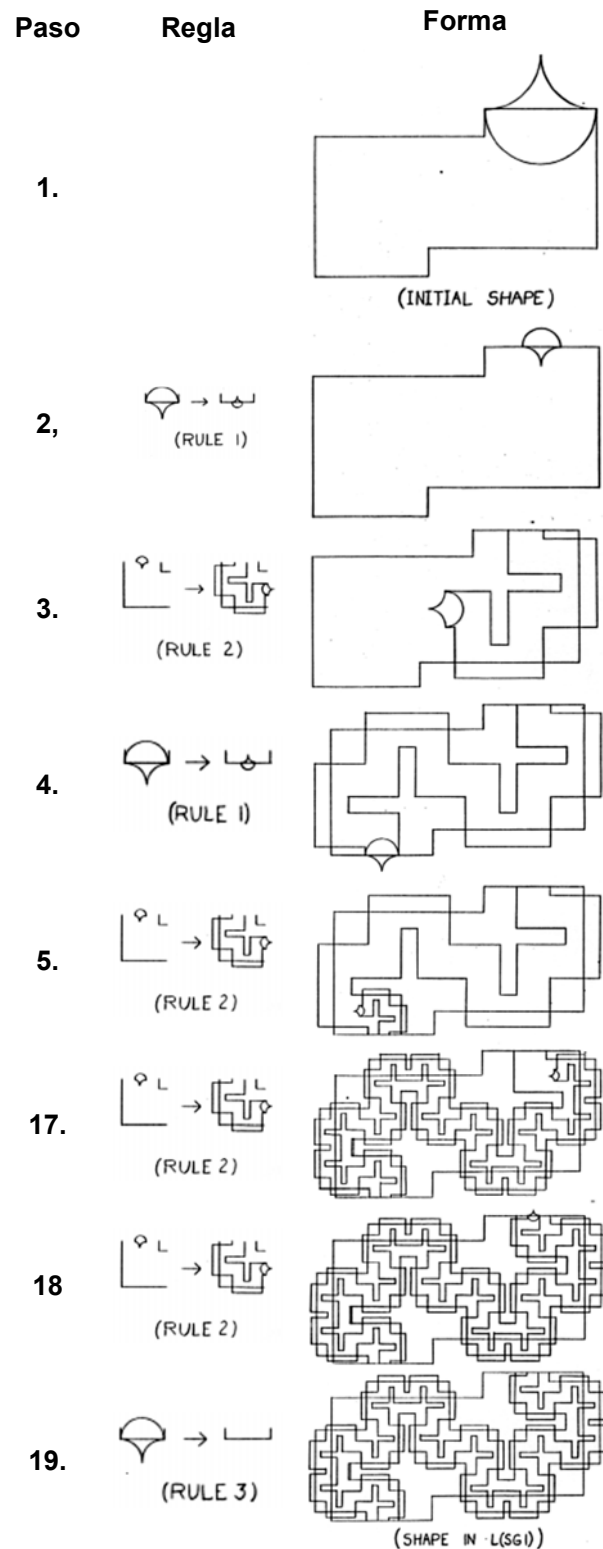


Figura 17: Generación de la forma en el lenguaje.  
Fuente: Stiny, G., y Gips, J. (1971). Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture.

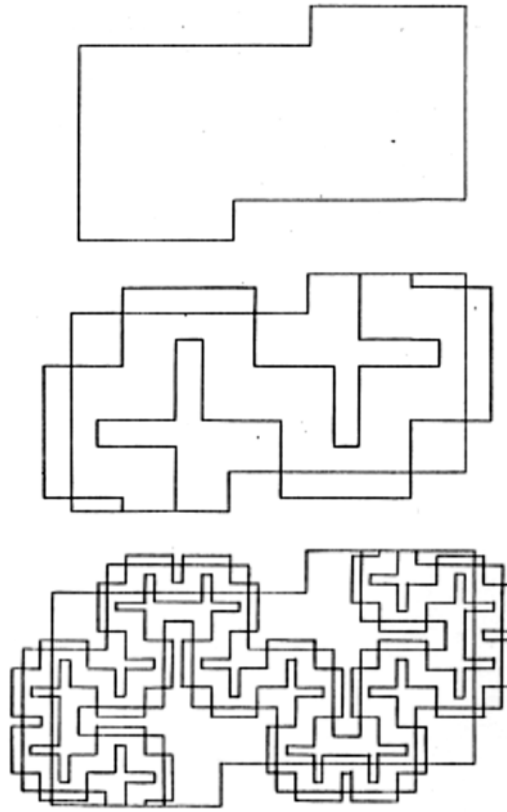


Figura 18: El lenguaje definido por Stiny y Gips.  
Fuente: Stiny, G., y Gips, J. (1971). Shape Grammars  
and the Generative Specification of Painting and  
Sculpture

### 3.2. Enfoque teórico y definiciones.

Gips puntualiza que:

*“Las Gramáticas de formas proporcionan un medio para la especificación recursiva de formas. El formalismo de las gramáticas de la forma está diseñado para ser fácilmente utilizable y comprensible para la gente y al mismo tiempo para poder adaptarse para su uso en los programas de ordenador. Forma gramáticas son similares a las gramáticas de estructura de frase, que fueron desarrollados por Chomsky [1956, 1957]. Cuando una estructura de frase gramática se define sobre un alfabeto de símbolos y genera un lenguaje de secuencias de símbolos, una gramática de forma se define sobre un alfabeto de formas y genera un lenguaje de formas.”* Stiny y Gips. (1971)

Por otro lado Celani Mitchell expresa que la gramática de la forma es:

*“Un sistema de producción basado en la gramática generativa de Noam Chomsky, que utiliza formas bidimensionales o tridimensionales en lugar de palabras. Una gramática de la forma es definida a partir de un vocabulario básico de formas, un conjunto de reglas de transformación de estas formas, y una forma inicial, a la cual las reglas son*

aplicadas recursivamente hasta llegar a la forma deseada. A ese proceso se le da el nombre de derivación.” Stiny y Gips. (1971)

Según (Ruiz-Montiel, M., Boned, J., Gavilanes, J., Jiménez, E., Mandow, L., y Pérez de la Cruz, J.) (2010):

“Una gramática de formas es un conjunto de reglas definidas sobre formas. Una forma es una colección de segmentos junto con una colección de puntos etiquetados, que pueden ser intersecciones entre segmentos o simplemente puntos arbitrarios distinguidos. El conjunto de reglas se aplica sobre una forma inicial (el axioma). Cada regla tiene la estructura  $A \rightarrow B$ , donde A y B son formas. El significado de una regla es: identificar la forma A dentro de la forma que se está generando (empleando si es necesario una transformación compuesta de giro, simetría y cambio de escala) y sustituirla por la forma B adecuadamente transformada. En la figura se representan un axioma, una regla y una derivación, es decir, una sucesión de formas generadas aplicando la regla.”

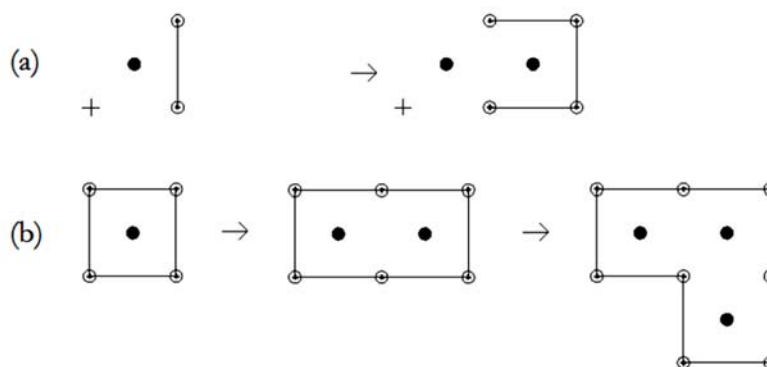


Figura 19: Una regla (a) y una derivación (b) de formas  
Fuente: Ruiz-Montiel, M., Boned, J., Gavilanes, J., Jiménez, E., Mandow, L., y Pérez de la Cruz, J. (2010). Proyecto arquitectónico mediante gramáticas de formas sencillas y aprendizaje

“El formalismo conocido por Gramática Formal, fue creado al principio de la década de 70 por George Stiny e James Gips. Este sistema consiste en una generación de formas basadas en reglas, y tiene su origen en el sistema de producción del matemático Emil Post y en la gramática generativa del lingüista Noam Chomsky”. Etchegaray Heidrich, y Redondo Dominguez, (2011).

### 3.3. Las cinco etapas en un enfoque constructivista.

Stiny define cinco etapas de enfoque constructivista para definir gramáticas de la forma, los mismos que manifiestan el orden en que esta gramática va estableciendo un lenguaje formal, determinando así una forma deseada o forma final a la que se pretende llegar de acuerdo al requerimiento del diseñador. Estas etapas son:

“1° un vocabulario de formas especificado;

- 2° las relaciones espaciales entre los elementos del vocabulario son definidas;
- 3° las reglas de la forma son especificadas a partir de las relaciones espaciales definidas;
- 4° una forma inicial del vocabulario es definida, y;
- 5° la gramática de la forma es especificada con base en la forma inicial y en las reglas de la forma". De Freitas Pires, (2010).

### 3.3.1. Vocabulario de formas.

"Es cualquier disposición de puntos, segmentos de línea, superficies delimitadas, o sólidos definidos en el sistema de coordenadas cartesianas; los segmentos de línea son delimitados por puntos, las superficies son delimitadas por líneas, y los sólidos, por superficies". De Freitas Pires, (2010), el diseñador podrá elegir la forma que se acople a sus necesidades o a los posibles resultados que quiera obtener (ver figuras 20 y 21), habrán formas geométricas regulares o irregulares a disposición capaces de ser combinadas para generar nuevas formas.

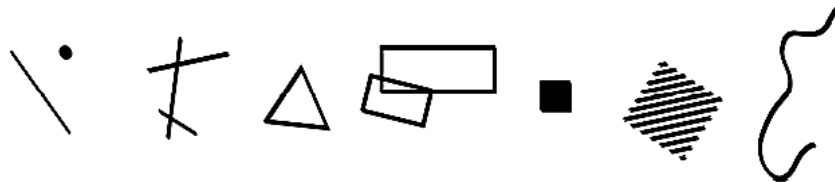


Figura 20: ejemplo de formas bidimensionales para un vocabulario de gramáticas de la forma

Fuente: De Freitas Pires, J. (2010). Construção do vocabulário e repertório geométrico para o projeto de arquitetura.

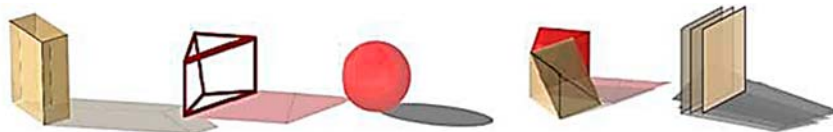


Figura 21: ejemplo de formas tridimensionales para un vocabulario de gramáticas de la forma

Fuente: De Freitas Pires, J. (2010). Construção do vocabulário e repertório geométrico para o projeto de arquitetura.

### 3.3.2. Relaciones espaciales.

"La definición de relaciones espaciales limita el modo de como una forma del vocabulario puede ser combinada con otra. Definen, así, el tipo de composición que puede ser establecido entre formas componentes del vocabulario", De Freitas Pires, (2010). Las relaciones espaciales entre las formas pueden ser establecidas por transformaciones o por operaciones de combinación. Las transformaciones envuelven operaciones euclidianas tales como: *traslación, rotación, reflexión y escala*, y la *composición de estas* (ver figura 23, pág. 34). Las operaciones de combinación se refieren a las operaciones booleanas de *unión, resta e intersección*.

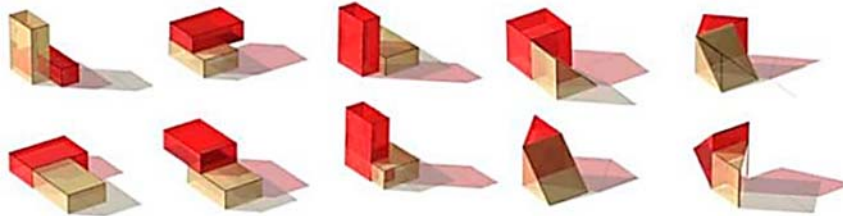


Figura 22: Ejemplo de relaciones espaciales entre formas tridimensionales  
Fuente: De Freitas Pires, J. (2010). Construção do vocabulário e repertório geométrico para o projeto de arquitetura.

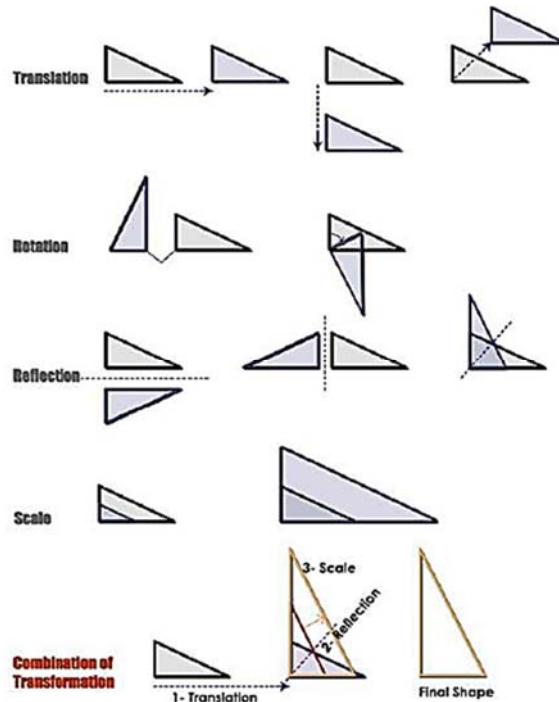


Figura 23: Transformaciones euclidianas de las formas.

Fuente: De Freitas Pires, J. (2010). Construção do vocabulário e repertório geométrico para o projeto de arquitetura.

### 3.3.3. Reglas de la forma.

*“Las reglas de la forma son transformaciones de una forma por otra, que permiten que partes de las formas sean definidas y modificadas recursivamente, para ajustarse a las relaciones espaciales determinadas”,* De Freitas Pires, (2010), intentan profundizar las relaciones espaciales que fijan los lugares de aplicación de las operaciones o transformaciones, es decir estas reglas rigen el modo como una figura puede fusionarse para generar nuevas formas (ver figura 24, pág. 35), partir de un módulo para generar nuevos supermodelos o módulos más pequeños que también pueden estar regidos por nuevas reglas.

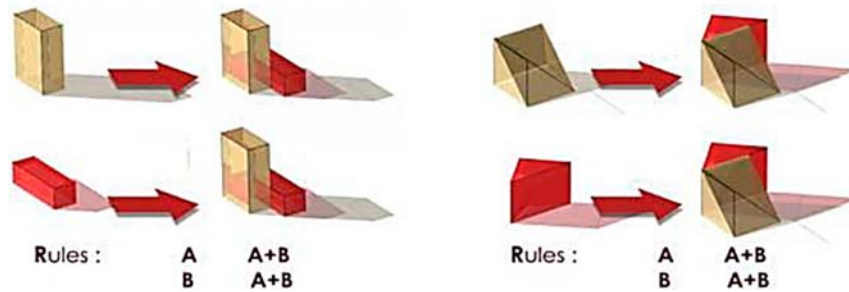


Figura 24: Reglas para dadas formas geométricas.  
Fuente: De Freitas Pires, J. (2010). Construção do vocabulário e repertório geométrico para o projeto de arquitetura.

*“Dichos lugares de aplicaciones (o puntos de aplicación) de las reglas son definidos por marcadores (símbolos) que inciden en la forma inicial o sobre una etapa previa de derivación para definir donde la regla debe ser aplicada o hasta determinar de manera acertada el cerramiento de la aplicación de las reglas formales”. Reis Schreiner, (2009).*

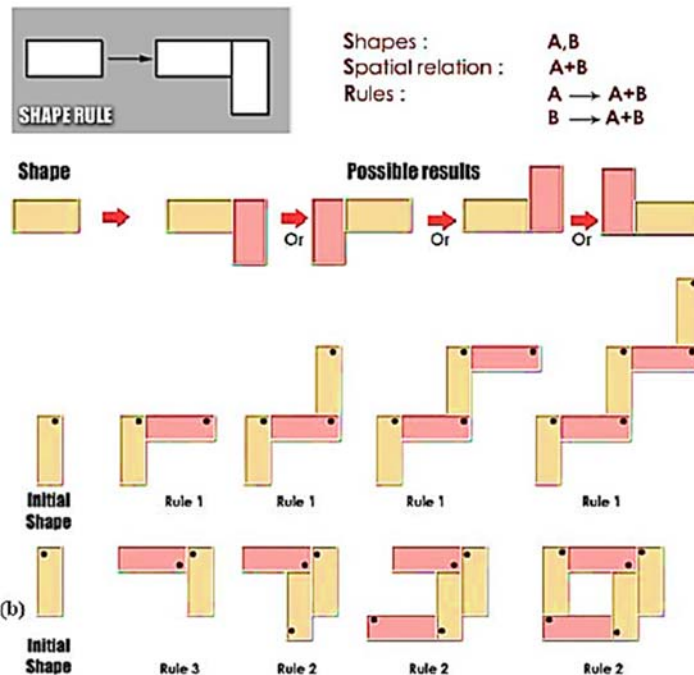


Figura 25: Reglas para dadas formas geométricas.  
Fuente: De Freitas Pires, J. (2010). Construção do vocabulário e repertório geométrico para o projeto de arquitetura.

#### 3.3.4. Forma inicial definida.

*“Esta forma inicial pertenece al vocabulario de las formas y es necesaria para empezar la aplicación de las reglas tanto formales como espaciales”, Etchegaray Heidrich, y Redondo Domínguez (2011).* Son los elementos iniciales de la construcción de la concepción de un proyecto, los lugares de incidencia de las reglas formales, que mantienen su localización, orientación y tamaños definidos en un sistema de coordenadas, no necesariamente explícito. Reis Schreiner, (2009).

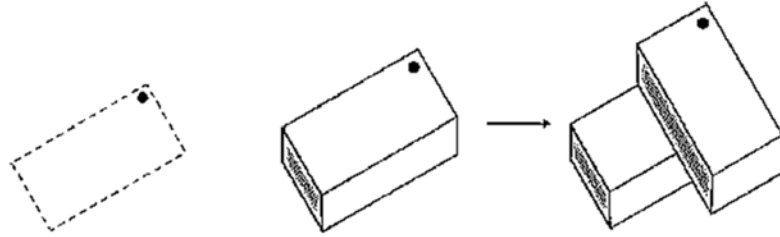


Figura 26: Forma inicial con un marcador.

Fuente: De Freitas Pires, J. (2010). Construção do vocabulário e repertório geométrico para o projeto de arquitetura.

### 3.3.5. Gramática de la forma especificada.

*“Resulta del desenvolvimiento de un sistema generativo de proyecto que recorre todas las fases anteriores e incorpora la idea de desenvolvimiento”, Reis Schreiner, (2009), determinada por el lenguaje que establecen las relaciones espaciales y las reglas de la forma, una derivación, conjunto de etapas que ocurren en la generación de un lenguaje, y delimitada por un marcador final, que determina donde termina el proceso de desenvolvimiento.*

## **CAPÍTULO IV**

### **PROTOTIPO**



## 4. Prototipo

### 4.1. Análisis de softwares para gramáticas formales.

#### 4.1.1. Shaper2D.

Descripción del Software:

*“Shaper2D is a program that promotes the use of computers for learning about computational design. This program, created by a designer rather than a programmer, was developed to employ an intuitive, visual interface that encourages a “learning by designing” approach to shape grammar education. (...) These software applications for exploring two-dimensional and three-dimensional shape grammars provide powerful tools for learning fundamental concepts, but their interfaces are not conducive to experimenting with shape grammars. While these programs demonstrate simple and accurate representations of the actual shape grammar computation, they do not provide an appropriate interface for designers”. McGill, Miranda C. (2005).*

Esta herramienta de diseño funciona de manera básica permite al usuario seleccionar una figura de un limitado vocabulario de formas que situá las siguientes formas: cuadrado, rectángulo y triángulo, y una regla, determinada por defecto por el software, la cual permite un cierto número de iteraciones; (*entendiendo como iteración a la repetición de una función o proceso el número de veces necesarias para alcanzar un resultado*) singulares para cada caso y que determinan la complejidad del ejercicio.

##### 4.1.1.1. Análisis de la interfaz del software: Shaper2D.

El software al igual que muchos otros se conforma principalmente por una barra de exploración de archivos, diseño (edición), herramientas y ayuda **(1)**, por otro lado cuenta con una barra que permite al usuario controlar el número de reglas, de iteraciones, así como las propiedades de las formas y del diseño **(2)**; siguiendo las normas de las gramáticas formales encontramos un vocabulario de formas preestablecido por el software **(3)**, misma que nos da como componentes 4 formas específicas: rectángulo, cuadrado, y dos tipos de triángulo; consecuentemente encontramos dos pantallas en la cuales podemos establecer las relaciones espaciales para cada forma, determinadas en un plano cartesiano **(4)**, como siguiente parte del interface encontramos la pantalla que nos permite visualizar la reglas formales determinadas por al relaciones espaciales **(5)**, las función de iteración mostrada **(6)** en el sistema permite establecer el número de repeticiones de las reglas para llegar a un objetivo final o diseño (gramática establecida) **(7)**, que será en si la resolución del ejercicio y que puede guiar al usuario a un determinado objeto construible, basado en formas iniciales de diseño.

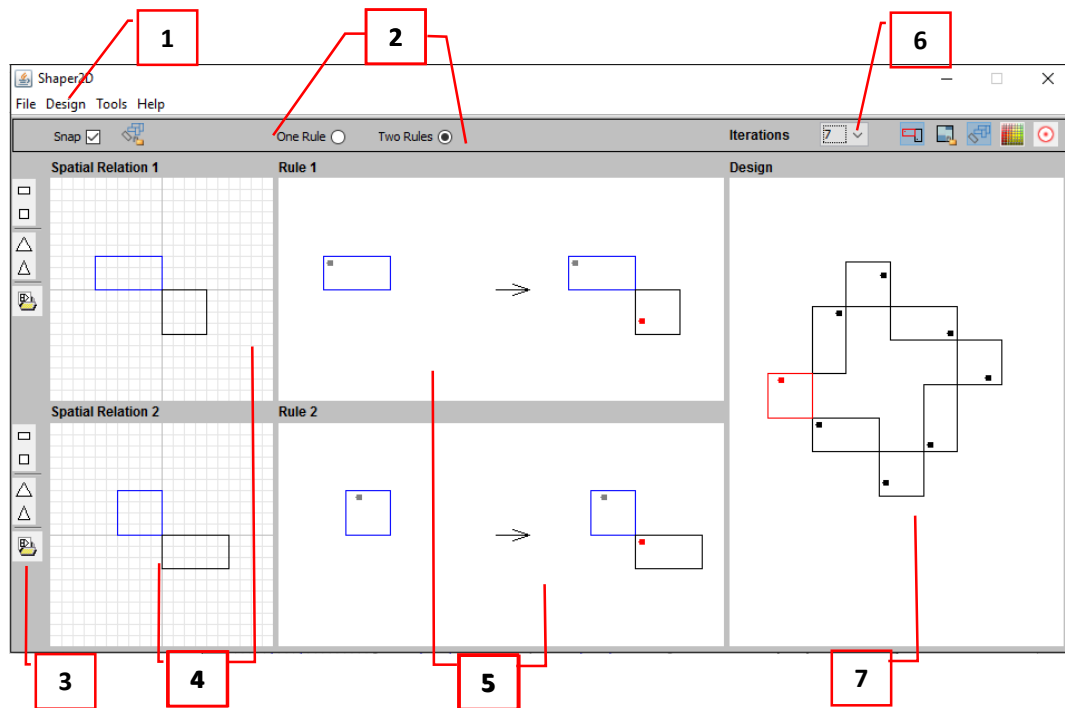


Figura 27: Diagrama de uso de la interfaz del software Shaper2D.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

#### 4.1.1.2. Ejercicios de aplicación.

##### Ejercicio 1:

En una primera etapa se desarrolla un ejercicio con un nivel de complejidad mínimo, basado en una sola forma y una regla aplicada y repetida (iterada).

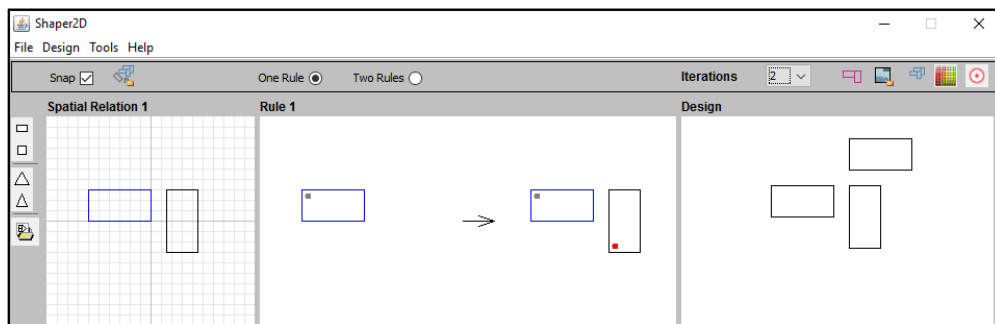


Figura 28: Ejercicio 1 desarrollado en Shaper2D (2 iteraciones)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Al cambiar el número de iteraciones, el resultado final va haciéndose más complejo, sin embargo esta herramienta se limita a un número tope de iteraciones causadas por la radiación de una forma, es decir la regla seguirá repitiendo pero superponiéndose.

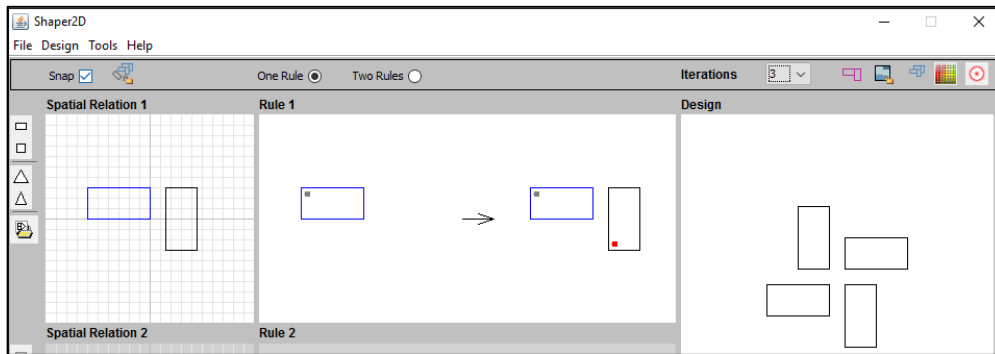


Figura 29: Ejercicio 1 desarrollado en Shaper2D (3 iteraciones)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Conforme las formas vayan moviéndose o rotando el resultado será completamente distinto y se observa que las iteraciones para este caso son mayores considerando que el espacio de trabajo es más amplio; es decir, las relaciones espaciales van en aumento y por ende las reglas formales pueden repetirse muchas más veces (iteraciones).

### **Ejercicio 2:**

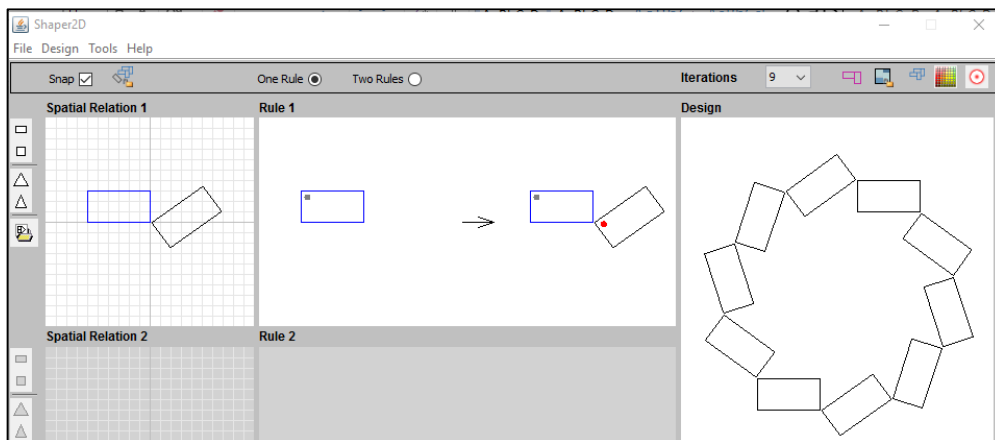


Figura 30: Ejercicio 2 desarrollado en Shaper2D (rotación de una forma, 9 iteraciones)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

### **Ejercicio 3:** Dos cuadrados que se tocan por un lado, en la mitad del vértice.

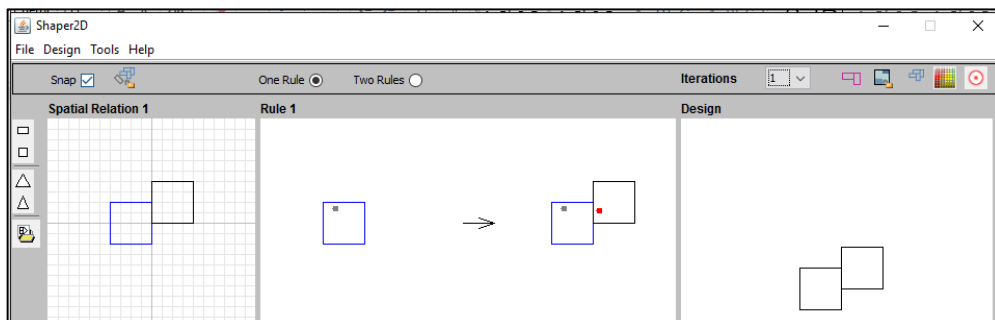


Figura 31: Ejercicio 3 desarrollado en Shaper2D (1 iteración)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

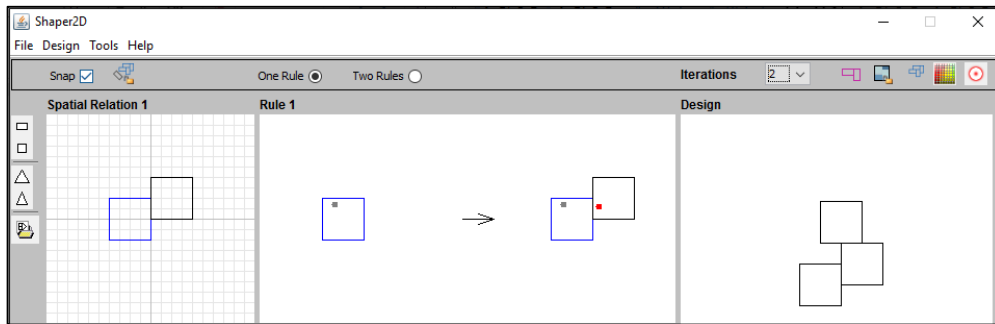


Figura 32: Ejercicio 3 desarrollado en Shaper2D (2 iteraciones)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

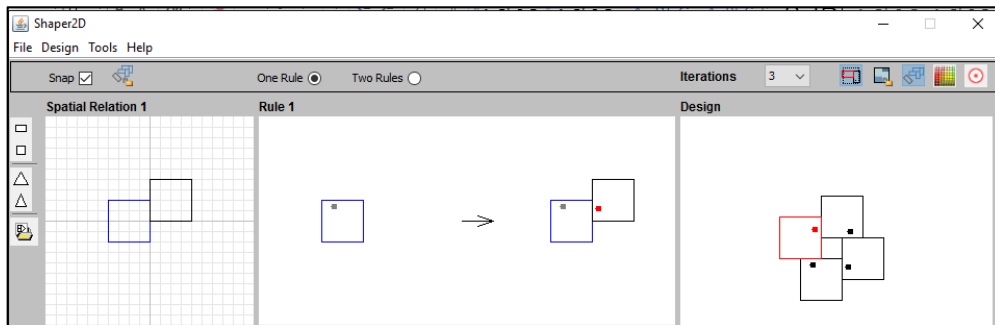


Figura 33: Ejercicio 3 desarrollado en Shaper2D (3 iteraciones)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

**Ejercicio 4:** En el mismo ejercicio se puede aplicar rotación a uno de los dos cuadrados, con la finalidad de obtener un resultado diferente, además aplicar más iteraciones en el espacio de trabajo que en este caso serían 10.

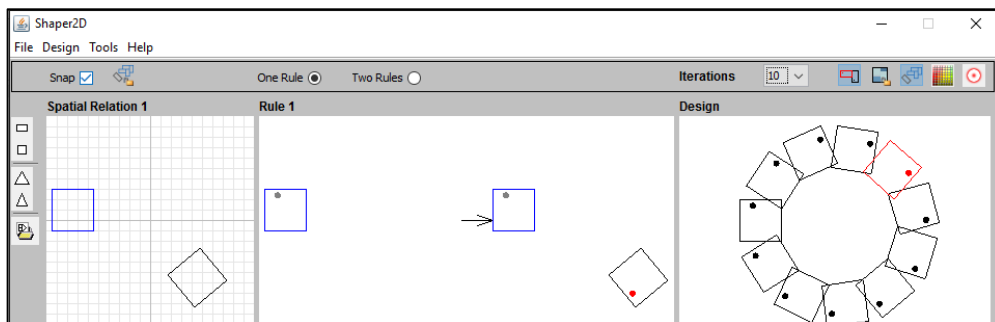


Figura 34: Ejercicio 4 desarrollado en Shaper2D (una de dos formas rotas; 10 iteraciones)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

**Ejercicio 5:** Una vez rotadas ambas formas, tenemos mucha más amplitud en cuanto al espacio de trabajo, las iteraciones en este caso para cerrar el ejercicio de una manera eficiente se limita a 14; se usan las mismas formas, sin embargo las relaciones espaciales y las reglas formales varían por consecuencia dando un resultado completamente distinto.

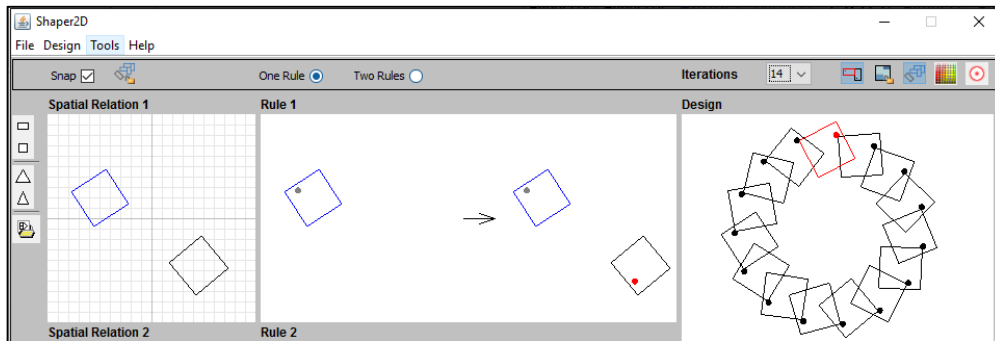


Figura 35: Ejercicio 5 desarrollado en Shaper2D (dos formas rotadas; 14 iteraciones)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

**Ejercicio 6:** A continuación se muestra un nivel de complejidad mayor empleada por el programa, en el cual nos permite utilizar dos figuras del repertorio (vocabulario de formas), ya sean diferentes o iguales, y además, permite aplicar dos reglas formales, una independiente por cada figura, por ende el número de iteraciones óptimas para los ejercicios ira en aumento tomando en cuenta las consideraciones mencionadas en los ejercicios anteriores.

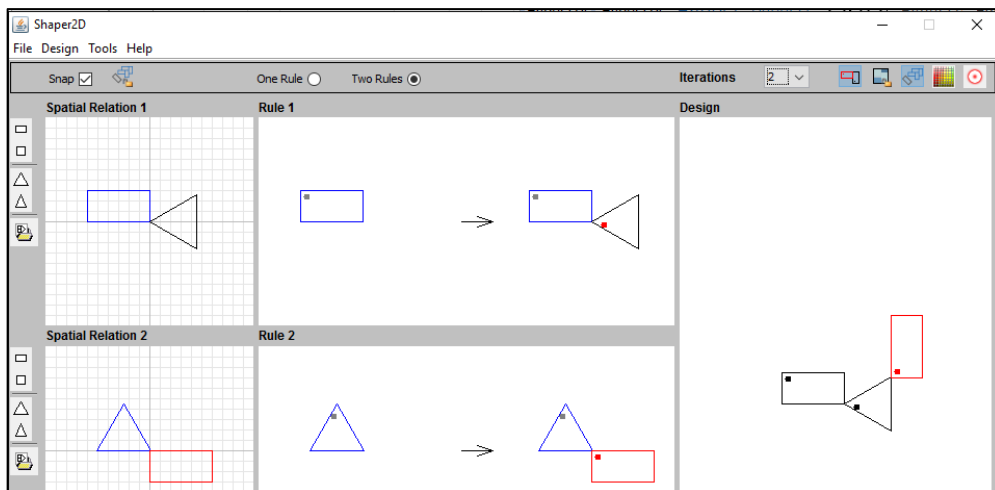


Figura 36: Ejercicio 5 desarrollado en Shaper2D (dos reglas, dos formas, 2 iteraciones)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Como podemos observar la primera regla está dada en función de una primera figura (rectángulo) al cual se le adiciona un triángulo en uno de sus ángulos, y por otro lado la segunda regla en la cual a un triángulo se le adiciona el mismo rectángulo.

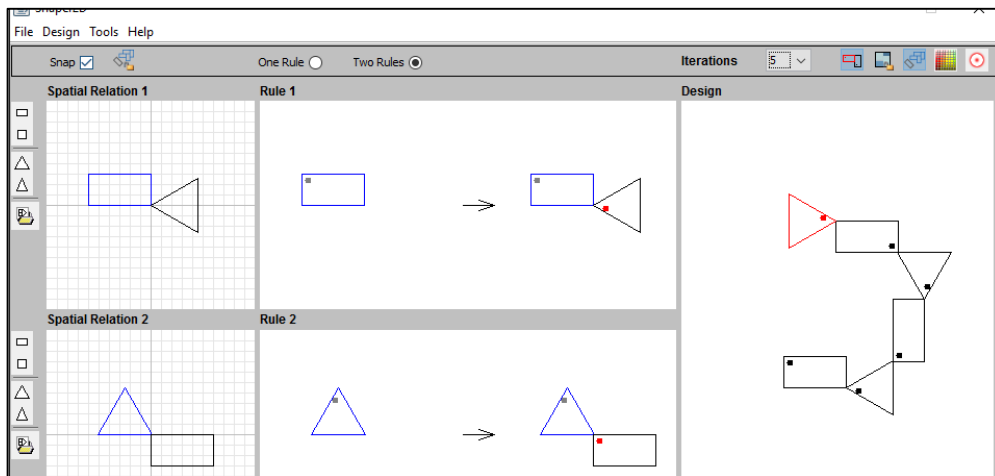


Figura 37: Ejercicio 5 desarrollado en Shaper2D (dos reglas, dos formas, 5 iteraciones)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

La reglas van aplicándose de manera intercalada es decir, se hace una secuencia en el sentido horario o contra horario, de la siguiente manera: R1-R2-R1-R2.... Para este primer ejercicio tenemos que el número de iteraciones es mayor en una primera instancia, si bien la primera regla en el ejercicio 1 nos permitía desarrollar 3 iteraciones, este por el contrario nos permite desarrollar 7 en una primera fase, como se muestra en la imagen a continuación que vendría a ser el ejercicio completo.

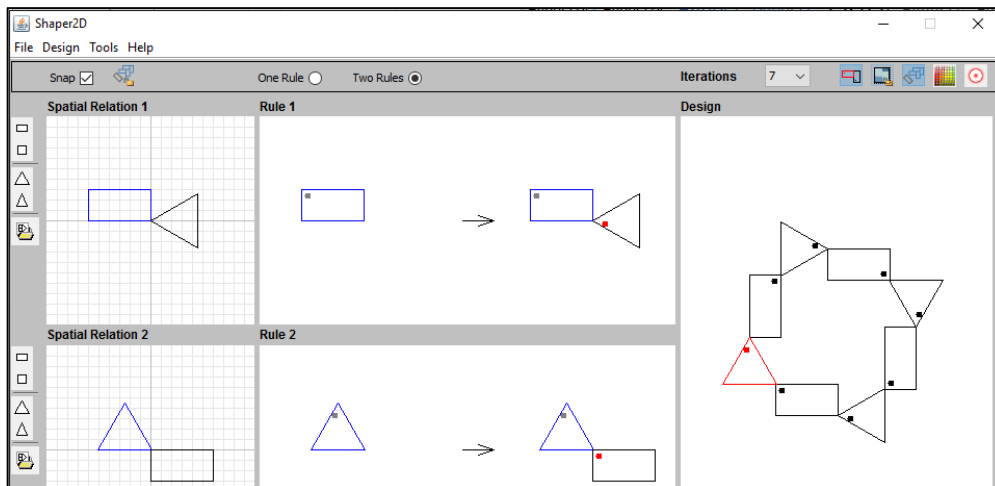


Figura 38: Ejercicio 5 desarrollado en Shaper2D (dos reglas, dos formas, 7 iteraciones)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

**Ejercicio 6:** Al desarrollar la rotación a las figuras, como ya se explicó anteriormente el software nos permite desarrollar más iteraciones, y en el caso de dos reglas, se amplía el diseño así como su nivel de complejidad. Así se muestra en la siguiente imagen, donde el mismo ejercicio básico se ha desarrollado de manera más compleja.

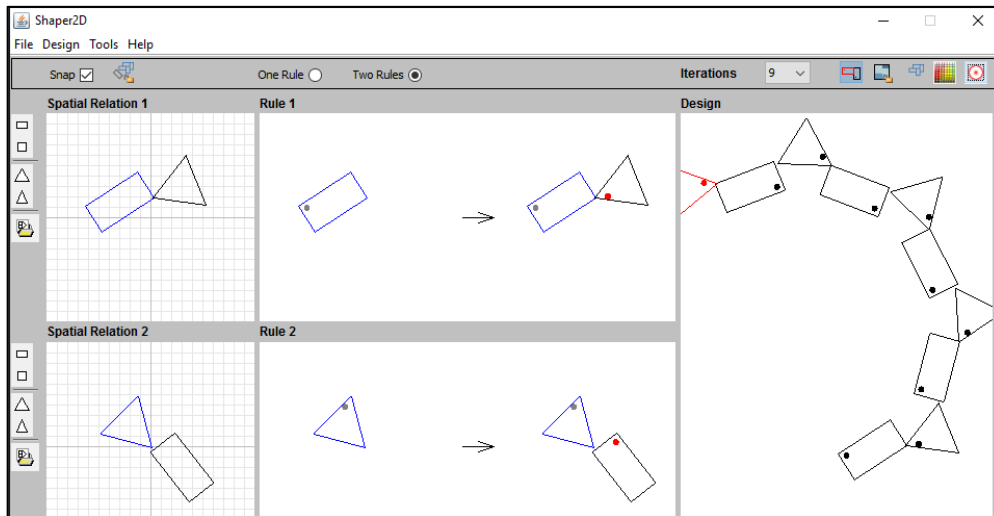


Figura 39: Ejercicio 5 desarrollado en Shaper2D (dos reglas, dos formas, 5 iteraciones)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

#### 4.1.1.3. Observaciones.

- Como podemos evidenciar este software opera con conceptos básicos de diseño, tales como la rotación, multiplicación, escala, superposición, y traslación.
- Su limitación se encuentra básicamente en el vocabulario de formas, mismo que nos permite únicamente la utilización de 4 figuras geométricas (formas), y a dos reglas formales.
- Esta herramienta puede orientarnos a entender cómo funcionan las gramáticas formales sin mayor complicación, dado que su interface es de rápido aprendizaje y fácil utilización.

#### 4.1.2. Shape Grammar Interpreter (SGI).

Descripción del software:

*"Shape Grammar Interpreter is a complete and robust tool used to define shape grammars and generate new designs. It allows the user to comfortably specify shapes and rules. User also has complete control over grammar generation process".* Tomas Trescak, M. E., Rodriguez, I. (2012).

Este software guarda similitud con el software Shaper2D, por cuanto está regido con las leyes de las gramáticas formales, sin embargo permite al usuario establecer sus propias formas, es decir se amplía el vocabulario de formas del cual puede disponer el usuario, y además las reglas en este sistema aumentan a 3, dándole una mayor amplitud en cuanto a iteraciones y resultados de diseño.

#### 4.1.2.1. Análisis de la interfaz del software: Shape Grammar Interpreter (SGI).

Aunque guarda un nivel de complejidad mayor al software Shaper2D, su interfaz es fácil de usar y permite identificar las leyes de las gramáticas formales rápidamente, como es básico en cualquier programá podemos encontrar la barra de exploración para abrir o guardar un archivo, así como herramientas de ayuda y de ventana que facilitan la visualización de más herramientas **(1)**; inmediatamente nos encontramos con una barra de herramientas de usos rápidos como: guardado, nuevos proyecto y edición **(2)**; a continuación de esto encontramos una barra de herramientas de proyección (diseño) es decir: modificar diseño , modificar vértice , crear línea , crear polilínea , crear curva  **(3)**.

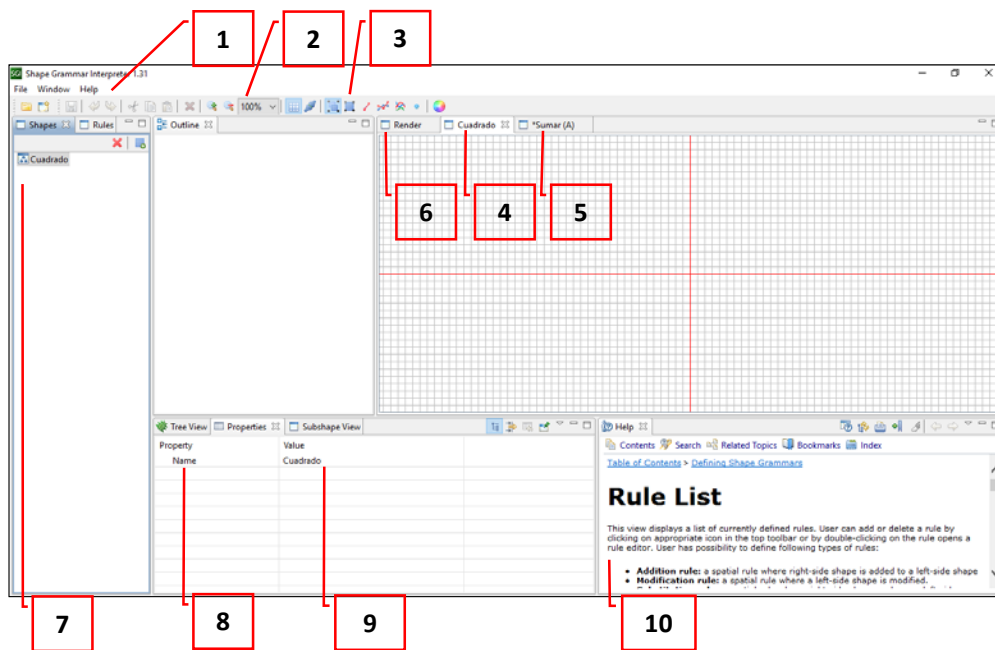


Figura 40: Diagrama de estudio de interfaz de software Shape Grammar Interpreter

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

En consecuencia con esto encontramos tres pantallas de trabajo, mismas que obedecen a las leyes de las gramáticas formales, una pestaña señalada con la palabra Cuadrado **(4)** mismo nombre que el usuario puede designar, en esta pantalla el usuario puede dibujar la forma deseada con herramientas de línea, polilínea y curva. Debemos aclarar que la pantalla se muestra como un plano cartesiano para facilitar la ubicación de los objetos en el espacio.



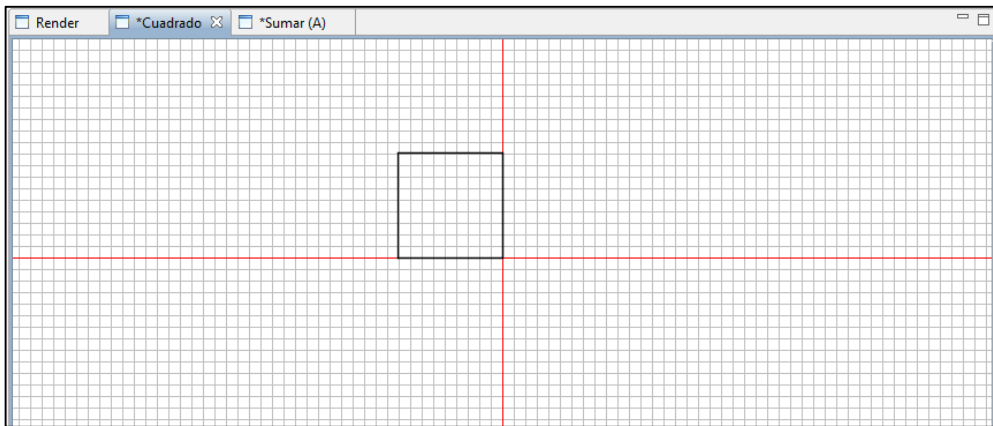


Figura 41: Pantalla de trazado de una forma (caso: cuadrado)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Por otro lado y en consecuencia con las gramáticas formales encontramos una pantalla que indica la regla a utilizar que bien puede ser: sustitución ( $S_+$ ), modificación ( $M_+$ ) y adición o suma ( $A_+$ ). (7)

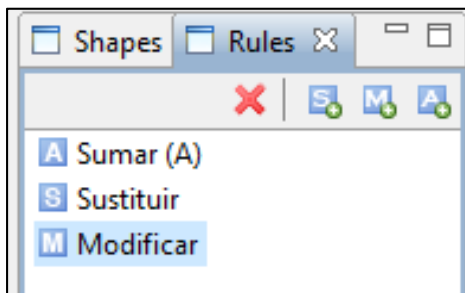


Figura 42: Apartado para reglas formales 3 reglas (sustituir, modificar y adicionar,) (SGI).

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Las reglas funcionan por otro lado, adicionando a una forma a dicha regla es decir: a la forma generada en el apartado *Shapes*, se adiciona al cuadro de reglas tanto en el lado izquierdo y derecho. Aclaramos que para que se cumplan las reglas formales la figura debe repetirse una vez, solo de esta manera es que operan este tipo de software. La relación espacial es también especificada, en el caso mostrado en la imagen continuación, muestra dos cuadrados que se superponen. (Ver figura 43, pág. 48)

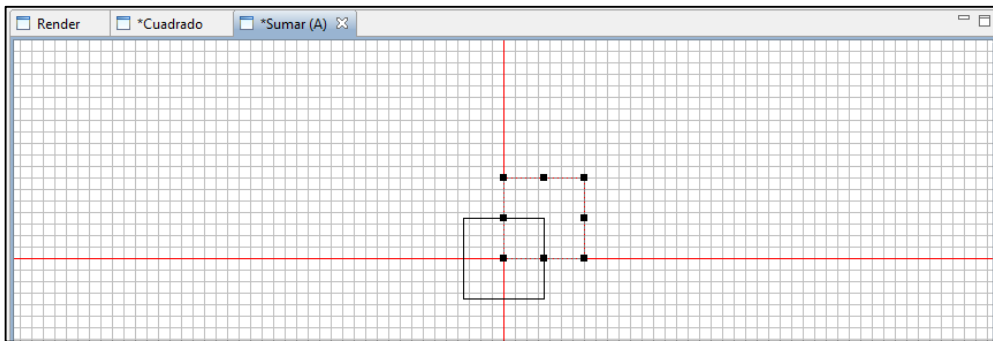


Figura 43: Pantalla de aplicación de reglas formales (sustituir, modificar y adicionar,) (SGI).

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

El programa opera de manera matemática al igual que el software anterior, repitiendo procesos de una regla determinada (iteración) el número de veces que el usuario determine con la finalidad de observar resultados y ver si los mismos satisfacen sus necesidades. **(6)**

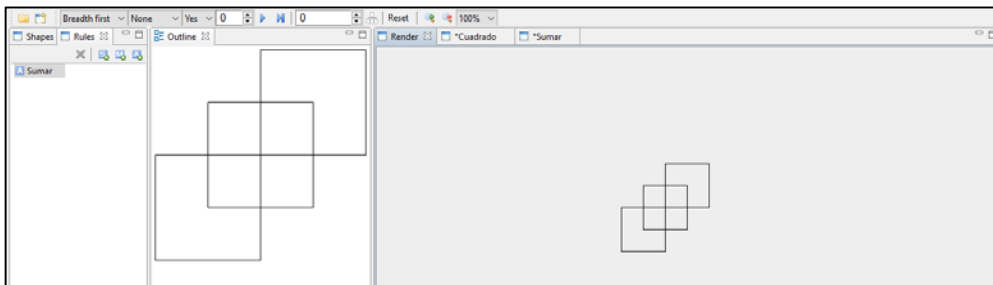


Figura 44: (SGI) Proceso de renderizado (2 iteraciones).

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

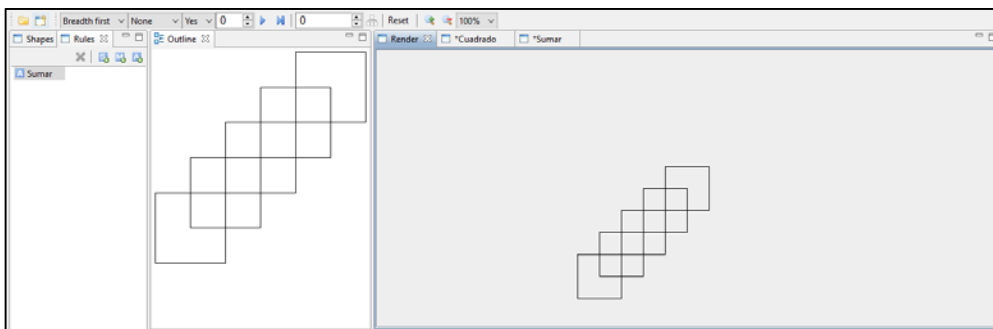


Figura 45: (SGI) Proceso de renderizado (4 iteraciones).

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Complementariamente a esto encontramos dos espacios en la interfaz, que especifican las propiedades **(8)** y valores **(9)** de cada forma y de cada regla.



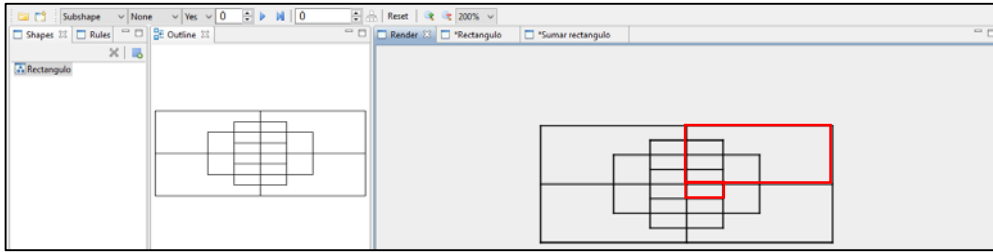


Figura 50: Ejercicio 1. Desarrollado en SGI. Renderizado con 6 iteraciones de la regla. (Resultado). Proceso de subforma. (*Detección de subforma*)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

En este punto hace falta aclarar lo que es una **subforma**, que en cuanto a gramáticas formales viene siendo el resultado de la unión o superposición de dos forma que generan una forma como resultado de un proceso, una forma de iguales características pero dimensiones escaladas a la cual puede aplicarse la regla designada, en este caso sumar (adicionar).

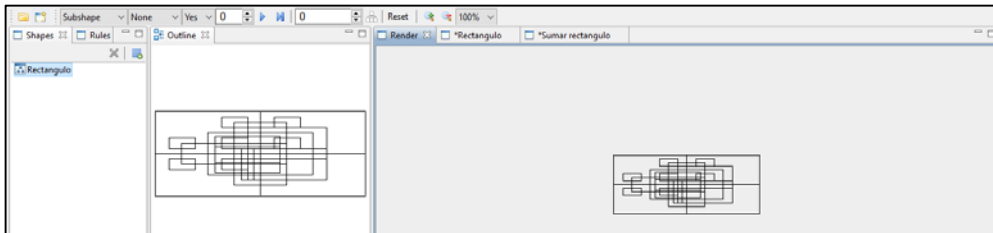


Figura 51: Ejercicio 1. Desarrollado en SGI. Resultado final del diseño.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

**Ejercicio 2:** en este caso se desarrollara un ejercicio con dos figuras (cuadrado y rectángulo) y dos reglas (sumar y sustituir).

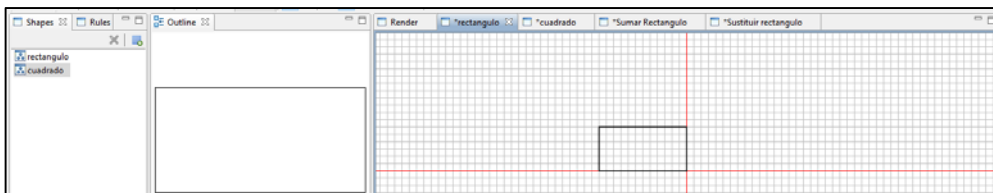


Figura 52: Ejercicio 2. Desarrollado en SGI. Trazado de un rectángulo.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

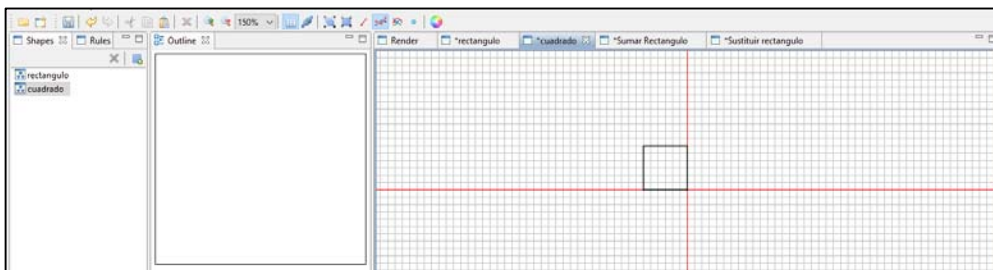


Figura 53: Ejercicio 2. Desarrollado en SGI. Trazado de un cuadrado.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

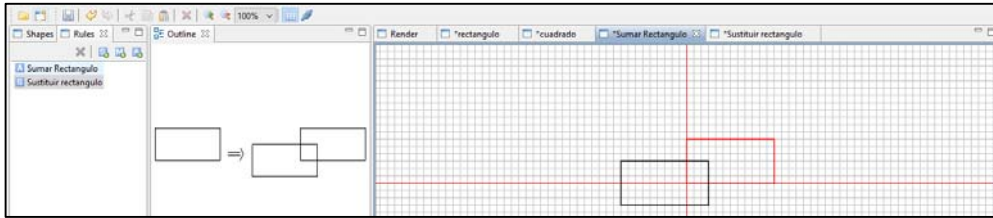


Figura 54: Ejercicio 2. Desarrollado en SGI. Regla 1: Sumar rectángulo superpuesto.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

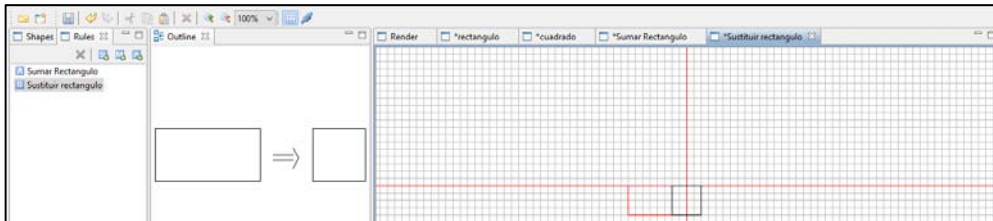


Figura 55: Ejercicio 2. Desarrollado en SGI. Regla 2: Sustituir rectángulo por cuadrado.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

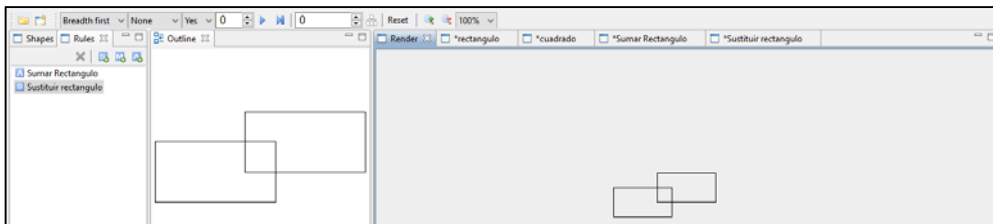


Figura 56: Ejercicio 2. Desarrollado en SGI. 1° iteración. Aplica regla 1.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

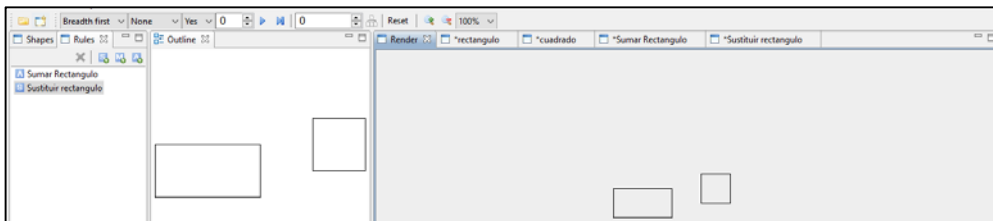


Figura 57: Ejercicio 2. Desarrollado en SGI. 2° iteración. Aplica regla 2.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

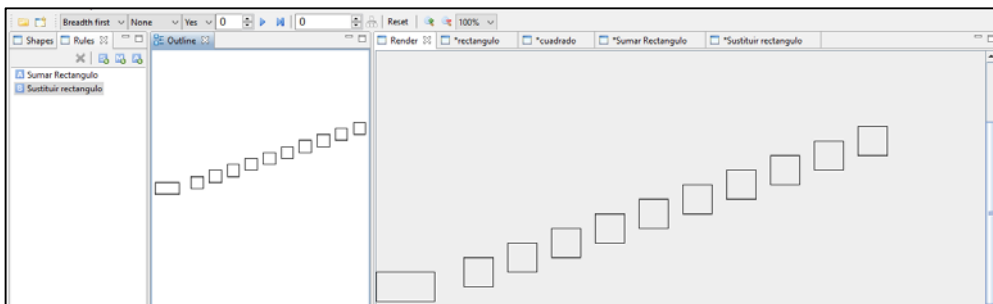


Figura 58: Ejercicio 2. Desarrollado en SGI. Resultado final (proceso de multiplicación)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

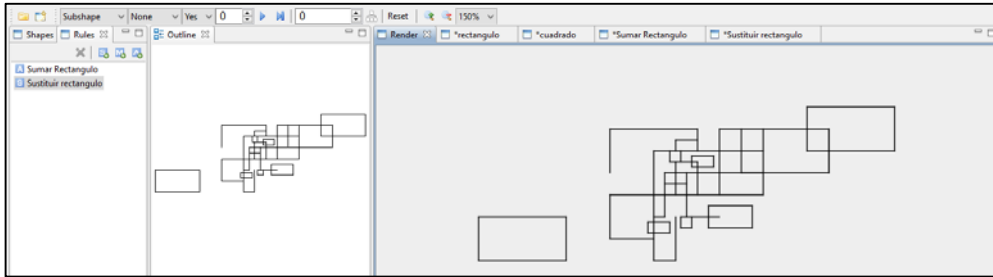


Figura 59: Ejercicio 2. Desarrollado en SGI. Resultado final (proceso de subforma)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

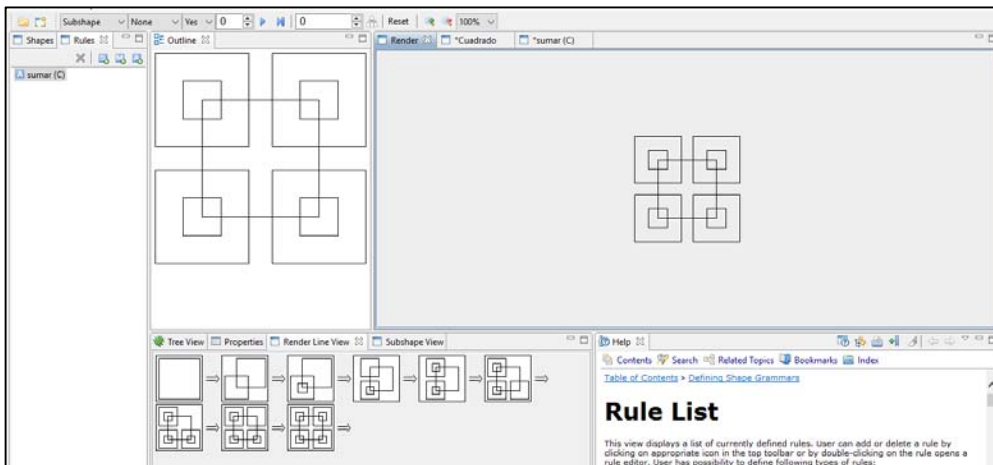


Figura 60: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGI. Resultado de sub forma con 8 iteraciones.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Como podemos apreciar la identificación de **formas emergentes**, se desarrolla de manera automática, generando además en la pantalla inferior izquierda una gama de posibilidades de diseño determinadas por cada iteración, esta puede ser empleada por el diseñador para los objetivos pertinentes den el desarrollo de sus creaciones.

En el siguiente ejercicio, se establecerá como vocabulario a una cuadrado y a un rectángulo, seleccionando como forma inicial al cuadrado, al cual se le aplicaran dos reglas: una de adición de un cuadrado del mismo tipo  $A+A$ , y otra de adición de rectángulo  $A+B$ ; además, se determinará los resultado obtenidos de multiplicar la regla y de identificar formas emergentes (**subformas**).

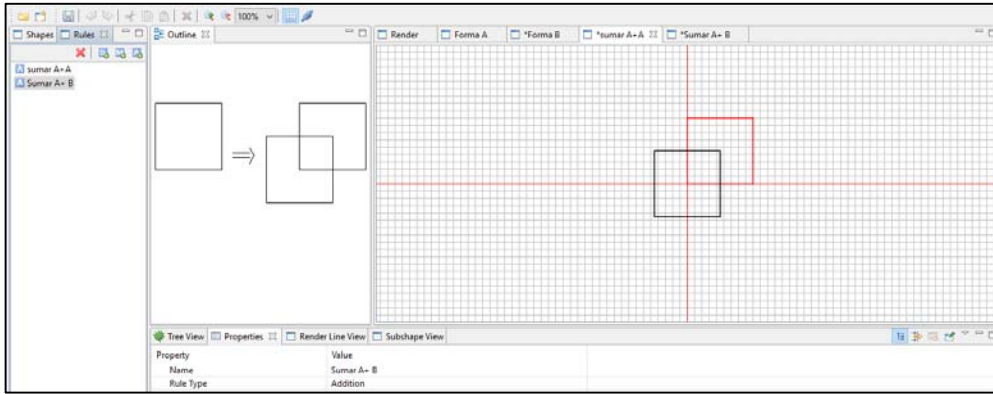


Figura 61: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGI. Regla 1: sumar cuadrado más cuadrado

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

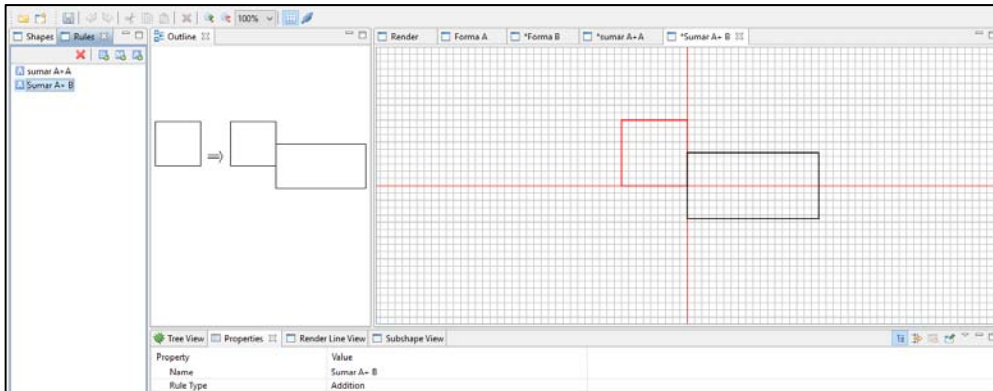


Figura 62: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGI. Regla 2: sumar cuadrado más rectángulo

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

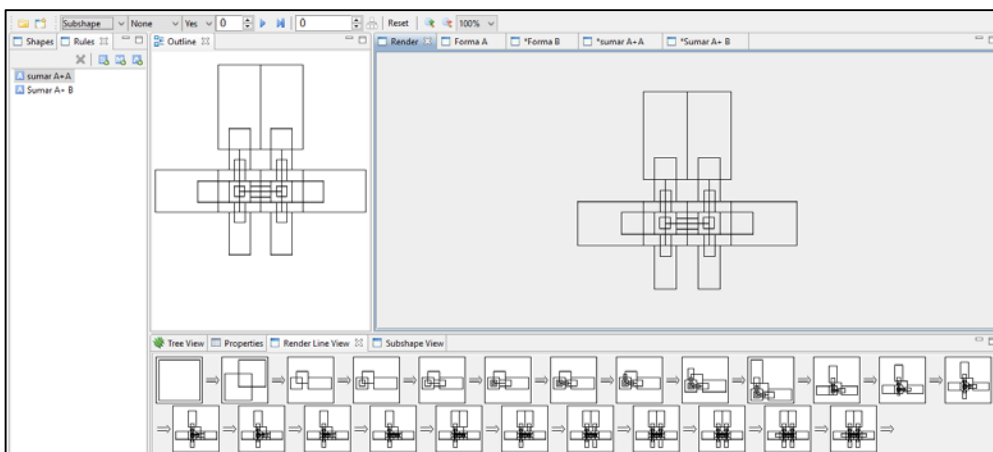


Figura 63: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGI. Proceso de subforma (23 iteraciones).

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David



Una consideración importante en la aplicación mostrada, es la ubicación de un punto de referencia a través del cual van a direccionarse las reglas; por lo tanto, este punto referencial funciona como un eje distribución radial de las iteraciones.

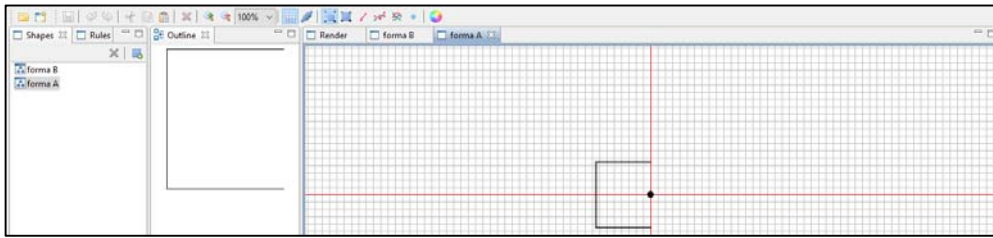


Figura 64: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGL. Forma A. con un punto de referencia.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

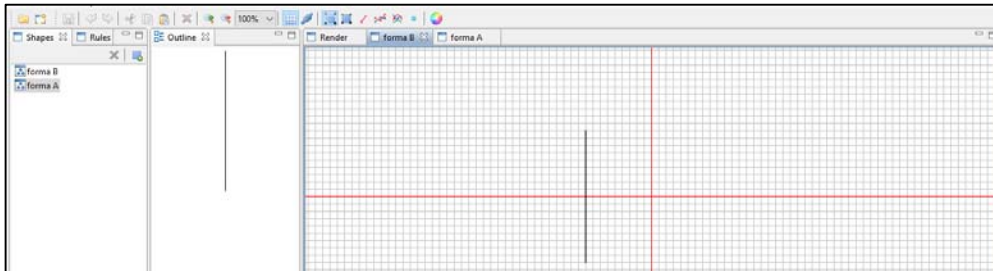


Figura 65: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGL. Forma B.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

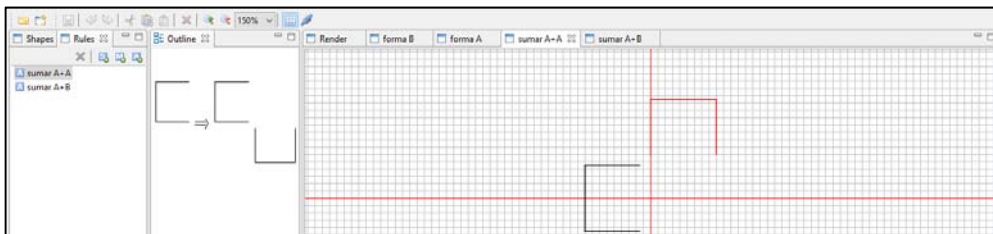


Figura 66: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGL. Regla 1. Sumar A+A

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

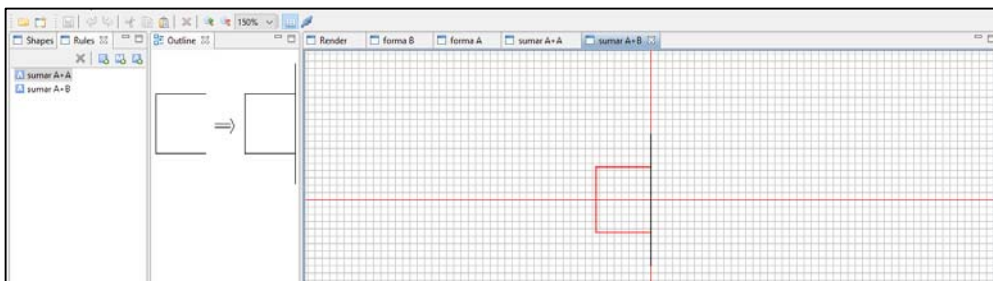


Figura 67: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGL. Regla 1. Sumar A+B

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Al igual que en el software anterior descrito “*Shaper2D*”, las reglas van aplicándose de manera intercalada, es decir, se hace una secuencia en el sentido horario o contra horario, de



la siguiente manera: R1-R2-R1-R2..., tanto para el proceso multiplicación como para el proceso de identificación de subforma.

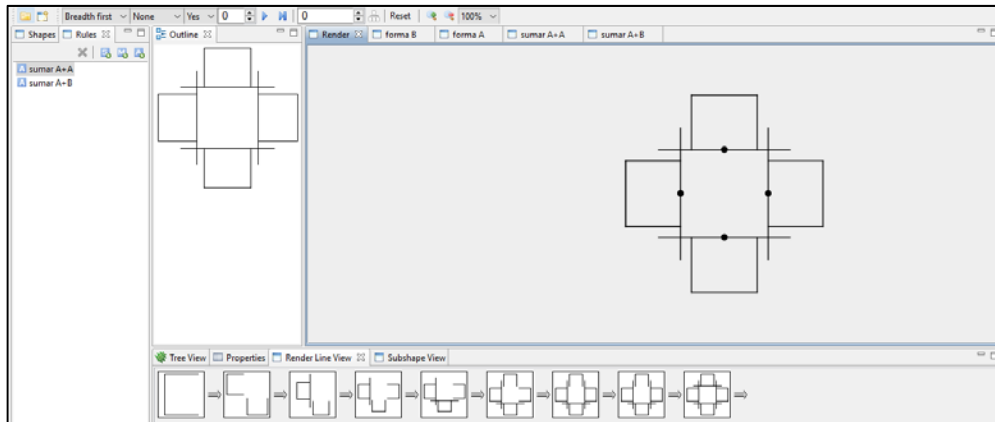


Figura 68: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGI. Resultado con proceso de multiplicación.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

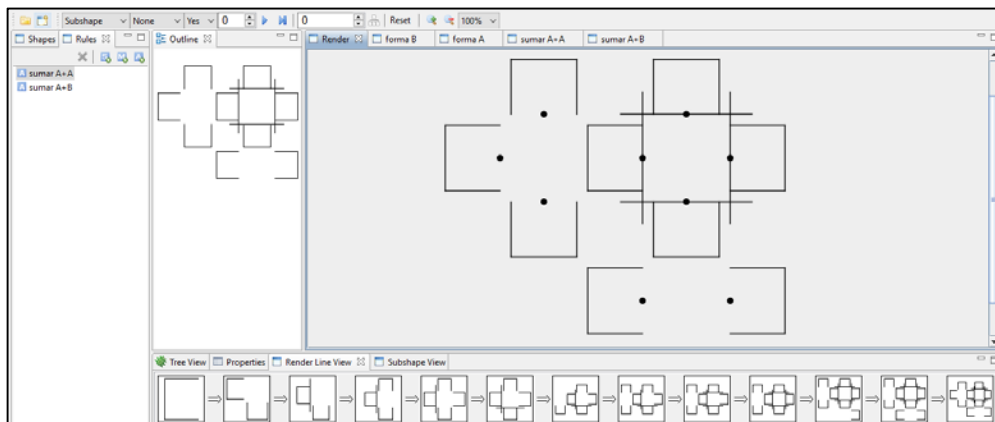


Figura 69: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGI. Resultado con proceso de subforma.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

La identificación de un supermódulo es completamente necesaria en el proceso de desarrollo de una gramática formal. Esta identificación puede establecerla el diseñador o surgir de la unión de un módulo o forma inicial a la cual se le ha aplicado una o más reglas para transformarse en un conjunto. (Ver anexos, figuras124-129, pág. 107-109)

#### 4.1.2.3. Observaciones.

- Al igual que software Shaper 2D opera con conceptos básicos de diseño, tales como la rotación, multiplicación, escala, superposición, y traslación.
- Al contrario de Shaper 2D el vocabulario de formas es ampliado, puesto que el diseñador tiene el control de graficar los mismo, ya sean formas geométricas regulares o formas libres, además las reglas formales se amplían a tres.

- Esta herramienta presenta una mayor complejidad en cuanto a la generación de la gramática, puesto que permite identificar subformas y supermódulos.

#### 4.2. Experimentación de diseño de anteproyectos arquitectónicos.

El objetivo de la práctica consiste en impartir los conocimientos sobre las gramáticas formales a un grupo limitado de estudiantes a través del uso de los softwares de generación analizados para la presente investigación con la finalidad de establecer diseños de varios anteproyectos arquitectónicos.

En los marcos de la observación anterior se plantea la experimentación como un taller desarrollado en el transcurso de 3 semanas mediante el cual, los estudiantes (pasantes) analizaran los software, determinaran una forma inicial para su proyecto y luego las pertinentes relaciones espaciales y reglas formales para establecer una gramática capaz de dar origen a un concepto de diseño arquitectónico.



Figura 70: Taller de experimentación de gramáticas formales para anteproyectos arquitectónicos.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

##### 4.2.1. Ejercicios de experimentación.

Los ejercicios mostrados a continuación, muestran la posibilidad de establecer un partido arquitectónico a través del uso de las gramáticas formales administradas por softwares como **Shaper 2D** y **Shape Grammar Interpreter**, cada ejercicio muestra las reglas con que fue elaborado, maquetación y además posibles configuraciones de los ejercicios por medio del movimiento de formas.

**Ejercicio 1:** El proyecto aborda 4 bloques, cada uno representa una vivienda y en el centro se ubica un espacio de circulación, que además genera los ingresos. El proyecto además aborda la posibilidad de mover los módulos (bloques) a necesidad del proyecto.

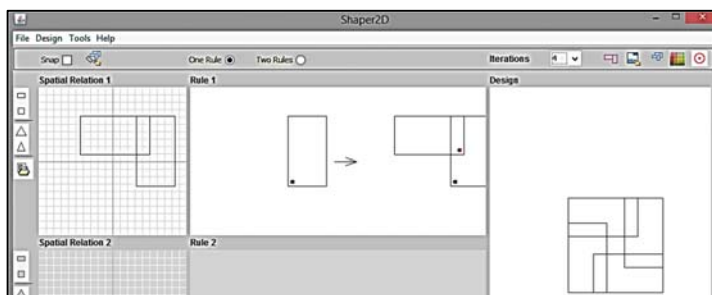


Figura 71: Gramática en Shaper 2D. Dos formas, 1 regla, 4 iter.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Rivero, Josué.

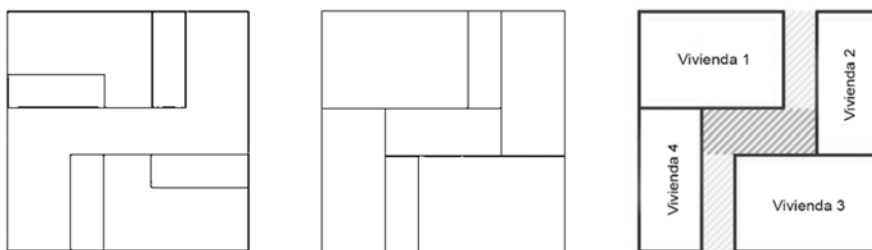


Figura 72: Identificación de formas y espacios. (Conjunto de viviendas)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Rivero, Josué.

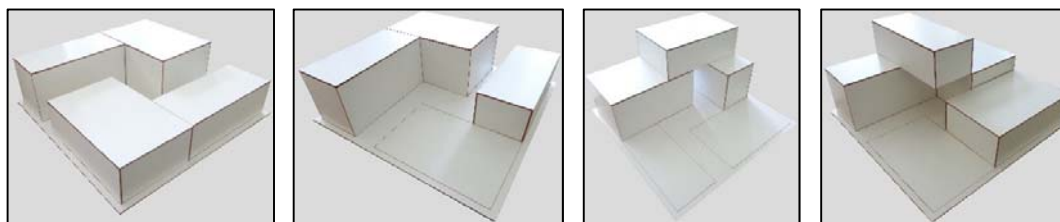


Figura 73: Maquetación. Conjunto de viviendas con otras posibles configuraciones (variables).

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Rivero, Josué.

**Ejercicio 2:** El concepto de diseño es básico, un módulo cuadrado inicial, rotado hasta conseguir formar un pentágono central que hace las veces de área social y sirve como un vestíbulo para cada una de las dependencias contenidas en los cuadrados.

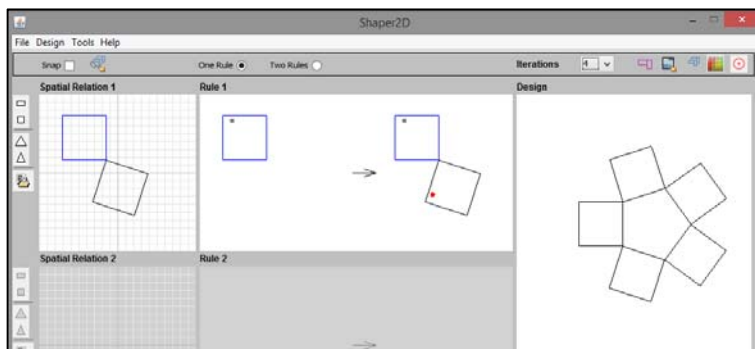


Figura 74: Gramática en Shaper 2D. 1 forma, 1 regla, 4 iteraciones.

(Centro infantil).

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Rivero, Josué.

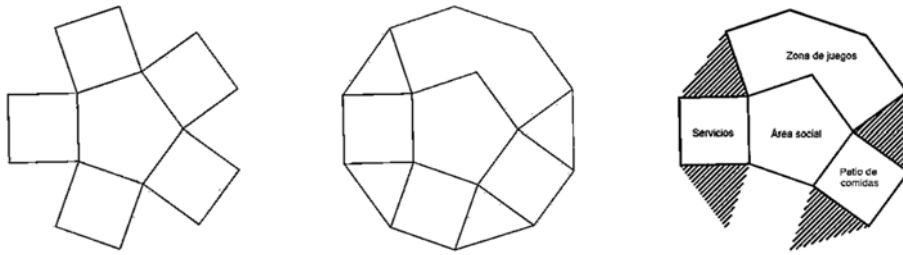


Figura 75: Proceso de identificación de formas y espacios. (Centro infantil)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Rivero, Josué

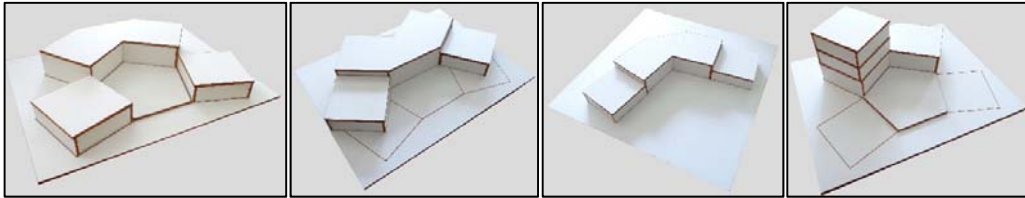


Figura 76: Maquetación de centro infantil con otras posibles configuraciones (variables).

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Rivero, Josué.

**Ejercicio 3:** El concepto de diseño es muy sencillo, un módulo cuadrado inicial, rotado hasta conseguir formar un pentágono central que hace las veces de área social y sirve como un vestíbulo para cada una de las dependencias contenidas en los cuadrados.

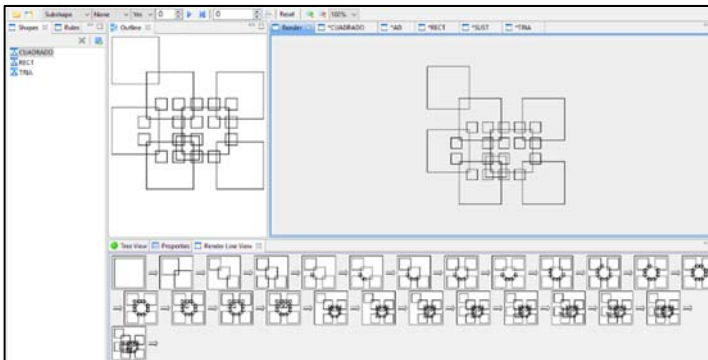


Figura 77: Gramática en Shape Grammar Interpreter. Dos formas, 1 regla, 25 iteraciones. (Condominios).

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Bravo, Daniela.

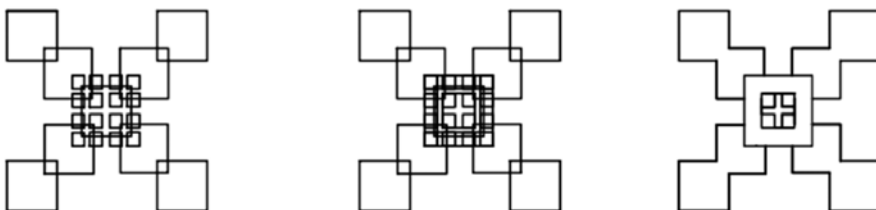


Figura 78: Proceso de identificación de formas y espacios.

(Condominios/viviendas)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Bravo, Daniela.

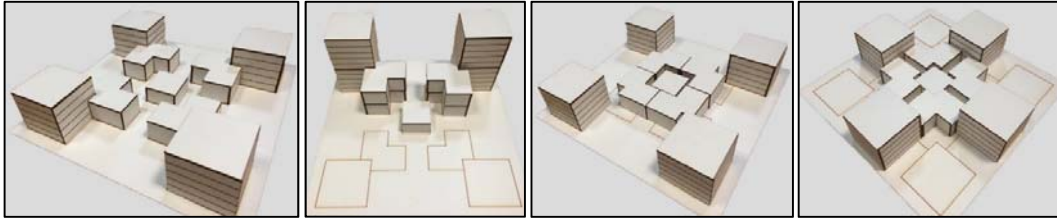


Figura 79: Maquetación de condominios con otras posibles configuraciones (variables).

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Bravo, Daniela

**Ejercicio 4:** Un pabellón de exposiciones basa su concepto en un módulo cuadrado base como forma inicial y un rectángulo como forma complementaria, la regla está establecida de tal manera que los rectángulos se agrupan en el centro comunicando de manera simultánea a los cuadrados.

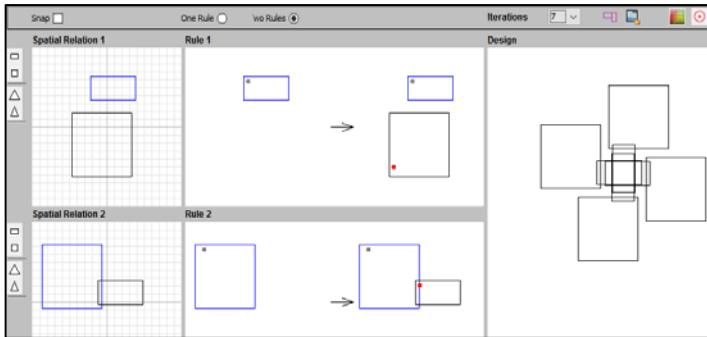


Figura 80: Gramática en Shaper 2D. Dos formas, 2 regla, 7 iteraciones. (Pabellón de exposición).

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Rivero, Josué.

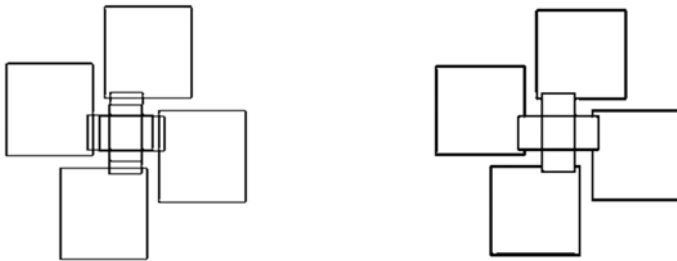


Figura 81: Identificación de formas (Pabellón de exposición)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Bravo, Daniela.

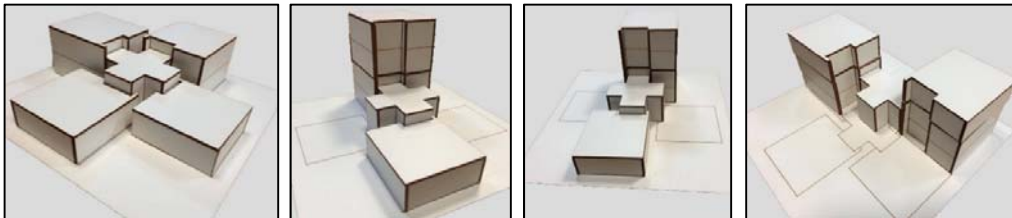


Figura 82: Maquetación de un pabellón con otras posibles configuraciones (variables).

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Bravo, Daniela

#### 4.2.2. Conclusiones.

- El uso de gramáticas formales extiende las posibilidades de establecer un concepto arquitectónico, puesto que dadas las reglas y las relaciones espaciales será el usuario quien determine en que punto de las iteraciones (resultado) usar como base de diseño, es decir tendrá un numero N de posibilidades de las cuales disponer para usar en el proyecto.
- Las herramientas de diseño gramatical (**Shaper2D y Shape Grammar Interpreter**) aceleran el proceso de diseño siendo aún herramientas básicas, considerado que el diseño se desarrolla de manera computacional liberando carga al diseñador.
- Este sistema ofrece al diseñador la posibilidad de ser quien establezca el sistema, moverlo a voluntad, variarlo e incluso editarlo; es decir, es el usuario quien tiene el control del juego y quien podrá adoptar la gramática que le sea más eficiente.

#### 4.3. Especificaciones para el prototipo.

##### 4.3.1. Análisis del crecimiento de la familia.

Al referirnos a crecimiento familiar, en específico del crecimiento de la familia nuclear (aquella compuesta por padres e hijos) es inevitable establecer ciertos rangos o edades de los cuales se compone esta estructura, misma que con el paso de los años y por cuestiones fisiológicas y psicológicas como ya se había mencionado antes son parte inherente del desarrollo de las personas, cambia y transforma el entorno <<hábitat>>.

Resulta oportuno entonces hablar de los edades de la familia o como menciona Di Paula (2071),

*“el ciclo vital de las familias, mismo que pone como eje fundamental de estudio el crecimiento de los hijos, considerando que este es un factor que irremediablemente se vincula con los espacios en la vivienda, mismo asunto será atendido en el siguiente sub capítulo”.*

Por lo tanto se establece esta clasificación o división de las etapas/edades de la familia y por ende queda determinado su crecimiento; estableciéndolo al mismo como caso de análisis para su aplicación y sea el mismo capaz de dar lineamientos posteriores para concebir un diseño.

##### 4.3.1.1. Las edades de la familia / ciclo vital de la familia.

La edades de la familia, están esencialmente compuestos por la manera en cómo se desarrollan los hijos, demandando por tanto de cierto cuidado y atendimiento por parte de los padres que van mudando poco a poco, disminuyendo en intensidad de cuidados pero aumentando la cantidad de recursos que puedan ser usados en procesos de crianza de los hijos, en responsabilidades de los padres hacia ellos como, alimentación, vestido y educación esencialmente.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, hemos de ejemplificar este ciclo vital mediante el siguiente cuadro; en el cual, se muestran las edades o etapas fundamentales o características del crecimiento familiar, en el cual podemos defender la posición en la cual se encuentra una familia inicial que constantemente está en crecimiento, este crecimiento por tanto demanda de cuidados hacia los hijos, responsabilidad que generalmente va en declive por cuestiones sociales, culturales y económicas, a esto se suman factores tales como educación, formación en actividades extras o anexas, y por supuesto las posibilidades de adquirir un empleo por parte de los hijos y con ellos una remuneración que va liberándolos del refugio de los padres, y gracias ello lograrán con el tiempo independizarse por completo hasta crear otro núcleo. (Ver tabla 2)

Tabla 2: Las edades de la familia

| EDADES DE LA FAMILIA                                                                |                          |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Inicio                                                                              | Edad                     | Hijos/casa                 | Características                                                                                                                                                                                                                                                                              | Final                                                                                 |
|    | Familia joven            | Sin hijos                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etapa de planificación (núcleo)</li> <li>• Responsabilidades de pareja</li> <li>• Inversión económica baja</li> </ul>                                                                                                                               |    |
|    | Familia en etapa inicial | Entre 0 y 5 años           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etapa de lactancia</li> <li>• Responsabilidad paternal obligada</li> <li>• Educación inicial</li> <li>• Inversión económica media-baja</li> </ul>                                                                                                   |    |
|  | Familia en expansión     | Entre 6 y 12 años          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etapa de consolidación</li> <li>• Responsabilidad paternal obligada</li> <li>• Educación escolar</li> <li>• Actividades extras (deporte/arte)</li> <li>• Inversión económica media</li> </ul>                                                       |  |
|  | Familia consolidada      | Entre 13 y 18 años         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etapa de madurez</li> <li>• Responsabilidad paternal obligada</li> <li>• Educación media</li> <li>• Actividades extras (deporte/arte)</li> <li>• Hijos con capacidad de trabajar</li> <li>• Inversión económica alta</li> </ul>                     |  |
|  | Familia desarmada        | Salen hijos<br>Universidad | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etapa de separación inicial</li> <li>• Responsabilidad paternal media</li> <li>• Hijos con capacidad de trabajar</li> <li>• Educación universitaria</li> <li>• Inversión económica alta</li> </ul>                                                  |  |
|  | Familia adulta           | > 19 años<br>Vuelven hijos | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etapa de estabilización individual</li> <li>• Responsabilidad paternal baja</li> <li>• Hijos capacitados para trabajar</li> <li>• Educación post universitaria</li> <li>• Hijos con parejas adultas</li> <li>• Inversión económica media</li> </ul> |  |
|  | Pareja mayor             | 0 hijos                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etapa de dispersión</li> <li>• Responsabilidad paternal muy baja</li> <li>• Hijos forman un nuevo núcleo</li> <li>• Padres solos en casa</li> <li>• Inversión económica baja</li> </ul>                                                             |  |

|                                                                                   |                                                                                                       |         |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Pareja de<br>ancianos                                                                                 | 0 hijos | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etapa de degradación</li> <li>• Hijos brindan cuidado a padres y compañía en ocasiones</li> <li>• Economía depende de jubilaciones</li> </ul>      |   |
|  |  Anciano/a<br>solo/a | 0 hijos | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etapa de culminación</li> <li>• Hijos brinda cuidado a padres/madre y compañía en ocasiones</li> <li>• Economía depende de jubilaciones</li> </ul> |                                                                                                                                                                         |

Fuente: Sarquis, J. (2011) Arquitectura y modos de habitar

Edición: Piedra Rojas, Marco David

#### 4.3.1.2. **La familia nuclear como determinante de cambios en la vivienda.**

El hecho de que la familia se establezca como una determinante de cambios, es por el simple hecho de que la familia es cambiante, así pues lo menciona Habraken, (1979), explicando que

“es posible distinguir las diferentes fases de desarrollo de una familia: la joven pareja sin niños, la familia con niños pequeños, que crecen, que van al colegio y, finalmente, dejan la casa para formar sus propias familias. No es tan solo un cambio en número, implica también una serie de diferentes relaciones y formas de vivir juntos, de diferentes actividades dentro y fuera de la vivienda. A través de estas fases la relación con amigos, vecinos, familiares y otras tipos de tratos también varían. Estos tipos de cambios no influyen tan solo en el número de habitaciones en la casa, también afectan el tipo de equipamiento y al número y situación de aparatos dentro de la vivienda”. (p. 37)

Después de lo anterior expuesto, podemos considerar entonces que la vivienda debe ser capaz de aceptar modificaciones como un requisito solicitado por la acción de la evolución y crecimiento de la familia, es imperante el hecho de poder adaptarse al continuo crecimiento del núcleo y a los requerimientos de todos y cada uno de los integrantes de la familia, así Montaner, Muxí (2010),

*“se refieren a la vivienda como un espacio que garantiza el correcto desarrollo de la vida grupal e individual de las personas, y dicho espacio ha de permitir modificaciones y adecuaciones según los cambios de los modos de vida de las personas que lo habitan”,*

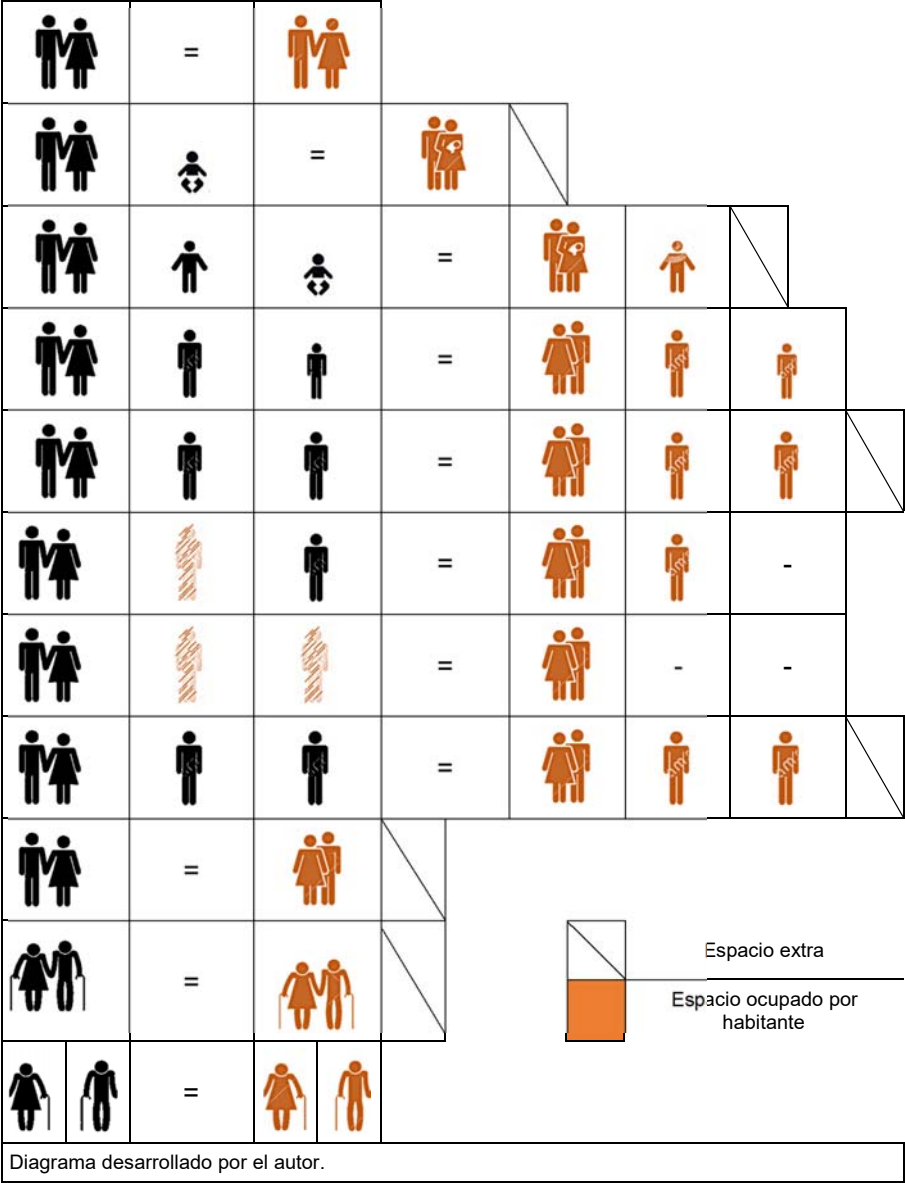
, en este sentido es importante entender que esto no sugiere crear submundos en cada espacio habitable de la casa, es decir, no se puede pretender crear un estilo de espacio para cada integrante, sugiere por lo contrario definir espacios que puedan abrirse conforme al crecimiento de los habitantes y de acuerdo a sus necesidades físicas y psíquicas.

A continuación se muestra un esquema del crecimiento de la familia, y como este va aumentando el nivel de ocupación de un espacio y la progresividad de aumento de los módulos



acuerdo con el crecimiento de cada uno de los integrantes del núcleo familiar. Demostrando por lo mismo que se hace necesario que la vivienda tenga esa capacidad de crecer conjuntamente con la familia, la familia cambiante y la vivienda cambiante. (Ver tabla 3)

Tabla 3: Diagrama de ocupación en la vivienda acorde al crecimiento de la familia



Fuente: Piedra Rojas, Marco David  
Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Dadas las condiciones del diagrama, podemos entender cuál es la cantidad de espacio que se va ocupando, cuantos espacios quedan desocupados en determinadas épocas, cuantos espacios extras o anexos se hacen necesarios, y por último cuantos espacios se van perdiendo en la vivienda, demostrándonos de esta manera que los cambios que se generan en la familia, demandan de alteraciones en los espacios de la vivienda.

Hechas las observaciones anteriores, podemos referirnos al hecho mismo de la economía, y el crecimiento económico que está dado en función del crecimiento de la familia, es decir, a mayor integrantes que mantener en un hogar, será necesario contar con un presupuesto, planes o estrategias que garanticen este hecho, los cambios económicos dentro de la familia involucran principalmente los gastos o inversiones que deben hacerse a corto y largo plazo, estos gastos esencialmente se refieren a necesidades básicas que los hijos requieren en primer plano y en segundo las necesidades que los padres puedan anexar a estas, estos gastos son:

- Crianza de los hijos (de bebés a jóvenes),
- Manutención de los hijos,
- Gastos de servicios básicos,
- Gastos de educación,
- Gastos de alimentación,
- Gastos de transporte,
- Y otros gastos que se originan por cuestiones culturales o sociales.

A esta clasificación, sin embargo no se le puede quitar el hecho inherente de la necesidad de vivienda, la cual por lo tanto también representa una inversión económica considerable y que es por mucho la necesidad más importante, y que contiene a todos los gastos denominados en la clasificación hecha anteriormente.

En este mismo orden y dirección podemos referirnos a la vivienda como un producto que se ha degenerado, puesto que las modificaciones dentro de las viviendas latinoamericanas como producto del crecimiento de la familia son cada vez más comunes, y se ha generado como producto de diseños de viviendas estáticas, que no admiten cambios en su morfología o estructura, por lo tanto se hace necesario hacer adaptaciones que involucran demoliciones y gran desperdicio de material, esto se traduce en pérdida de inversiones; ante esto Montaner, Muxí (2010), se manifiestan imponiendo que *“es preponderante la capacidad de adecuarse a diferentes situaciones familiares en el tiempo y diferentes agrupaciones entre personas, la capacidad de adaptabilidad de la vivienda es un factor básico de sostenibilidad”*, y es sostenible no solo ecológicamente o técnicamente, sino que también es sostenible desde el punto de la economía de la familia, determinando por lo tanto que la misma pueda invertir de a poco en la construcción de su hogar, es decir su inversión también como la casa será *progresiva/evolutiva* e incluso *flexible*. A esta consideración se suma el análisis hecho sobre los tipos de vivienda y sus características, (ver *tabla 1, pág. 24*) evidenciando por lo tanto la necesidad de una vivienda del tipo progresivo, sin embargo se hace énfasis que en la misma conceptualización de la vivienda progresiva están inmerso de alguna manera situaciones

claras como la flexibilidad de los espacios y la capacidad de los mismos de recibir adaptarse a nuevas necesidades.

#### 4.3.2. Elección del tipo de progresividad.

En el desarrollo de la presente investigación se han determinado y analizado 4 tipos de sistemas progresivos y las respectivas características de cada uno de ellos:

- Semilla
- Cascara
- Soporte
- Mejorables,

De los cuales hemos establecido a los tres primeros como los más importantes, y con mayor capacidad de aplicabilidad para un proyecto de vivienda, considerando que permite al mismo, sin embargo al cuarto tipo de progresividad como un sistema complementario para cada uno de los anteriores, por cuanto se lo puede aplicar con la finalidad de mejorar los sistemas mencionados.

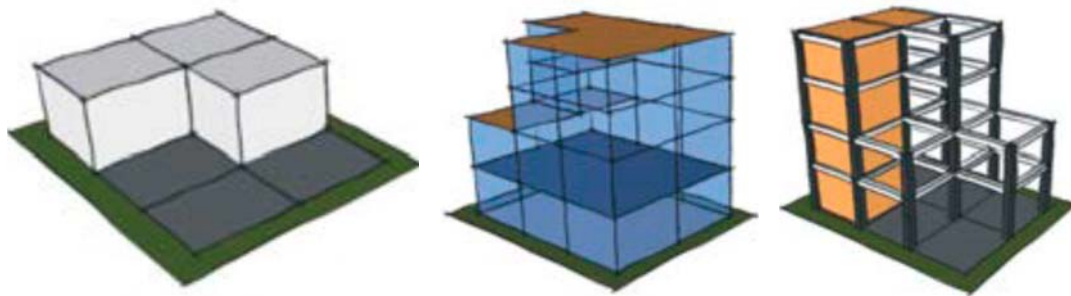


Figura 83: tipos de progresividad: semilla, cascara y soporte

Fuente: Gelabert Abreu, D. y González Couret, D. (2013) Progresividad y flexibilidad. Enfoques Teóricos.

El tipo de progresividad deberá estar vinculado con el análisis realizado sobre el **diagrama de ocupación en la vivienda acorde al crecimiento de la familia**; donde se hace necesario un sistema capaz de aceptar nuevos núcleos de ampliación, considerando que estos espacios deberán obedecer a un incremento paulatino de habitantes (hijos) dentro del núcleo familiar a quienes asignar dichos espacios, y que además el producto final (prototipo) admita una posterior subdivisión, capaz de incorporar dos núcleo familiares independizados; de acuerdo con este análisis de hace necesario establecer ciertas condicionantes para el prototipo y que serán consideradas en el proceso de diseño del mismo, las cuales se expresan a continuación:

- Establecer un módulo estándar de habitación que se adapte a varios usos, y que se considere un núcleo de crecimiento.
- Crear un límite de construcción, es decir una guía de progresión que no genere desorden en la ampliación.

- Sistematizar la construcción progresiva a través de un sistemas eficaz de construcción
- Definir áreas húmedas y de servicio en espacios centralizados con la finalidad de favorecer a los sistemas de instalaciones y evacuación.

Sobre la base de la consideraciones anteriores, puede determinarse como útil un **sistema progresivo combinado** que pueda utilizar: tanto el sistema tipo **soporte** así como el sistema tipo **cascara**, esta combinación

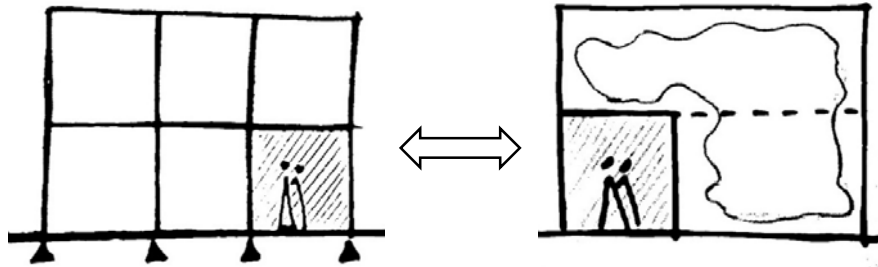


Figura 84: Tipos de Sistema progresivo a utilizar: soporte (izq.) y cascara (der.)  
Fuente: Piedra Rojas, Marco David  
Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Estableciendo a la cascara como una limitante formal de la obra, un espacio que pueda configurarse a futuro (potencial factor de ampliación) pero que morfológicamente permanezca estable en el proyecto; el soporte por otro lado se configura como el sistema de evolución preestablecido y normado por ejes regulares que a futuro generen y establezcan nuevos espacios capaces construirse paulatinamente.

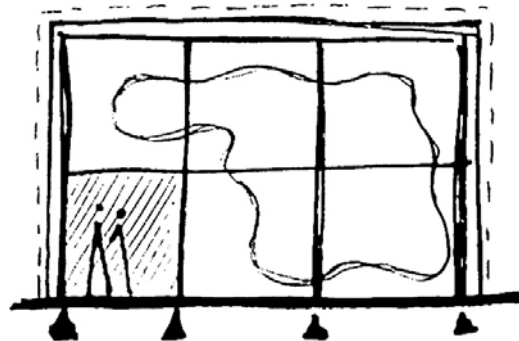


Figura 85: sistema resultante  
Fuente: Piedra Rojas, Marco David  
Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

#### 4.4. Estudio de referentes

##### 4.4.1. Las villas de Palladio.



Figura 86: Andrea Palladio

Fuente:

<http://www.nndb.com/people/828/00084576/andrea-palladio-1-sized.jpg>

Es de vital importancia hacer un análisis del trabajo del arquitecto Andrea Palladio sobre las villas residenciales palladianas como un referente histórico, si bien la metodología proyectual de estas villas no mencionaban una gramática previa establecida, se aproximaban al hecho de la aplicación de una forma que puede variar de posición y combinarse o agruparse con otras, estableciendo por lo tanto una forma principal y otras secundarias que derivan de la misma. A esto, como lo podemos denominar **relaciones espaciales y reglas formales** en línea con la investigación realizada en esta tesis.

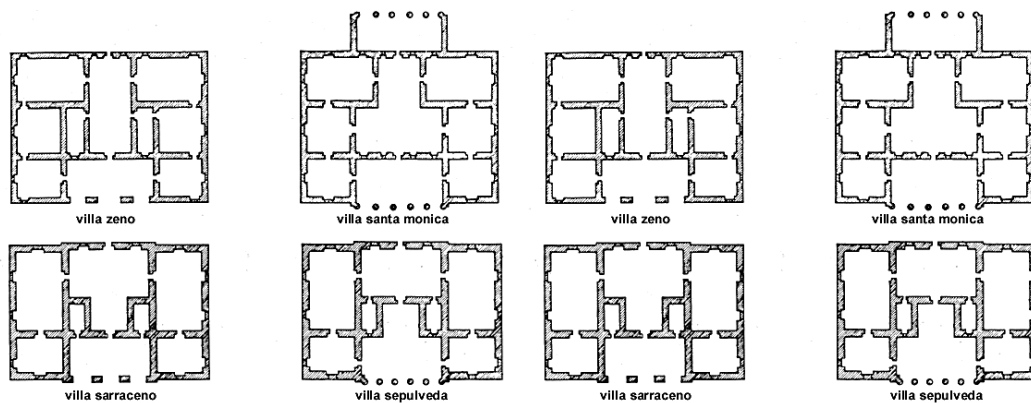


Figura 87: Plantas básicas de las villas de Palladio

Fuente: <http://www.mit.edu/~tknight/IJDC/figure14b.htm>

*“En las villas, Palladio crea y desarrolla un esquema ideal basado en un bloque central de planta rigurosamente simétrica, presentado al exterior con un pórtico prolongado por las largas alas de los edificios agrícolas que enlazan la villa con el paisaje circundante.”* Alonso Pereira, (2005).

Este enfoque por otro lado puede denominarse una constante de diseño, pues bien está expresado en la imagen posterior de las plantas básicas de sus villas una especie de gramática repetitiva y ordenada de tal manera que emplea proporciones en el proyecto de manera integral, generando así espacios más pequeños o más grandes de acuerdo a la función a la que estén predestinados pero guardando relaciones de medida con un módulo inicial.

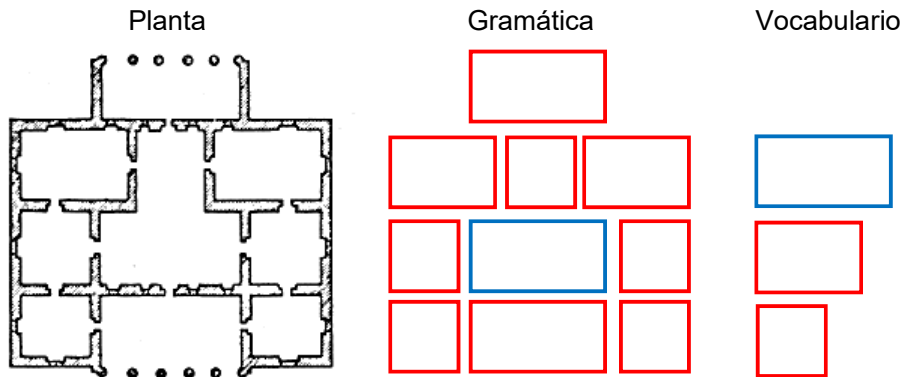


Figura 88: análisis de una posibles gramática formal de una villa palladiana.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

#### 4.4.2. Nakagin Capsule Tower (torre capsula).



Figura 89: Nakagin Capsule Tower

Fuente:

<http://www.kisho.co.jp/page/209.html>

La torre Nakagin Capsule Tower (Torre Capsula Nakagin), fue diseñada por el arquitecto japonés Kisho Kurakawa y construida en un periodo de 2 años entre 1970 y 1972; esta obra se encuentra ubicada en la ciudad de Ginza, (Tokio, Japón) con un área de construcción de 429.51m<sup>2</sup> y concebida estructuralmente e acero y hormigón armado (H°A°), y emplazada en un predio de 3,091.23m<sup>2</sup>; además de ello, es el primer ejemplo de arquitectura de tipo cápsula del mundo construido para un uso real. El concepto se basa en una capsula contenedora de un espacio habitable e insertada en una mega estructura.

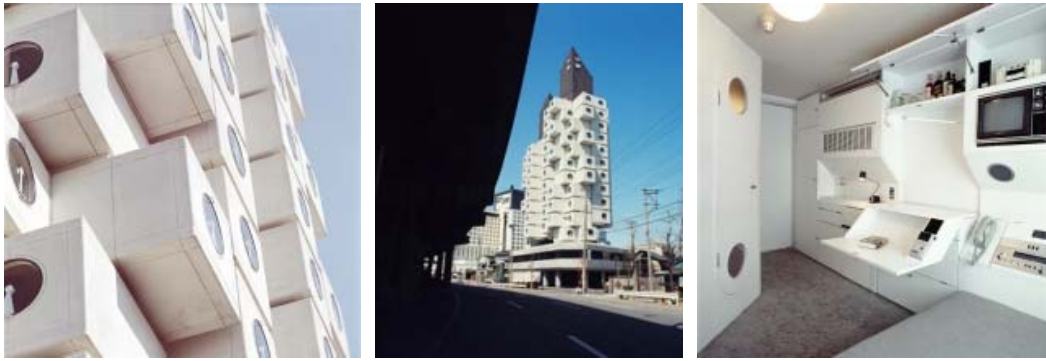


Figura 90: Nakagin Capsule Tower

Fuente: <http://www.kisho.co.jp/page/209.html>

El módulo fue creado con la intención de alojar a los hombres de negocios que trabajaban durante la semana en el centro de Tokio. Es un prototipo de arquitectura sustentable y reciclable, ya que cada módulo se conecta a un núcleo central y puede ser sustituido o intercambiado cuando sea necesario.

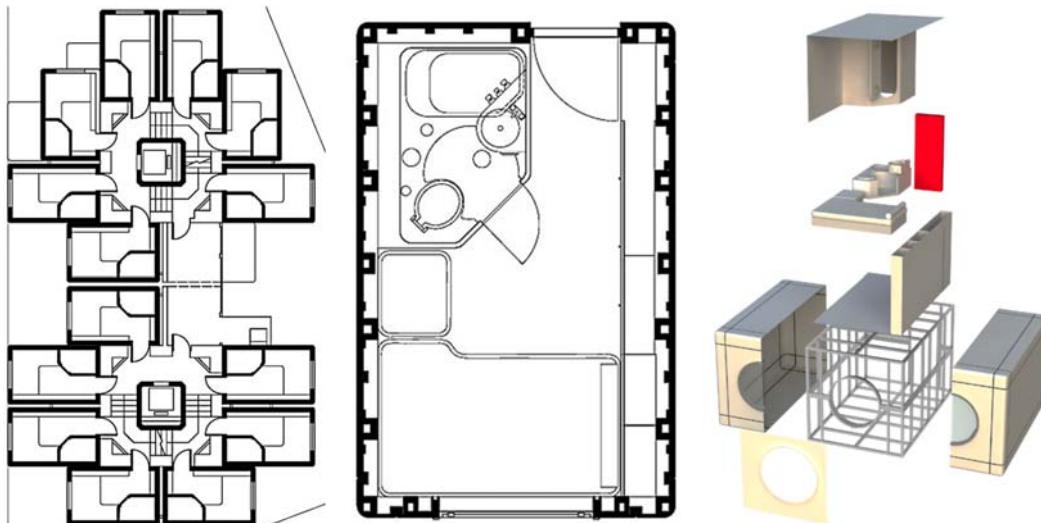


Figura 91: sistema resultante

Fuente: <http://arqueologiadel futuro.blogspot.com/2009/01/torre-nakagin-vs-villa-k-1972-kisho.html>

Construido en el distrito Ginza de Tokio, este edificio de 14 pisos está compuesto por un total de 140 cápsulas que se apilan y rotan en diferentes ángulos a partir de un núcleo central. La tecnología desarrollada por Kurakawa permite que cada unidad se acople a un núcleo de hormigón con sólo 4 tornillos de alta tensión, permitiendo que las unidades sean reemplazables. Cada cápsula mide 4,0 x 2,5 metros, ofreciendo suficiente espacio para que una persona lo habite cómodamente. El espacio interior de cada módulo puede ser manipulado mediante la conexión de varias capsulas.

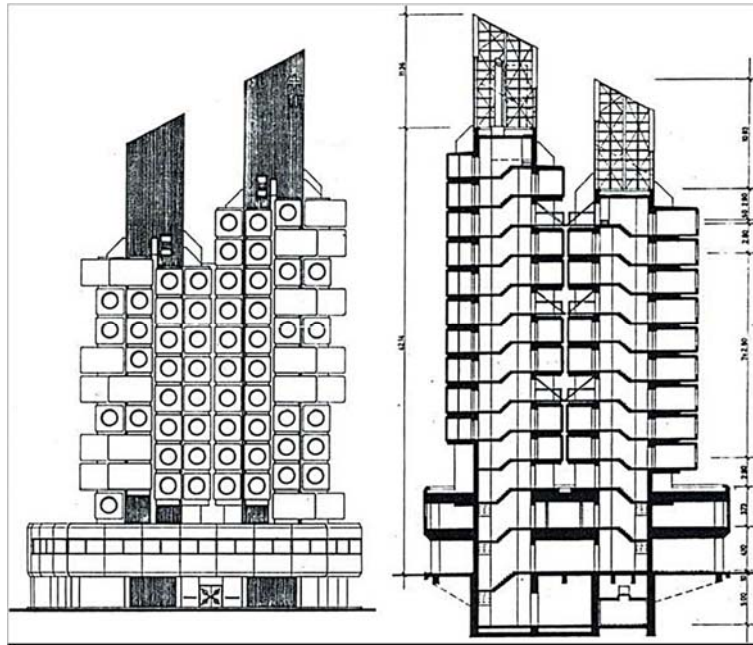


Figura 92: Fachada principal de la torre y corte longitudinal de la misma.

Fuente: [http://www.domusweb.it/content/dam/domusweb/en/from-the-archive/2010/12/21/kurokawa-s-capsules/big\\_314257\\_2965\\_2a1.jpg](http://www.domusweb.it/content/dam/domusweb/en/from-the-archive/2010/12/21/kurokawa-s-capsules/big_314257_2965_2a1.jpg)

Este diseño único para departamentos y rascacielos en Tokio es un excelente ejemplo de la arquitectura del Movimiento Metabolista impulsado por Kisho. Caracterizada por su enfoque en una arquitectura de edificios adaptables, flexibles y módulos intercambiables.

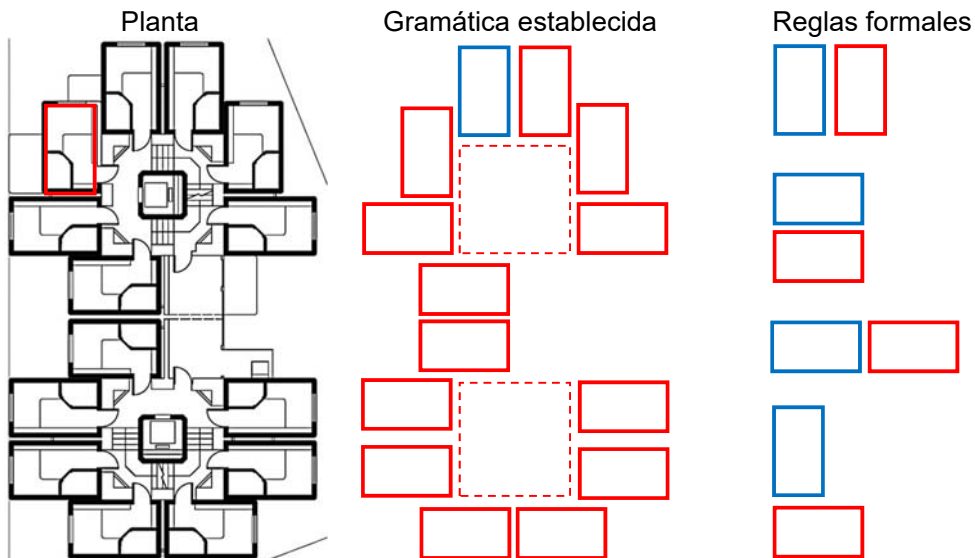


Figura 93: análisis de la gramática formal de la planta de la Torre

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David



#### 4.4.3. Micro-house (micro-casa).



Figura 94: Fotografías de la micro-casa

Fuente: <http://www.archdaily.com/379927/micro-house-studio-liu-lubin/>

La Micro-house (micro-casa / mini-casa), el diseño fue desarrollado por el equipo de arquitectos de *Studio Liu Lubin* y construida como prototipo de experimentación por *Architectural Design & Research Institute of Tsinghua University CO.LTD*, en Beijing, China en el año 2013.

La Micro-house se basa en el mínimo espacio que la gente necesita para los movimientos básicos en un interior, tales como sentarse, descansar y estar de pie.

La forma está diseñada para actuar como una combinación de muebles y elementos de arquitectura. Al ser girada, la unidad de la casa Micro cambiará su espacio, que contiene todo tipo de actividades de vivienda, tales como descansar, trabajar, lavar y cocinar, etc. La unidad (módulo) no sólo puede ser utilizada como habitación individual-funcional, sino también se pueden agrupar como un conjunto de vivienda.

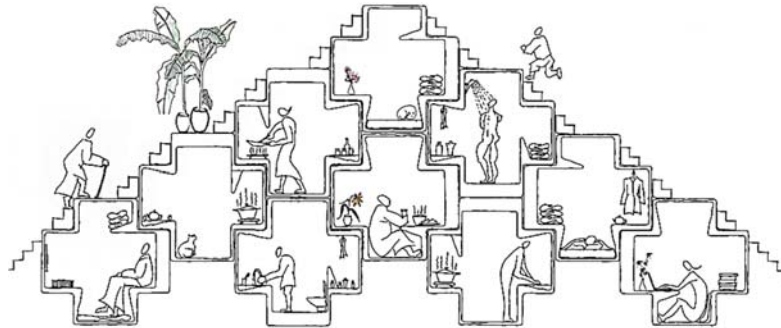


Figura 95: Concepto inicial para el desarrollo de la micro-casa

Fuente: <http://www.archdaily.com/379927/micro-house-studio-liu-lubin/>

El material principal de la Micro-casa es una estructura de fibra compuesta reforzada, que es liviana pero fuerte. En este caso, la casa puede ser fácilmente levantada y ensamblada a mano. Para la comodidad de su transporte y reubicación, el tamaño de la unidad se ha diseñado como el tamaño de los contenedores.

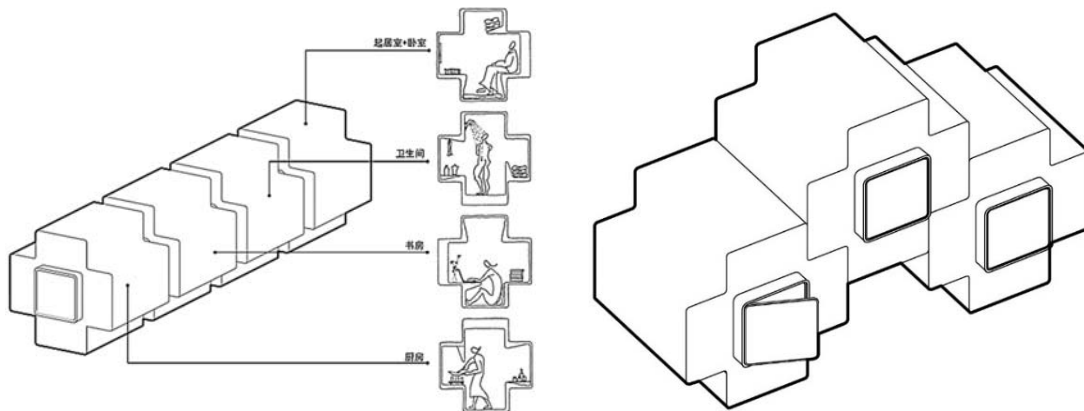


Figura 96: Esquema de usos del sistema modular en sentido horizontal y vertical

Fuente: <http://www.archdaily.com/379927/micro-house-studio-liu-lubin/>

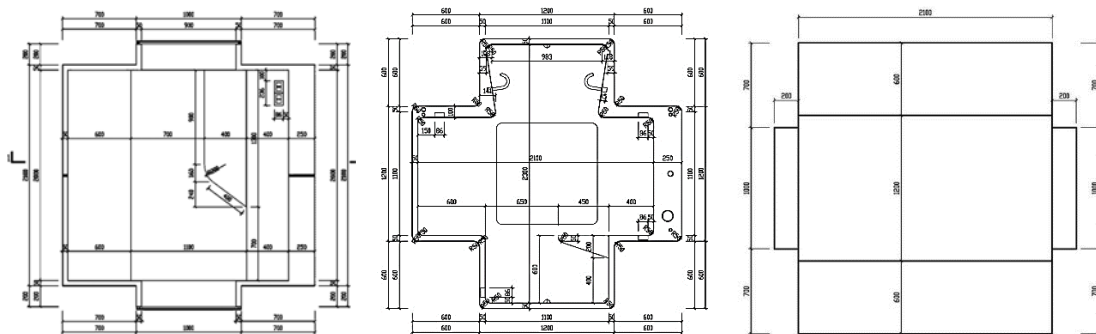


Figura 97: planimetrías de: planta, sección y cubierta

Fuente: <http://www.archdaily.com/379927/micro-house-studio-liu-lubin/>

La gramática formal de este proyecto la podemos mencionar como una gramática básica, donde un módulo inicial establecido por diseño forma de cruz, se une a otro con la finalidad de generar un conjunto, así pues se resuelve a manera de estructura montable que une espacios de diferentes tipos y usos, pero que se encuentran enmarcados por una medida estandarizada como se puede mostrar en la siguiente imagen.

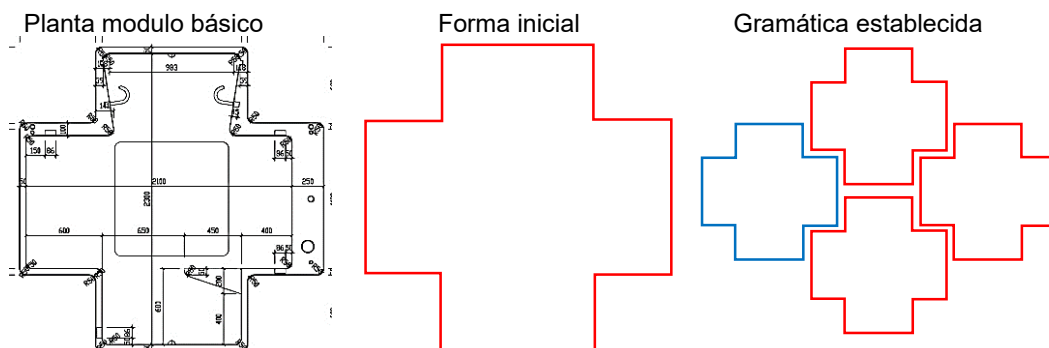


Figura 98: análisis de la gramática formal de la planta de la Torre

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

#### 4.4.4. Análisis de la Quinta Monroy (ELEMENTAL).

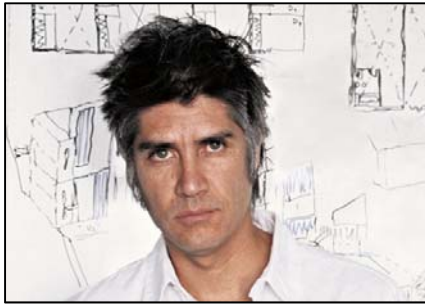


Figura 99: Alejandro Aravena.

Fuente:

[https://static.dezeen.com/uploads/2016/01/Alejandro-Aravena\\_portrait\\_sq.jpg](https://static.dezeen.com/uploads/2016/01/Alejandro-Aravena_portrait_sq.jpg)

**Problema:** El proyecto pretende resolver una difícil ecuación: radicar a 100 familias que durante los últimos 30 años habían ocupado ilegalmente un terreno de 0.5 hectárea en el centro de Iquique, Chile.

Para resolver la ecuación, no podía pensarse en términos de 1 casa = 1 lote, aun cuando se usara los pequeños lotes de la vivienda social, nos cabían sólo 30 familias en el terreno. Esto porque con la tipología de casas aisladas, el uso del suelo es extremadamente ineficiente; la tendencia por tanto es buscar terrenos que cuesten muy poco. Esos terrenos están normalmente en las periferias, marginados y alejados de las redes de oportunidades que una ciudad ofrece.

**Variables espaciales:** Si para hacer un uso más eficiente del suelo, se reduce el tamaño del lote hasta igualarlo con el de la casa, lo que se obtiene, más que eficiencia, es hacinamiento. Si para obtener densidad, construimos en altura, los edificios resultantes no permiten que las viviendas puedan crecer.

Se considera como posibilidad una analogía con la capacidad de un edificio de poder expandirse solo en su primer y último piso, el primo de manera horizontal y el segundo de manera vertical, entonces se hace necesario un edificio que tuviera sólo el primer y el último piso.

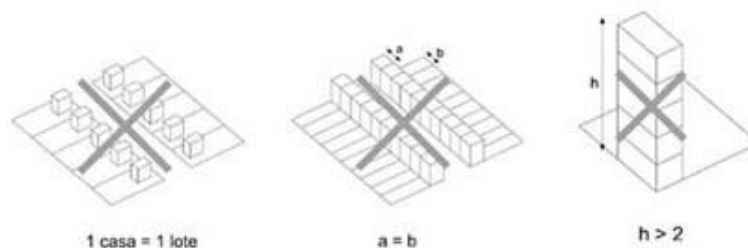


Figura 100: Variables espaciales

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-2794/quinta-monroy-elemental>

**Variables económicas:** cambiar la manera de pensar el problema; es decir, en vez de diseñar la mejor unidad posible de US\$ 7500 y multiplicarla 100 veces, se plantea la posibilidad de un edificio de US\$ 750.000 capaz de albergar 100 familias y sus respectivos crecimientos.

**Propuesta:** Este proyecto logró identificar un conjunto de variables de diseño arquitectónico que permiten esperar que la vivienda se valorizará en el tiempo.

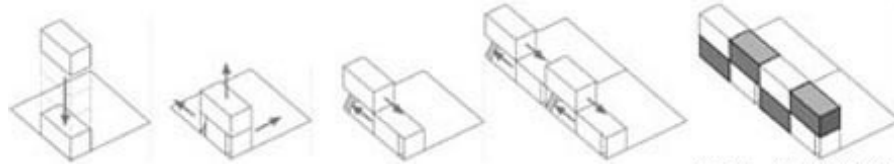


Figura 101: Concepto de solución del problema

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-2794/quinta-monroy-elemental>

En primer lugar se desarrolla una tipología que permita lograr una densidad lo suficientemente alta para poder pagar por el terreno que estaba muy bien ubicado en la ciudad, inmerso en la red de oportunidades de la ciudad (trabajo, salud, educación, transporte). La buena localización es clave para que la economía de cada familia se conserve y para la valorización de cada propiedad.

En segundo lugar, decidimos introducir entre el espacio público (de las calles y pasajes) y el privado (de cada casa), el espacio colectivo: una propiedad común pero de acceso restringido, que permite dar lugar a las redes sociales.

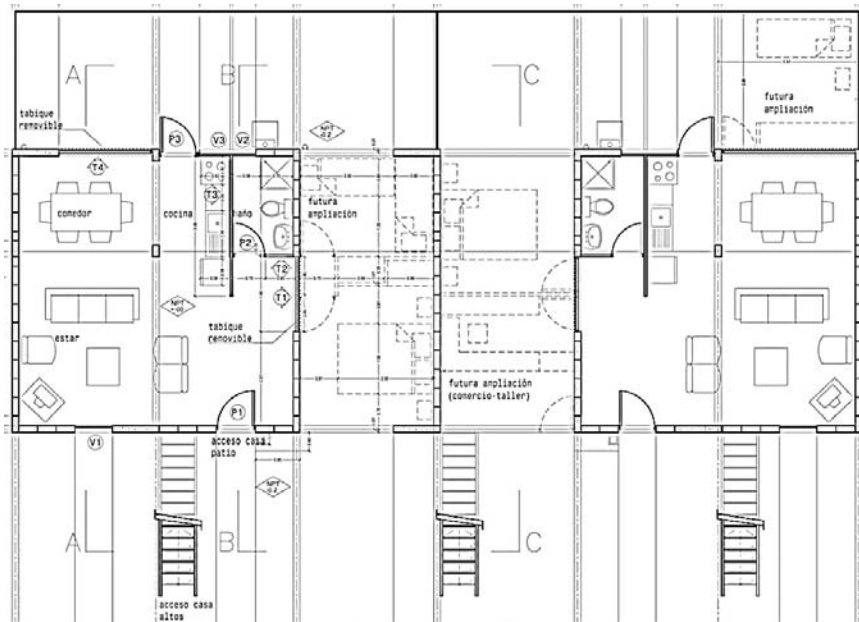


Figura 102: Planta baja

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-2794/quinta-monroy-elemental>

En tercer lugar, dado que el 50% de los m<sup>2</sup> de los conjuntos serán auto-construidos, este edificio debía ser lo suficientemente poroso para que los crecimientos ocurrieran dentro de su estructura. Por una enmarcar (más que controlar) la construcción espontánea a fin de evitar

el deterioro del entorno urbano en el tiempo y por otra parte hacerle más fácil el proceso de ampliación a cada familia.

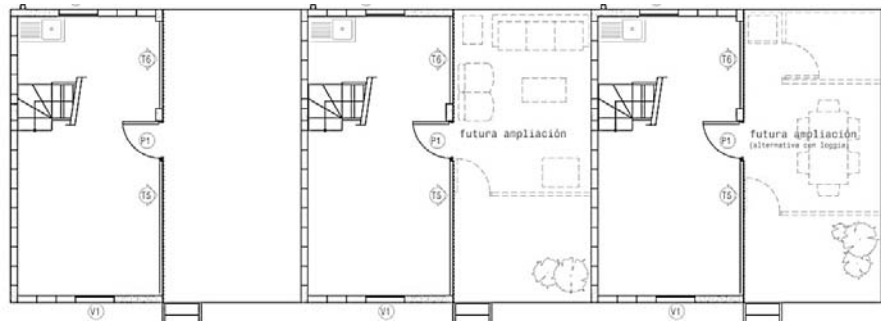


Figura 103: Primera planta alta

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-2794/quinta-monroy-elemental>

Por último en vez de hacer una vivienda pequeña de 32m<sup>2</sup>, se opta por proyectar una vivienda de clase media, de la cual por momento se puede entregar (dados los recursos disponibles), sólo una parte. En ese sentido, las partes difíciles de la casa (baños, cocina, escaleras, y muros medianeros) están diseñados para el estado final (una vez ampliado), es decir, para una vivienda de más de 70m<sup>2</sup>.

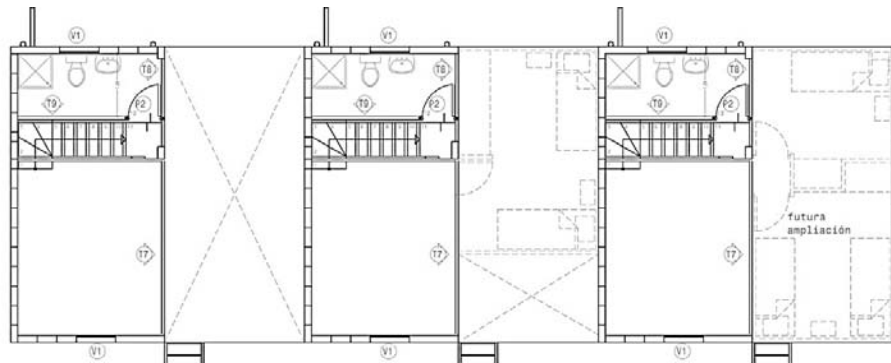


Figura 104: Segunda planta alta

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-2794/quinta-monroy-elemental>



Figura 105: Comparación de proyecto en etapa inicial y final.

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-2794/quinta-monroy-elemental>

#### 4.5. Metodología.

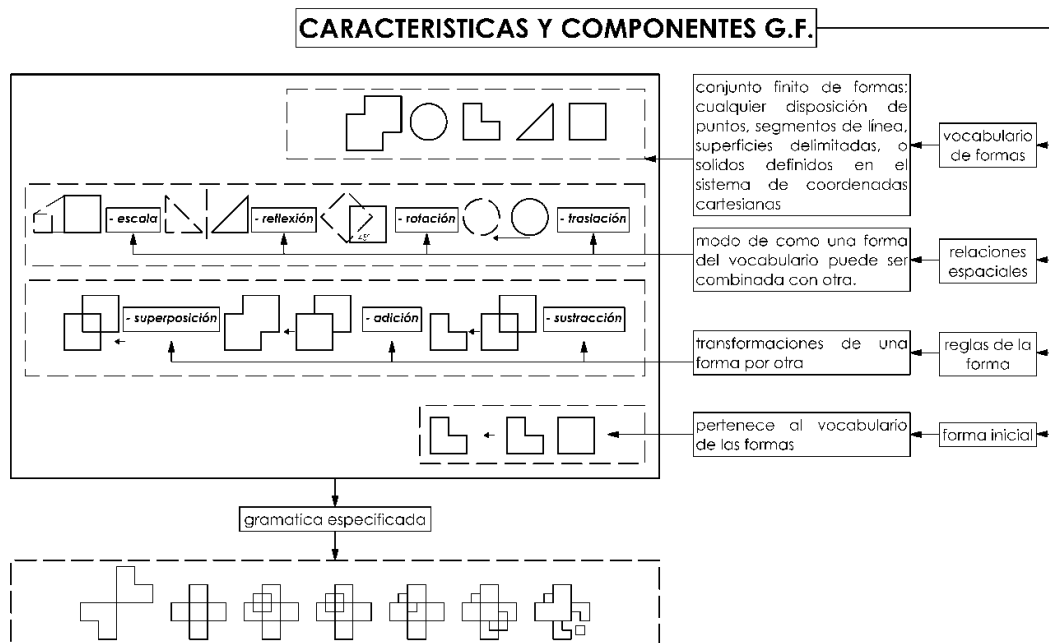


Figura 106: Diagrama de características y componentes de las gramáticas formales

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Una vez determinadas las condiciones de diseño, se hace necesario establecer una herramienta de diseño eficiente a usar para desarrollar una gramática formal eficaz para el sistema progresivo; por lo tanto, se ha considerado útil la aplicación de uno de dos software sobre los cuales se ha hecho la determinada experimentación y practica en cada una de sus respectivas interfaces (**Shaper2D** y **Shape grammar Interpreter**), las cuales convenientemente guardan y respetan las 5 etapas del enfoque constructivista de las gramáticas formales: *un vocabulario de formas, relaciones espaciales, reglas de la forma, forma inicial del vocabulario, y una gramática de la forma es especificada*. Haciendo una evaluación de capacidades entonces se ha procedido a elegir como idóneo al software **Shape grammar Interpreter**, dado que su grado de complejidad nos permite obtener gramáticas con una amplitud de iteración mayor, es decir, que se van generando un número suficiente de opciones (configuraciones) para aplicar en el proyecto.

Conocido entonces el software, el proceso a realizar a continuación es sistemático y de hecho sencillo para el diseñador, considerando que en una primera instancia es el diseñador quien otorga o establece el vocabulario de formas dentro del software.

En base a las consideraciones anteriores establecemos un orden de trabajo en el cual se hace necesario proceder en el orden que la teoría sobre las gramáticas formales basa su concepto, a continuación se presenta un diagrama metodológico a seguir y a considerar al momento de diseñar a través de las gramáticas formales:



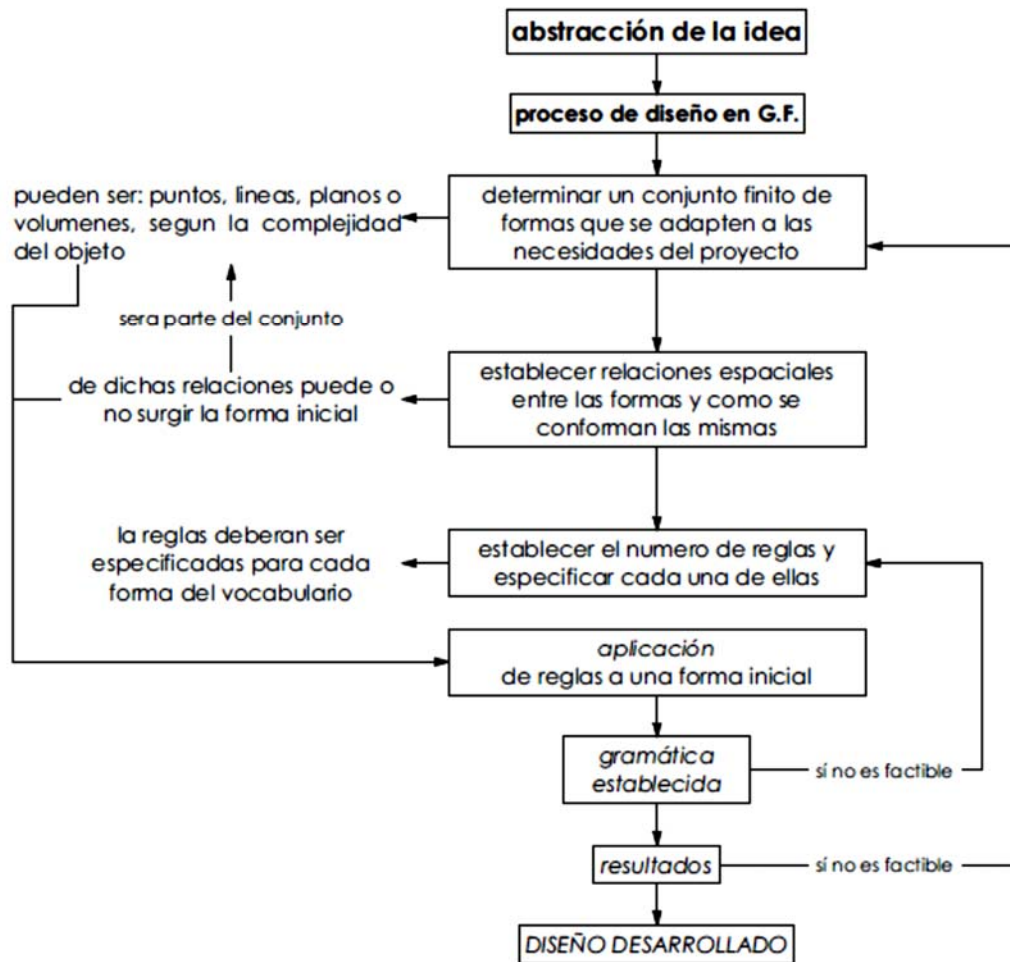


Figura 107: Diagrama de características y componentes de las gramáticas formales

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

#### 4.5.1. Proceso de diseño a través de gramáticas formales.

**Primero:** debemos generar un vocabulario compuesto por dos formas básicas, siendo estas: La primera forma es un cuadrado conformado por 6 unidades por lado, de lo cual, cada unidad equivale a un módulo de 0,60\*0,60m, es decir que dicho espacio tendrá un valor de 3,60m \*3,60m.

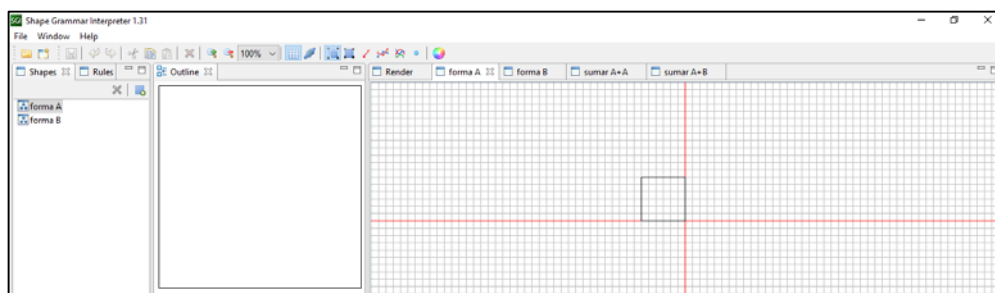


Figura 108: Forma A. Cuadrado (6\*6 unidades) (Shape Grammar Interpreter)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Y la segunda forma es un rectángulo conformado por 5 unidades por el lado más largo, y unidades por el otro lado, considerando que cada unidad equivale a un módulo de 0,60\*0,60m, es decir que dicho espacio tendrá un valor de 3,00 m \* 2,40 m.

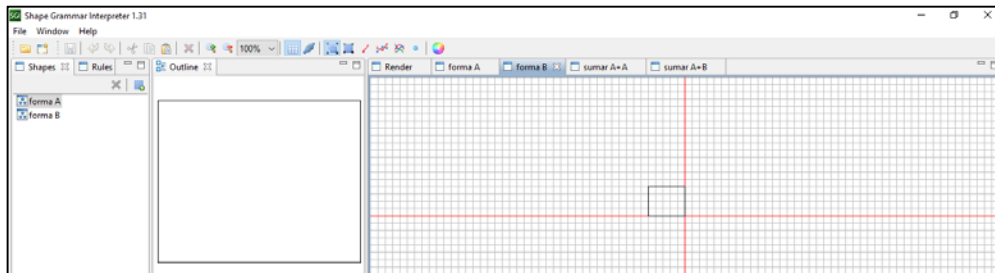


Figura 109: Forma B. Rectángulo (5\*3módulos) (*Shape Grammar Interpreter*)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

**Segundo:** disponemos de las reglas formales establecidas por el software, que en este caso son: modificación, sustitución y adición. Debemos considerar que en esta parte del proceso están implícitas las relaciones espaciales, es decir, se establece al mismo tiempo la relación espacial como parte de una regla.

La primera regla formal está determinada por la forma A **sumada** a una forma del mismo tipo A ( $R1 \rightarrow A+A$ ), colocando la segunda a un módulo de distancia (relación espacial); en el gráfico mostrado a continuación también podemos observar que la forma inicial está identificada por color rojo, es decir será en función de esta que la regla funcione.

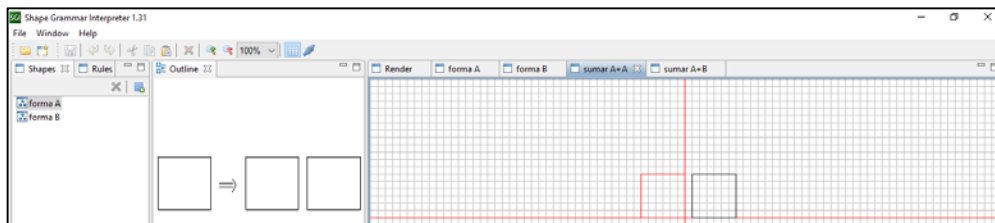


Figura 110: Regla 1: sumar A+A. (*Shape Grammar Interpreter*)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

La segunda regla formal está determinada por la forma B, la misma que es **sumada** a la forma A ( $R2 \rightarrow A+B$ ), colocando la forma B rotada a 90° y desplazada a un módulo de distancia en dirección del vértice superior de la forma A (relación espacial); en el gráfico mostrado podemos observar de la misma manera que, la forma inicial está identificada por color rojo, es decir será en función de esta que la regla funcione.



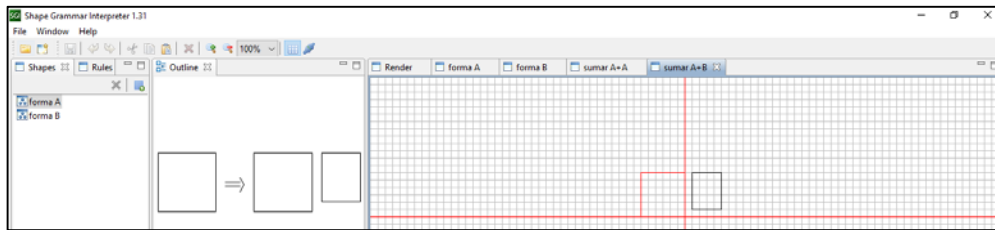


Figura 111: Regla 2: sumar A+B; donde B es rotada en 90°. (*Shape Grammar Interpreter*)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

**Tercero:** es necesario establecer un número de iteraciones en el proceso de renderizado de la gramática formal que origine varios resultados (configuraciones), es en este punto donde el diseñador interviene al valorar las mejores configuraciones y adoptar las mismas para ser usadas en el proyecto. Cabe recalcar que el tipo de iteración que se establece en este proceso de generación (renderizado) es de tipo **subshape** (subforma), mismo que permite identificar más posibilidades de ubicación de una regla u otra, en otras palabras, no se desplazan las reglas a manera de secuencia lineal sino que buscan adaptarse a formas existentes y repetir la regla en un mismo entorno, en la mayoría de los casos de manera radial.

Para el presente proyecto se han escogido las siguientes iteraciones por su factibilidad de uso en el proyecto: *4 iteraciones, 7 iteraciones, 12 iteraciones, 17 iteraciones, y 23 iteraciones.*

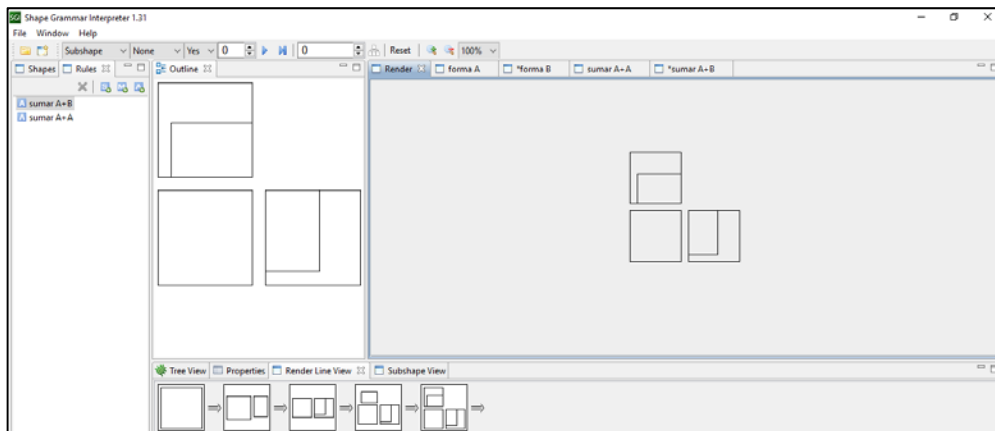


Figura 112: Proceso de subforma (Subshape) 4 iteraciones. (*Shape Grammar Interpreter*)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

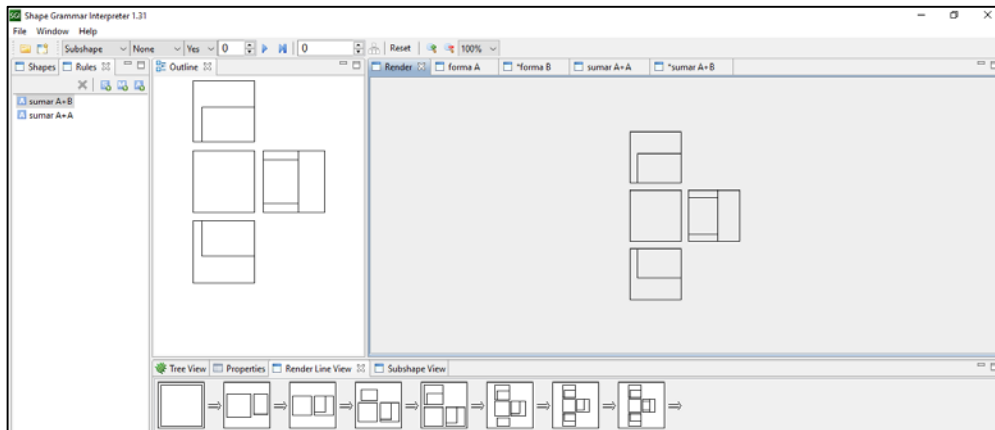


Figura 113: Proceso de subforma (Subshape) 7 iteraciones. (*Shape Grammar Interpreter*)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

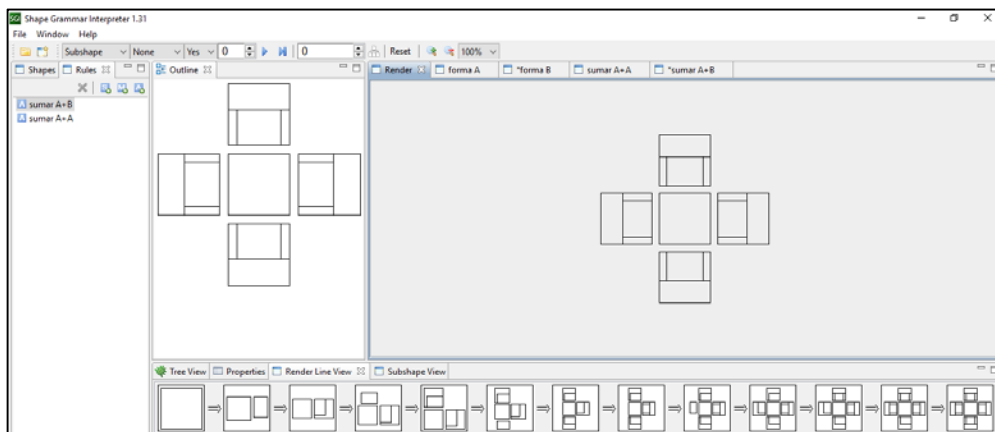


Figura 114: Proceso de subforma (Subshape) 12 iteraciones. (*Shape Grammar Interpreter*)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

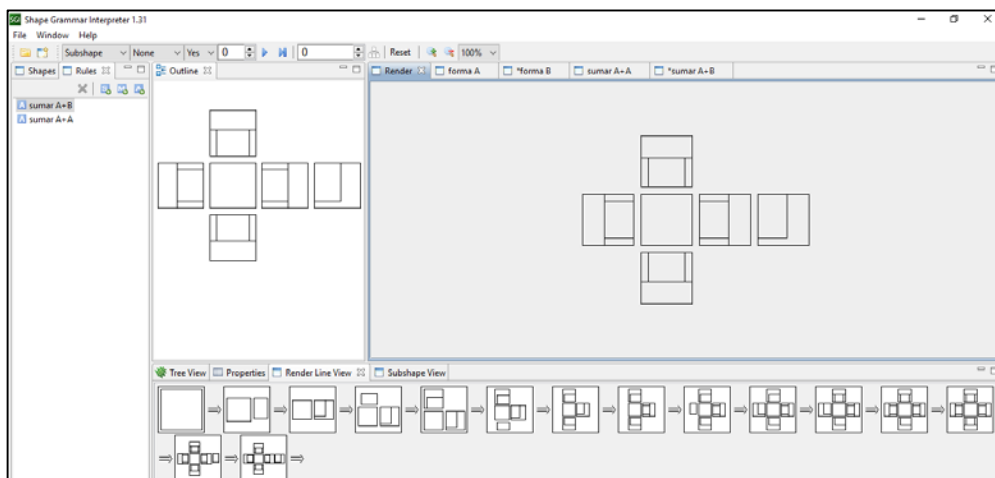


Figura 115: Proceso de subforma (Subshape) 14 iteraciones. (*Shape Grammar Interpreter*)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

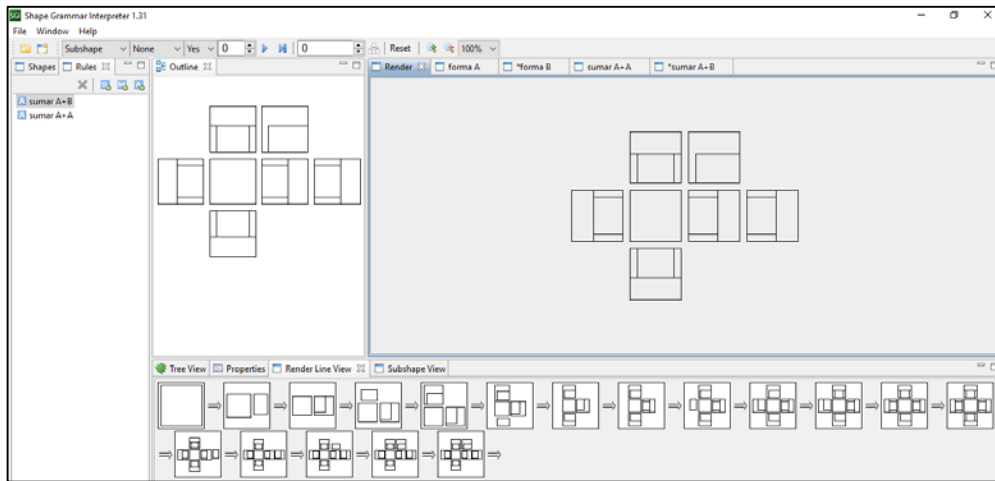


Figura 116: Proceso de subforma (Subshape) 17 iteraciones. (*Shape Grammar Interpreter*)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

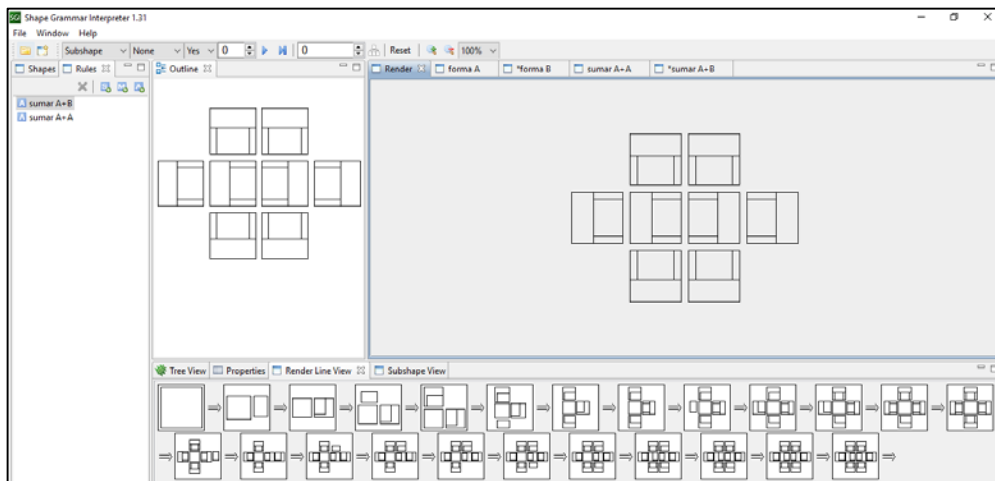


Figura 117: Proceso de subforma (Subshape) 23 iteraciones. (*Shape Grammar Interpreter*)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Una vez concluido el ejercicio, tenemos las 23 opciones (configuraciones) que son las gramáticas formales útiles para aplicar en el proyecto, designadas o escogidas por el diseñador, esto es a lo que se define como gramática formal especificada; mismas que son producto de la aplicación de determinadas relaciones espaciales y reglas formales que sobre un vocabulario de formas establecido por el diseñador, de esa 23 gramáticas será necesario elegir las que mejores características guarden para desarrollar el proyecto arquitectónico. Cabe recalcar en este punto, que si bien la gramática ha sido establecida puede ser ordenada en cuestión de dimensiones a conveniencia del proyecto, es decir, se podrá escalar, desplazar, o quitar módulos pero siempre guardando el concepto del cual ha surgido las gramática.

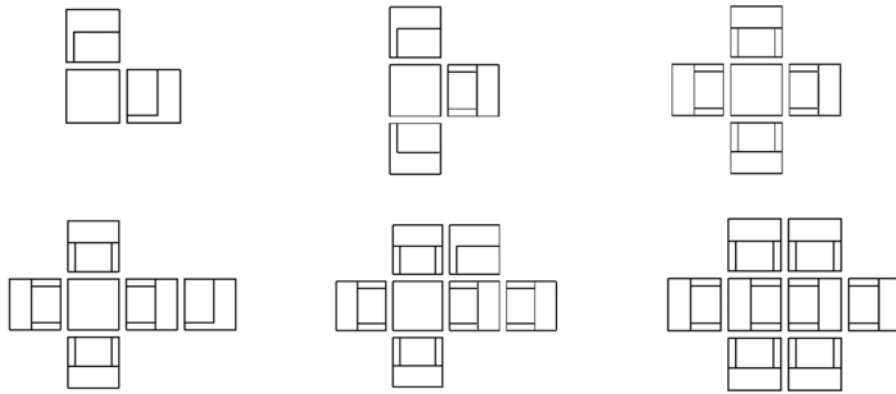


Figura 118: 6 gramáticas especificadas seleccionadas para su posterior uso.

(*Shape Grammar Interpreter*)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

#### 4.6. Diseño del prototipo.

El proyecto arquitectónico que se pretende resolver responde a una problemática simple donde se busca estandarizar un modelo de sistema progresivo capaz de admitir la inserción de núcleos de habitación requeridos por el inminente crecimiento familiar, va de la mano el hecho de comenzar por un núcleo mínimo al cual pueda acceder una familia joven que no cuente con un presupuesto para tener una vivienda terminada en su totalidad, hasta el hecho de dividir la vivienda terminada en dos departamentos, es decir podrán insertarse dos familias en una sola unidad. Una de las condiciones del prototipo será establecer una limitante de orden formal, es decir, aunque el modelo inicial contemple una unidad de vivienda simple únicamente, deberá estar limitada en segunda planta para evitar la informalidad en el aspecto constructivo que se ha venido dando en las viviendas que contemplan una plataforma de cubierta (losa) sobre la cual se proyectará una ampliación, este tipo de limite lo podríamos llamar **limite horizontal** (ver figura 119), mismo que permite que la ampliación posterior reciba cualquier tipo de modelo generando de alguna manera un desorden porque no fue concebido como un sistema progresivo desde sus inicios.

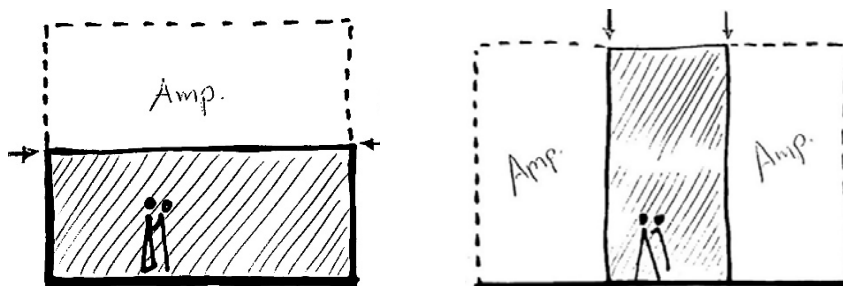


Figura 119: Limite horizontal (ampliación) (izq.). Limite vertical (ampliación progresiva) (der).

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Este límite horizontal ha de reemplazarse por uno que permita una progresión sistemática, que debe permitir de manera lógica las ulteriores progresiones laterales y superiores, por lo tanto el límite del que estamos hablando es un **límite vertical** (ver figura 119, pág. 82); mismo que permite al proyecto la inserción de módulos regulares y estandarizados por el diseño, generando de esta manera una ampliación progresiva útil más no una ampliación simple y desarreglada como generalmente suele generarse con un límite horizontal.

#### 4.6.1. Partido arquitectónico y concepto.

El concepto de diseño es totalmente básico, y se plantea como un diagrama de ocupación de un espacio delimitado que se va ampliando, por lo tanto, este diagrama para satisfacer las necesidades de un plan de vivienda evolutiva (progresiva) debe verse involucrado directamente con facetas de construcción que van incluyendo espacios habitables en la vivienda; algunos de ellos se verán afianzados directamente con el tipo de progresividad de soporte y otros por el sistema de cascara.

En ese mismo sentido se presenta a forma de diagrama dos planteamientos: primero se muestra la manera común de ampliación (ver figura 120) y a lo que se ha definido como problema, donde el espacio demarcado en línea entre cortada será el espacio delimitado para la progresión (ampliación en este caso).

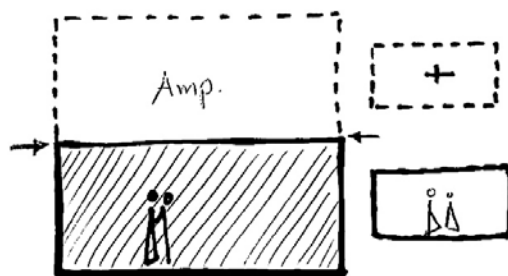


Figura 120: tipo de ampliación (problema)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Este sistema sin embargo da la libertad entera al usuario de desarrollar una progresión espontánea y deliberada donde puede haber la intervención de uno o más técnicos para generar nuevos espacios habitables, esto acarrea en el proceso proyectual una serie de disturbios de tipo organizacional que obliga a reubicar espacios y hacer cambios morfológicos en el proyecto demandando mayores inversiones.

Dadas las condiciones que anteceden se hace necesario plantear una solución eficiente, capaz de ordenar el espacio y que evite cambios abruptos en la morfología del proyecto; en otras palabras, un sistemas incompleto que vaya completándose gradualmente con espacios habitables para los nuevos integrantes del núcleo familiar; (ver figura 121, pág. 83), se muestra un esquema de progresión donde existen espacios ya delimitados por una estructura para su

futura inserción y otros como los que están punteados que serán construidos durante un periodo de crecimiento económico y demográfico interno.

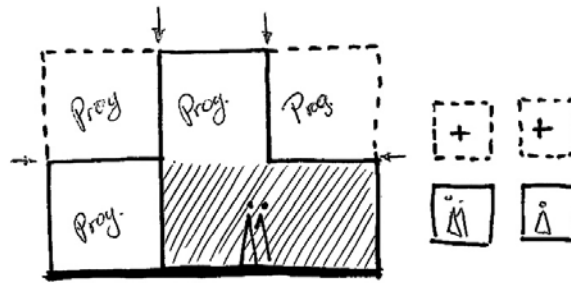


Figura 121: tipo de progresión (solución)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

#### 4.6.2. Justificación del proyecto arquitectónico.

El proyecto arquitectónico se soluciona como una vivienda progresiva, donde se pretende ir asumiendo el crecimiento familiar a través de la construcción paulatina de espacios para nuevos integrantes, comenzando por la construcción de una vivienda inicial básica para dos personas, delimitada de tal manera que su construcción sistemática no sufra mayores alteraciones a futuro, dichas etapas deberán generar un producto final que quede establecido como dos departamentos independientes capaces de albergar a los dueños iniciales y una posible segunda familia. Por tanto se ha considerado prudente establecer los siguientes programas para cada una de las modificaciones realizadas por etapas:

Tabla 4: Programa de necesidades

|                         |                    | PROGRAMA |   |     |   |   |     |   |     |
|-------------------------|--------------------|----------|---|-----|---|---|-----|---|-----|
|                         |                    | 1        | 2 | 3   | 4 | 5 | 6   | 7 | 8   |
| ESPACIOS EN LA VIVIENDA | Sala               | 1        | 1 | 1   | 1 | 1 | 1   | 1 | 2   |
|                         | Comedor            | 1        | 1 | 1   | 1 | 1 | 1   | 1 | 2   |
|                         | Cocina             | 1        | 1 | 1   | 1 | 1 | 1   | 1 | 2   |
|                         | Baño               | 1        | 1 | 1   | 1 | 1 | 1   | 1 | 2   |
|                         | Garaje             | 1        | 1 | 1   | 1 | 1 | 1   | 1 | 2   |
|                         | Lavado             | 1        | 1 | 1   | 1 | 1 | 1   | 1 | 2   |
|                         | Estudio            | -        | - | -   | 1 | 1 | 1   | 1 | -   |
|                         | Dormitorio master  | 1        | 1 | 1   | 1 | 1 | 1   | 1 | 2   |
|                         | Cuarto de cuna     | -        | 1 | -   | - | - | -   | - | -   |
|                         | Dormitorio hijo(a) | -        | 1 | 1   | 1 | 1 | 1   | 1 | 2   |
|                         | Dormitorio hijo(a) | -        | - | 1   | 1 | 1 | 1   | 1 | 2   |
|                         | Dormitorio huésped | -        | - | -   | - | - | -   | 1 | -   |
| N° PERSONAS             |                    | 1-2      | 3 | 3-4 | 4 | 4 | 4-5 | 5 | 6-8 |

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

En referencia a la clasificación anterior se ha desarrollado un prototipo con 8 variables estándar, mismas que obedecen a un sistema constructivo basado principalmente en la incorporación y sustracción de elementos, es decir, se establece en primer orden los elementos fijos y que por consideraciones de diseño no variaran, como lo son la paredes principales, columnas y otros elementos arquitectónicos que no serán intervenidos.

#### 4.6.3. Elecciones de los módulos.

La modulación en un principio se ha concebido tratando de estandarizar una medida convencional capaz de satisfacer necesidades constructivas (mercado), por lo tanto, se ha decidido hacer un análisis de medidas basadas en un módulo de 0,60x0,60m el cual ha de verse reflejado en varios de los elementos contruidos de la obra así como en los espacios de la vivienda, para ilustrar esto recurrimos a la siguientes tabla (*ver tabla 5*) en la cual se maneja una serie de medidas basadas en el módulo señalado:

Tabla 5: Programa de necesidades

| Espacios           | Módulos<br>(0,60x0,60m) | Medidas (m) | Área (m <sup>2</sup> ) |
|--------------------|-------------------------|-------------|------------------------|
| Sala               | 6x8                     | 3,60x4,80m  | 17,28m <sup>2</sup>    |
| Comedor            | 4x6                     | 2,40x3,60m  | 08,64m <sup>2</sup>    |
| Cocina             | 4x4                     | 2,40x2,40m  | 05,76m <sup>2</sup>    |
| Baño               | 2x4                     | 1,20x2,40m  | 02,88m <sup>2</sup>    |
| Garaje             | 5x9                     | 3,00x5,40m  | 16,20m <sup>2</sup>    |
| Lavado             | 2x4                     | 1,20x2,40m  | 02,88m <sup>2</sup>    |
| Estudio            | 5x6                     | 3,00x3,60m  | 10,80m <sup>2</sup>    |
| Dormitorio master  | 5x6                     | 3,00x3,60m  | 10,80m <sup>2</sup>    |
| Cuarto de cuna     | 4x4                     | 2,40x2,40m  | 05,76m <sup>2</sup>    |
| Dormitorio hijo(a) | 5x6                     | 3,00x3,60m  | 10,80m <sup>2</sup>    |

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

#### 4.6.4. Adaptación de las gramáticas establecidas al proyecto.

Se habla de una adaptación en el punto en el que se ha de escoger aquellas modulaciones (gramáticas) capaces de adaptarse al proyecto, además, de poder mover módulos con la finalidad de generar ejes estructurales modulados capaces de albergar los espacios programados, esto sin embargo, no quiere decir que se puede alterar el concepto, pues la línea de diseño aunque no se conserve íntegramente guarda el patrón del que nació (*reglas de la forma y relaciones espaciales*), a continuación se ejemplifica en el grafico la adaptación de los módulos obtenido a través de las gramáticas formales a una modulación real de proyecto, emplazada en un terreno ficticio de 10x20m (área 200m<sup>2</sup>).

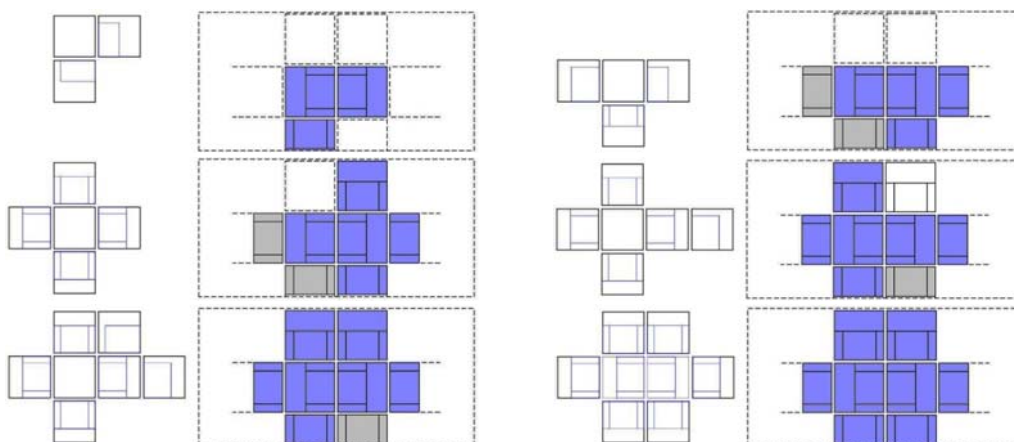


Figura 122: Adaptación de las gramáticas definidas a posibles modulaciones arquitectónicas.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Tal como se ha visto en la *figura 122*, las 6 gramáticas que en un principio habíamos señalado como útiles (véase *figura 118*, *pág. 81*) se han adaptado para empezar a proyectar y distribuir plantas arquitectónicas y además de ello poder regir los ejes que habíamos mencionada con la finalidad de tener predeterminada una ubicación exacta de los soportes (columnas), la distribución espacial en este punto dependerá e diseñador (arquitecto) quien se encarga de jugar a conveniencia con las modulaciones para establecer los espacios fijos (*espacios servidores*) y aquellos que por concepto de vivienda progresiva tendrán características de transformabilidad.

Tabla 6: Volumetrías en base a las configuraciones gramaticales útiles para el proyecto

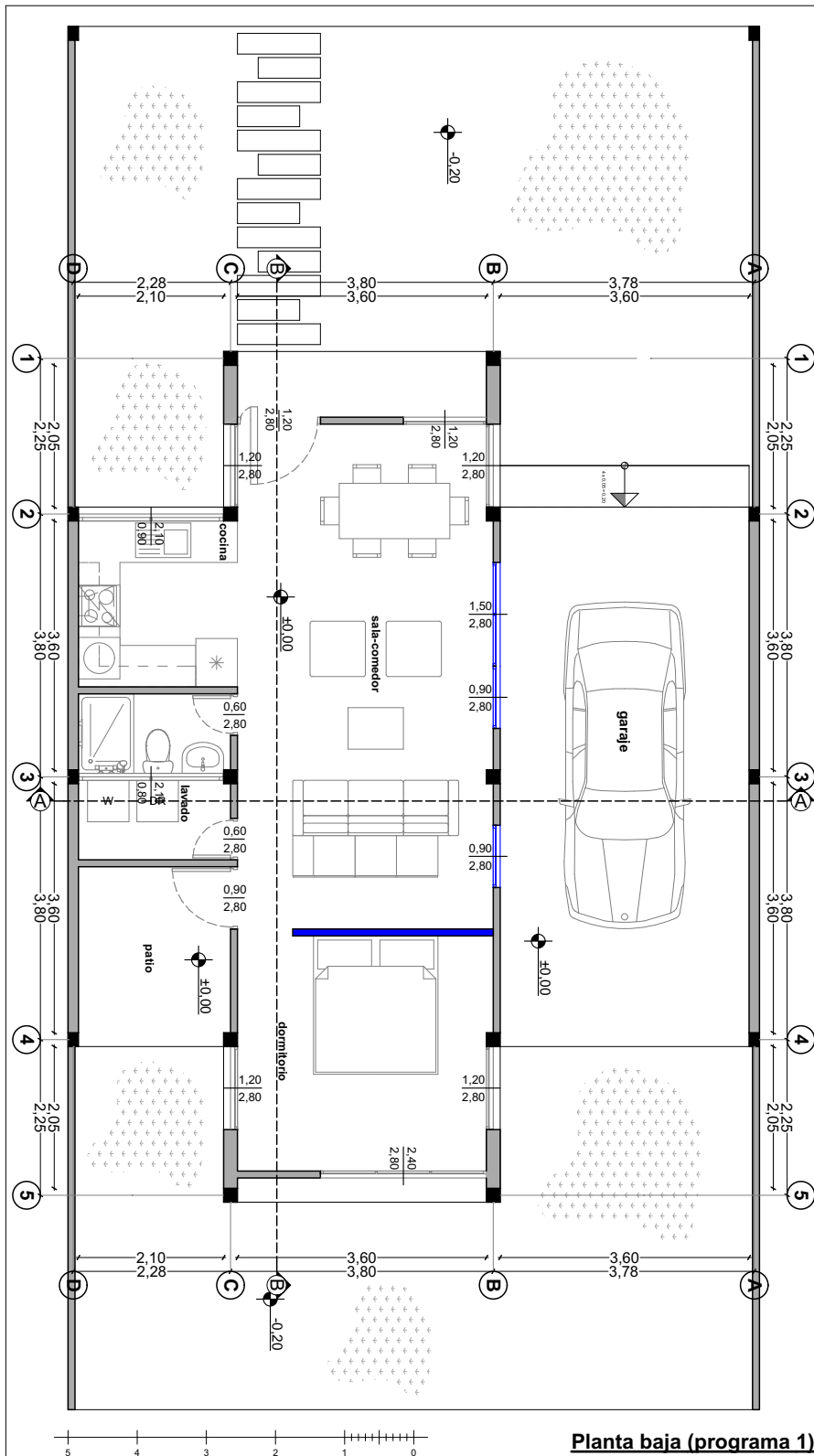
| CONFIGURACIONES GRAMATICALES 2D                          |     |     |     |     |     |
|----------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1                                                        | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
|                                                          |     |     |     |     |     |
| CONFIGURACIONES GRAMATICALES (VOLUMETRIAS)               |     |     |     |     |     |
| 1                                                        | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
|                                                          |     |     |     |     |     |
| CONFIGURACIONES GRAMATICALES (VOLUMETRIAS) COMBINACIONES |     |     |     |     |     |
| 6+2                                                      | 6+3 | 6+4 | 6+5 | 6+6 | 6+6 |
|                                                          |     |     |     |     |     |

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

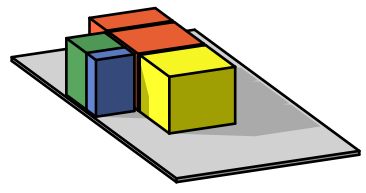
#### 4.6.5. Planos arquitectónicos.





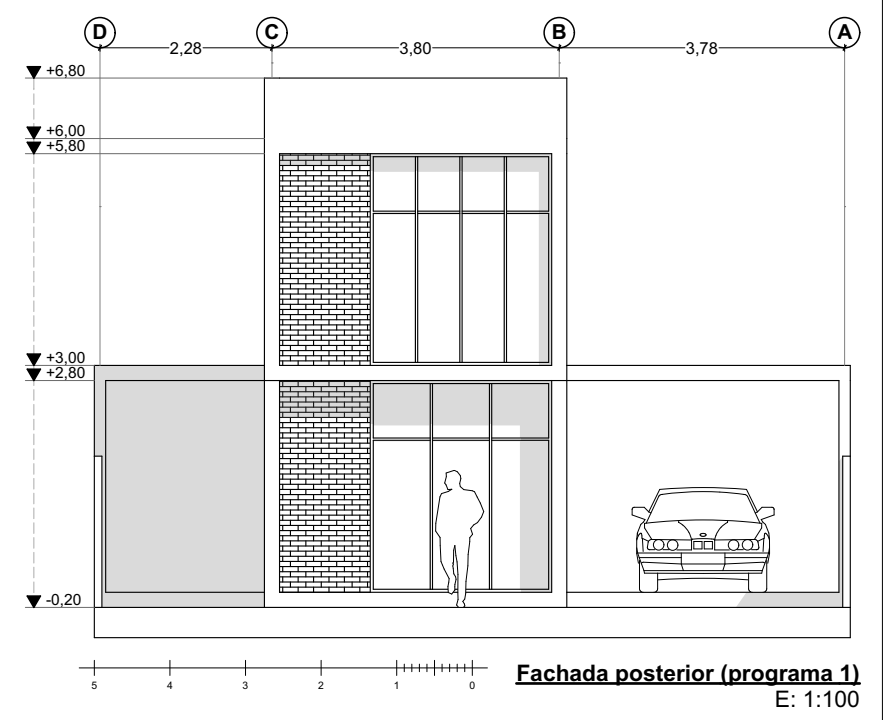
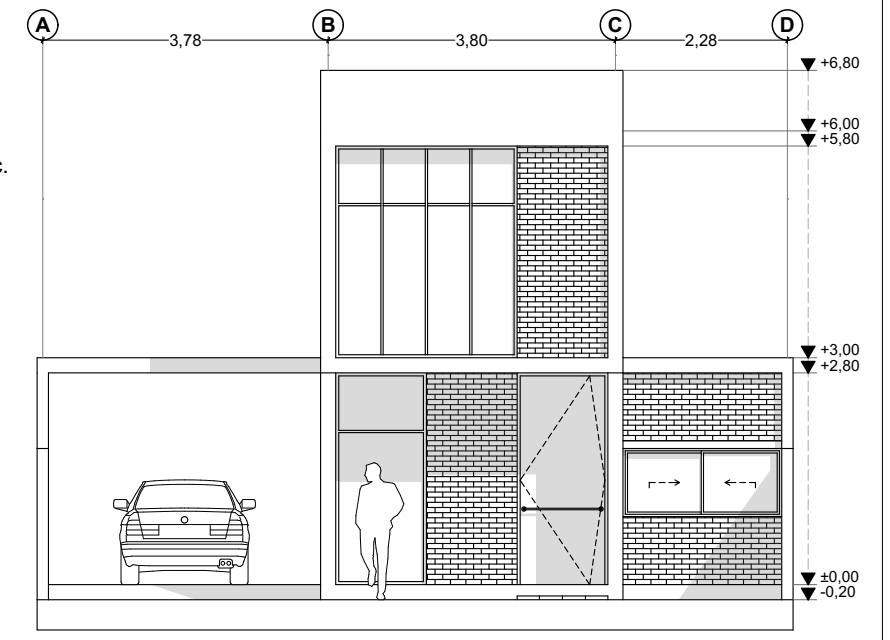
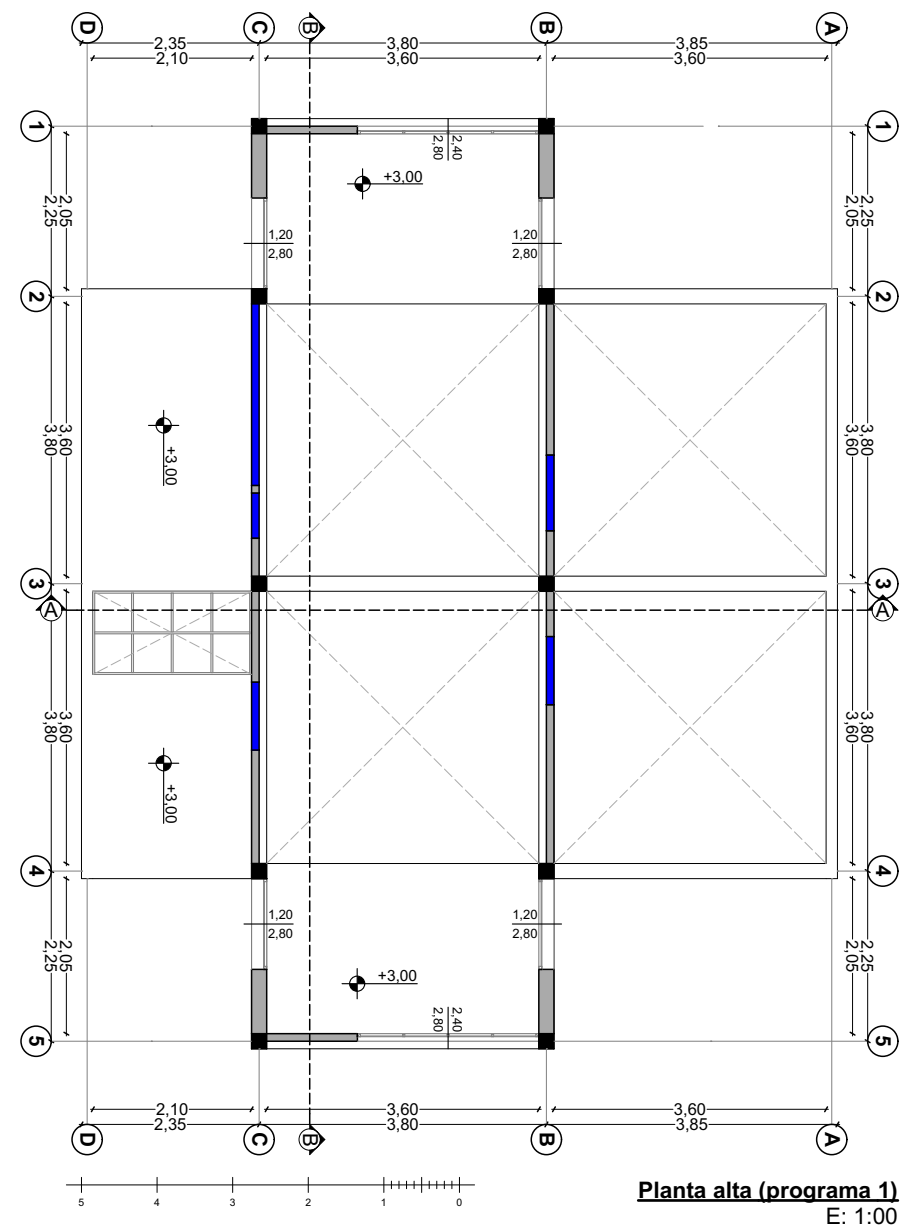
- Simbología:**
- estructura
  - Pared fija
  - Panel removable
  - construcción insertada (progresión)

**Programa 1:**  
Familia joven. (pareja o individuo)  
Minisuit

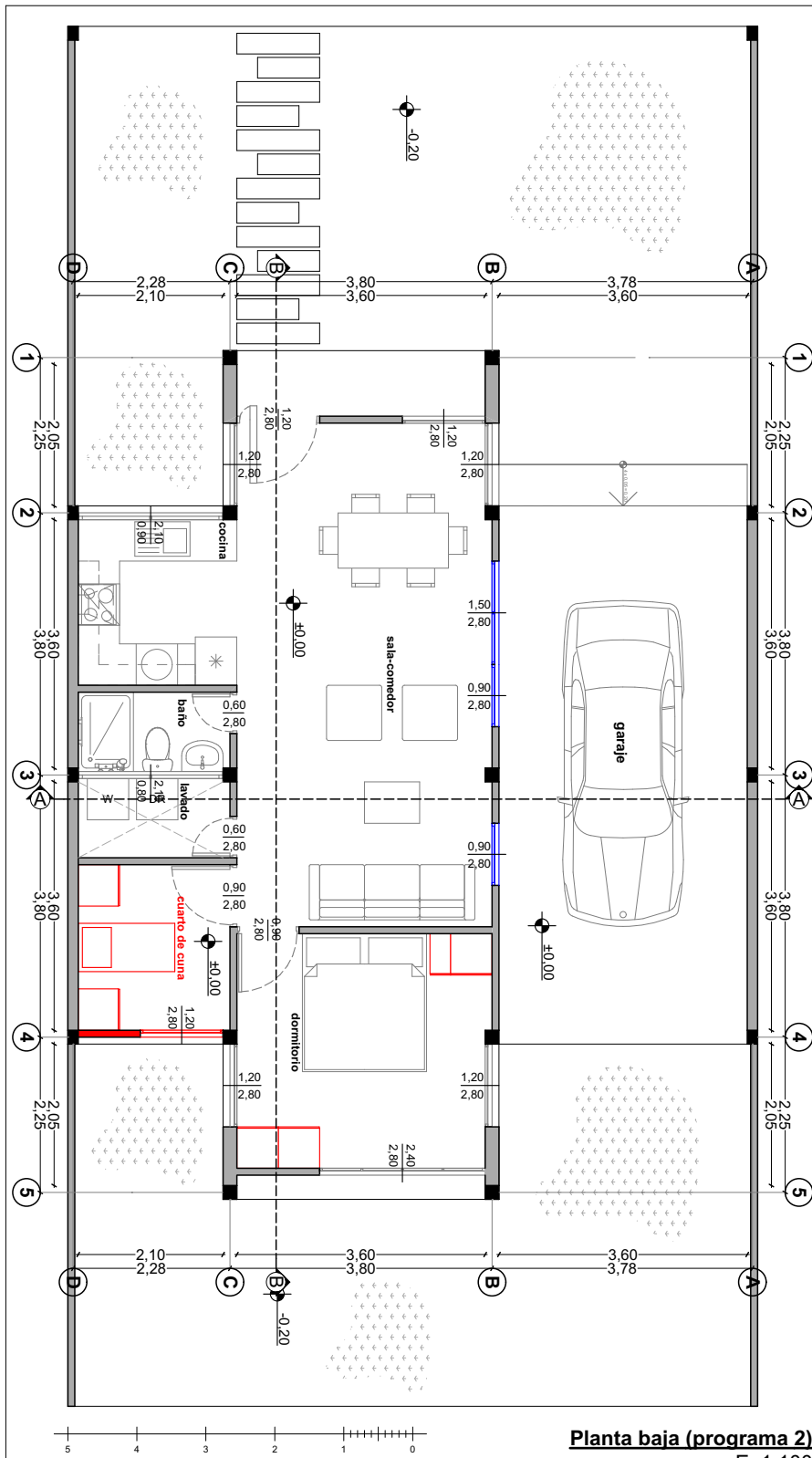


**Zonificación:**

- área social
- habitación / dormitorio
- servicio
- área húmeda / baño / w.c.



|                                                                                   |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA                                            |                  |
| TITULACIÓN DE ARQUITECTURA                                                        |                  |
| TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE ARQUITECTO                               |                  |
| "Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo basado en gramáticas formales" |                  |
| Alumno: Marco David Piedra Rojas                                                  | 1 / 14           |
| Director: Arq. Xavier E. Burneo Valdivieso                                        |                  |
| Fecha: abril 2016                                                                 | Escala: Indicada |

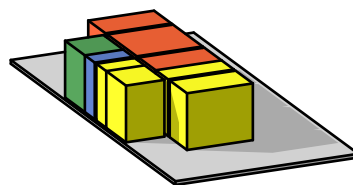


- Simbología:**
- estructura
  - Pared fija
  - Panel removible
  - construcción insertada (progresión)

**Programa 2:**  
Familia en etapa inicial.

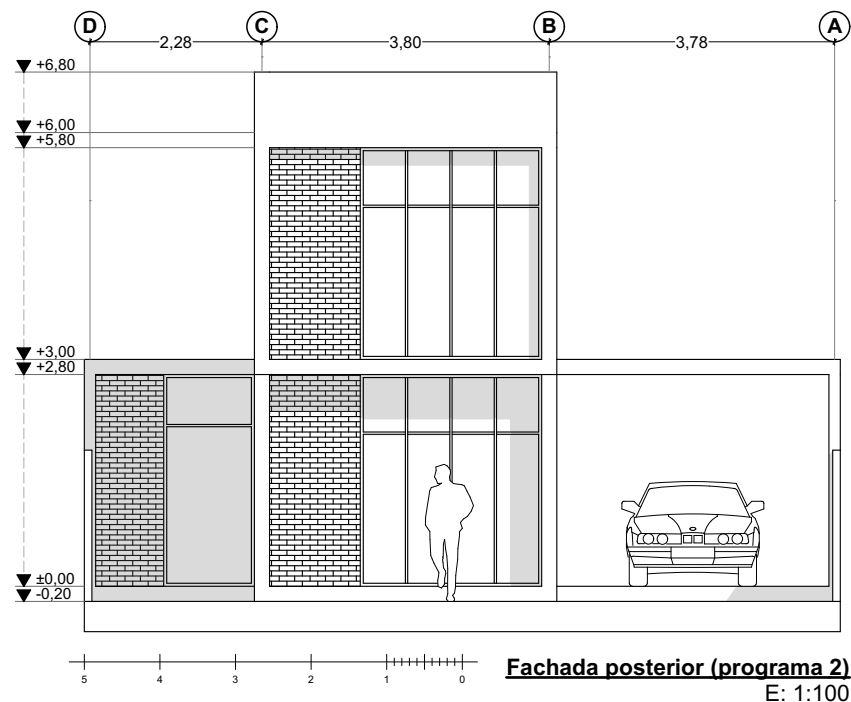
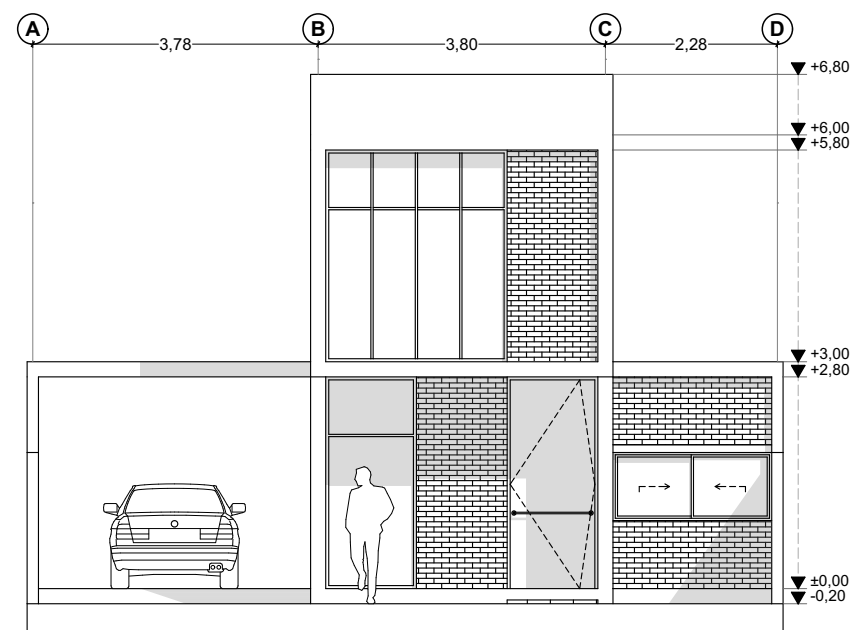
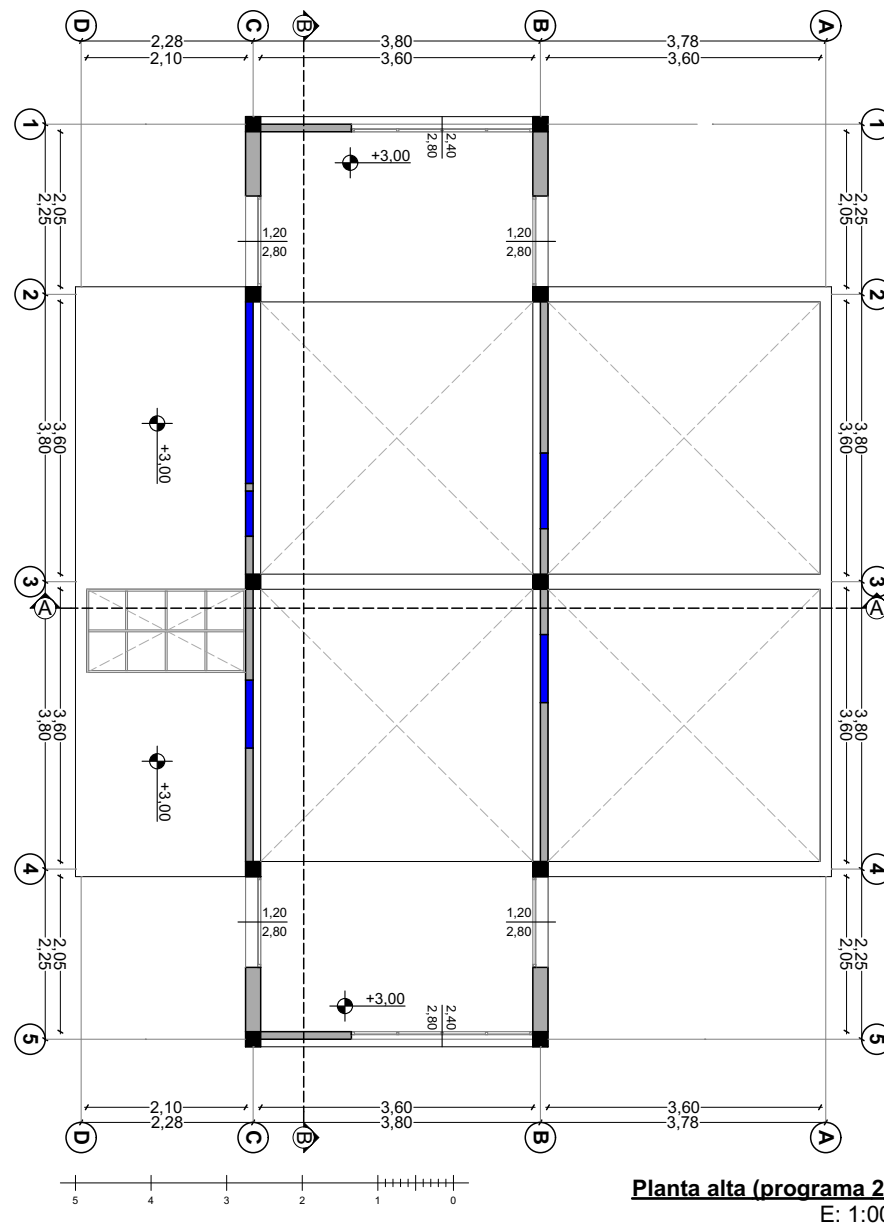


Padre  
Madre  
Niños de 0 a 4 años



**Zonificación:**

- área social
- habitación / dormitorio
- servicio
- área húmeda / baño / w.c.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
TITULACIÓN DE ARQUITECTURA

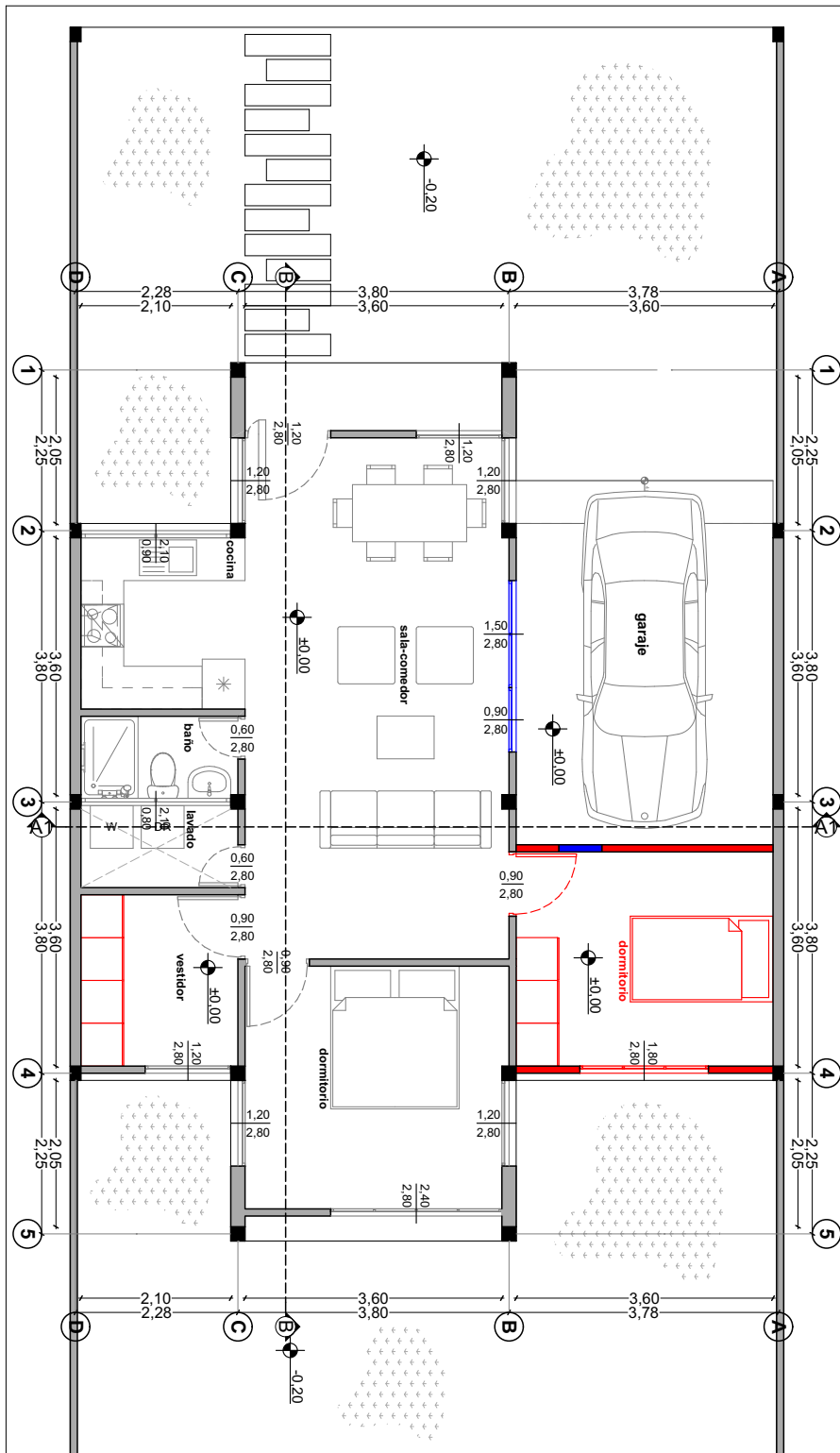
TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE ARQUITECTO

"Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo basado en gramáticas formales"

Alumno: Marco David Piedra Rojas  
Director: Arq. Xavier E. Burneo Valdivieso

Fecha: abril 2016 Escala: Indicada

2 / 14



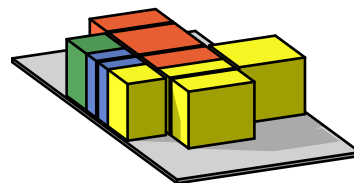
**Planta baja (programa 3)**  
E: 1:100

- Simbología:**
- estructura
  - Pared fija
  - Panel removable
  - construcción insertada (progresión)

**Programa 3:**  
Familia en expansión.

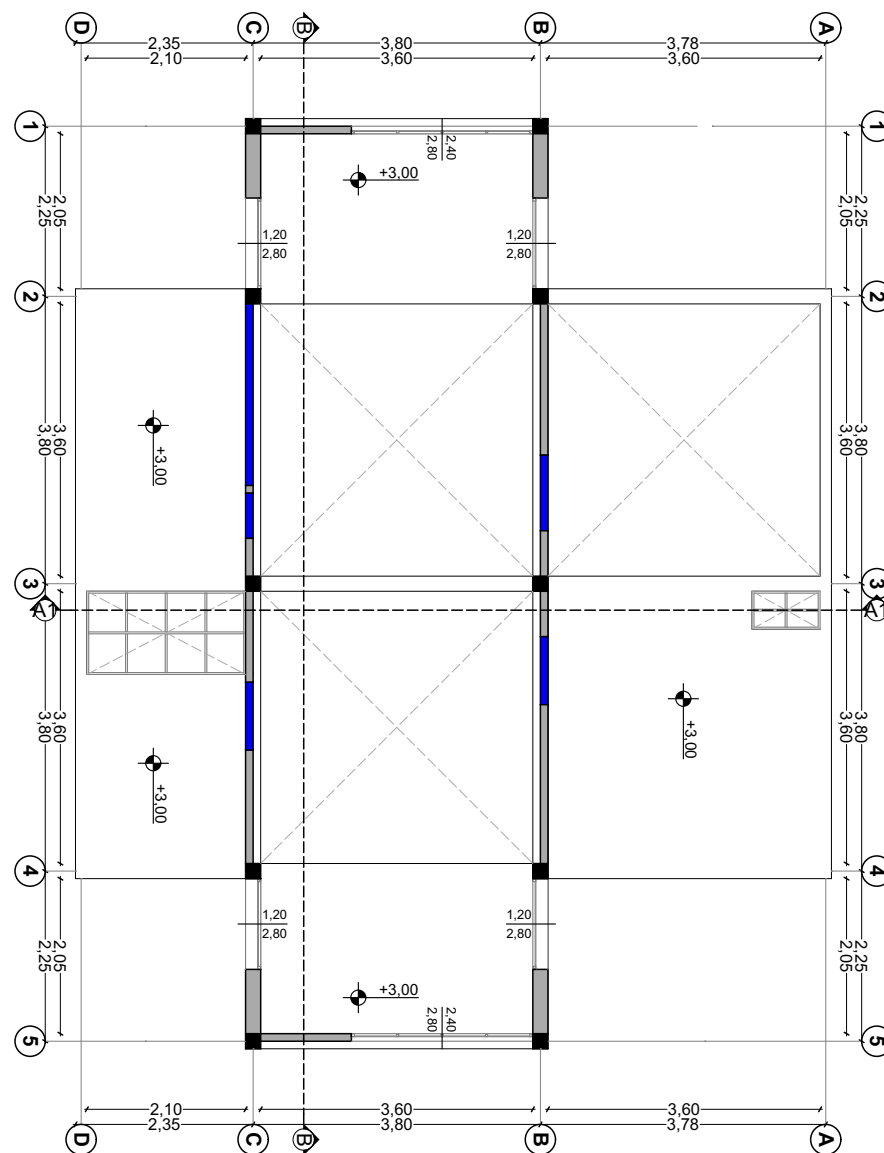


Padre  
Madre  
2 niños



**Zonificación:**

- área social
- habitación / dormitorio
- servicio
- área húmeda / baño / w.c.



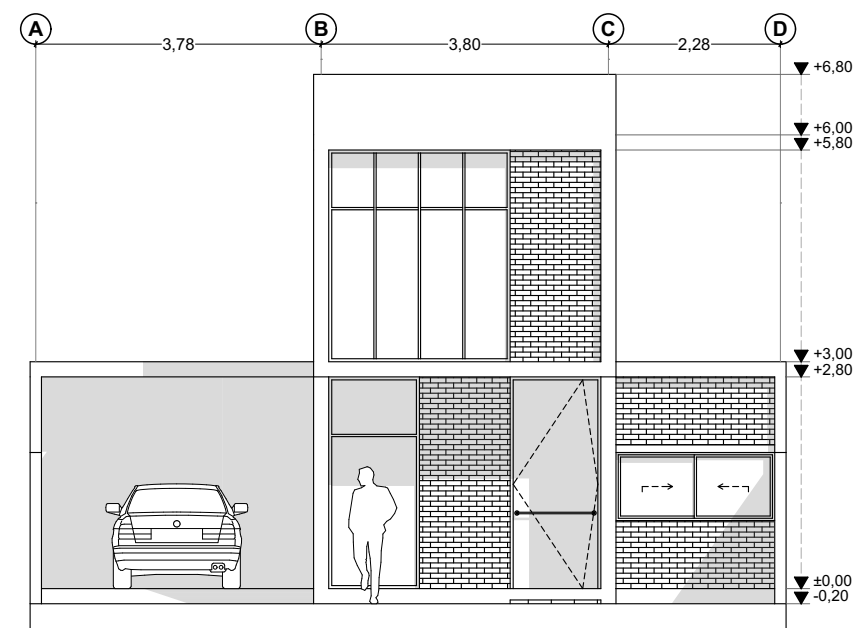
**Planta alta (programa 3)**  
E: 1:100



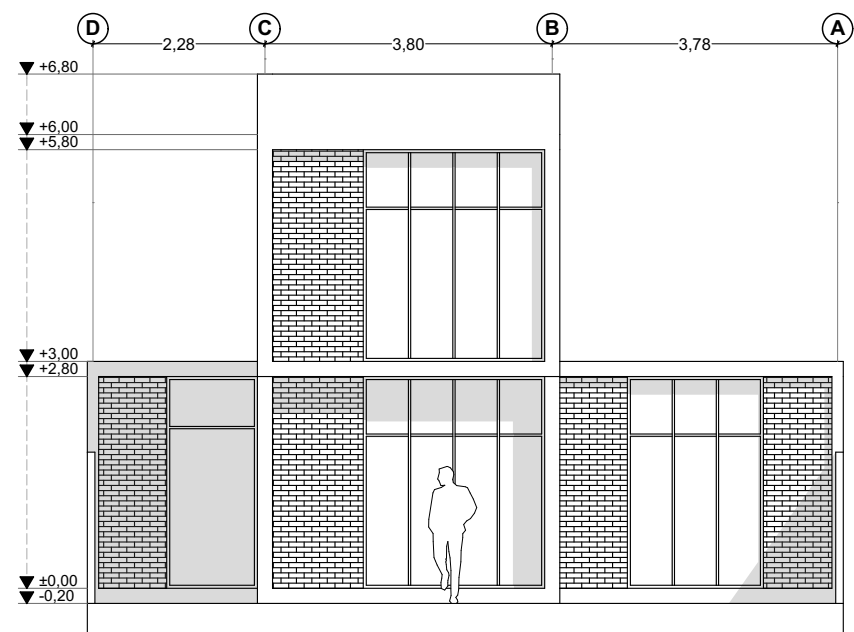
*Elevación frontal*



*Elevación posterior*



**Fachada frontal (programa 1)**  
E: 1:100



**Fachada posterior (programa 3)**  
E: 1:100

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
TITULACIÓN DE ARQUITECTURA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE  
ARQUITECTO

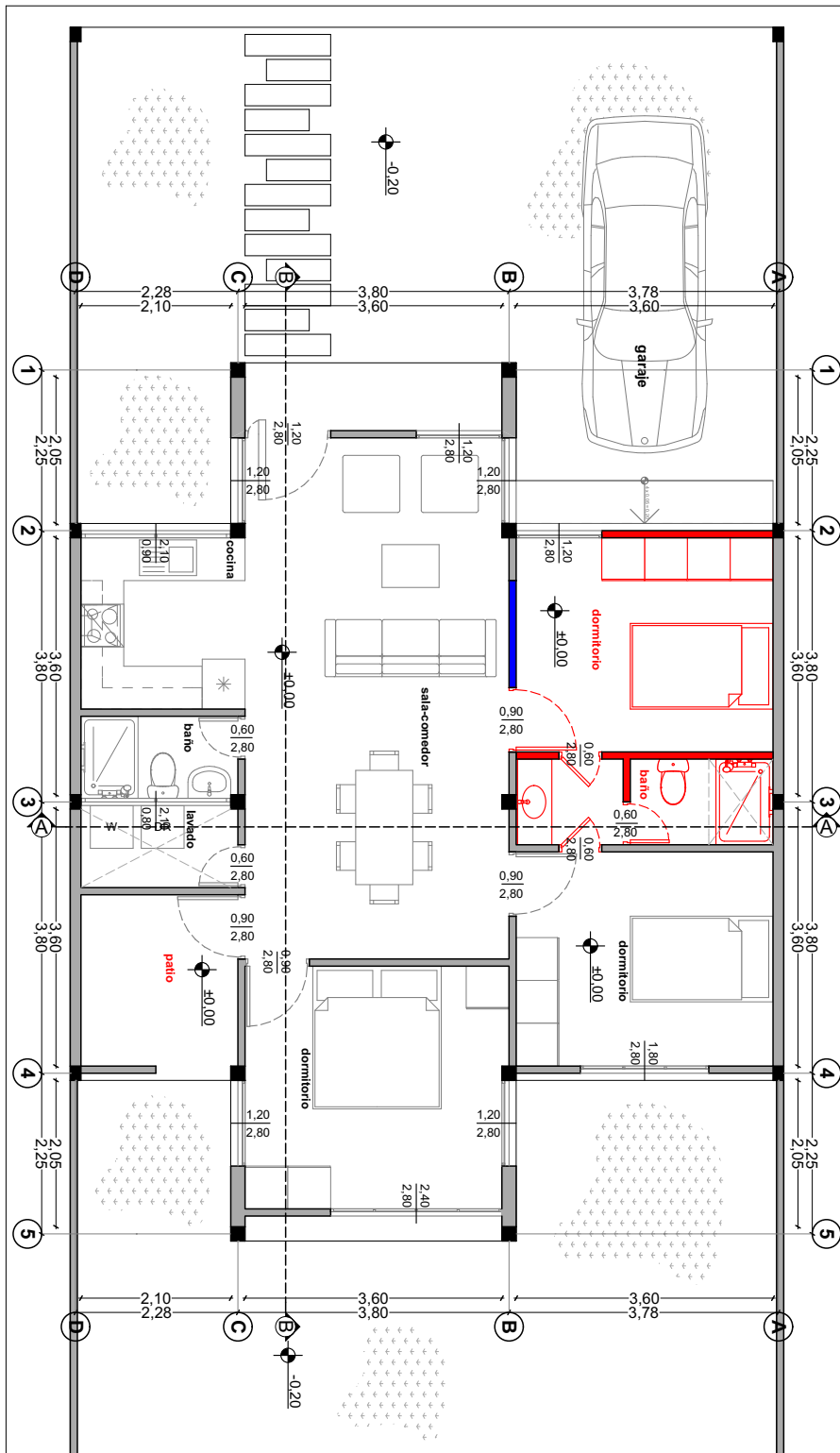
"Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo  
basado en gramáticas formales"

Alumno: Marco David Piedra Rojas  
Director: Arq. Xavier E. Burneo Valdivieso

Fecha: abril 2016      Escala: Indicada

**3 / 14**





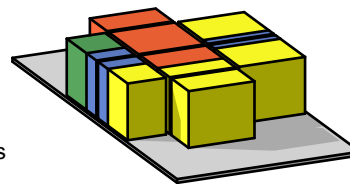
**Planta baja (programa 4)**  
E: 1:100

- Simbología:**
- estructura
  - Pared fija
  - Panel removable
  - construcción insertada (progresión)

**Programa 4:**  
Familia consolidada.

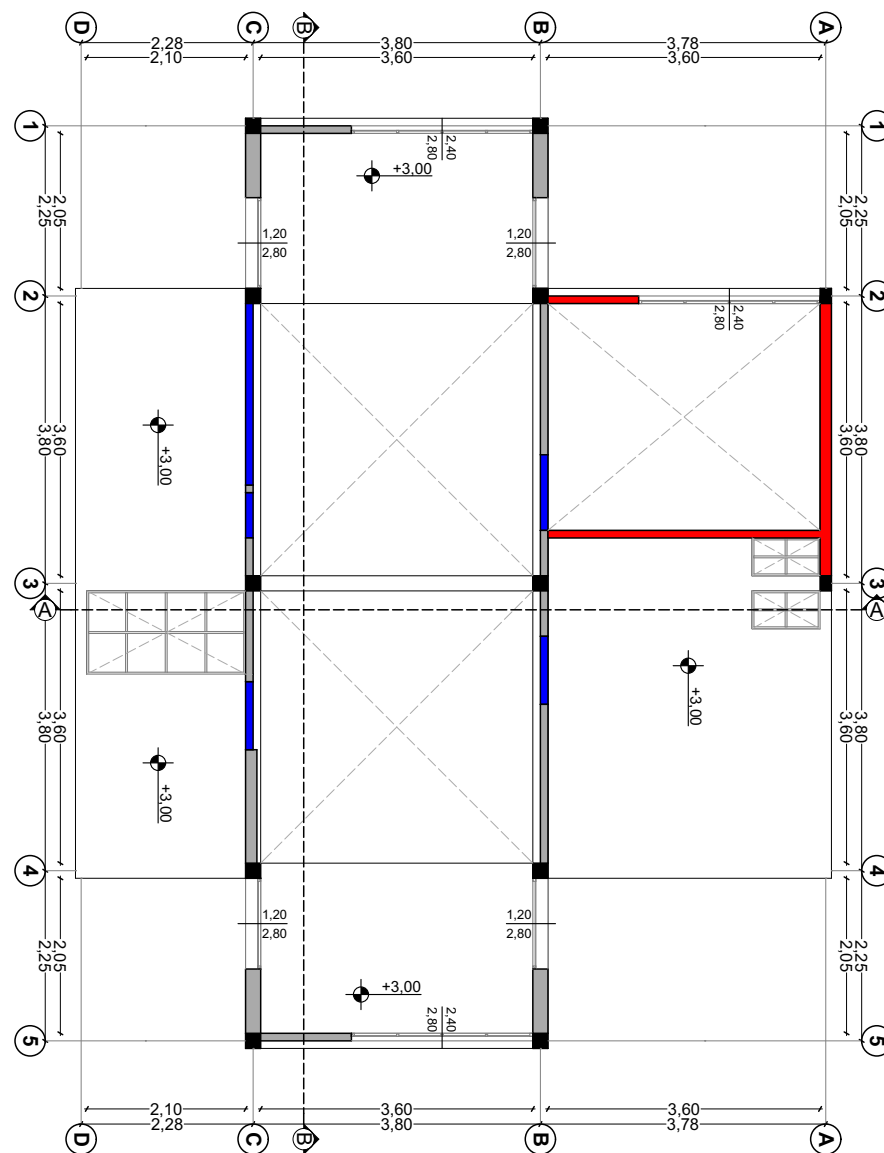


Padre  
Madre  
2 adolescentes

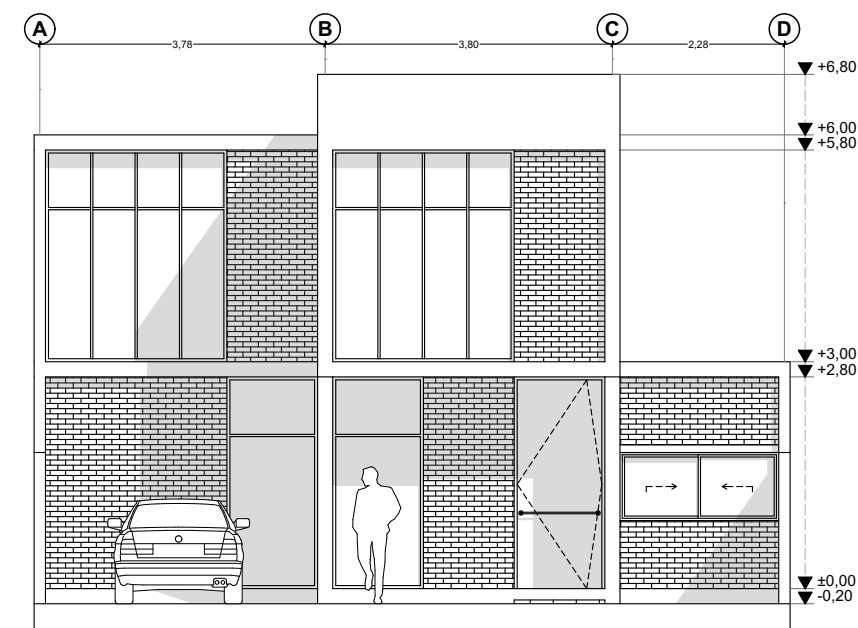


**Zonificación:**

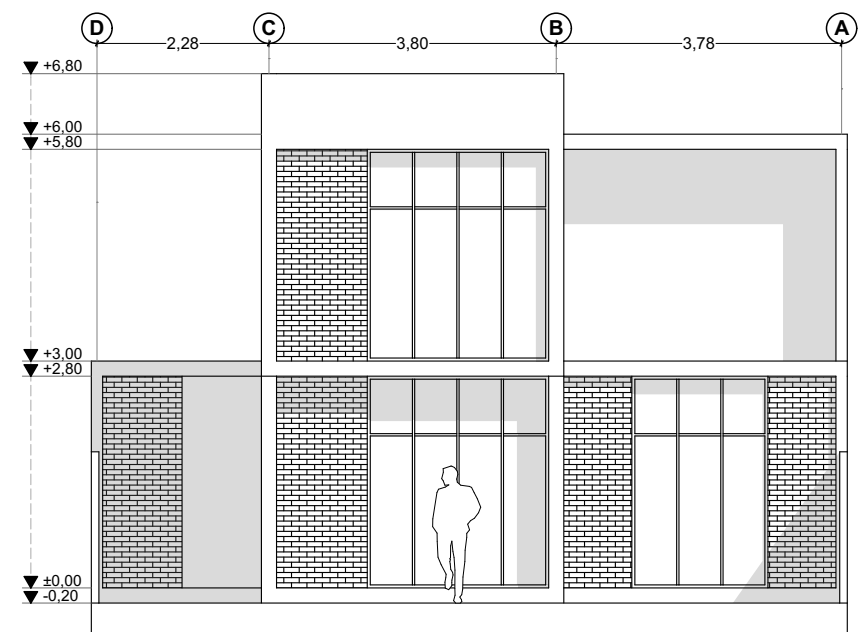
- área social
- habitación / dormitorio
- servicio
- área húmeda / baño / w.c.



**Planta alta (programa 4)**  
E: 1:100



**Fachada frontal (programa 4)**  
E: 1:100



**Fachada posterior (programa 4)**  
E: 1:100

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
TITULACIÓN DE ARQUITECTURA

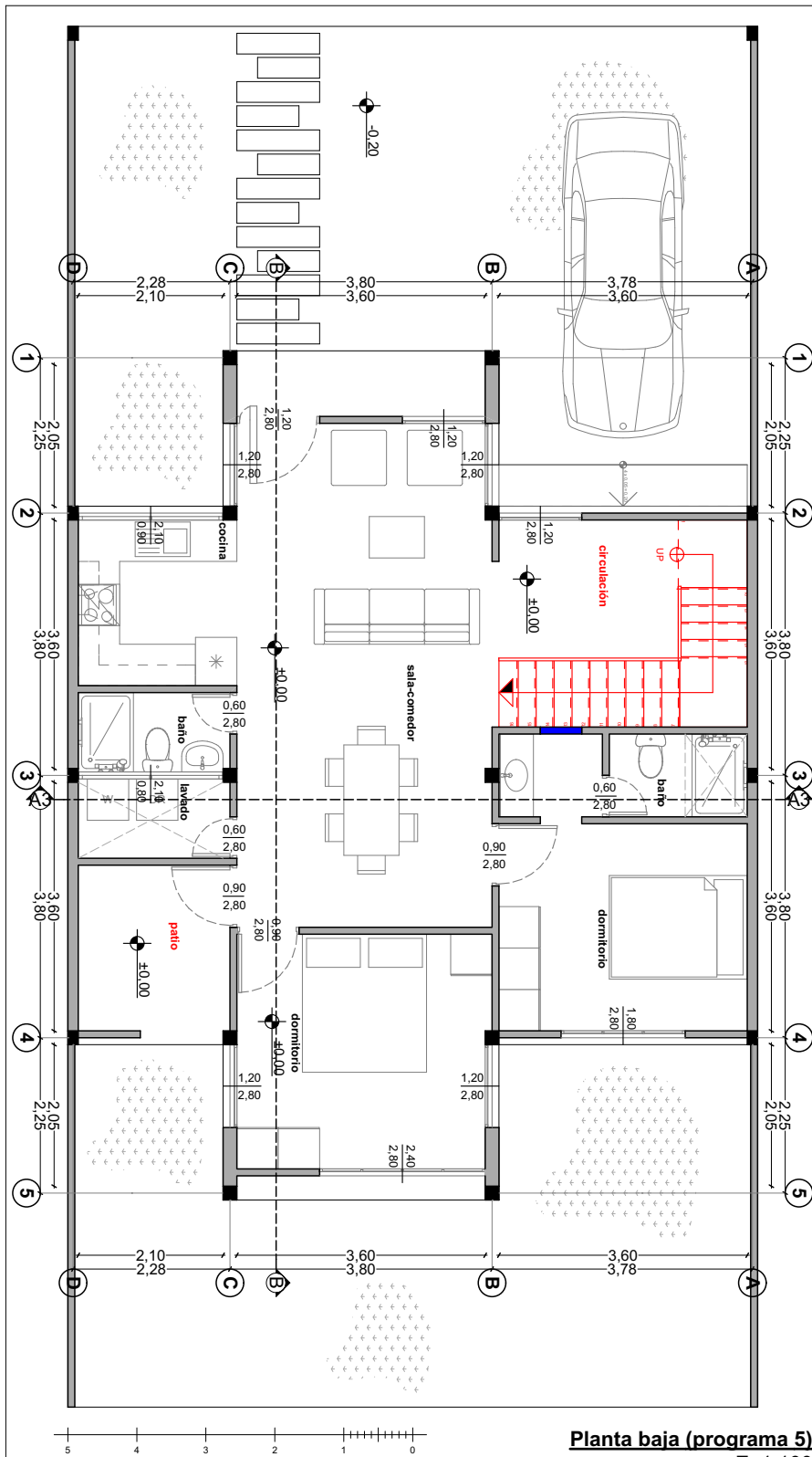
TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE  
ARQUITECTO

"Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo  
basado en gramáticas formales"

Alumno: Marco David Piedra Rojas  
Director: Arq. Xavier E. Burneo Valdivieso

Fecha: abril 2016 Escala: Indicada

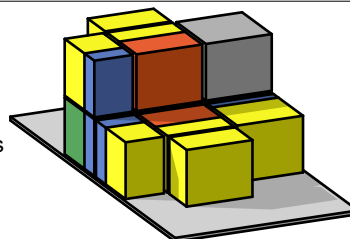
4 / 14



- Simbología:**
- estructura
  - Pared fija
  - Panel removable
  - construcción insertada (progresión)

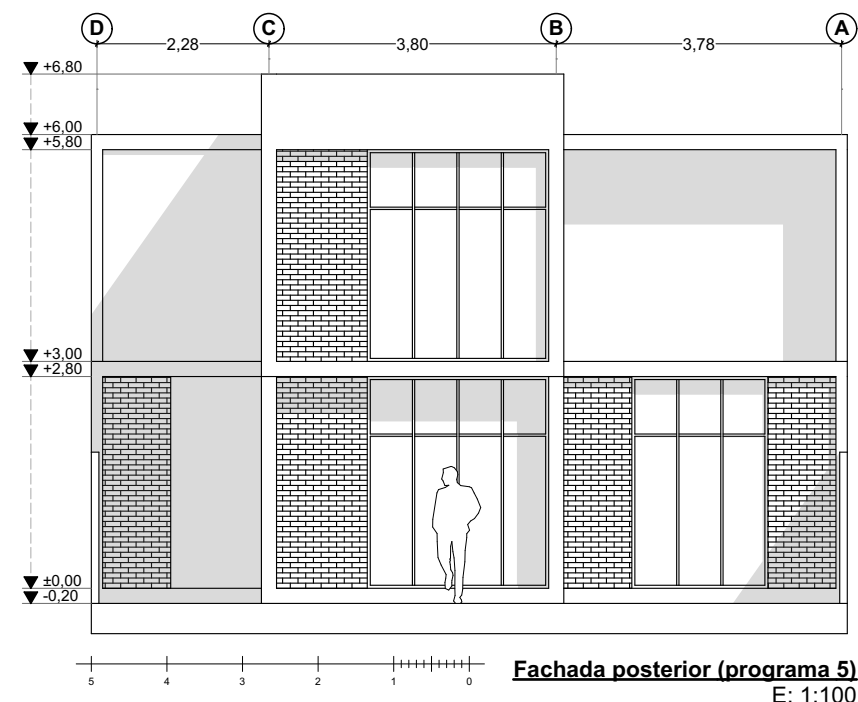
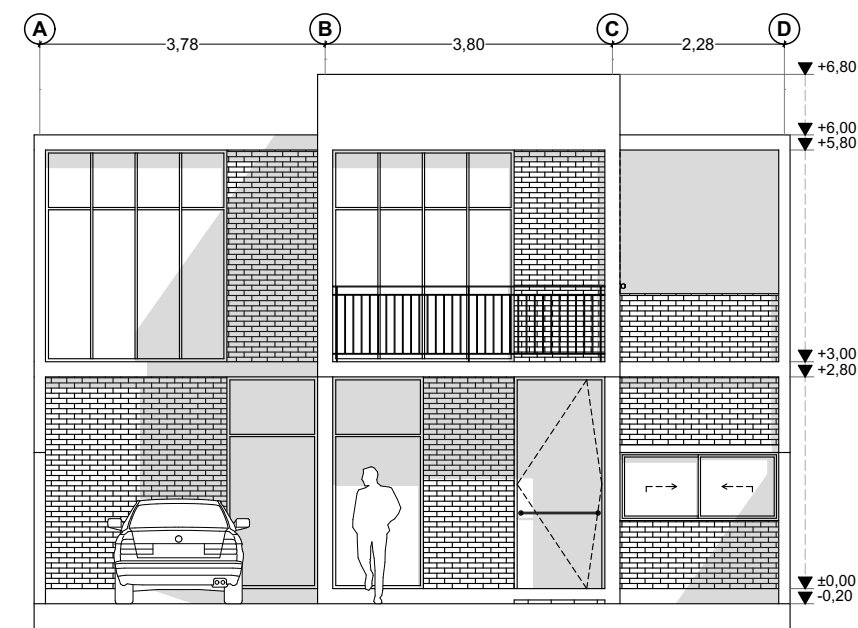
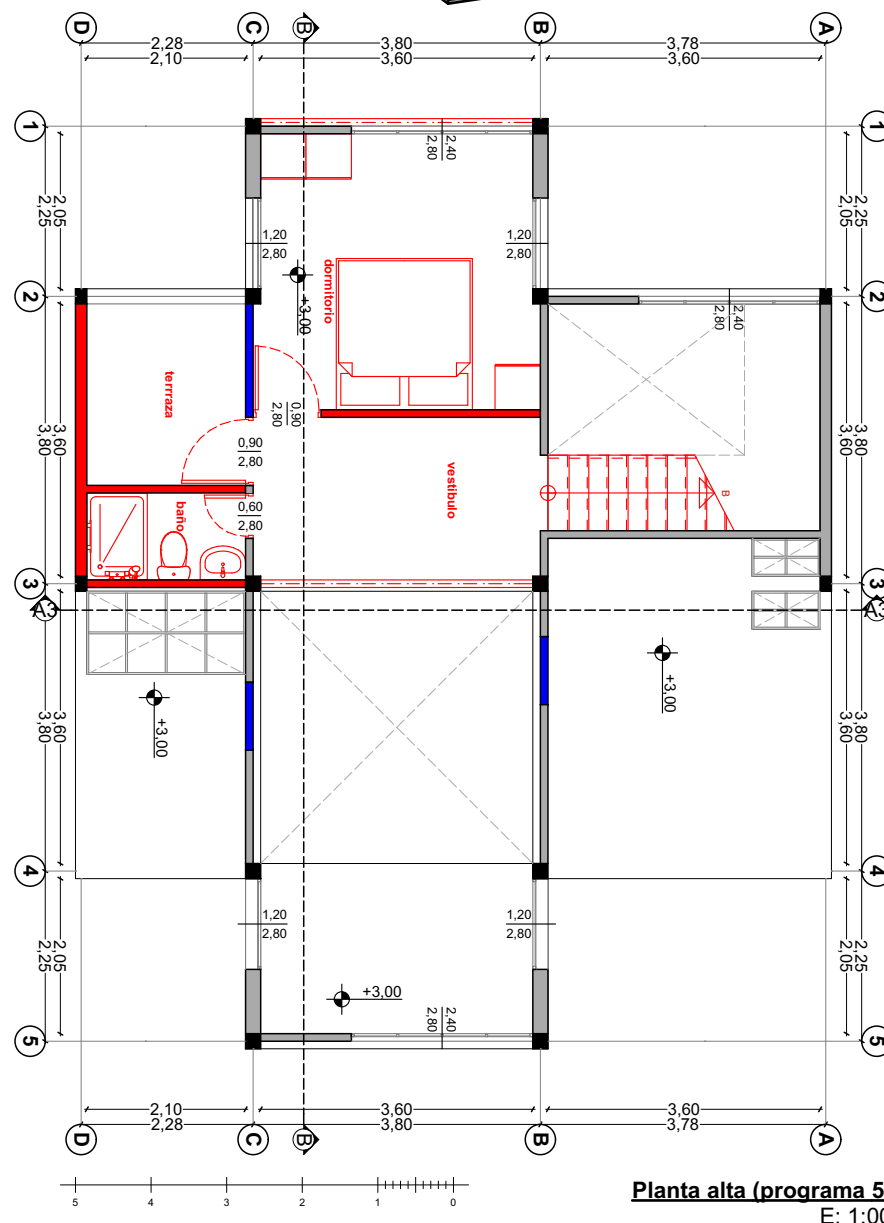
**Programa 5:**  
Familia adulta 1.

Padre  
Madre  
2 jóvenes

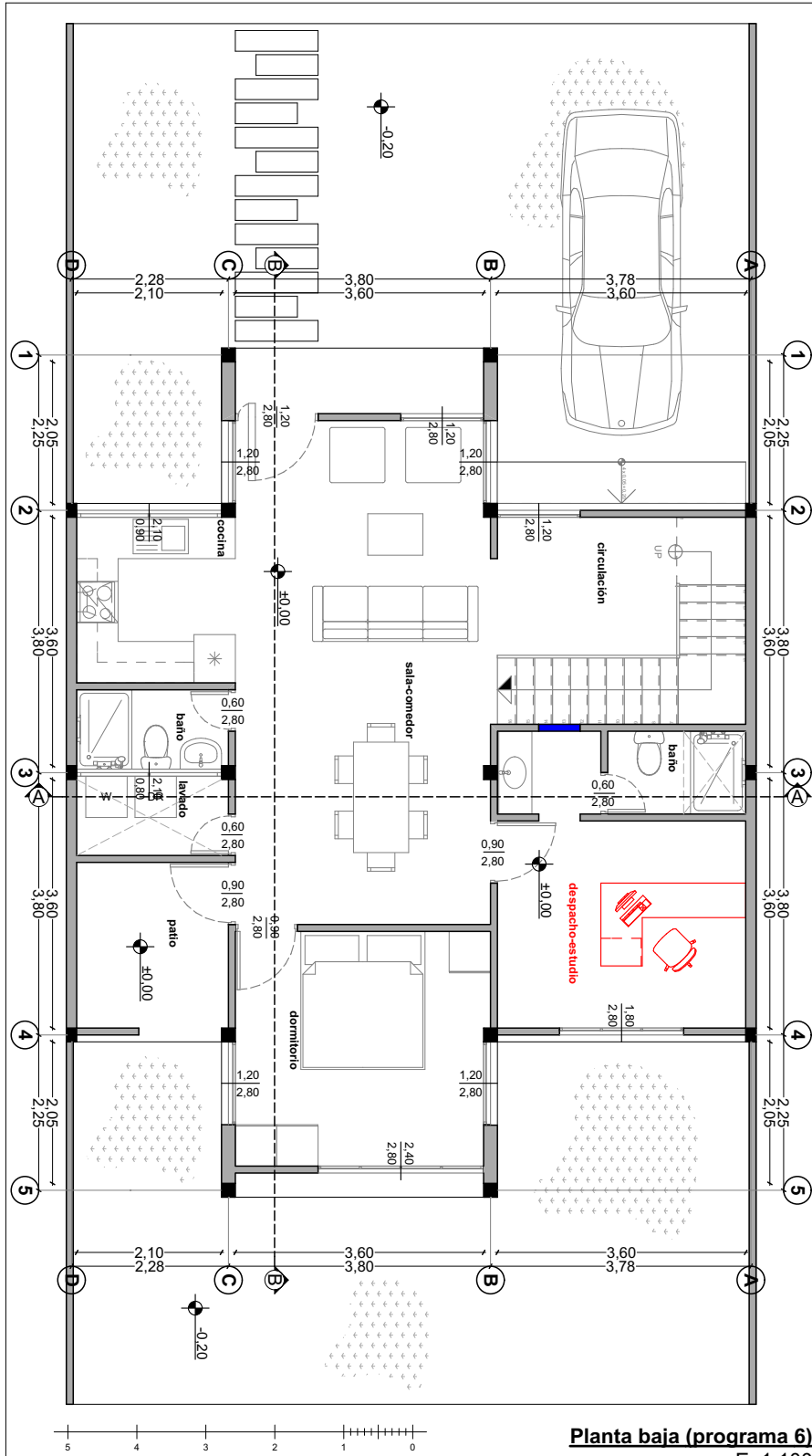


**Zonificación:**

- área social
- habitación / dormitorio
- servicio
- área húmeda / baño / w.c.

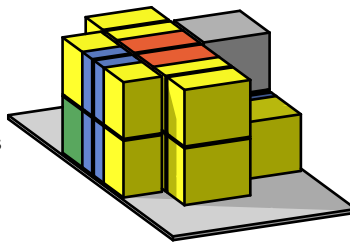


|                                                                                   |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA                                            |        |
| TITULACIÓN DE ARQUITECTURA                                                        |        |
| TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE ARQUITECTO                               |        |
| "Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo basado en gramáticas formales" |        |
| Alumno: Marco David Piedra Rojas                                                  | 5 / 14 |
| Director: Arq. Xavier E. Burneo Valdivieso                                        |        |
| Fecha: abril 2016                                                                 |        |
| Escala: Indicada                                                                  |        |



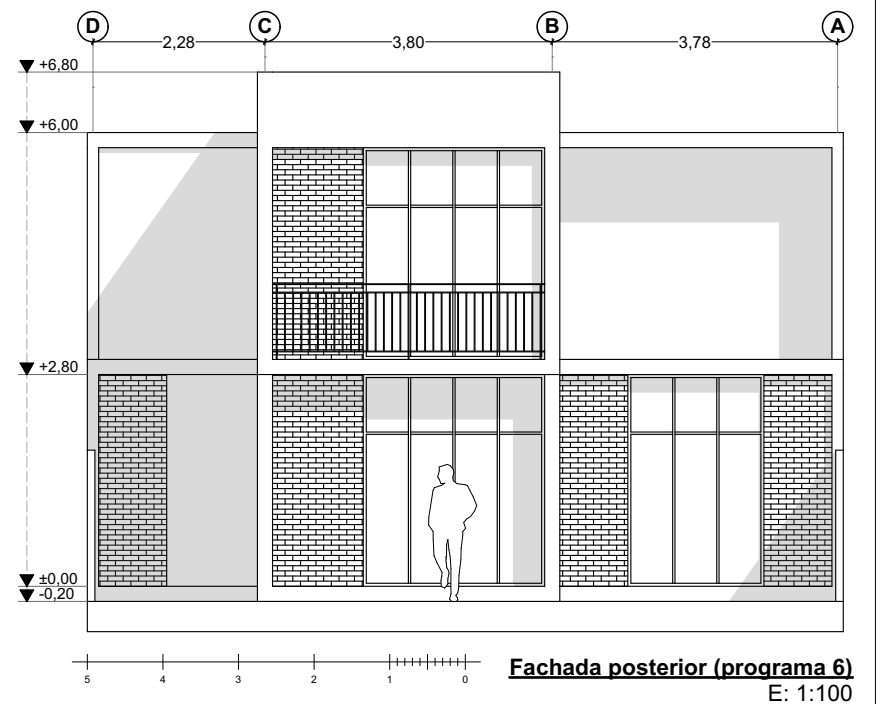
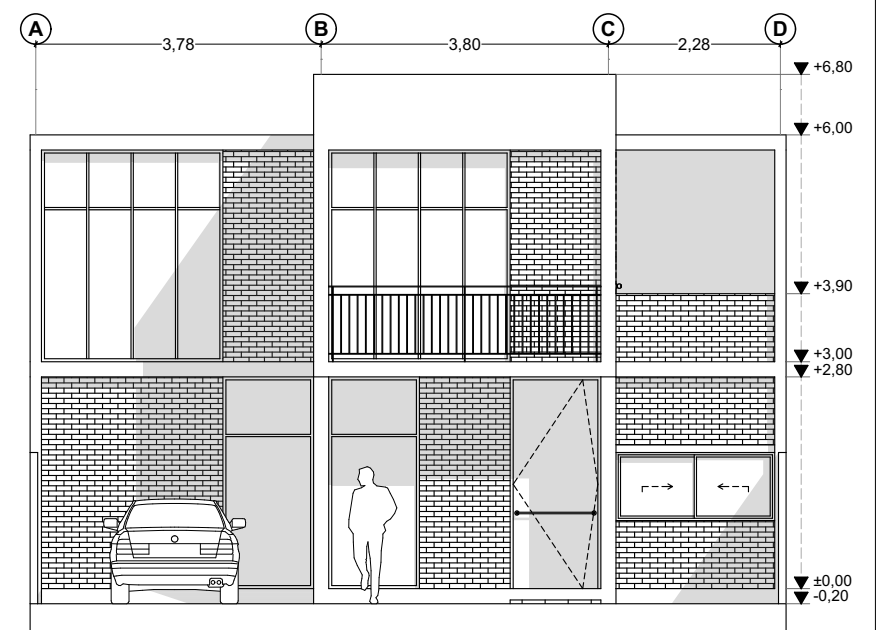
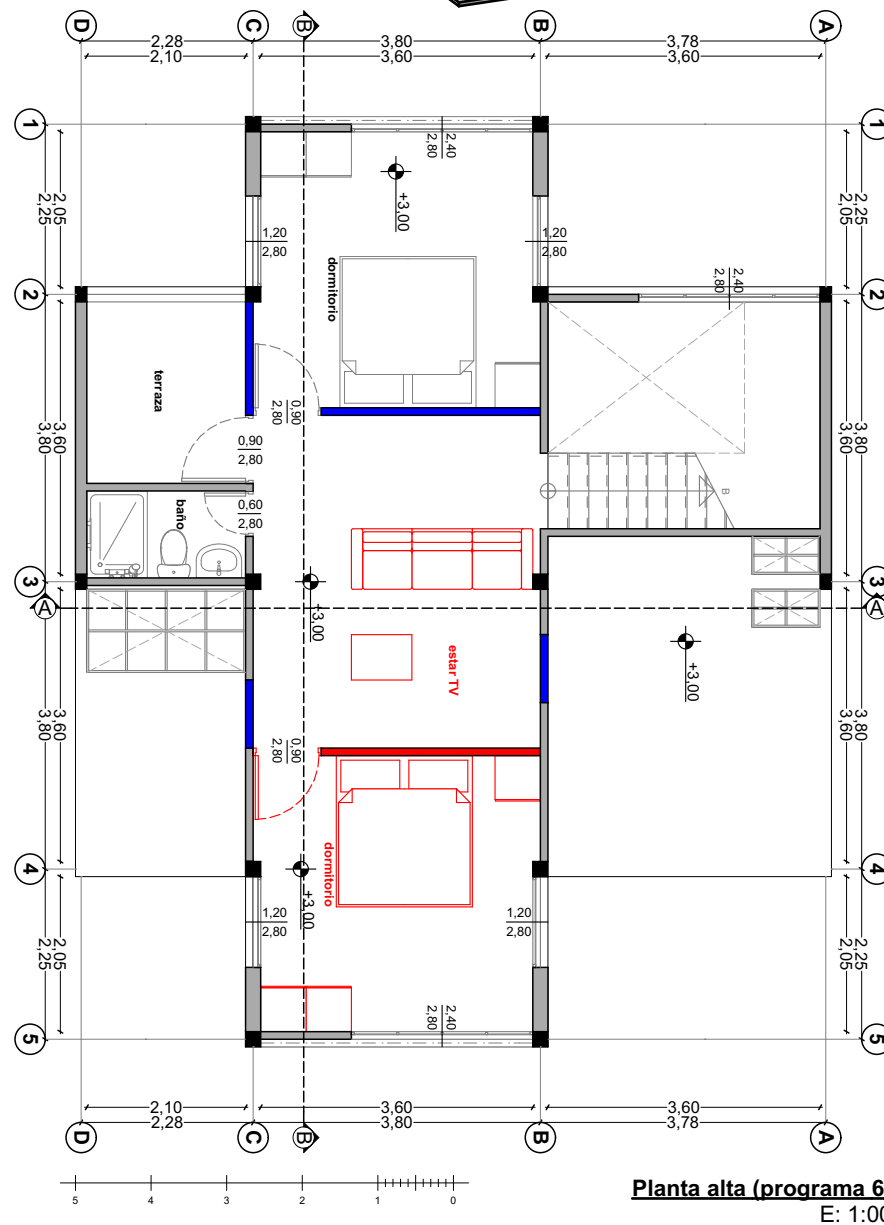
- Simbología:**
- estructura
  - Pared fija
  - Panel removable
  - construcción insertada (progresión)

**Programa 6:**  
Familia adulta 2.



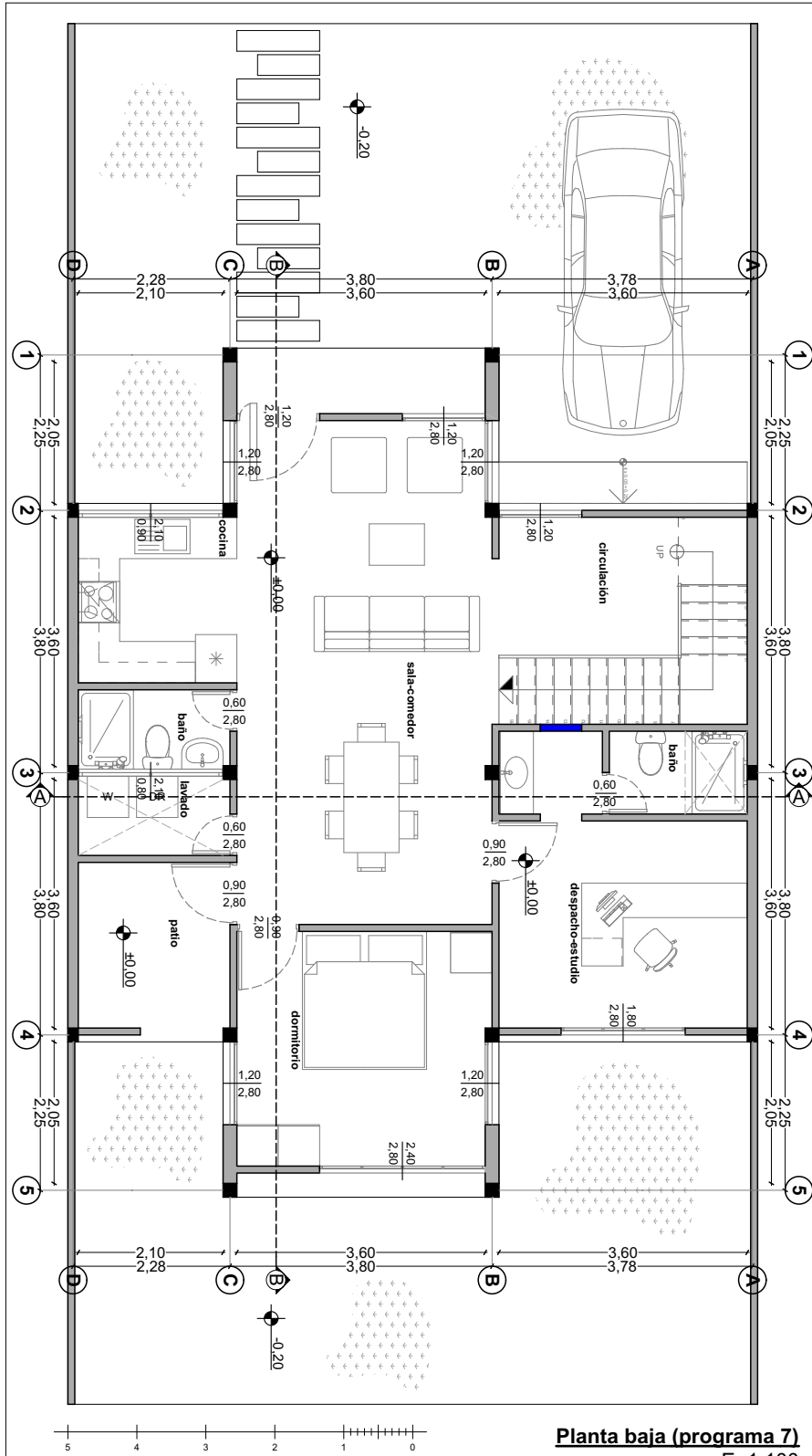
**Zonificación:**

- área social
- habitación / dormitorio
- servicio
- área húmeda / baño / w.c.



|                                                                                   |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b><br>TITULACIÓN DE ARQUITECTURA       |               |
| TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE ARQUITECTO                               |               |
| "Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo basado en gramáticas formales" |               |
| Alumno: Marco David Piedra Rojas<br>Director: Arq. Xavier E. Burneo Valdivieso    | <b>6 / 14</b> |
| Fecha: abril 2016      Escala: Indicada                                           |               |

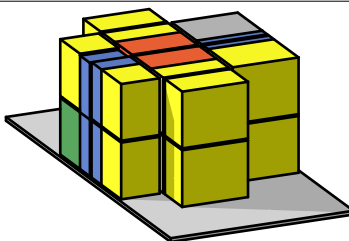




- Simbología:**
- estructura
  - Pared fija
  - Panel removible
  - construcción insertada (progresión)

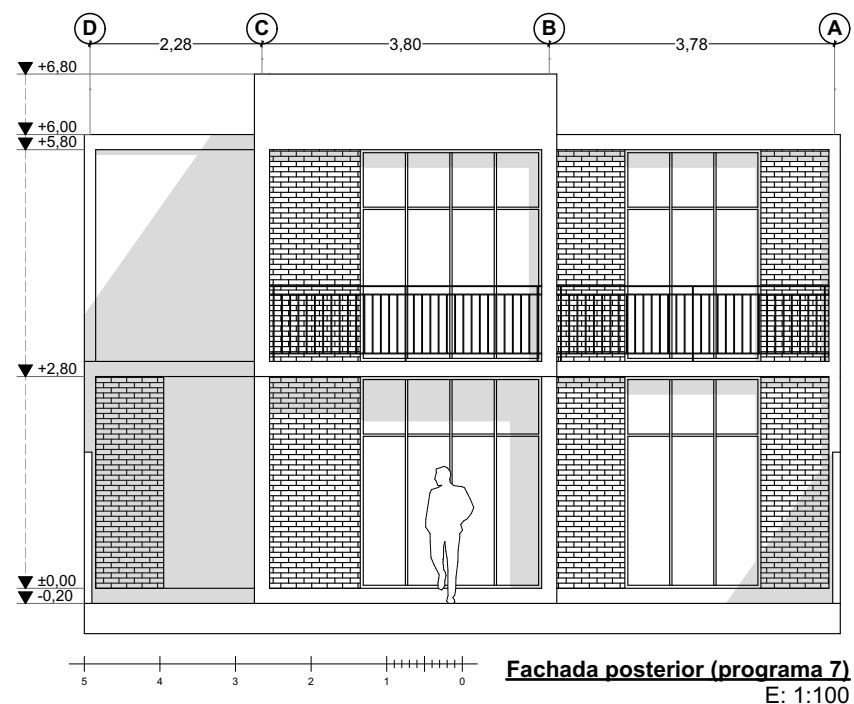
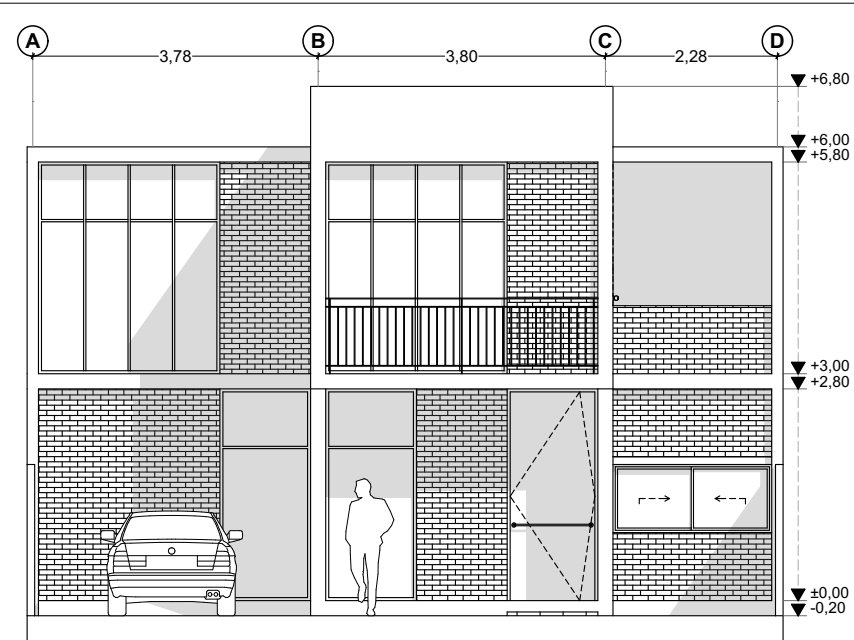
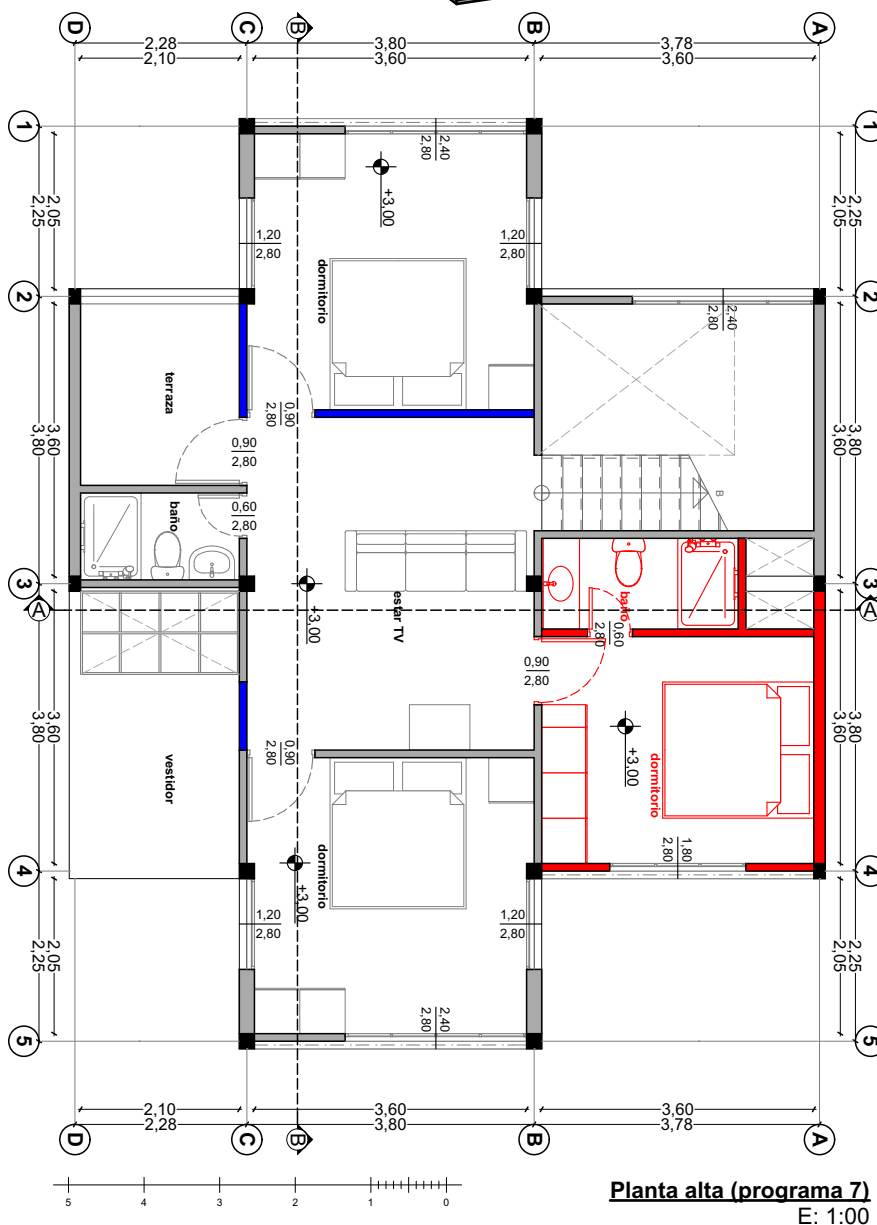
**Programa 7:**  
Familia adulta 3.

Padre  
Madre  
2 h. adultos



**Zonificación:**

- área social
- habitación / dormitorio
- servicio
- área húmeda / baño / w.c.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
TITULACIÓN DE ARQUITECTURA

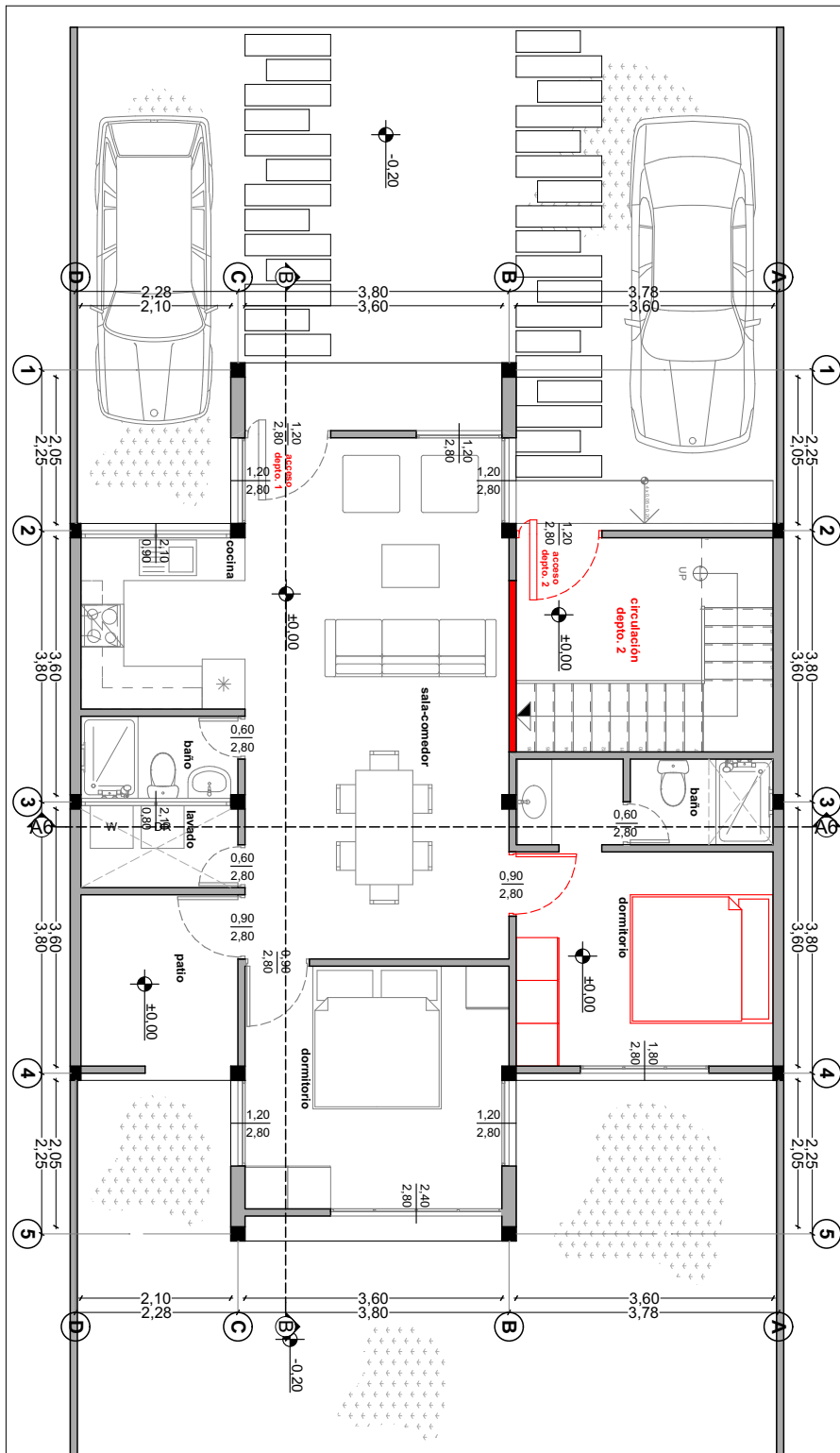
TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE ARQUITECTO

"Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo basado en gramáticas formales"

Alumno: Marco David Piedra Rojas  
Director: Arq. Xavier E. Burneo Valdivieso

Fecha: abril 2016 Escala: Indicada

7 / 14

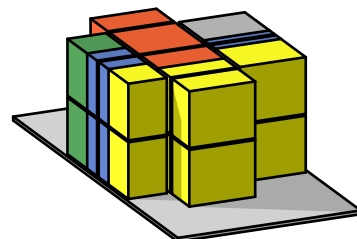


**Planta baja (programa 8)**  
E: 1:100

**Simbología:**

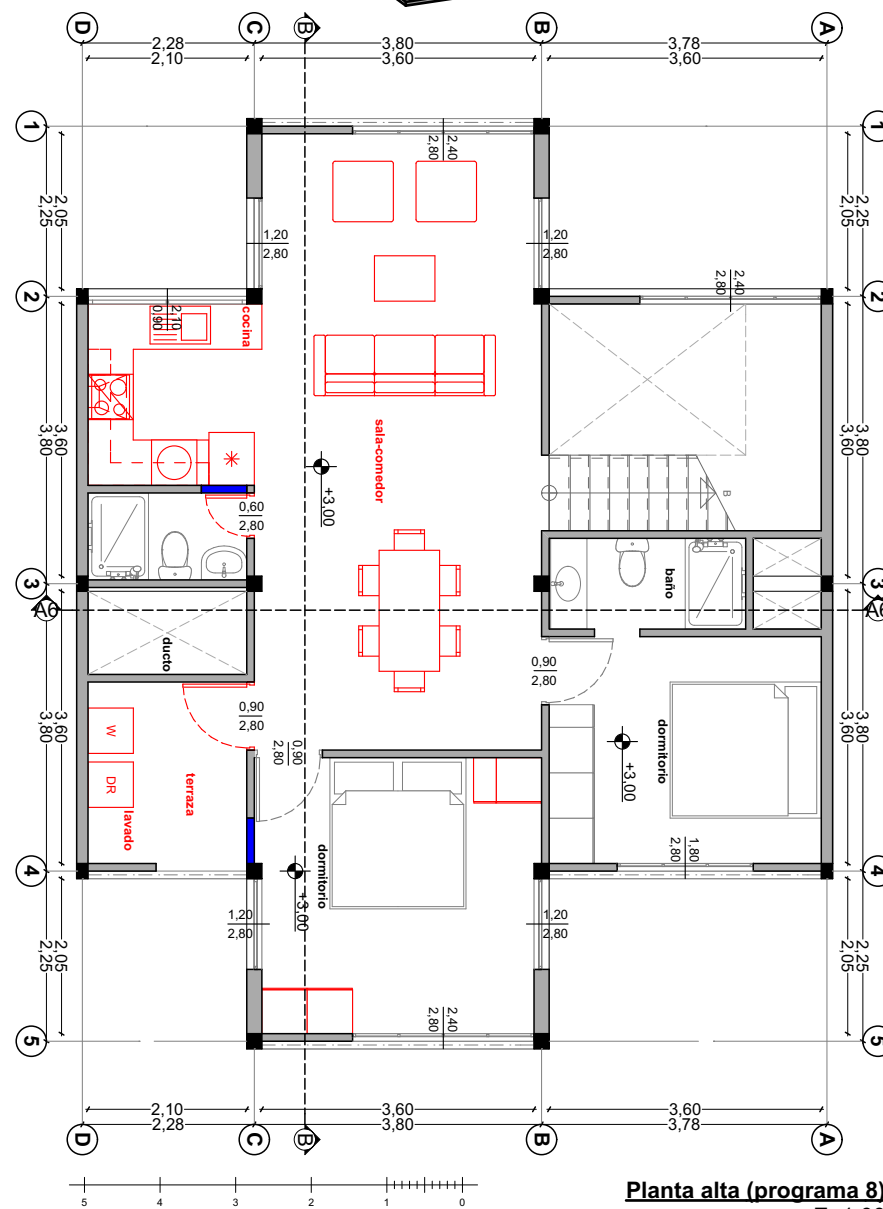
- estructura
- Pared fija
- Panel removable
- construcción insertada (progresión)

**Programa 8:**  
2 Familias.

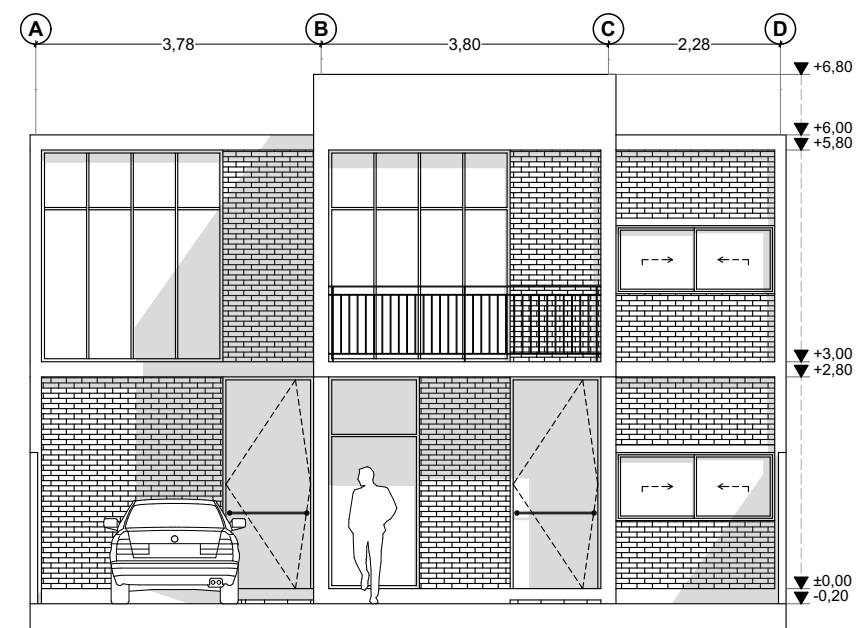


**Zonificación:**

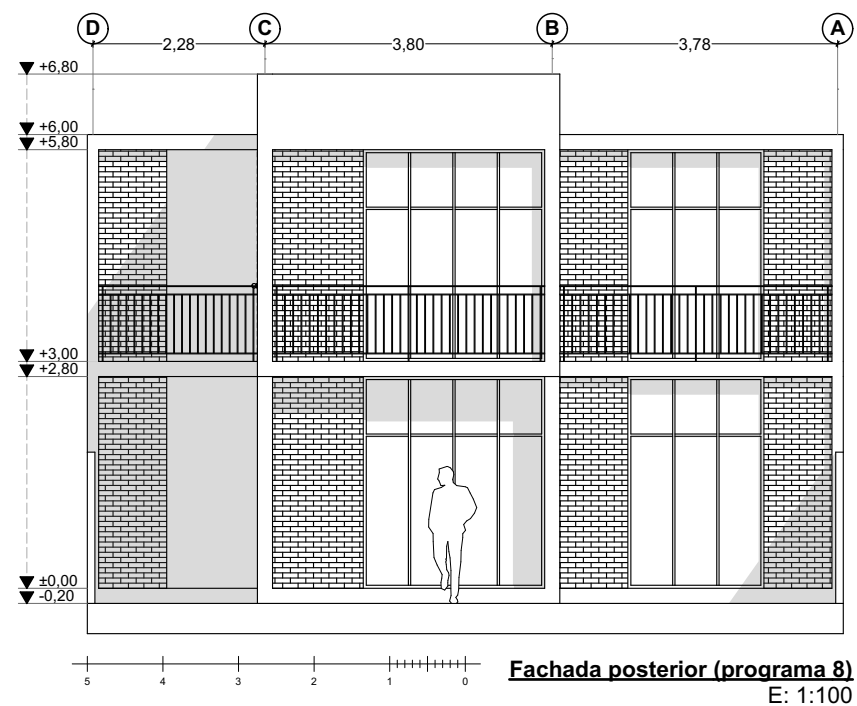
- área social
- habitación / dormitorio
- servicio
- área húmeda / baño / w.c.



**Planta alta (programa 8)**  
E: 1:00



**Fachada frontal (programa 8)**  
E: 1:100



**Fachada posterior (programa 8)**  
E: 1:100

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
TITULACIÓN DE ARQUITECTURA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE ARQUITECTO

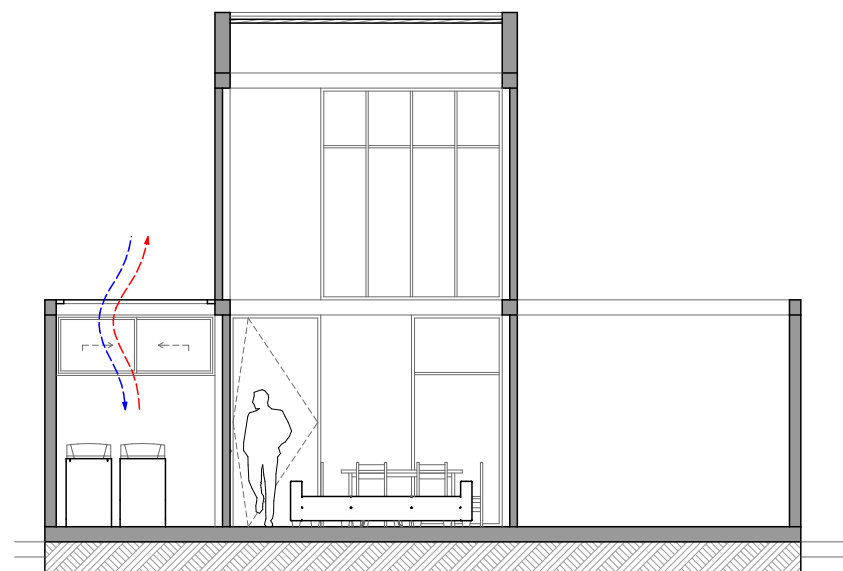
"Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo basado en gramáticas formales"

Alumno: Marco David Piedra Rojas  
Director: Arq. Xavier E. Burneo Valdivieso

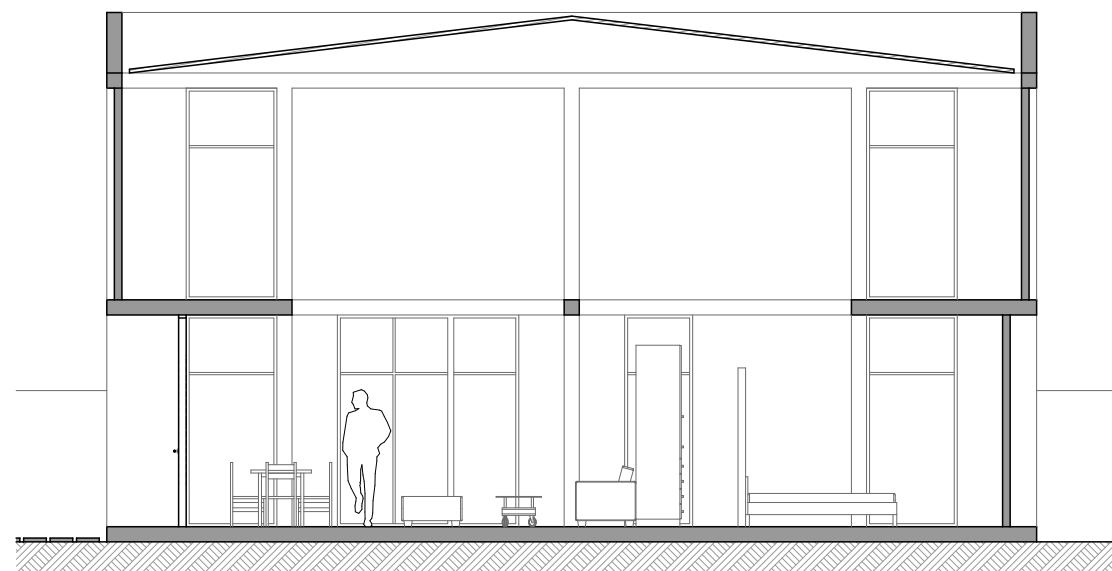
Fecha: abril 2016 Escala: Indicada

8 / 14



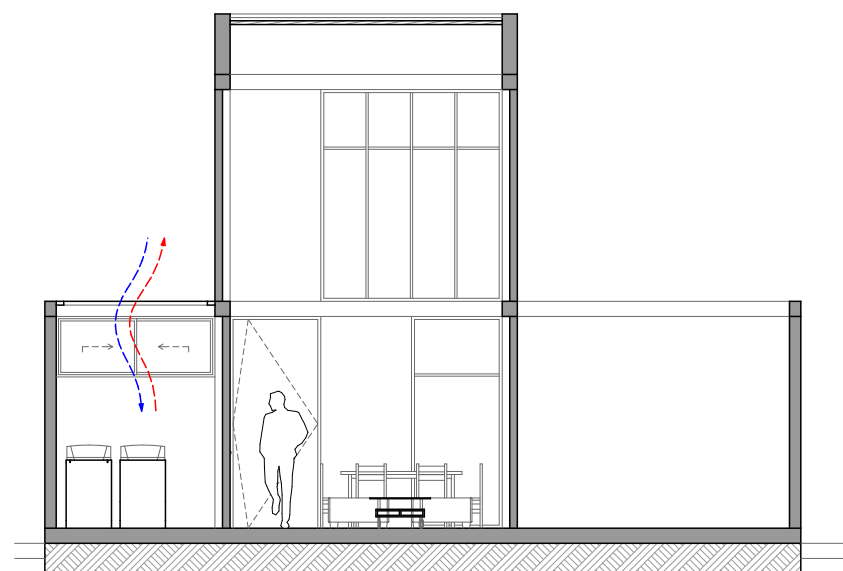
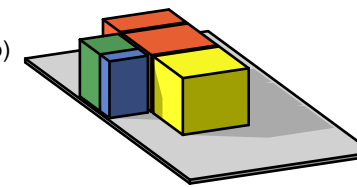


**Corte A-A' (programa 1)**  
E: 1:100

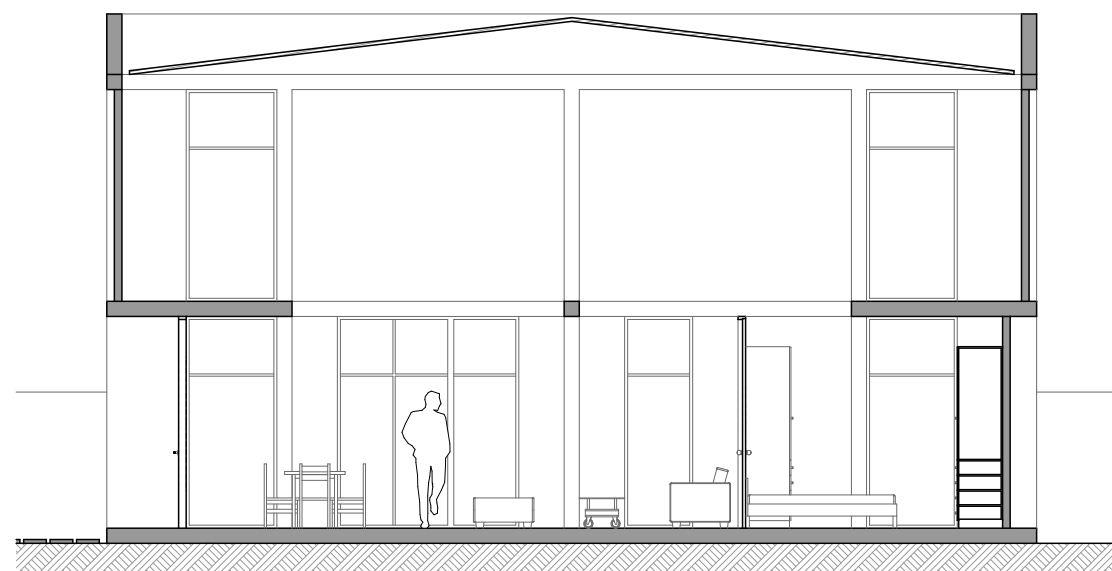


**Corte B-B' (programa 1)**  
E: 1:100

**Programa 1:**  
Familia joven. (pareja o individuo)  
Minisuit



**Corte A-A' (programa 2)**  
E: 1:100

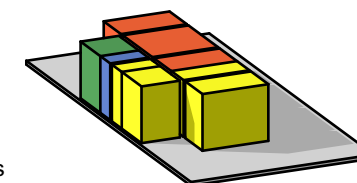


**Corte B-B' (programa 2)**  
E: 1:100

**Programa 2:**  
Familia en etapa inicial.



Padre  
Madre  
Niños de 0 a 4 años



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
TITULACIÓN DE ARQUITECTURA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE  
ARQUITECTO

"Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo  
basado en gramáticas formales"

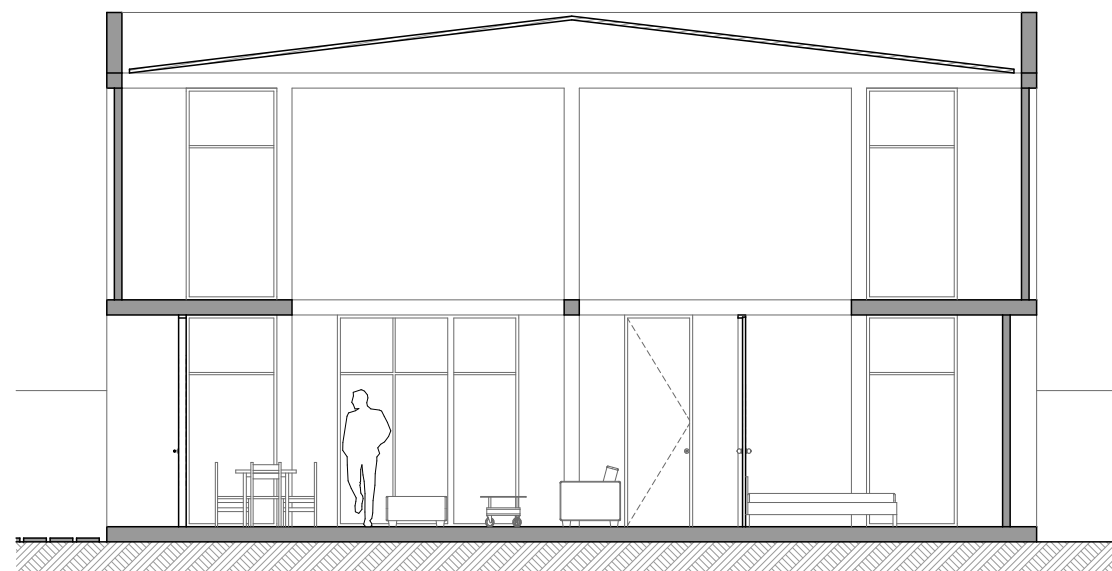
Alumno: Marco David Piedra Rojas  
Director: Arq. Xavier E. Burneo Valdivieso

Fecha: abril 2016 Escala: Indicada

9 / 14



**Corte A-A' (programa 3)**  
E: 1:100

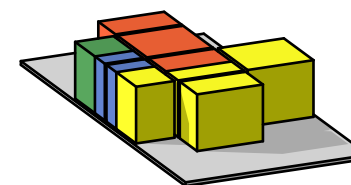


**Corte B-B' (programa 3)**  
E: 1:100

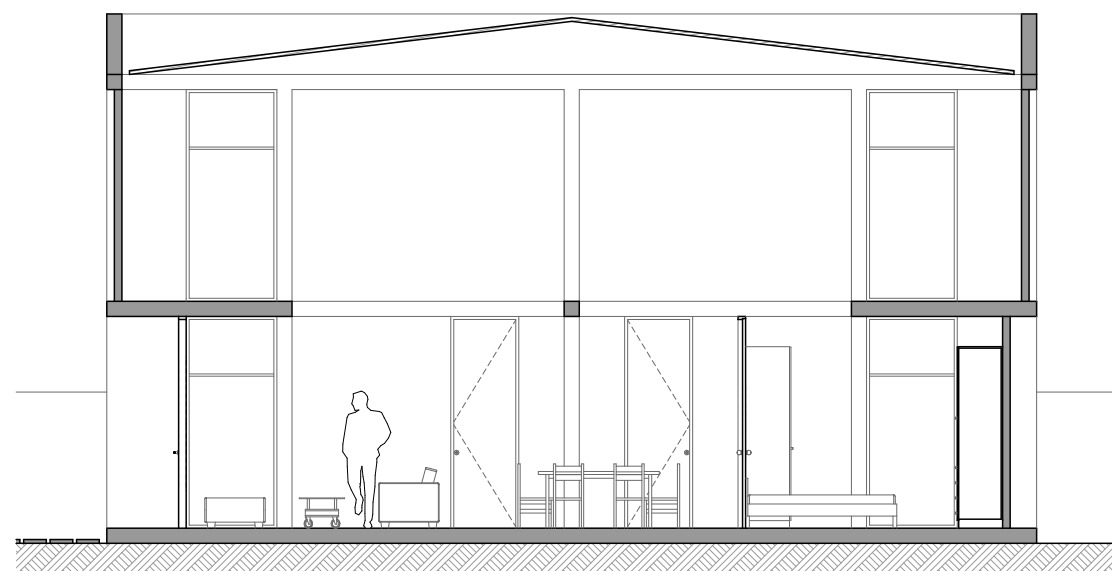
**Programa 3:**  
Familia en expansión.



Padre  
Madre  
2 niños



**Corte A-A' (programa 4)**  
E: 1:100

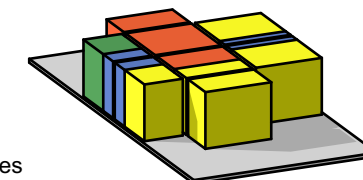


**Corte B-B' (programa 4)**  
E: 1:100

**Programa 4:**  
Familia consolidada.



Padre  
Madre  
2 adolescentes



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
TITULACIÓN DE ARQUITECTURA

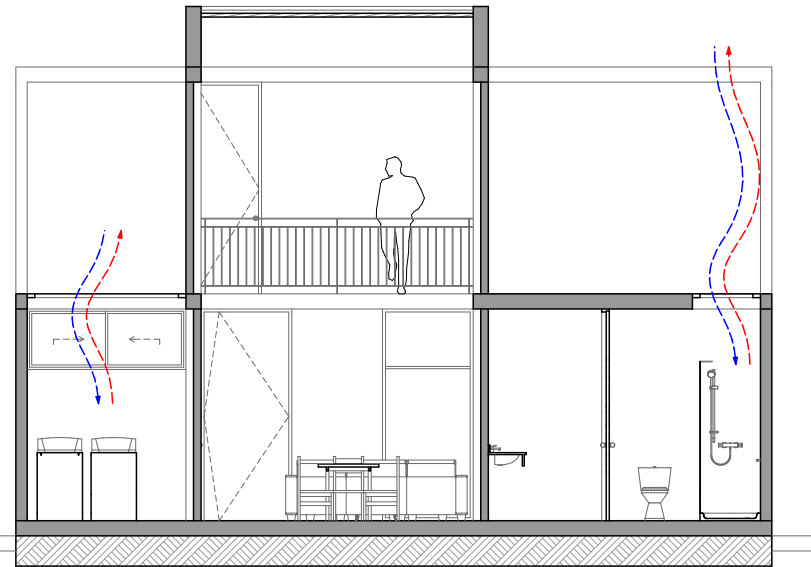
TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE  
ARQUITECTO

"Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo  
basado en gramáticas formales"

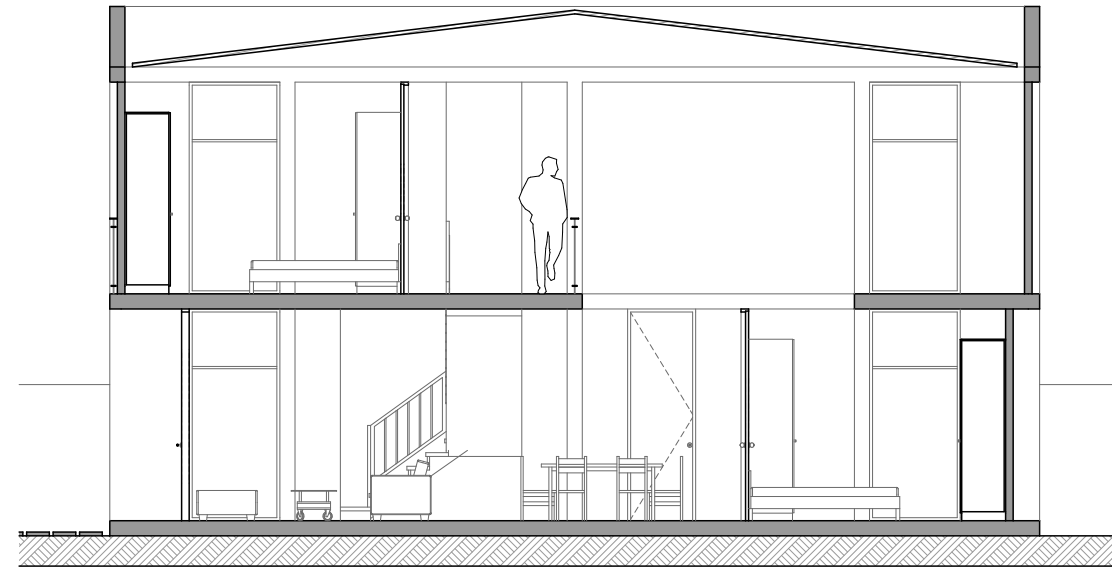
Alumno: Marco David Piedra Rojas  
Director: Arq. Xavier E. Burneo Valdivieso

Fecha: abril 2016 Escala: Indicada

**10/14**



**Corte A-A' (programa 5)**  
E: 1:100

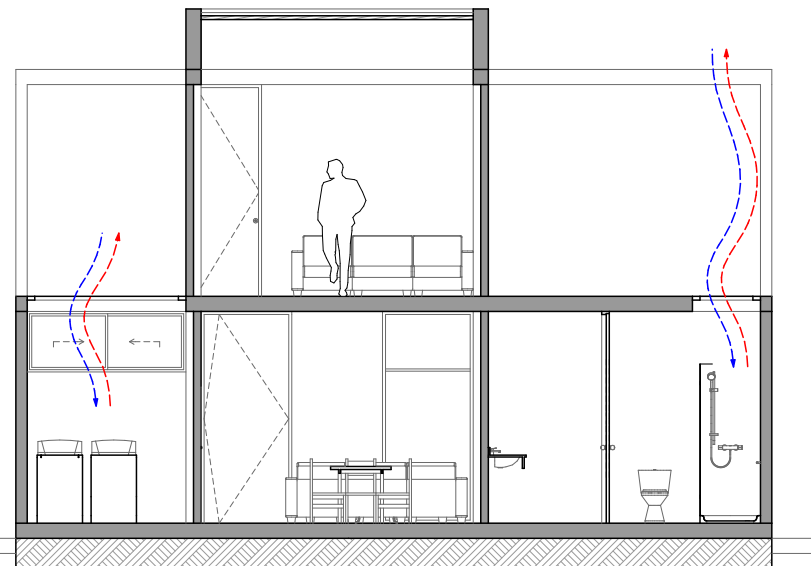
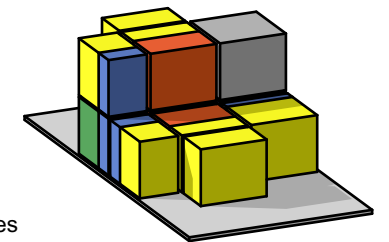


**Corte B-B' (programa 5)**  
E: 1:100

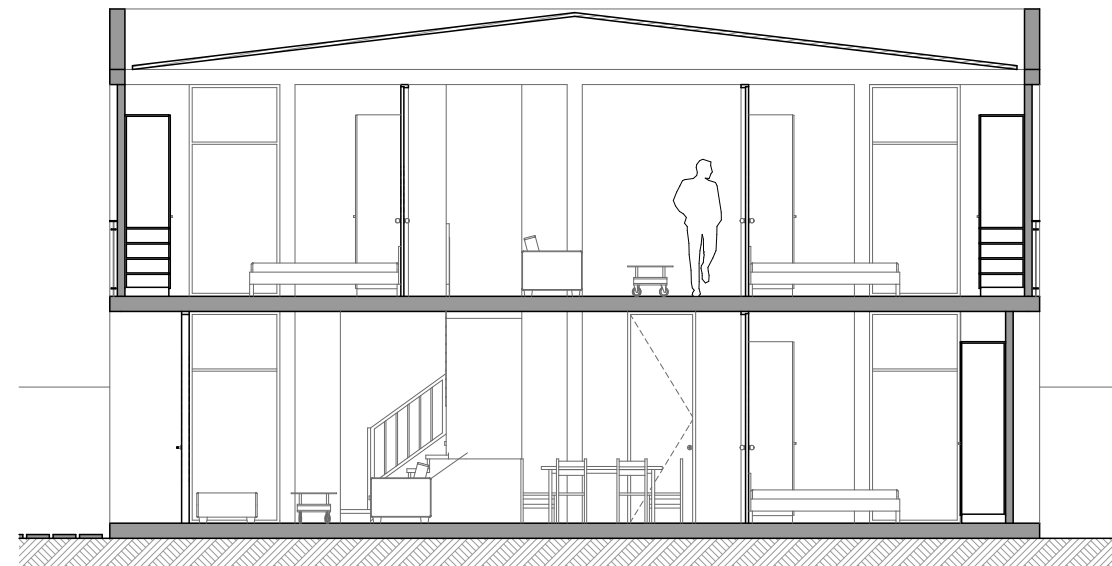
**Programa 5:**  
Familia adulta 1.



Padre  
Madre  
2 jóvenes



**Corte A-A' (programa 6)**  
E: 1:100

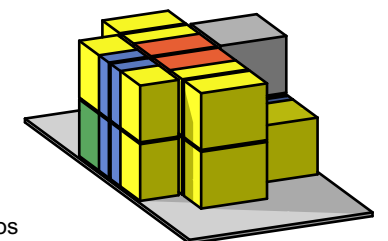


**Corte B-B' (programa 6)**  
E: 1:100

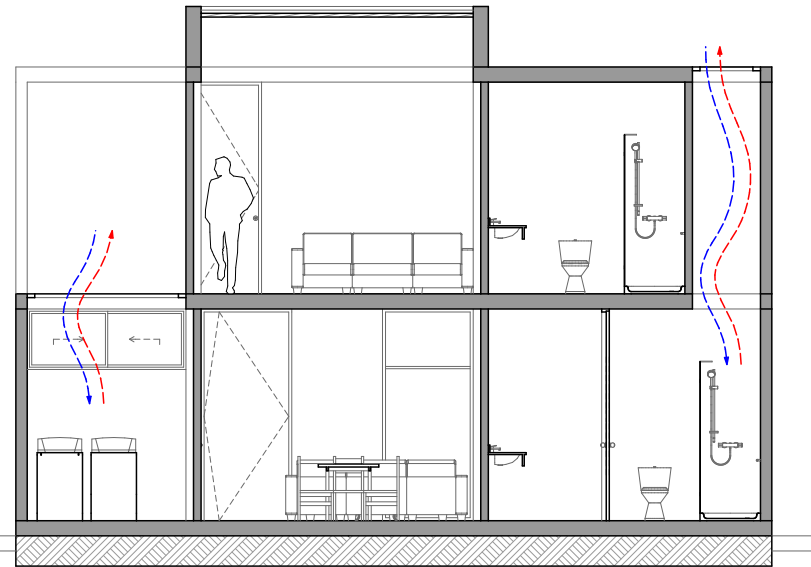
**Programa 6:**  
Familia adulta 2.



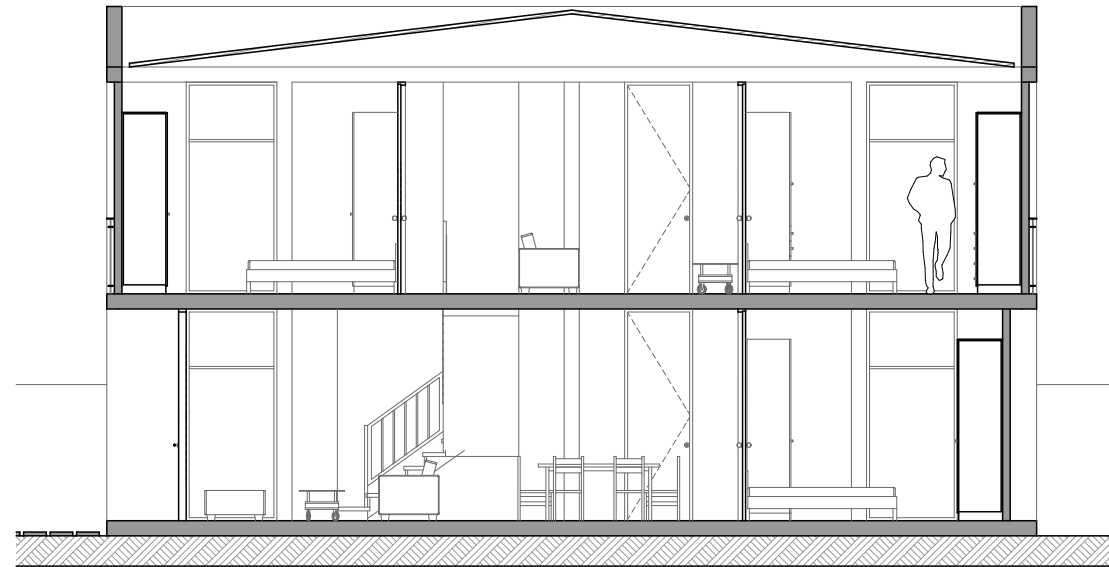
Padre  
Madre  
2 h. adultos



|                                                                                   |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b><br>TITULACIÓN DE ARQUITECTURA       |                  |
| TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE ARQUITECTO                               |                  |
| "Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo basado en gramáticas formales" |                  |
| Alumno: Marco David Piedra Rojas                                                  | 11/14            |
| Director: Arq. Xavier E. Burneo Valdivieso                                        |                  |
| Fecha: abril 2016                                                                 | Escala: Indicada |



**Corte A-A' (programa 7)**  
E: 1:100

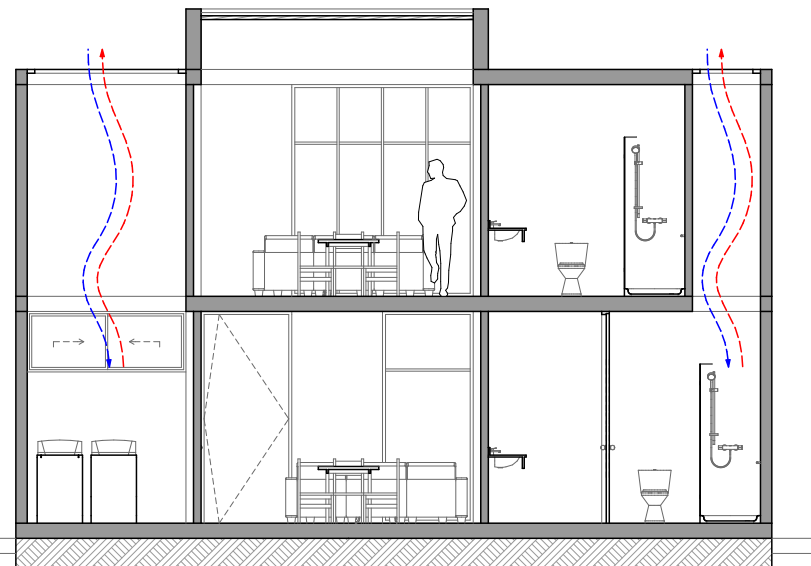
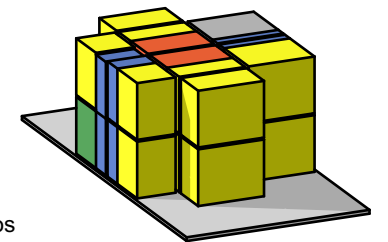


**Corte B-B' (programa 7)**  
E: 1:100

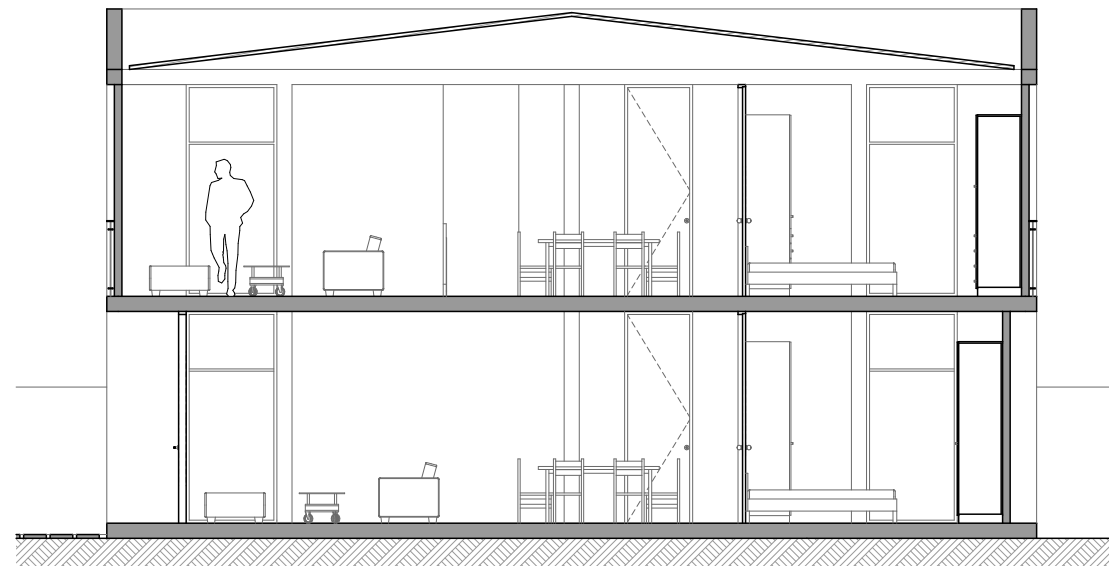
**Programa 7:**  
Familia adulta 3.



Padre  
Madre  
2 h. adultos

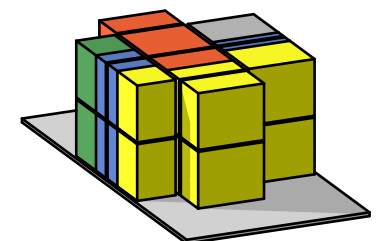


**Corte A-A' (programa 8)**  
E: 1:100



**Corte B-B' (programa 8)**  
E: 1:100

**Programa 8:**  
2 Familias.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
TITULACIÓN DE ARQUITECTURA

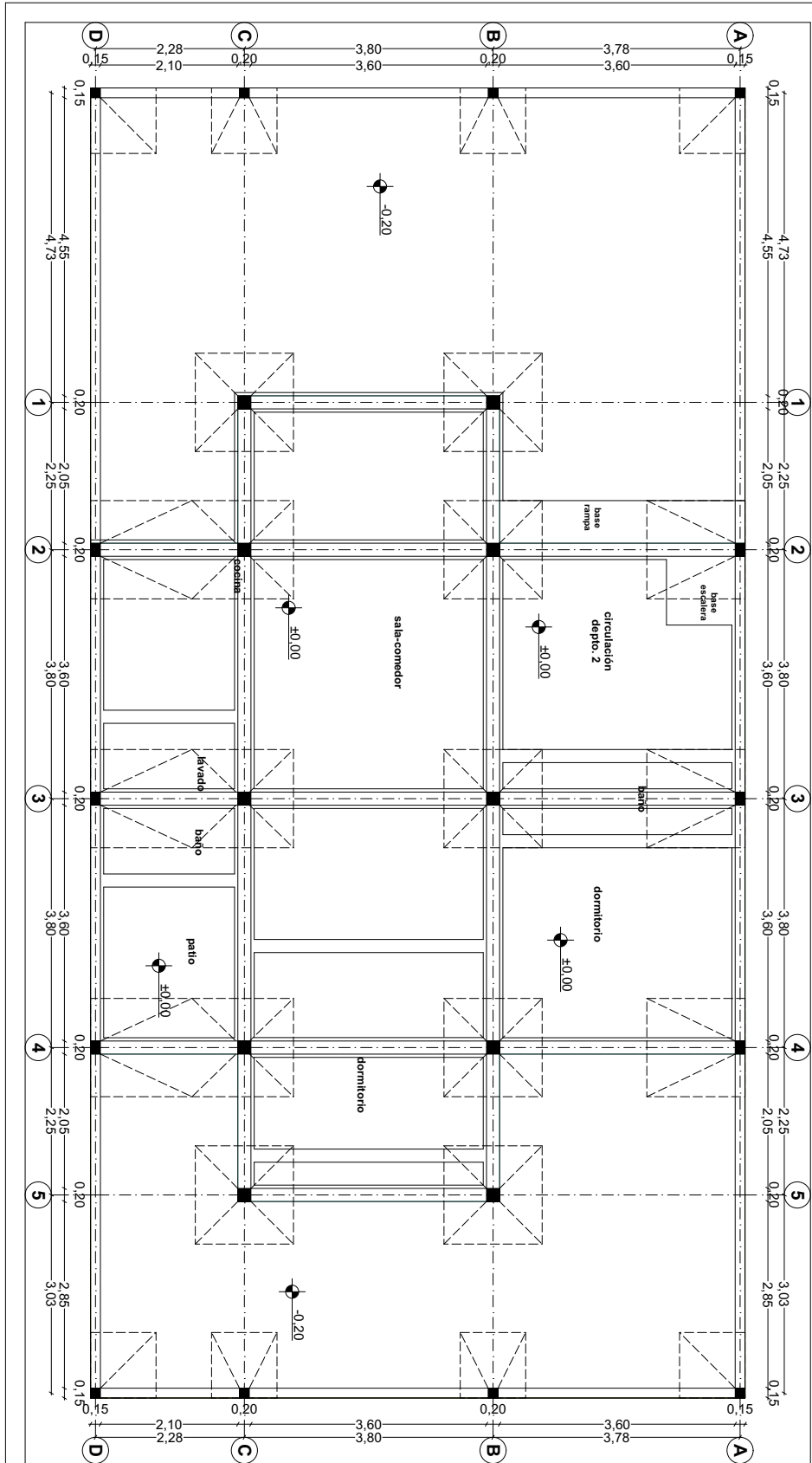
TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE  
ARQUITECTO

"Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo  
basado en gramáticas formales"

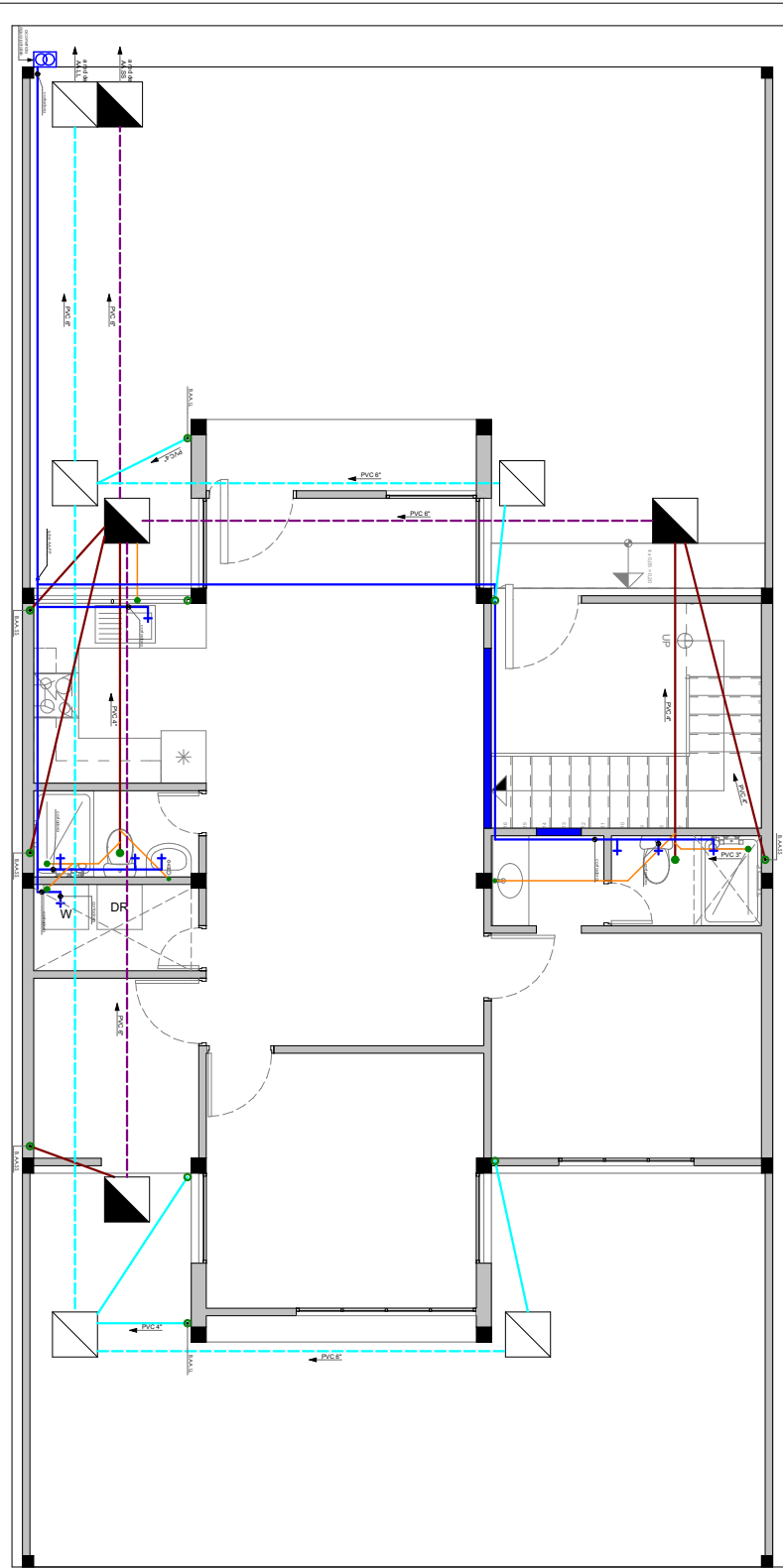
Alumno: Marco David Piedra Rojas  
Director: Arq. Xavier E. Burneo Valdivieso

Fecha: abril 2016 Escala: Indicada

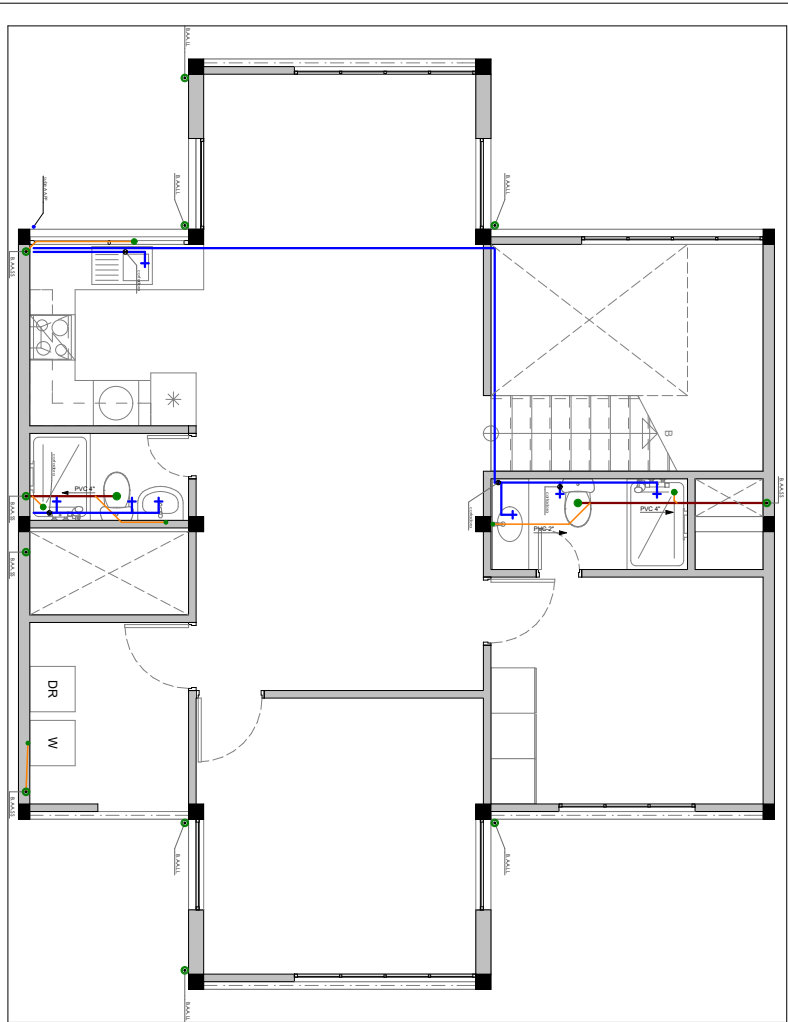
**12/14**



**Planta de cimentación**  
E: 1:100



**Planta baja (instalaciones hidrosanitarias)**  
E: 1:100



**Planta alta (instalaciones hidrosanitarias)**  
E: 1:100

| SIMBOLOGÍA instalaciones hidro-sanitarias |                            |  |                                   |
|-------------------------------------------|----------------------------|--|-----------------------------------|
|                                           | Bajante de aguas servidas  |  | Punto de desagüe (aguas servidas) |
|                                           | Bajante de agua lluvias    |  | Medidor municipal                 |
|                                           | Coladera / rejilla de piso |  | Cortadora                         |
|                                           | Red de aguas servidas      |  | Columnas de agua (F) y (C)        |
|                                           | Tubería de aguas servidas  |  | Puntos de agua                    |
|                                           | Red de aguas lluvias       |  | Caja de revisión aguas servidas   |
|                                           | Tubería de aguas lluvias   |  | Caja de revisión aguas lluvias    |
|                                           | Red agua potable (F)       |  |                                   |
|                                           | Red agua potable (C)       |  |                                   |
|                                           | Calefón                    |  |                                   |

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
TITULACIÓN DE ARQUITECTURA

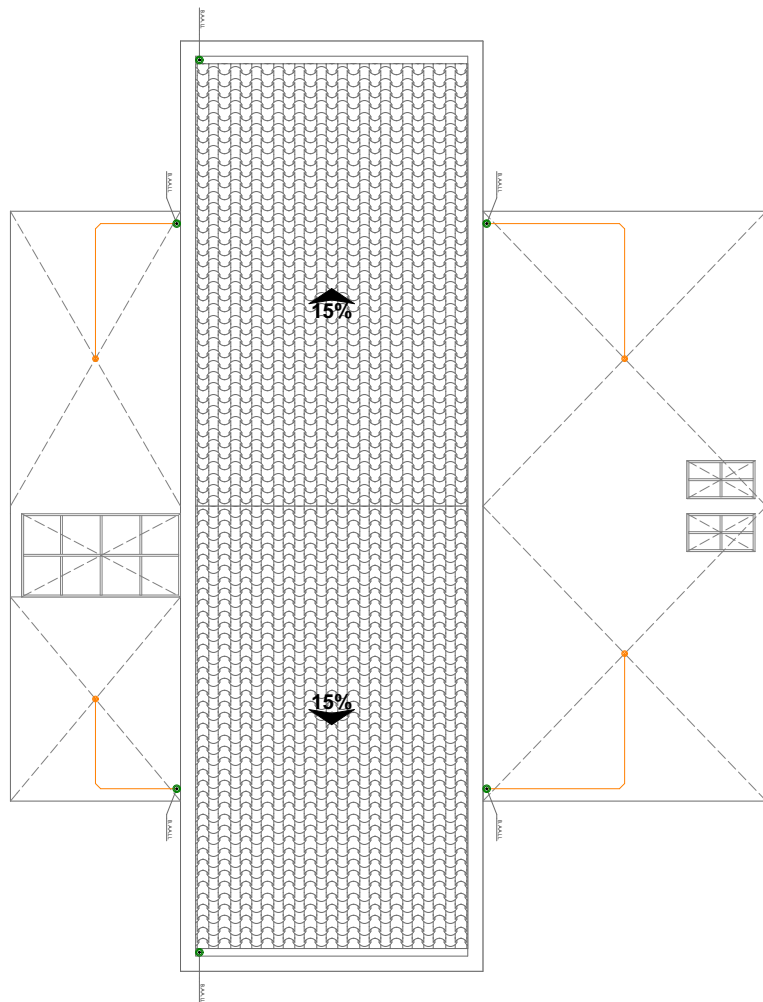
TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE ARQUITECTO

"Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo basado en gramáticas formales"

Alumno: Marco David Piedra Rojas

Director: Arq. Xavier E. Burneo Valdivieso

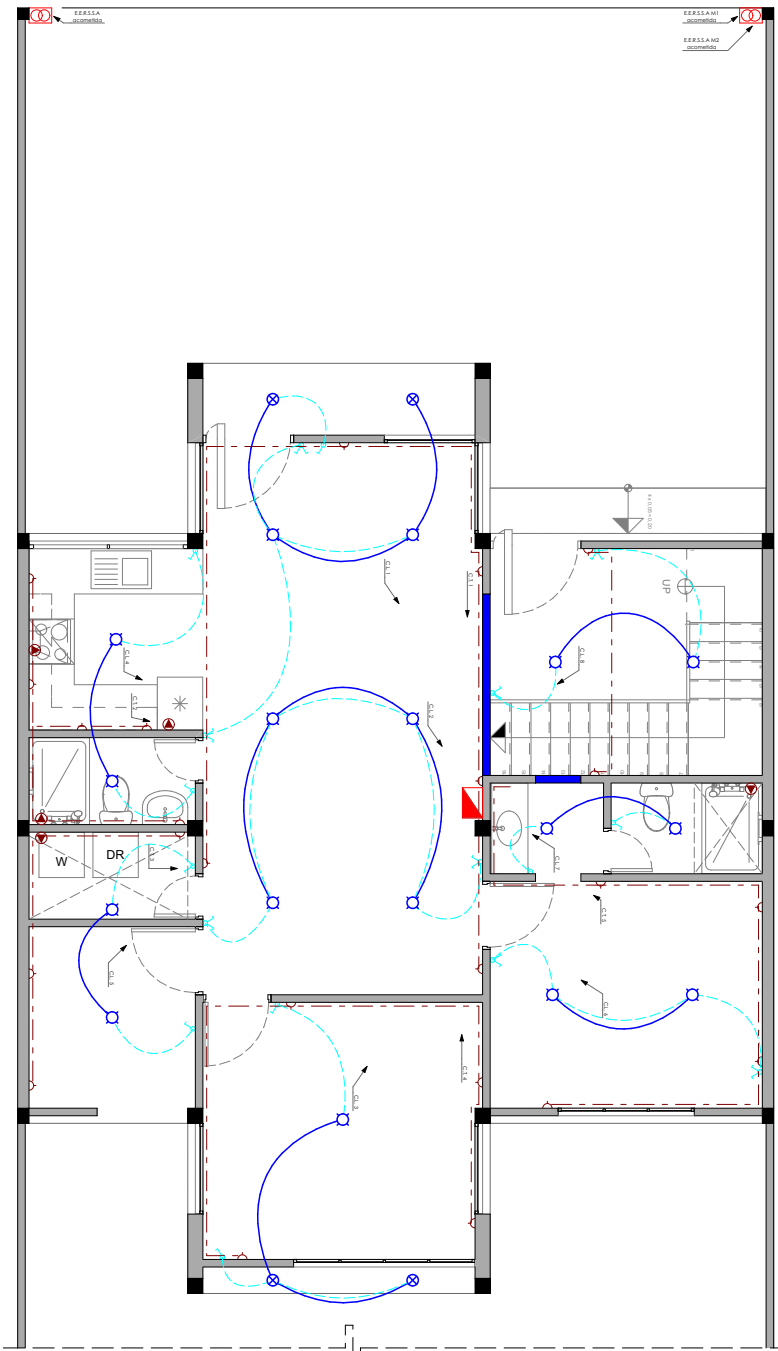
Fecha: abril 2016 Escala: Indicada



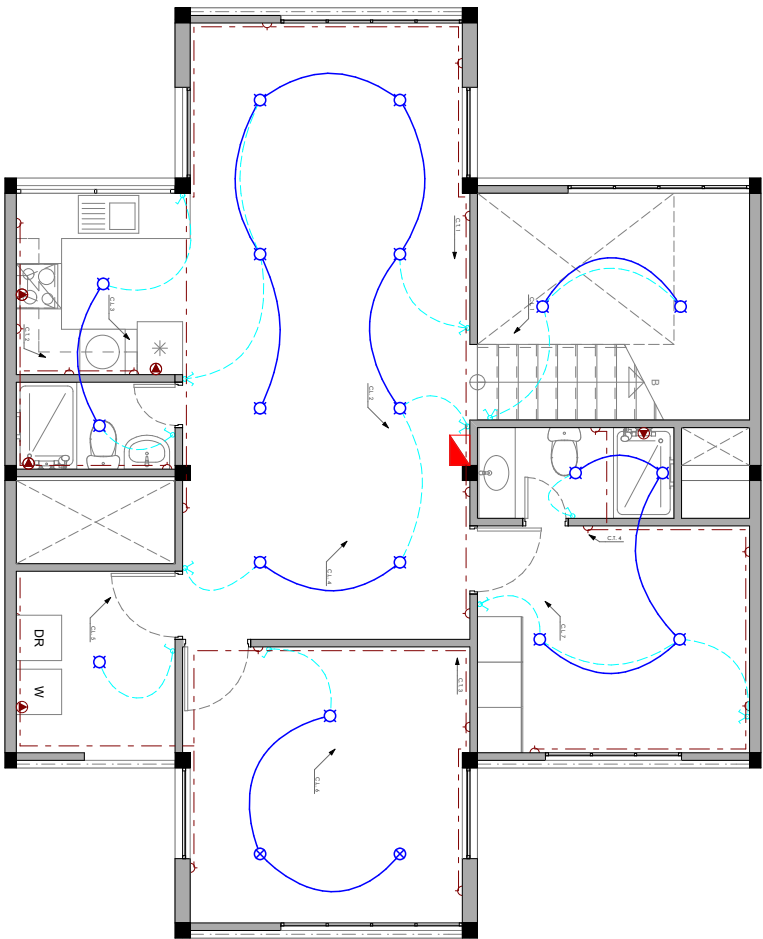
**Planta de cubierta (instalaciones hidrosanitarias)**  
E: 1:100

| SIMBOLOGÍA <i>instalaciones hidro-sanitarias</i>                                    |                            |                                                                                     |                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|  | Bajante de aguas servidas  |  | Punto de desagüe (aguas servidas) |
|  | Bajante de agua lluvias    |  | Medidor municipal                 |
|  | Coladera / rejilla de piso |  | Cortadora                         |
|  | Red de aguas servidas      |  | Columnas de agua (F) y (C)        |
|  | Tubería de aguas servidas  |  | Puntos de agua                    |
|  | Red de aguas lluvias       |  | Caja de revisión aguas servidas   |
|  | Tubería de aguas lluvias   |                                                                                     | Caja de revisión aguas lluvias    |
|  | Red agua potable (F)       |  |                                   |
|  | Red agua potable (C)       |                                                                                     |                                   |
|  | Calefón                    |                                                                                     |                                   |

| SIMBOLOGÍA <i>instalaciones eléctricas</i>                                          |                              |                                                                                     |                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|  | Red luminarias #12 A.W.G.    |  | Medidor EERSSA                   |
|  | Línea encendido #14 A.W.G.   |  | Luminaria: incandescente         |
|  | Conmutador                   |  | Luminaria: dicroico              |
|  | Interruptor                  |  | Tomacorriente polarizado)        |
|  | Interruptor doble            |  | Toma especial                    |
|  | Tablero/ distribución Gen.   |  | Red de tomacorrientes #10 A.W.G. |
|  | Tablero/ distribución Sec.   |  | Calentador de Agua               |
|  | Punto de Televisión          |  | Punto de Telefono                |
|  | Intercomunicador/portero El. |                                                                                     |                                  |



**Planta baja (instalaciones eléctricas)**  
E: 1:100



**Planta baja (instalaciones eléctricas)**  
E: 1:100

diagrama unifilar  
medidor 2

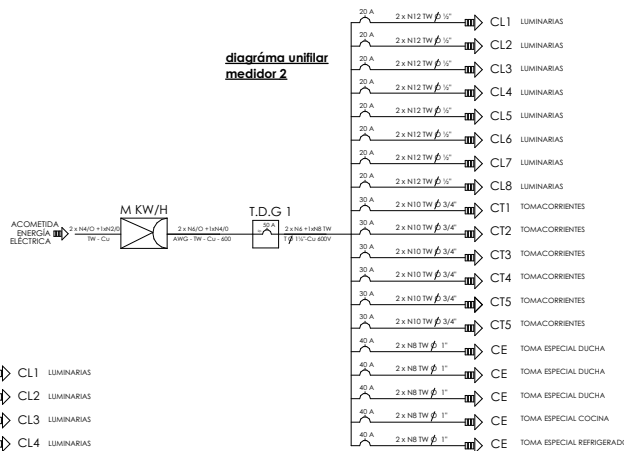
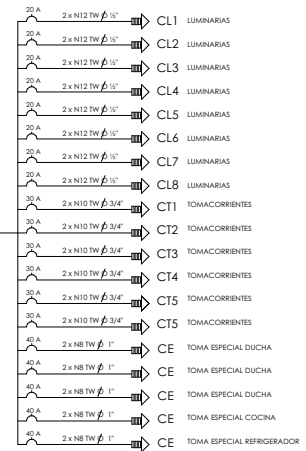


diagrama unifilar  
medidor 1



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
TITULACIÓN DE ARQUITECTURA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE ARQUITECTO

"Vivienda modular: Prototipo de sistema progresivo basado en gramáticas formales"

Alumno: Marco David Piedra Rojas  
Director: Arq. Xavier E. Burneo Valdivieso

Fecha: abril 2016 Escala: Indicada

14/14



#### 4.6.6. Análisis cualitativo del prototipo.

El presente análisis cualitativo será desarrollado en función del trabajo investigativo previa ejecutado por el Arq. Juan Monjo Carrió, quien lo desarrolla como

*“un método para evaluar funcional, técnica y económicamente un sistema constructivo en una determinada situación geográfica y económica, donde; una vez definido un sistema constructivo analiza, primeramente, cuáles son las exigencias funcionales, tecnológicas y económicas que se pueden plantear a cualquier sistema, y propone una especie de tablas y gráficos donde se recopila respuesta acerca de un determinado sistema constructivo, de modo que se puedan medir y evaluar en cualquier caso”* Monjo Carrió, (1986).

Para este proceso de evaluación se hace necesario identificar antes que nada el sistema constructivo empleado en nuestro proyecto, este sistema se detalla con las siguientes características técnicas:

**Estructura:** reticular de columnas y vigas metálicas ensambladas in situ, sobre cimentación de zapatas de hormigón armado.

**Forjado (losas):** hormigón armado en planchas preformadas hechas de acero estructural con protección galvánica (placa colaborante) anclada sobre entramado de vigas metálicas.

**Fachadas:** exterior de ladrillo cerámico visto, revocado interiormente con mortero 1:3.

**Ventanas:** carpintería de aluminio color negro anclado en mampostería, con vidrio transparente natural, 6mm.

**Tabiquería de cerramiento:** bloque de hormigón alivianado (pómez) de 40\*20\*15cm.

**Tabiquería fija interna:** bloque de hormigón alivianado (pómez) de 40\*20\*10cm. (baños, cocina, y lavado)

**Cubierta:** planchas de galvalume sobre estructura de perfiles de acero, con canales recolectores plásticos, y lámina asfáltica impermeabilizante.

**Divisiones interiores:** contrachapado de gypsum, con estructura interna de aluminio.

**Cielos rasos:** gypsum anclado en estructura de aluminio más empastado.

**Fontanería:** tubería de PVC roscable. Equipos sanitarios básicos.

**Saneamiento:** desagües y bajantes de PVC colocados en tabiquería fija interna.

**Electricidad:** cableado a través de tubería metálica.

Una vez determinado el sistema constructivo, se hace necesario hacer el análisis de las **condicionantes funcionales** de la vivienda (ver tabla 7, pág. 94), análisis que determina la incidencia de factores externos sobre la edificación (integridad y seguridad), la incidencia que tiene el hombre sobre el elemento construido (se refiere a utilidad), y por ultimo hace énfasis

a una análisis de aspectos de composición (belleza), todos y cada uno relacionados con el sistema constructivo elegido.

Tabla 7: Condicionantes funcionales

| CONDICIONANTES    |                              |                         | POSIBILIDAD |       |      | ADECUACION A LA SITUACION |       |      |                 |       |      |
|-------------------|------------------------------|-------------------------|-------------|-------|------|---------------------------|-------|------|-----------------|-------|------|
|                   |                              |                         |             |       |      | GEOGRAFICO-CLIMATIC       |       |      | SOCIO-ECONOMICA |       |      |
|                   |                              |                         | ALTA        | MEDIA | BAJA | ALTA                      | MEDIA | BAJA | ALTA            | MEDIA | BAJA |
| INTEGRIDAD ANTE   | ACCIONES MECANICAS           |                         | •           |       |      | •                         |       |      | •               |       |      |
|                   | ACCIONES CLIMATICAS          | AGUA                    |             | •     |      |                           | •     |      |                 | •     |      |
|                   |                              | SOL                     |             | •     |      |                           | •     |      |                 | •     |      |
|                   |                              | VIENTO                  | •           |       |      | •                         |       |      | •               |       |      |
|                   | ANIMALES Y PLANTAS           |                         | •           |       |      | •                         |       |      | •               |       |      |
| SEGURIDAD ANTE    | ACCIONES DIRECTAS DEL HOMBRE |                         |             | •     |      |                           | •     |      |                 | •     |      |
|                   | ACCIONES INDIRECTAS          | CONTAMINACION           | •           |       |      | •                         |       |      |                 | •     |      |
|                   |                              | FUEGO                   |             | •     |      |                           | •     |      |                 | •     |      |
| ADECUACION        | DE USO                       |                         | •           |       |      | •                         |       |      | •               |       |      |
|                   | CONSTRUCTIVA                 | CONSTRUCCION PROGRESIVA | •           |       |      | •                         |       |      | •               |       |      |
|                   |                              | AUTOCONSTRUCCION        |             | •     |      |                           | •     |      |                 | •     |      |
| CONTROL AMBIENTAL | HIGROTHERMICO                |                         |             | •     |      |                           | •     |      |                 | •     |      |
|                   | HIGIENICO                    |                         | •           |       |      | •                         |       |      | •               |       |      |
|                   | ACUSTICO                     |                         |             | •     |      |                           | •     |      |                 | •     |      |
|                   | VISUAL                       |                         | •           |       |      | •                         |       |      | •               |       |      |
| COMPOSICION       | GEOMETRICO                   |                         | •           |       |      | •                         |       |      | •               |       |      |
|                   | COLOR                        |                         |             | •     |      |                           | •     |      |                 | •     |      |

Fuente: Monjo Carrió, J. (1986). PROPUESTA DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

En conclusión y hecho una vez el análisis podemos verificar que su integridad ante **acciones mecánicas** es alta puesto que la estructura metálica tiene una mayor flexibilidad y ductilidad que el sistema tradicional de hormigón armado, haciendo una análisis de mampostería podemos clasificarlo de igual manera alto, puesto que los únicos espacios designados con mampostería fija son servicios, y paredes de cerramiento; así también su integridad ante **agentes climáticos** es relativamente alta debido a que es un sistema que debe cumplir ciertos estándares de calidad en cuanto a estructura nos referimos, la calificación sin embargo disminuye un tanto puesto que tanto el ladrillo y bloque son altamente porosos y por ello capaces de absorber mayor cantidad de humedad, la seguridad por otro lado a **acciones**



**relacionadas directamente con el hombre** no es parcialmente media considerando la cantidad de paños de vidrio que son área frágiles y susceptibles a daños, sin embargo en cuanto a seguridad frente a **acciones indirectas**, podemos verificar que los valores para seguridad ante contaminación son bajos puesto la construcción en seco garantiza de alguna manera la integridad física del sistema, sin embargo ante fuego la seguridad disminuye puesto que la estructura metálica al quedar expuesta puede presentar un grado mayor de deterioro así como los materiales de los que se componen las divisiones internas.

Por otro lado los datos correspondientes a **adecuación** se mantienen altos debido a que se ha programado cada espacio con la finalidad de admitir diferentes usos (aquellos que no son fijos), y al igual que se ve favorecido el parámetro de **progresividad y autoconstrucción**, debido a que está planificada desde un inicio para crecer y sus sistemas no requieren necesariamente de mano de obra especializada.

Continuando el orden del análisis verificamos que el **control ambiental** se ve favorecido de cierta manera por los vanos en cuanto a iluminación y ventilación de espacios internos, así también vemos una baja en cuanto al aspecto higrotérmico considerando el calentamiento del metal en losas y cubiertas que pueden repercutir en los espacios en época calurosas y en cuanto a acústica propiamente dicho el mismo hecho de hacer uso de divisiones livianas hace mucho más fácil la audición de espacio a espacio y por tanto de ruido externo.

A continuación se desarrolla un análisis de los **condicionantes constructivos** (ver tabla 8), donde es esencial considerar la posibilidad de adquirir ciertos materiales así como la aceptación en el mercado y el control de calidad del mismo, todo con la finalidad de poder establecer una continuidad o no del sistema elegido.

Tabla 8: Condicionantes constructivos

| CONDICIONANTE | POSIBILIDAD |       |      | ACEPTACION |       |      | CONTROL DE CALIDAD |       |      | CONTINUIDAD |       |      |
|---------------|-------------|-------|------|------------|-------|------|--------------------|-------|------|-------------|-------|------|
|               | ALTA        | MEDIA | BAJA | ALTA       | MEDIA | BAJA | ALTA               | MEDIA | BAJA | ALTA        | MEDIA | BAJA |
| MATERIAL      | •           |       |      |            | •     |      | •                  |       |      | •           |       |      |
| FABRICACION   | •           |       |      | •          |       |      | •                  |       |      | •           |       |      |
| TRANSPORTE    | •           |       |      | •          |       |      | •                  |       |      | •           |       |      |
| MONTAJE       | •           |       |      | •          |       |      |                    | •     |      | •           |       |      |
| MANTENIMIENTO | •           |       |      | •          |       |      |                    | •     |      | •           |       |      |

Fuente: Monjo Carrió, J. (1986). PROPUESTA DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

En cuanto a **materiales** se refiere, podemos establecer su calificación alta para la posibilidad de uso considerando su existencia en el mercado, sin embargo su nivel de aceptación es menor considerando la tradición de construcción a base del hormigón armado, y por otro lado su control de calidad es alto puesto que son materiales que para entrar al mercado deben

cumplir ciertos estándares de calidad. En cuanto a su **fabricación** debemos considerar que los procesos se desarrollan en el país por cuanto el stock se mantiene y su calificación es alta en todos los casos; lo mismo sucede con el **transporte** que no es un parámetro tan difícil de calificar considerando la proximidad de locaciones; por otro lado **montaje y mantenimiento** se sostienen en término medio en cuestiones de control de calidad considerando que la mano de obra muchas de las veces suele ser de experiencia adquirida por empirismo y no certificada en la mayoría de los casos, por lo cual mantenemos una continuidad positiva (alta) para todos los casos.

El análisis que haremos a continuación está basado sencillamente en la consideración de que un sistema constructivo (en este caso mixto) se encuentra compuesto por una serie de subsistemas que lo componen, mismos que pueden ser incorporados en obra o en un taller determinado para su posterior ubicación dentro del proyecto (ver tabla 9).

Tabla 9: Análisis de subsistemas

| SUBSISTEMAS         |              | INCORPORADO EN TALLER |       | INCORPORADO EN OBRA |       |
|---------------------|--------------|-----------------------|-------|---------------------|-------|
|                     |              | PROPIO                | AJENO | PROPIO              | AJENO |
| ESTRUCTURA          | CIMENTACION  |                       |       | •                   |       |
|                     | VERTICAL     |                       | •     |                     | •     |
|                     | HORIZONTAL   |                       | •     |                     | •     |
| CERRAMIENTOS        | FACHADAS     |                       |       | •                   |       |
|                     | CUBIERTA     |                       | •     |                     | •     |
|                     | TABIQUERIA   |                       |       | •                   |       |
|                     | VENTANAS     |                       | •     |                     | •     |
|                     | PUERTAS      |                       | •     |                     | •     |
| ACABADOS INTERIORES | SUELOS       |                       |       |                     | •     |
|                     | PAREDES      |                       |       | •                   |       |
|                     | TECHOS       |                       | •     |                     | •     |
| INSTALACIONES       | FONTANERIA   |                       |       | •                   |       |
|                     | SANEAMIENTO  |                       |       | •                   |       |
|                     | ELECTRICIDAD |                       |       | •                   |       |

Fuente: Monjo Carrió, J. (1986). PROPUESTA DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Este cuadro por lo tanto hace referencia en cierto modo a la pertenencia de un sistema, este puede ser ajeno o propio de la obra, en la mayoría de los casos para nuestro sistema podemos verificar una incorporación en taller considerando la estructura que puede ser cortada en taller y luego simplemente ensamblada en la obra, lo mismo sucede con carpintería de ventanas y puertas.

Finalmente corresponde hacer análisis de los condicionantes económicos, mismo que se ven reflejados por la planificación previa, el poder adquisitivo de ciertos factores, así como el

nivel industrial en el sector y por último el nivel de exigencia que está relacionado directamente con el usuario del sistema.

Tabla 10: Condicionantes económicos

| FACTORES ECONOMICOS<br>BASICOS |                | ADECUACION A CIRCUNSTANCIAS ECONOMICAS LOCALES |       |      |                                      |       |      |                                         |       |      |                                    |       |      |
|--------------------------------|----------------|------------------------------------------------|-------|------|--------------------------------------|-------|------|-----------------------------------------|-------|------|------------------------------------|-------|------|
|                                |                | POLITICO –ECONOM.<br>(PLANIFICACION)           |       |      | SOCIO–ECONOM.<br>(PODER ADQUISITIVO) |       |      | POLITICO –ECONOM.<br>(NIVEL INDUSTRIAL) |       |      | CULTURALES<br>(NIVEL DE EXIGENCIA) |       |      |
|                                |                | ALTA                                           | MEDIA | BAJA | ALTA                                 | MEDIA | BAJA | ALTA                                    | MEDIA | BAJA | ALTA                               | MEDIA | BAJA |
| COSTE                          | MATERIAL       |                                                | •     |      |                                      | •     |      |                                         | •     |      |                                    | •     |      |
|                                | TRANSPORTE     |                                                | •     |      |                                      | •     |      |                                         | •     |      | •                                  |       |      |
|                                | MANO DE OBRA   |                                                | •     |      | •                                    |       |      | •                                       |       |      | •                                  |       |      |
| TIEMPO                         | DE FABRICACION | •                                              |       |      | •                                    |       |      | •                                       |       |      | •                                  |       |      |
|                                | DE EJECUCION   | •                                              |       |      | •                                    |       |      | •                                       |       |      | •                                  |       |      |
| CALIDAD                        | FUNCIONAL      | •                                              |       |      | •                                    |       |      | •                                       |       |      | •                                  |       |      |
|                                | MATERIAL       | •                                              |       |      | •                                    |       |      | •                                       |       |      | •                                  |       |      |

Fuente: Monjo Carrió, J. (1986). PROPUESTA DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

La deducción obtenida una vez desarrollado el análisis de los condicionantes económicos podemos concluir que su nivel de adecuación al medio realmente se mantiene en un rango entre medio-alto a pesar de ser el segundo sistema por preferir en el entorno, su aceptación de tal manera no es indiferente a los usuarios que poco a poco van sumándose a este sistema. Se considera además un muy importante hecho que es el de implementarlo como un sistema de construcción que disminuye los rangos de tiempo de construcción y por ende agiliza la obtención de un producto terminado, sin embargo hay que hacer hincapié en el aspecto de la construcción interna que en un punto puede ser de difícil aceptación por parte de algunos usuarios por hechos de tradición que no suelen ser fáciles de abandonar, sistemas tradicionales que con el paso del tiempo deben ser reemplazados por sistemas de construcción en seco que en si agilitan la construcción y permiten al usuario hacer modificaciones con mayor facilidad.

## CONCLUSIONES

A manera de corolario en este trabajo de investigación, hemos de dedicar los siguientes dos apartados a las conclusiones y recomendaciones obtenidas a lo largo del trabajo en este proyecto; esto además, servirá para mostrar los beneficios y la posibilidad de dar continuidad al presente proyecto.

El propósito de esta investigación es la obtención de un sistema progresivo modular, basado en la teoría de las gramáticas formales, que proporciona el fundamento metodológico para el diseño de una vivienda progresiva.

Bajo esta perspectiva de gramáticas formales se ha podido alcanzar los objetivos planteados en torno al tema de investigación; considerando en ello el análisis teórico de: la vivienda, las formas de habitar, la modulación, la progresividad en la vivienda, y las gramáticas formales; además de la práctica de diseño empleada da con la finalidad de poder hacer una experimentación básica de la metodología que nos aporta las gramáticas formales. Por tanto:

El estudio y análisis de los procesos de diseño basados en gramáticas formales nos ha dado como resultado el seguimiento de una forma sistemática de diseñar a través de un conjunto de formas y una serie de reglas básicas para determinar de manera eficiente una modulación arquitectónica y por ende una volumetría derivada de la misma, determinando por lo tanto un conjunto de espacio útiles dentro de la vivienda diseñada, consiguiendo además establecerla como una metodología pedagógica de aprendizaje en la práctica escolar.

Por otra parte y en concordancia con la primera conclusión hemos podido determinar en cierta forma una línea de utilización de la vivienda, considerando el crecimiento de la familia y las formas de habitar localizadas en la actualidad, comprobando una serie de cambios biológicos (en cuestión de usuario) que derivan en cambios del espacio físico o entorno habitable, estableciendo por lo tanto un tipo de vivienda que acepte modificaciones físicas que se adapten a nuevos requerimientos de los usuario y no al contrario.

Por ultimo; y valiéndonos de sistemas computacionales tanto de representación como de diseño hemos determinado un modelo útil de vivienda obtenido a través de las gramáticas formales como sistemas base de diseño, especificando sus posibilidades de crecimiento, detallando cada uno de los procesos de evolución que esta va a enfrentar, y los sistemas constructivos empleados que han sido analizados y valorados funcional, técnica y económicamente, para tener una aproximación de su aceptación social, la cual podría sr muy positiva considerando que no emplea sistemas desconocidos.

## RECOMENDACIONES

Una vez concluido este trabajo de investigación, se considera necesario tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

Profundizar los estudios teóricos e instrumentales sobre gramáticas formales, y promover su aplicación como método de análisis en el desarrollo de proyectos de investigación y proyectos arquitectónicos de cualquier índole.

Como resultado del estudio y la verificación de la importancia de las gramáticas formales, se recomienda la implementación de esta teoría de diseño como metodología de aprendizaje de diseño en las aulas de la titulación de arquitectura, considerando que su aplicación permite al estudiante disponer de una mayor cantidad de opciones para proponer un partido arquitectónico y luego un proyecto arquitectónico definido en base a estos conceptos.

Los proyectos de vivienda (programas municipales, programa particulares de vivienda, programa de vivienda colectiva, etc.) son un escenario real en donde se puede aplicar el diseño de vivienda modular progresiva según las gramáticas formales, para ello se recomienda un estudio socioeconómico de los potenciales beneficiarios del programa, su capacidad de endeudamiento y accesibilidad a créditos, considerando la construcción por etapas que propone este diseño de vivienda.

En la ejecución de una vivienda modular progresiva se recomienda el uso de tecnologías no convencionales como construcción en seco, aplicación de domótica, sistemas de energía limpia, con el propósito de acelerar los procesos de construcción que se traducen en la disminución de costos y generar menos impacto ambiental.

Una vez establecidas las ocho configuraciones de progresividad para la vivienda, se hace necesario especificar que no necesariamente el proceso debe llevarse en el orden indicado; por lo tanto si un usuario encuentra útil empezar su proyecto desde el programa 4 puede hacerlo sin inconveniente, deberá aplicar el proyecto pertinente y el presupuesto total correspondiente al mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

### Libros:

- Araujo, I., Jiménez, I., & Garitaonaindía, J. R. (1996). *Proyecto y Vivienda*. Pamplona, España. EUNSA.
- Caporioni, Gerlatti, Tenca-Montini. (1971). *La Coordinación Modular*. Barcelona, España. Editorial Gustavo Gili.
- Habraken, J. (1979). *El diseño de soportes*. Barcelona. España. Gustavo Gili.
- Le Corbusier. (1979). *El Modulor*. Buenos Aires, Argentina. Editorial Poseidon.
- Morales, I., Llorente, M., Montaner, J. M., Ramón, A., & Oliveras, J. (2000). *Introducción a la Arquitectura*. Barcelona, España: Edicions UPC.
- Sarquis, J. (2011). *Arquitectura y Modos de Habitar*. Bogotá, Colombia: Nobuko S.A.
- Alonso Pereira, J. R. (2005). *Introducción a la historia de la arquitectura*. Barcelona. España. Reberté. S.A.

### Revistas:

- Celani, G., Cypriano, D., De Godoi, G., y V. Vaz. C. (2006). A gramática da forma como metodologia de análise e síntese em arquitetura. *Conexão-Comunicação e Cultura*. Caxias do Sul. Vol. 5. N° 10. 182-197. UCS. Recuperado de: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/conexao/article/viewFile/222/213>
- Morales Soler, E., Mallen. A., Moreno Cruz, E. (2012). La vivienda como proceso. Estrategias de flexibilidad. *Hábitat y Sociedad*. N° 4. 33-54 Recuperado de: <http://acdc.sav.us.es/habitatsociedad/images/stories/N04/N04A02%20La%20vivienda%20como%20proceso.pdf>
- Valenzuela, C. (2004). *Plantas transformables. La vivienda colectiva como objeto de intervención*. Santiago, Chile. *ARQ*. N° 58. 74-77. Recuperado de: <http://www.scielo.cl/pdf/arq/n58/art22.pdf>
- Schneider, T., y Till J. (2005). THE OPPORTUNITIES OF FLEXIBLE HOUSING. *Theory, arq*. Vol. 9. N° 2. School of Architecture, University of Sheffield. Cambridge University Press. Recuperado de: <https://borg.hi.is/enhr2005iceland/ppr/Schneider-Till.pdf>
- Montaner, J.M, Muxí Martínez, Z. (2010). Reflexiones para proyectar viviendas del siglo XXI. Bogotá, Colombia. *Dearq*. N° 06. 82-99. Recuperado de: [http://dearq.uniandes.edu.co/sites/default/files/articles/attachments/dearq06\\_07\\_-\\_Montaner\\_-\\_Muxi.pdf](http://dearq.uniandes.edu.co/sites/default/files/articles/attachments/dearq06_07_-_Montaner_-_Muxi.pdf)
- Monjo Carrió, J. (1986). PROPUESTA DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS. España. *Informes de la Construcción*. Vol. 38. N 385. 5-29. Recuperado de: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>

### Artículos / Publicación:

- Etchegaray Heidrich, F., y Redondo Dominguez, E. (2011). *La identificación de una gramática formal a través del modelado digital*. XV CONGRESO SIGRADI 2011. Recuperado de: [http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2011\\_173.content.pdf](http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2011_173.content.pdf)
- Gelabert Abreu, D. y González Couret, D. (2013) *Vivienda progresiva y flexible Aprendiendo del repertorio*. Cuba. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/au/v34n1/au030113.pdf>
- Gelabert Abreu, D. y González Couret, D. (2013) *Progresividad y flexibilidad. Enfoques Teóricos*. Cuba. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/au/v34n1/au030113.pdf>
- Ruiz-Montiel, M., Boned, J., Gavilanes, J., Jiménez, E., Mandow, L., y Pérez de la Cruz, J. (2010). *Proyecto arquitectónico mediante gramáticas de formas sencillas y aprendizaje*. Universidad de Málaga. España. Recuperado de: <http://www.lcc.uma.es/~perez/ntidapa/caepia57.pdf>
- Stiny, G., y Gips, J. (1971). *Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture*. IFIP Congress 71. Recuperado de: <http://www.shapegrammar.org/ifip/SGIFIPSubmitted.pdf>
- McGill, Miranda C. (2005) *SHAPER 2D. An Interactive Shape Grammar Interpreter*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA. Recuperado de: [http://www.designmasala.com/miri/resume/docs/dcc04\\_paper.pdf](http://www.designmasala.com/miri/resume/docs/dcc04_paper.pdf)
- Tomas Trescak, M. E., Rodriguez, I. (2012). *SHAPE GRAMMAR INTERPRETER FOR RECTILINEAR FORMS*. The Artificial Intelligence Research Institute, Barcelona, Spain. España. Recuperado de: <http://www2.mech-eng.leeds.ac.uk/users/men6am/documents/Trescak-Esteva-Rodroquez.pdf>

### Tesis:

- De Freitas Pires, J. (2010). *Construção do vocabulário e repertório geométrico para o projeto de arquitetura*. Tesis inédita de maestría. Universidade Federal de Pelotas. R.S. Brasil. Recuperado de: [http://prograu.ufpel.edu.br/uploads/biblioteca/dissertacao\\_janice.pdf](http://prograu.ufpel.edu.br/uploads/biblioteca/dissertacao_janice.pdf)
- Guerrón Eras, G. R. (2014). *La modulación como sistema constructivo en la vivienda social*. Tesis inédita de licenciatura. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.
- Mena Altamirano, M. J. (2009). *EL DISEÑO MODULAR EN LA CONSTRUCCIÓN: Fundamentos Teóricos aplicados a la Vivienda*. Tesis inédita de licenciatura. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.

- Nafría Ramos, A. M. (2005). *El innatismo lingüístico de N. Chomsky y sus antecedentes históricos*. Tesis inédita de maestría. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. El Salvador. Recuperado de: <http://www.uca.edu.sv/filosofia/admin/files/1304975918.pdf>
- Reis Schreiner, F. (2009). *Gramática de formas e o mobiliário modular multifuncional: um estudo de caso*. Tesis inédita de maestría. Universidade Federal de Rio Grande do Sul. R.S. Brasil. Recuperado de: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/25890/000754918.pdf?sequence=1>
- Ugalde Serrano, D. E. (2014). *Anteproyecto arquitectónico de una vivienda social para la ciudad de Cuenca en base a un módulo que permita su crecimiento evolutivo. Aplicación de un sistema que responda de mejor manera al aspecto tecnológico y económico*. Tesis inédita de licenciatura. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.



## **ANEXOS**

## EJERCICIOS DE PRACTICA SHAPER 2D:

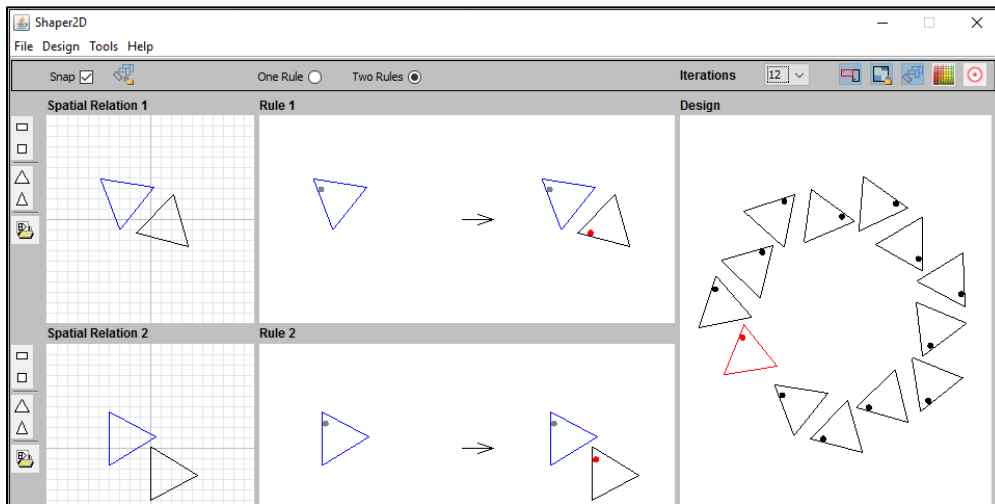


Figura 123: Ejercicio de práctica desarrollado en Shaper2D (dos reglas, dos formas iguales, 5 iteraciones)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

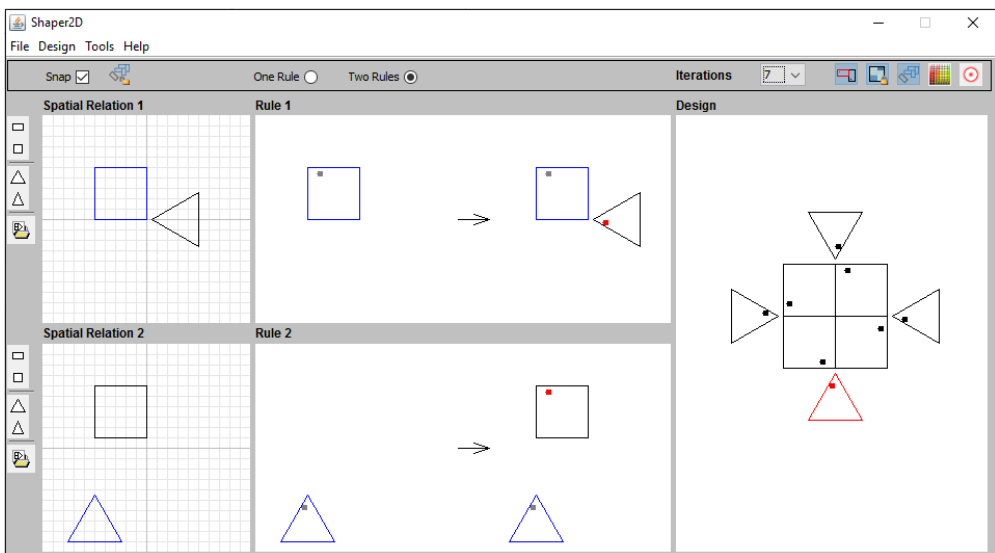


Figura 124: Ejercicio de práctica desarrollado en Shaper2D (dos reglas, dos formas distintas, 5 iteraciones)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

## EJERCICIOS DE PRACTICA SHAPE GRAMMAR INTERPRETER

El ejercicio a continuación aplica un rectángulo con una sola regla: sumar triángulos.

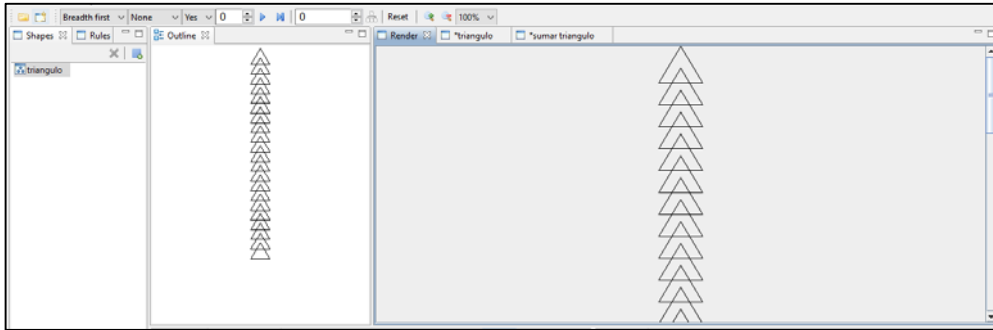


Figura 125: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGI. Resultado final (proceso de subforma)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

A continuación el mismo ejercicio aplica la identificación de subformas.

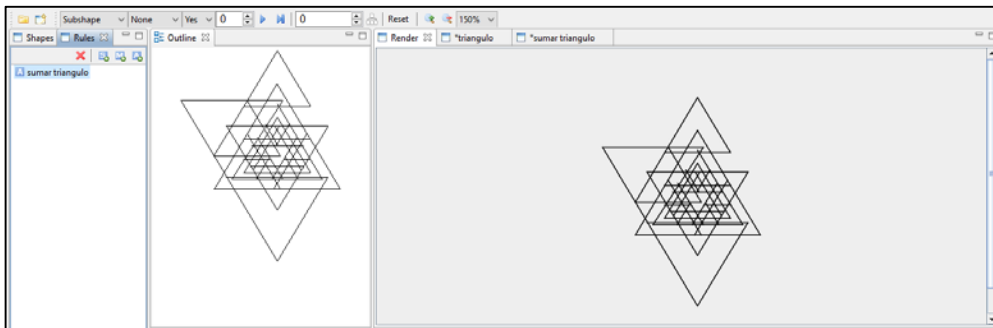


Figura 126: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGI. Resultado final (proceso de subforma)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

A continuación se muestra un ejercicio con dos formas: triángulo y un cuadrado, para el cual aplicaremos primero una regla de adición, luego una de sustitución y luego una as de adición.

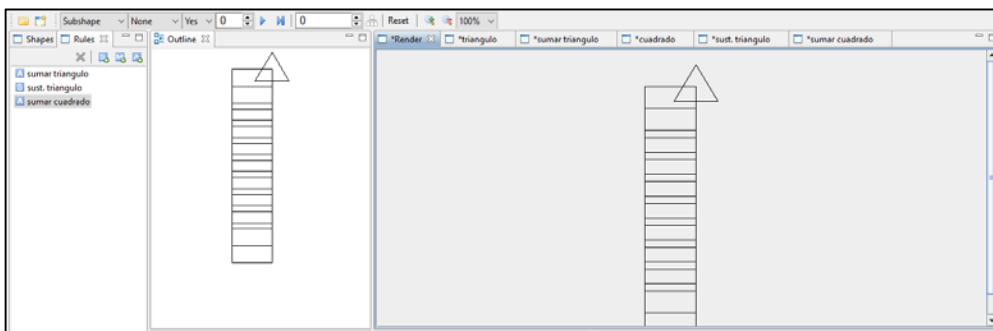


Figura 127: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGI. Resultado final (proceso de identificación de subforma)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

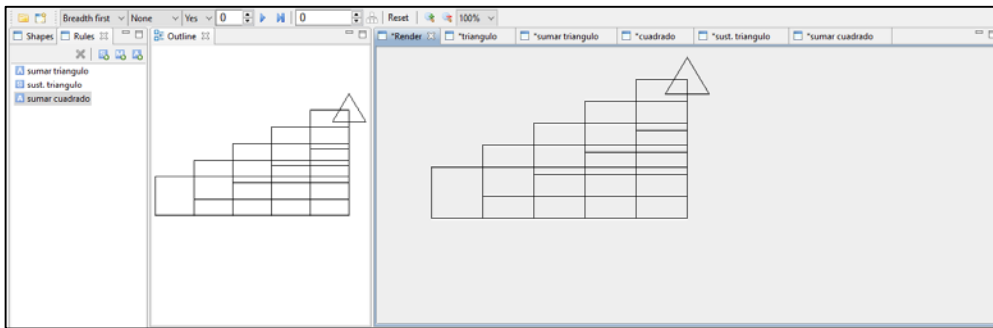


Figura 128: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGI. Resultado final (proceso de multiplicación)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

Otra de las propiedades que el programa permite, es la capacidad de escalar un objeto y aplicar iteraciones a la regla, tendiendo una variación en el resultado final renderizado.

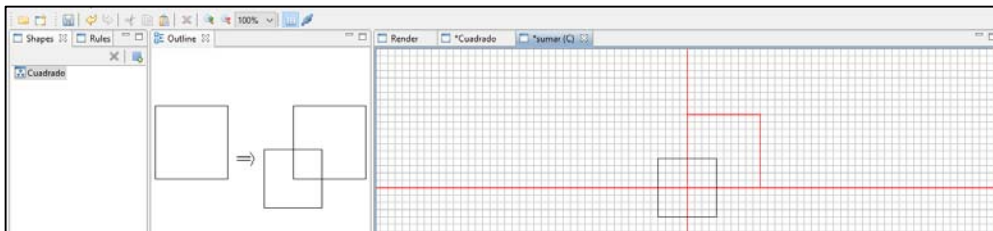


Figura 129: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGI. Escalar un objeto como relación espacial.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

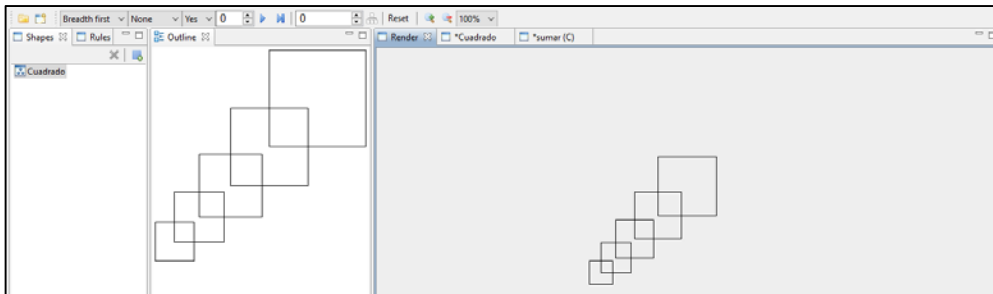


Figura 130: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGI. Resultado de multiplicación con 5 iteraciones.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

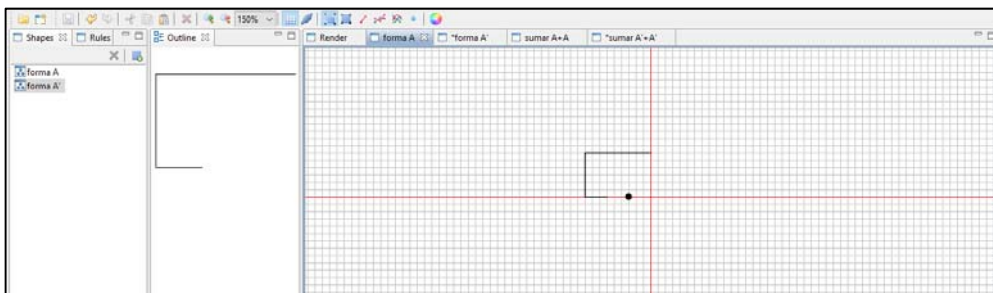


Figura 131: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGI. Forma inicial. (Modulo)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

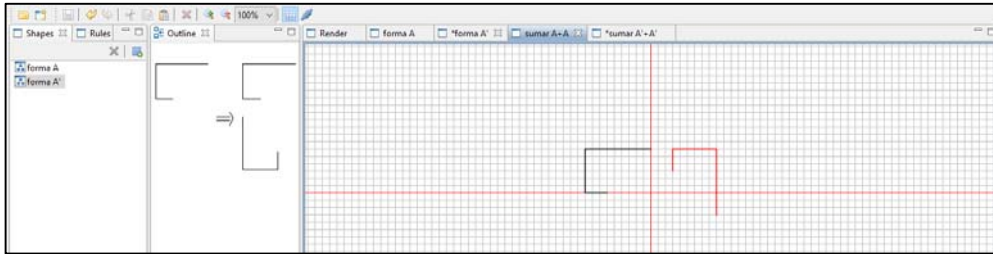


Figura 132: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGI. Regla 1. Sumar A+A, rotando 90°.

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

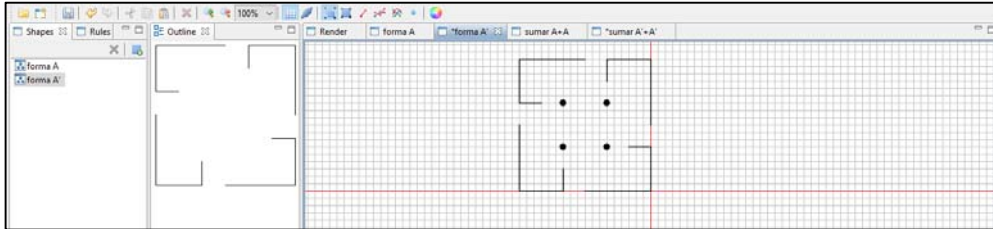


Figura 133: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGI. Forma A': súper módulo.(identificado)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

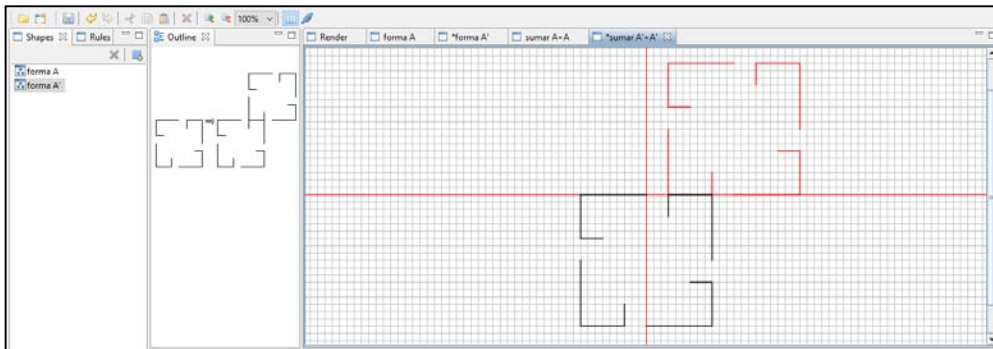


Figura 134: Ejercicio de práctica. Desarrollado en SGI. Forma A': súper módulo. (Identificado)

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

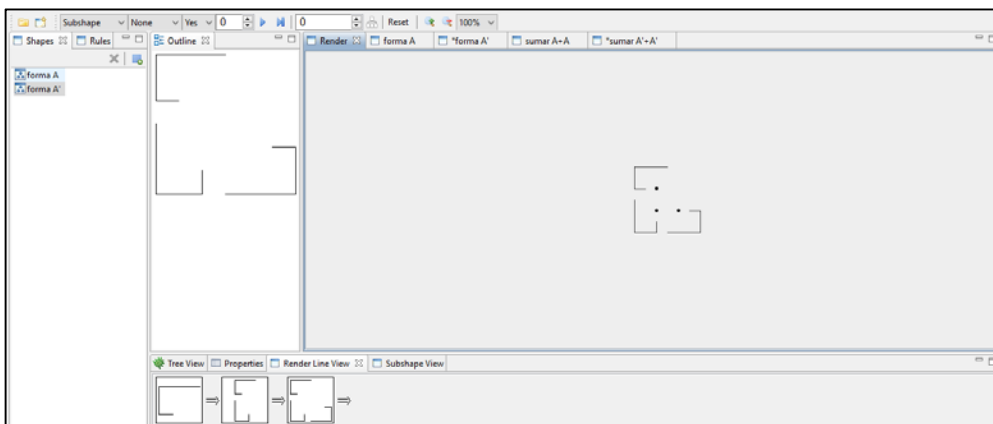


Figura 135: Ejercicio de práctica. SGI. Resultado con proceso subforma (3 iteraciones).

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David

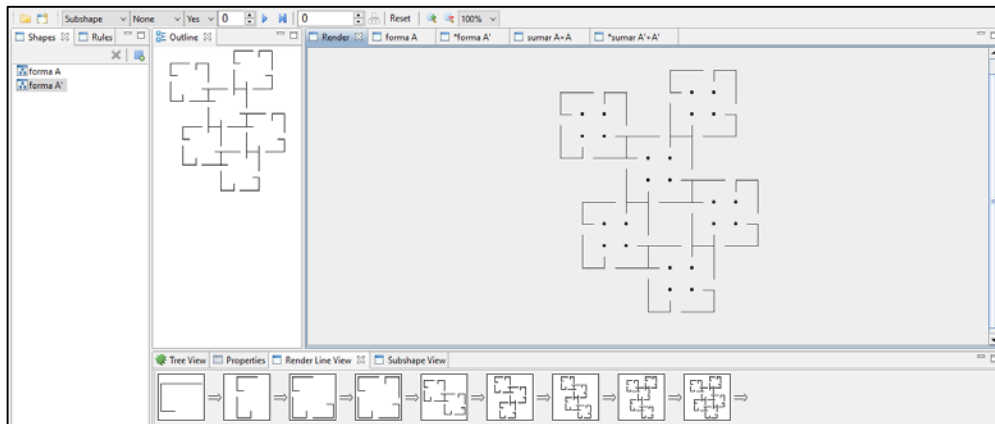


Figura 136: Ejercicio de práctica. SGI. Resultado con proceso subforma (8 iteraciones).

Fuente: Piedra Rojas, Marco David

Elaboración: Piedra Rojas, Marco David