ESCUELA TÉCNICA Y SUPERIOR DE ARQUITECTURA
LA SALLE

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

PROYECTO INTEGRADO DE ARQUITECTURA

Kubeflex

Distribuciones agregativas
Arne Jacobsen 1969

ALUMNO

David García Martínez

DIRECTOR

Dr. Pedro García Hernández

Kubeflex

Distribuciones agregativas

Arne Jacobsen 1969

A vle y gracias a vle.

Prólogo

El presente trabajo de investigación se sitúa dentro de una línea de investigación personal, derivado de un encargo profesional, acerca de proyectar un sistema de construcción modular, el análisis y el estudio asociado.

Es importante saber esto para entender el enfoque que tiene esta tesina. Pues no es simplemente un análisis de las características constructivas del objeto del trabajo de investigación, sino que tiene cuestiones con una dirección muy clara hacia encontrar los límites en los que se encuentran o desencuentran los conceptos modular, agregativo, prefabricado e industrializado.

Un ejemplo básico que explicaría esto podría ser un ladrillo, el cual tiene siempre las mismas medidas y por lo tanto se basa en un módulo, aunque no por ello se puede considerar que el uso de ladrillos en la construcción dote al edificio de la calidad de modular. Solo se podría considerar que el muro de ladrillo es modular cuando la medida del mismo sea múltiple de la del ladrillo. Por lo tanto consideraríamos que un elemento constructivo es modular cuando sus partes son modulares. Del mismo modo, no podríamos decir que es una construcción agregativa aunque se construyera entera con el mismo ladrillo. Tampoco se podría afirmar que por el hecho que los ladrillos se fabrican industrialmente sea una construcción industrializada aquella que los utiliza. Del mismo modo, por el hecho de que éstos se ensamblan en obra, no dota al edificio de la calidad de prefabricado. Todas estas cuestiones tienen sus matices pero pueden ayudar a definir un sistema de construcción modular.

Índice

1.Introducción
1.1.Objeto de la tesina
1.2.Estado del Arte
1.3.Hipótesis

2.Contextualización Internacional
2.1.Antecedentes e influencia del estilo internacional
Los CIAM y los arquitectos escandinavos
2.2.Tendencias contemporáneas al sistema. Otros sistemas modulares y agregativos
2.3.Características de su obra. Propia influencia

3.Análisis sistema modular
3.1.Orígen
3.2.Definición y funcionamiento del sistema Kubeflex
3.3.Análisis de las posibilidades agregativas del sistema
Distribución agregativa
3.4.Análisis de la capacidad combinatoria de los módulos
Distribución flexible
3.5.Levantamiento de planos del prototipo y detalles constructivos

4.Conclusiones

5.Bibliografía consultada

6.Anejos
AnejoI
Estudio de la distribución flexible
AnejoII
Reportaje fotográfico del prototipo
AnejoIII
Levantamiento de planos del prototipo. Escala: 1/50

1. Introducción

1.1. Objeto de la tesina

El presente trabajo de investigación trata de conocer en profundidad una de las obras más desconocidas de Arne Jacobsen. Se trata de un sistema de vivienda modular, que se encuentra dentro de una tendencia de diseño de sistemas agregativos y/o prefabricados, en la que él estaba trabajando a finales de los años sesenta, así como lo hacían otros arquitectos escandinavos contemporáneos. Arne Jacobsen llegó a diseñar dos sistemas, el primero llamado Kuadraflex, del cual se realizaron bastantes casas unifamiliares que aún se encuentran en pie. El segundo llamado Kubeflex, del cual solo existe un prototipo que fue destinado como casa de veraneo para él mismo.

El objeto principal de la tesina es tratar de desgranar conceptual y constructivamente el sistema, analizando todas las fuentes disponibles, pero sobretodo deconstruyendo el prototipo original que fue trasladado al museo de arte moderno Trapholt en la ciudad danesa de Kolding, a través del dibujo constructivo de sus planos. La realización de los planos *as built* hasta donde se puede conocer, pues no es posible desmontar el prototipo y analizar sus entrañas, es uno de los documentos objeto de esta tesina.

Por otro lado se analizará el grado de prefabricación y de flexibilidad del sistema, pues hay contradicciones en las pocas publicaciones y trabajos de investigación, así como tesis que han abordado su clasificación.

1.2. Estado del Arte

Existe muy poca información de esta obra, pues la muerte de Arne Jacobsen en marzo de 1971, un año después de la presentación del prototipo en la feria de *Archibo*, evitó que se siguiera desarrollando por el propio autor y por lo tanto difundiendo el sistema y las casas que se construyeran. La falta de interés del mercado del momento hizo que no se comercializara ninguna casa.

No existen planos al alcance público, ni ningún documento técnico que haga referencia en profundidad a las técnicas constructivas empleadas. Las publicaciones consultadas al respecto solo contienen una planta y un alzado del sistema y una breve explicación superficial de sus dimensiones e intenciones de uso. Alguna revista habla de las posibilidades agregativas, pero muy por encima y sin analizar el sistema realmente. Existen varios ejercicios académicos que han intentado dibujar el sistema pero están llenos de errores producto de no haber ido a visitar el prototipo, lo cual no hacen más que verter confusión al entendimiento constructivo del sistema.

Otro de los problemas es el hecho de que el sistema fue encargado a Arne Jacobsen por una empresa de casas prefabricadas que tiene la patente llamada N.S.HOM; empresa danesa que, aún habiendo cambiado las condiciones constructivas del sistema alejándola de los parámetros que el arquitecto marcó, bloquea la difusión de sus detalles constructivos y planos iniciales con el fin de proteger la patente.

1.3. Hipótesis

Los sistemas modulares que conceptualmente tienen una forma aditiva de distribuirse y organizarse, es decir son de distribución agregativa, son muy flexibles y facilitan la adaptabilidad de sus espacios y estos en el tiempo. El *Kubeflex* parece tener los requisitos para ello. La gran duda es saber si la facilidad que posee de crecer conceptualmente se traduce en rapidez constructiva, mediante un grado elevado de industrialización de sus elementos y espacios.

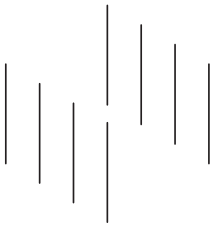


fig.1.1

Los sistemas prefabricados son clasificados en la mayoría de los estudios bajo dos conceptos: el grado de prefabricación de sus elementos constructivos y el grado de adaptabilidad en el tiempo, es decir lo abierto o cerrado que es el sistema.

El grado de prefabricación se clasifica entonces según la magnitud que tengan los elementos que llegan a la obra para ser ensamblados. Se podrían hacer 3 grandes grupos:

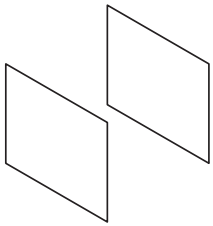


fig.1.2

1. Elementos simples. Hablaríamos de pilares, vigas, bloques y elementos de dimensión próxima a la puesta en obra manual. (fig.1.1)
2. Planos o elementos que generan superficies en forma de planos. Hablaríamos de muros, tabiques, forjados y otros compuestos constructivos que llegan a la obra preparados para su ensamblaje. (fig.1.2)
3. Volúmenes. Espacios parcial o completamente acabados que se ensamblan en obra con otros espacios o configuran en si una vivienda acabada. (fig.1.3)

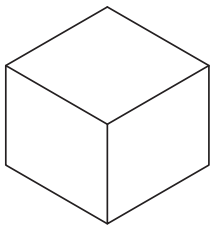


fig.1.3

El grado de adaptabilidad se define por la capacidad que tiene el sistema para crear diferentes tipos de distribuciones, es decir la capacidad de adaptar sus espacios y la flexibilidad que estos tengan para modificarse con el tiempo amoldándose a nuevas necesidades, como podría ser el aumento o reducción de la superficie de la vivienda. Se podrían colocar entre dos polos opuestos:

1. Sistemas abiertos. El sistema tiene siempre la posibilidad de crecer y poder modificarse, incluso trasladarse. Estos muestran generalmente su estructura modular o sus elementos constructivos y su capacidad de crecimiento es latente. (fig.1.4)
2. Sistemas cerrados. Aquellos que no permiten ningún tipo de modificación, ni tienen la capacidad de crecer. Son y serán para lo que han sido creados. Estos se muestran continuos y acabados. (fig.1.5)

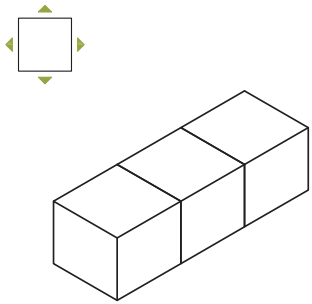


fig.1.4

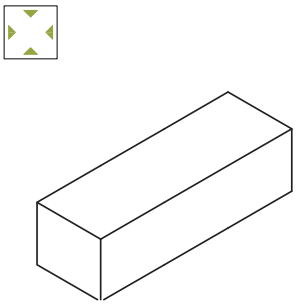


fig.1.5

fig.1.6. Clasificación sistemas prefabricados. Tesis doctoral. *Architectural quality in danish prefab wooden dwellings.* Ida Wraber 2009

fig.1.7.Clasificación sistemas prefabricados. Tesis de Master. *Nuuk correctional institution* Kristine Rease, Sophie Bonggaard Mortensen 2013

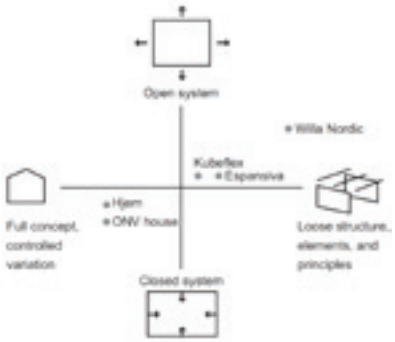


fig.1.6

fig.1.7

Según estos criterios, los sistemas de construcción prefabricados, se clasifican dentro de un gráfico de dos ejes, y así lo reflejan diversas tesis y publicaciones. Sin embargo, y en referencia al sistema *Kubeflex* de Arne Jacobsen, no existe una idea clara al respecto y son contradictorias entre ellas. No se conoce bien el grado de prefabricación del sistema *Kubeflex* o la información es contradictoria. (fig.1.6 - fig.1.7)

El primer cuadro (*Architectural quality in danish prefab wooden dwellings 2009*) lo sitúa cerca del sistema Espansiva de Jorn Utzon; definiéndolo como un sistema ligéramente abierto y prefabricado en pequeños elementos constructivos y algunos planos. (fig.1.6)

El segundo cuadro (nuuk correctional institution 2013) lo sitúa justo al límite del cuadrante izquierdo, considerándolo prefabricado a base de volúmenes y ligeramente califica el sistema como abierto. (fig.1.7)

Puesto que ni estas tesis, ni otras publicaciones muestran la procedencia de estas afirmaciones y se desconoce si conocen bien el sistema puesto que no hay planos de construcción accesibles, las tomamos como hipótesis de partida.

La presente tesina tratará de sacar conclusiones mediante el dibujo exhaustivo y la clasificación de sus elementos constructivos según su grado de prefabricación. Se analizará el sistema desde el punto de vista de su capacidad agregativa mediante un estudio preciso de

combinatorias de módulos.

Las limitaciones espaciales del sistema parecen ser el crecimiento en altura. Hipotéticamente parece que el desarrollo de sus distribuciones solamente son sobre el plano horizontal, no pudiendo generar agregaciones en altura. Se estudiará su estructura y sus detalles para ver si tiene la capacidad de generar edificios en altura o solamente estructuras isotrópicas sobre el plano horizontal.

El módulo de un sistema como el que es objeto de estudio en esta tesina, está entre la casa y el objeto de diseño, lo cual es exactamente donde se sitúa la obra completa de Arne Jacobsen. Es por lo tanto un proyecto a medida para el perfil del arquitecto danés.

Considerando su calidad como diseñador en todos los campos en los que había trabajado y teniendo en cuenta que el sistema *Kubeflex* es uno de sus últimos trabajos, ya en su madurez más avanzada, el sistema debería ser de un rigor exquisito posicionándose al nivel de todas sus obras; debería aportar muchos avances a la industria de casas modulares y prefabricadas que tanto se habla en los últimos años. Quizás no tanto constructivamente pues los avances en materiales han sido muchos desde entonces, sino conceptualmente.

2. Contexto histórico. Influencias.

2.1. Antecedentes e influencia del estilo internacional Los CIAM y los arquitectos escandinavos

En el año 1928, con motivo del Congreso Internacional de Arquitectura Moderna (CIAM), un grupo de arquitectos procedentes de diferentes países europeos se reúnen para cuestionar, debatir y poner en común sus ideas sobre la dirección que debe tomar la arquitectura. Le Corbusier, Sigfried Giedion y Pierre Chareau entre otros, participaron en el congreso con una clara intención de socializar la arquitectura, y dar un carácter más consciente e implicado con la época que se estaba viviendo.

Un año después se celebró en Frankfurt el CIAM II (fig.2.1) bajo el título "Das Existenzminimum"; la vivienda mínima. El elevado coste que estaba alcanzando la vivienda en la Europa de la postguerra hizo que se planteara estudiar un tipo de vivienda más flexible, capaz de adaptarse a las necesidades del usuario, con plazos menores de ejecución y sobre todo con un abaratamiento de los costes.

En dicho congreso Sven Markelius participó activamente como representante sueco, y Alvar Aalto como finlandés. Ambos arquitectos intervinieron también en 1930 en la Exposición de Estocolmo (fig.2.2), donde presentaron sus prototipos: "System House" (fig.2.3) y "Sistema AA" (fig.2.4) respectivamente; mediante los cuales promovían la estandarización de los elementos constructivos a la vez que divulgaban la flexibilidad de la arquitectura y su capacidad de dar una respuesta específica a cada lugar.

Jorn Utzon fue, en 1945, de los primeros en plantear un tipo de vivienda que se adaptara al tiempo que se

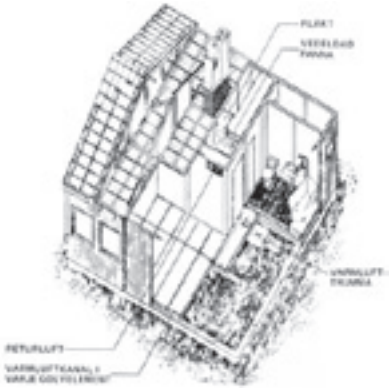
(fi.2.1)(fig.2.2) Imágenes de los carteles del CIAM II celebredo en Frankfurt y del CIAM III celebrado en Estocolmo respectivamente.

(fig2.1)

(fig2.2)

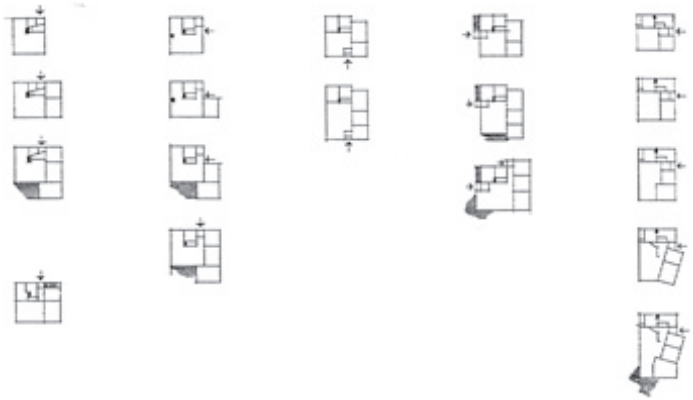
(fig.2.3) System House. Markelius. 1942. Axonometría de System House, (Art. System house: prefabricación y estandarización. Jaime J. Ferrer Forés 2011

(fig.2.4) System House. Markelius. 1942. prototipo en Mälarhöjden, (Art. System house: prefabricación y estandarización. Jaime J. Ferrer Forés 2011)



(fig.2.3)

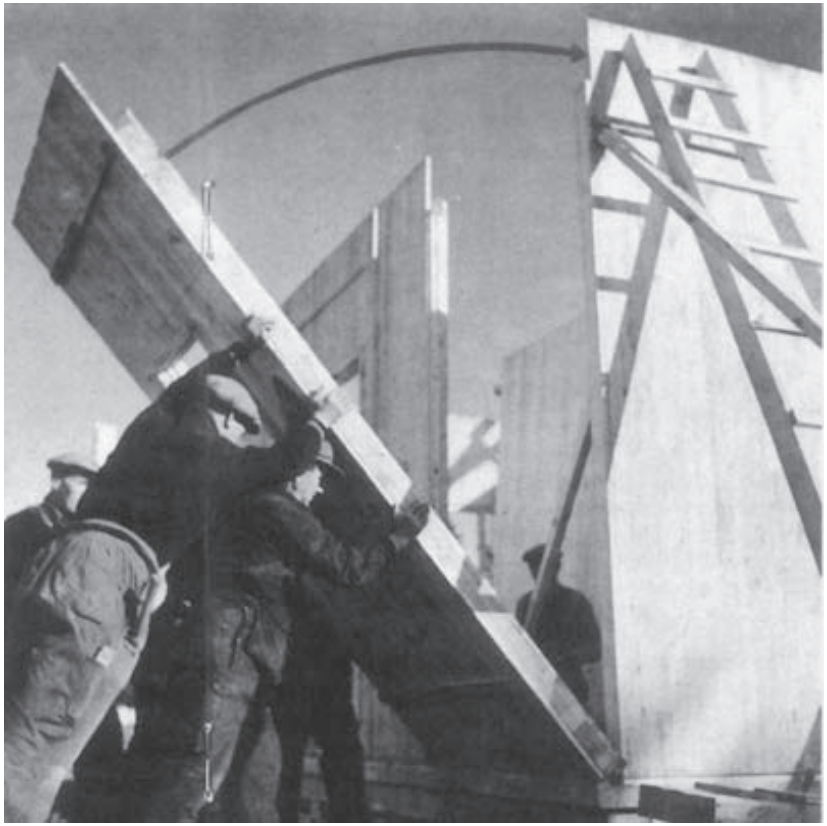
(fig.2.4)



(fig.2.5)

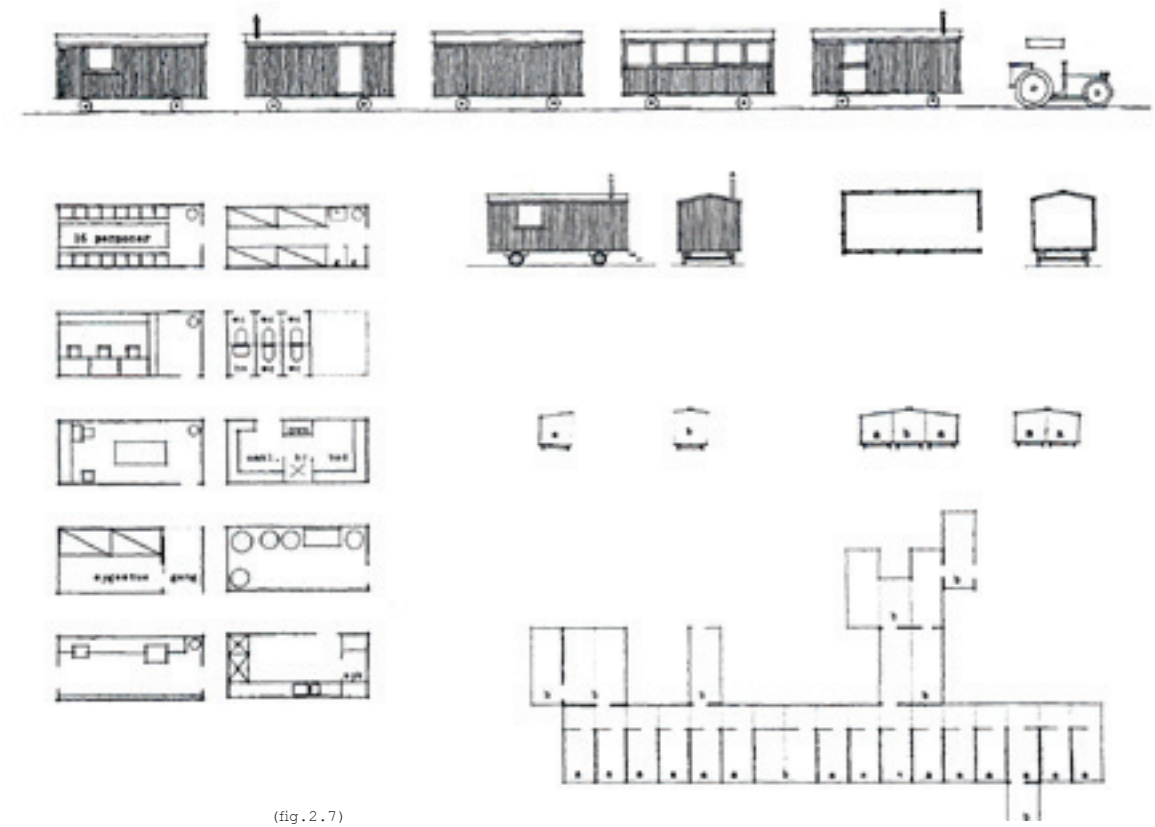
(fig.2.5) Sistema AA. Alvar Aalto. 1942. Planos de las distribuciones, 1940. (Art. System house: prefabricación y estandarización. Jaime J. Ferrer Forés 2011)

(fig.2.6) Sistema AA. Alvar Aalto. 1942. Imagen de la Construcción del sistema de casas AA, 1940. (Art. System house: prefabricación y estandarización. Jaime J. Ferrer Forés 2011)



(fig.2.6)

(fig.2.7) Viviendas provisionales en Holanda.
Jorn Utzon. Holanda 1945.
FERRER FORES, Jaime / Jorn Utzon. Obras y Proyectos / Gustavo Gili, Barcelona, 2006 / p. 40



(fig.2.7)

(fig.2.8) Agrupaciones modulares sistema espansiva. Utzon, Jørn, 1918-2008. *Additive architecture. Hellerup : Bløndal*, 2009.

(fig.2.9) Tipos de módulos sistema espansiva. Utzon, Jørn, 1918-2008. *Additive architecture. Hellerup : Bløndal*, 2009.

estaba viviendo. A fin de crear un refugio eventual para acoger a los damnificados de la Segunda Guerra Mundial, propone la utilización de los vagones de trenes como diferentes elementos de una casa. Un vagón podía utilizarse como dormitorio, otro como sala de estar, generando un proyecto agregativo, pues con cada pieza que se agregaba el proyecto crecía. De este modo, conseguía un refugio provisional a base de módulos (vagones) que podían ir agregándose y combinándose, en función de las necesidades, mientras la reconstrucción de las ciudades europeas se llevaba a cabo. Este proyecto, que fue el primero en no ser solamente modular constructivamente sino a su vez de programa, sirvió como antesala de la arquitectura aditiva que desarrollaría a partir de 1970.

(fig.2.8)

A finales de los años 60 y siguiendo la estela escandinava, fueron numerosos los arquitectos que trataron de continuar con esta búsqueda de un tipo de vivienda flexible, barata y en ocasiones móvil o incluso de carácter provisional. Estos arquitectos buscaban y promovían una estandarización de los componentes de la edificación pero no un tipo de vivienda estándar, sino la posibilidad de generar un sistema que según se combinara generara diferentes tipologías distributivas.

Fue con el sistema *Espansiva* con el que Utzon planteó toda su teoría aditiva. Tres unidades volumétricas de diferentes dimensiones componían este sistema. Cada unidad se construía mediante una serie de paneles y listones de madera laminada estandarizados y funcionaba independientemente del siguiente módulo: tenían su

(fig.2.9)

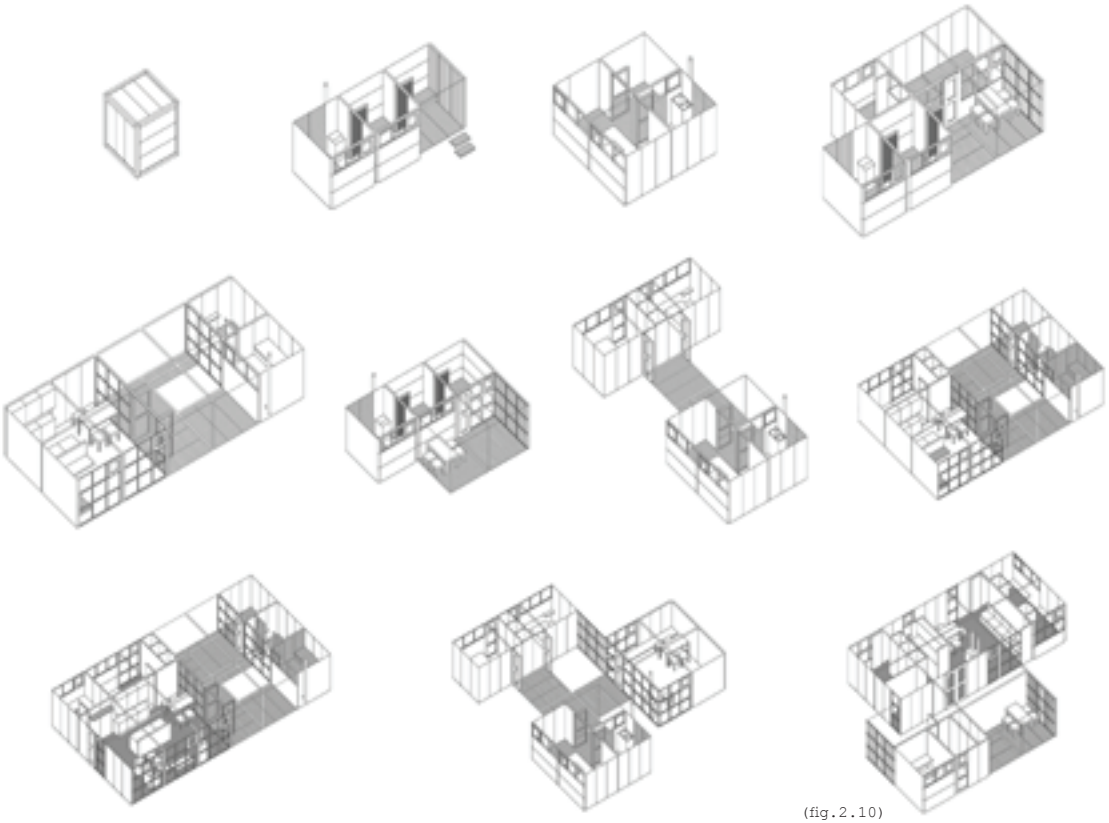
propia su estructura de pilares y una cubierta a una agua independiente a la siguiente. Los módulos podían combinarse y agregarse de multitud de maneras lo que daba lugar a una amplia diversidad de viviendas, construidas todas a partir de los mismos componentes.

Tanto las paredes interiores como las exteriores no realizaban una función portante, lo que dotaba al sistema de una flexibilidad aún mayor. A pesar de que fueron varios los proyectos que se construyeron con este sistema, el hecho de que cada módulo tuviera su propia estructura hacía que al combinarlos dicha estructura se doblara, lo que suponía un gasto innecesario de material contando que los módulos no siempre tenían las mismas luces y por tanto aumentaba los costes. Por ello el sistema *Espansiva* no fue tan exitoso como se esperaba.

Kristian Gullichsen y Juhani Pallasmaa fueron otros arquitectos que también en la década de los 70 se preocuparon por la estandarización y industrialización de los elementos constructivos. Proyectaron un sistema que le llamaron *Moduli 225*, donde establecían una retícula estructural formada por prismas cuadrados de 225 cm de lado que podía ampliarse y combinarse con gran libertad. Este módulo estaba a su vez divido en otros módulos de 75 cm x 225 cm que se correspondían con los paneles que formaban los cerramientos tanto verticales como horizontales.

El sistema se comercializó y se llegaron a construir sesenta unidades pero, a pesar de que el sistema permitía

(fig.2.10) Posibilidades de agregación del sistema Moduli, Gullichsen y Pallasmaa



(fig.2.10)

(fig.2.11) 1969 Casas prefabricadas construidas con el sistema *Kuadraflex*. Arne Jacobsen
(fig.2.12) 1970 . Prototipo construido con el sistema *Kubeflex*. Arne Jacobsen

(fig.2.11)

(fig.2.12)

construir una vivienda en dos días, nunca llegó a ser rentable, y se acabó desechando el proyecto.

Otro de los arquitectos nórdicos que planteó este tipo de vivienda modular y flexible fue Arne Jacobsen. En su madurez profesional desarrolló un primer sistema denominado *Kuadraflex* que consistía en una planta cuadrada de 12,96 m de lado que contaba con una retícula estructural que modulaba toda la planta, situando la zona húmeda de la vivienda en el centro, liberando el perímetro para permitir una distribución bastante libre del resto de estancias.

Posteriormente, Jacobsen presentó en la feria de la vivienda estándar de *Archibo* en 1970 un segundo prototipo de vivienda modular, el *Kubeflex*. Este prototipo, a diferencia del *Kuadraflex*, no sólo se concibe como un sistema modular construido por diferentes elementos que se repiten, sino que se trata de un sistema modular donde las distribuciones también lo son. Esto quiere decir que cada pieza que compone una vivienda: la cocina, la habitación, el comedor, el salón, o el baño, se corresponde con un módulo; por tanto, si se quiere aumentar el tamaño de la vivienda basta con añadir un nuevo módulo.

2.2. Tendencias contemporáneas al sistema. Otros sistemas modulares y agregativos.

No solo existía la preocupación por hacer proyectos que dieran una respuesta a la industrialización de elementos constructivos era lo que influenció a los arquitectos escandinavos, entre los que se encontraba Arne Jacobsen; existía a partir de los años 50 una corriente de cambio solicitada por los arquitectos más jóvenes como respuesta a las demandas sociales del momento.

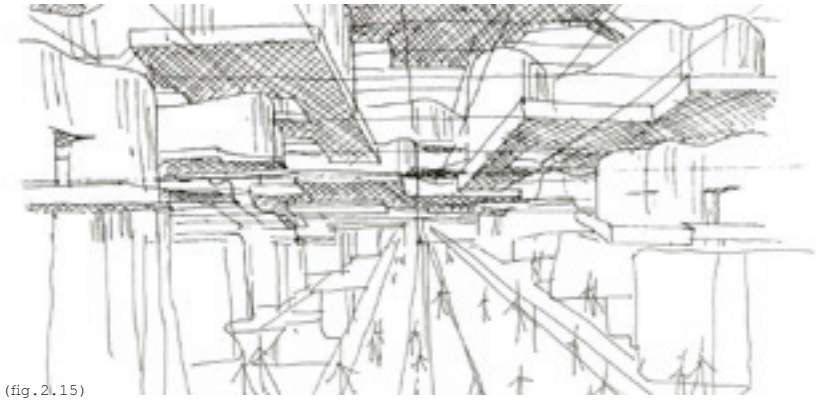
La corriente de cambio fue totalmente patente con el final de la celebración de los CIAM en 1959, abogando por un cambio de dirección en la forma clásica de entender las formas arquitectónicas en relación con las estructuras urbanas, y estas en relación con las anteriores: cambio evolutivo en favor de nuevas estrategias urbanísticas que diesen cabida a una sociedad moderna en contra de los valores anticuados o demasiado simples que se recogían en la carta de Atenas.

Corriente apoyada y en cierta manera potenciada por las teorías de arquitectos jóvenes entre los que se encontraban los miembros del Team 10 o Yona Friedman. Yona Friedman desarrolló el concepto de la "Ville Spatiale"(fig.2.13, fig.2.14 y fig.2.15) en base a dos ideas fundamentales: la ciudad sería una marco donde los habitantes podrían crear sus viviendas según las necesidades y que su estructura sería flexible y ligera, a la vez que temporal y móvil. Sin duda conceptos modulares se estaban desarrollando bajo esos patrones. Patrones muy similares a los que desarrollaba desde finales de la década de los '50 Constant Nieuwenhuys en las ideas de "New Babylon"(fig.2.16). Teorías que bajo sistemas y estructuras modulares y agregativas postulaban

(fig.2.13) (fig.2.14) (fig.2.15) Imágenes de croquis y fotomontajes de la *Ville Spatiale* de Yona Friedman 1958

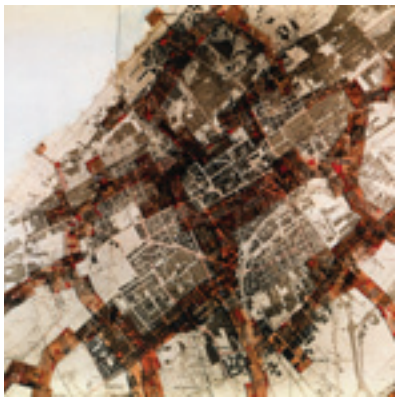
(fig.2.13)

(fig.2.14)



(fig.2.15)

(fig.2.16) 1959-1974 New Babylon de Constant Nieuwenhuys
(fig.2.17) 1960 Propuesta urbanización en la bahía de Tokio, de Kenzo Tange



(fig.2.16)

(fig.2.17)

una nueva relación entre la ciudad y el habitante, entre la escala urbana y la humana.

Paralelamente, Alison y Peter Smithson y el Team 10, de otro modo, planteaban nuevas formas de relación entre ciudad y edificio a través de la re-interpretación de la ciudad tradicional. De esta manera crearon conceptos nuevos como son los *clusters*, los *matbuildings* y los sistemas agregativos; re-interpretaban los elementos tradicionales que conformaban la ciudad.

En la década de los '60 surgieron las teorías de los metabolistas japoneses; otras teorías que compartían los conceptos agregativos y modulares, incluso tenían puntos en el entendimiento de las nuevas formas urbanas. Podríamos destacar proyectos como la propuesta de utilización de la bahía de Tokio de Kenzo Tange (fig.2.17), el proyecto para una ciudad flotante en Kasuminaura de Kisho Kurokawa (fig.2.20), o la propuesta para una ciudad en el aire de Arata Isozaki (fig.2.18). Teorías que iban desde la escala urbana hasta la arquitectónica y que se materializaban ligeramente décadas posteriores con proyectos como la Torre Nakagin de Kisho Kurokawa (fig.2.19).

Por otro lado tesis como la de Moshe Safdie, que acabó en la construcción del edificio *Habitat67* en Montreal (fig.2.21), como primer experiencia real construida con una teoría o sistema agregativo, materializaba todo el trabajo de investigación que se llevaba realizando durante años por varios de estos equipos de arquitectos.

(fig.2.18)

(fig.2.19)

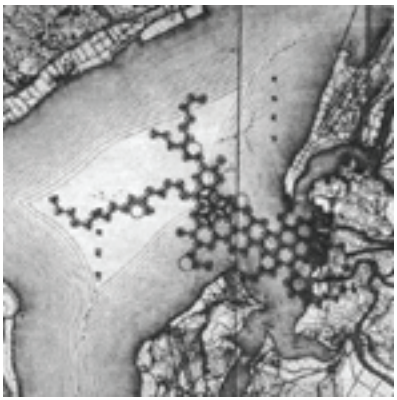
(fig.2.18) 1962 *Clusters in the Air*, de Arata Isozaki
(fig.2.19) 1972 Torre Nakagin, de Kisho Kurokawa
(fig.2.20) 1961 Ciudad Flotante en Kasuminaura, de Kisho Kurokawa
(fig.2.21) 1967 Habitat67, de Moshe Safdie

Todas estas corrientes de pensamiento influenciaban a arquitectos en todo el mundo, incluso a los más reconocidos. Podemos ver en Kahn estructuras moduladas; en Arne Jacobsen podemos encontrar analogías entre los *matbuildings* y ciertos patrones de distribución de escuelas y conjuntos residenciales que estaba construyendo en los últimos años de su carrera.

Todos estos aspectos hicieron que los proyectos que se estaban trabajando por los arquitectos escandinavos tuvieran de la misma forma influencias agregativas. Arne Jacobsen dio un paso adelante en el *Kubeflex*, tratando de modular los espacios como unidades distributivas de una tipología de vivienda; de esta forma la distribución crecía modulando.

En el *Kubeflex* el espacio se modula como característica principal; concepto muy diferente al de Utzon con el sistema *Espansiva* donde los espacios son mas complejos y más diversos, los módulos son diversos y las estructuras tienen diferentes luces. Es también el caso de Gullichsen y Aalto que con sus sistemas modulan los plafones; modulan planos de montaje y con ellos generan espacios diversos que tienen distancias y superficies proporcionales al módulo pero el espacio no es modular.

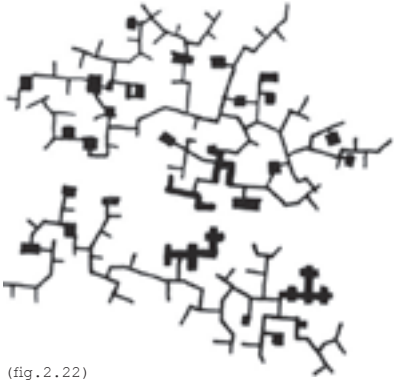
Arne Jacobsen no solo estaba preocupado por conceptos de industrialización y socialización de la vivienda mediante una construcción económica, sino por conceptos de modulación espacial.



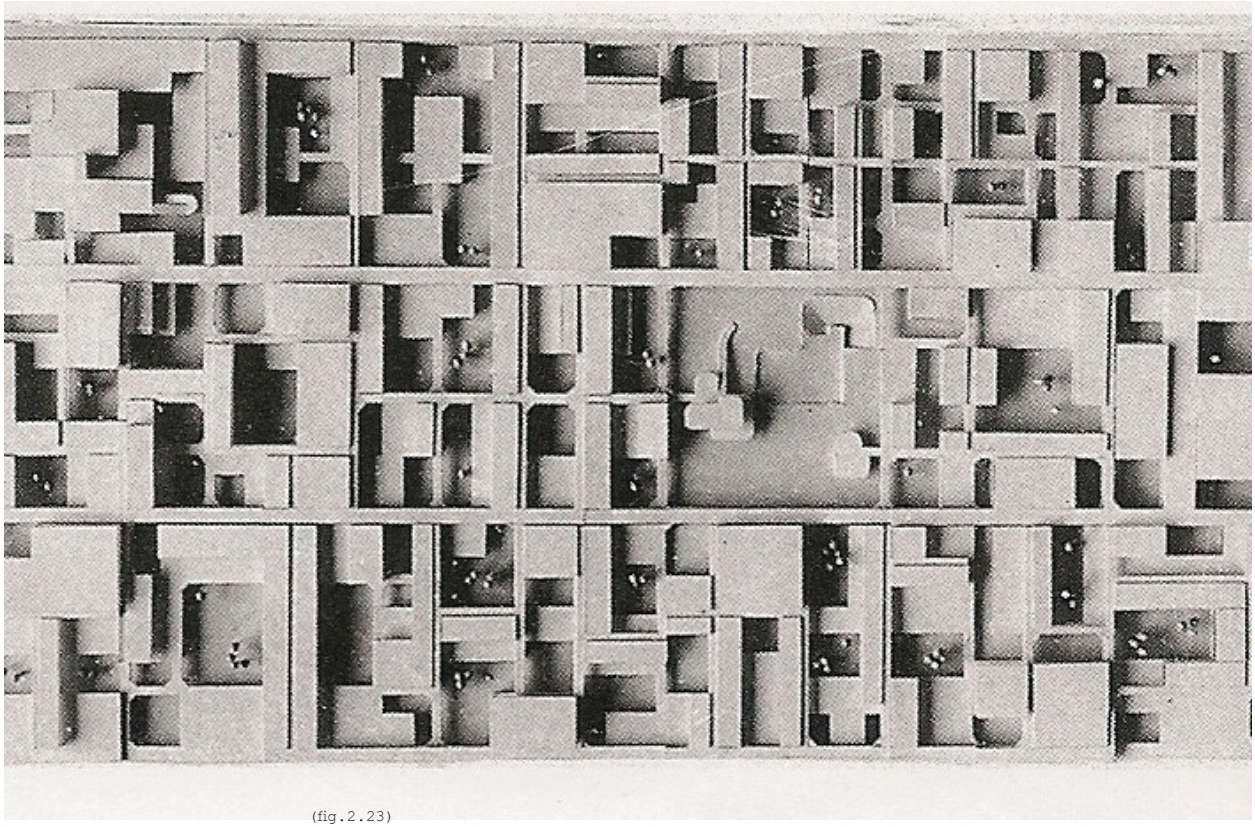
(fig.2.20)

(fig.2.21)

(fig.2.22)1950-1960 Esquema para *Clusters City*, Alison y Peter Smithson
(fig.2.23) 1974 *How to recognise and read mat-building*, artículo de Alison y Peter Smithson



(fig.2.22)



(fig.2.23)

2.3. Características de su obra. Propia influencia

Arne Jacobsen era algo más que un arquitecto. A Arne Jacobsen se le conoce en las escuelas de arquitectura, en las de diseño interior, en las escuelas de diseño gráfico y en las escuelas de diseño industrial; Jacobsen ha proyectado edificios de todo tipo, ha diseñado utensilios, ha diseñado mobiliario, ha diseñado griferías, incluso patrones y texturas, o su propia pipa de fumar (fig.2.24).

fig.2.24

Este hecho le coloca en la posición de un gran creativo capaz de afrontar cualquier tipo de diseño. En relación con un sistema modular se puede decir que es un reto para él, que se encuentra entre la arquitectura y el objeto: una vez solucionas constructivamente el módulo y su capacidad de agregación, el proyecto se convierte en jugar a hacer combinaciones del mismo; una vez diseñas el objeto módulo la arquitectura se genera por adhesión.

Obviamente el carácter de un diseñador, y la forma en que como tal piensa la fabricación de sus productos, hace que tenga muy en cuenta el uso del módulo; especialmente existe una preocupación por lo modular en Arne Jacobsen con todos sus productos. Modularidad que ha trabajado en todas las escalas; desde la escala del producto diseñado industrialmente, pasando por la escala arquitectónica y acabando en escalas más cercanas a la relación entre el edificio y su entorno urbano.

fig.2.25

Productos como la grifería *Vola* (fig.2.25), con elementos modulares en la producción de sus diversos modelos; la familia de recipientes de la *Cylinder Line* de *Stelton* (fig.2.26), compartiendo formas cilíndricas y dimensiones

fig.2.26

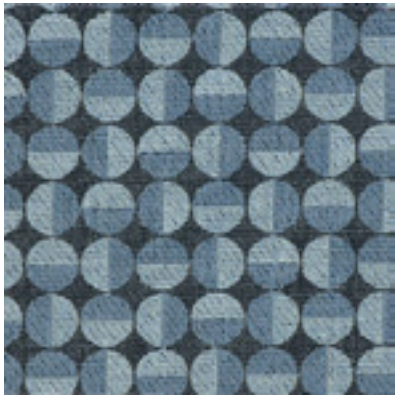


fig.2.27

fig.2.28

modulares; también en los patrones de tejidos (fig.2.27 y fig.2.28), donde el módulo vuelve a estar presente.

Respecto a la escala arquitectónica se podría nombrar la fachada del edificio de SAS (fig.2.29) en Copenhague o la del Ayuntamiento de *Rodovre* (fig.2.30), las cuales son completamente modulares constructiva y compositivamente.

Respecto a la escala urbana podríamos hablar de la escuela *Munkegaards* (fig.2.31), donde se aprecian cierto patrones modulares que ponen en relación las aulas y los patios y espacios exteriores.

La solución modular propuesta por Arne Jacobsen en el sistema *Kubeflex*, tal y como se podrá ver en el transcurso de este trabajo de investigación, está sumamente influenciada por su espíritu como diseñador insaciable que no deja un detalle sin resolver; característica de su persona que le servirá para conceptualizar un objeto que se pueda repetir y se pueda industrializar; que se pueda modular.

fig.2.29

fig.2.30

fig.2.31

3. Análisis del sistema modular

3.1. Origen

El *Kubeflex* es un sistema de vivienda modular agregativa diseñado por Arne Jacobsen en 1969, poco antes de su fallecimiento. Proyecto que surge en un momento donde varios arquitectos nórdicos estaban especialmente interesados en socializar la vivienda y hacerla más accesible y mejor. Aunque era un movimiento que se comenzó a conocer en esa década debido a los proyectos que se estaban planteando, venía de un proceso largo de asimilación e investigación arquitectónica, desde donde arquitectos de todo el mundo intentaban sacar partido a la industrialización de la vivienda como medio de cambio en la manera de materializar la arquitectura; una forma más moderna, si cabe, de entender los procesos constructivos.

Arne Jacobsen es llamado por la empresa N.S.HØM en 1969; empresa dedicada a la fabricación de casas prefabricadas de carácter vacacional; lo que en Dinamarca llaman casa de verano (*Sommerhus*). Es la empresa que entra en contacto con el arquitecto danés para que proyectara un sistema de vivienda prefabricado y modular para hacer casas vacacionales. N.S.HØM, o cualquier otra empresa, encontraría interesante la colaboración seguramente por el reconocimiento nacional e internacional de Arne Jacobsen y el hecho de que ya tenía varias casas realizadas con un sistema de vivienda prefabricado llamado Kuadraflex; sin embargo, existían otros motivos por los que se escoge a Arne Jacobsen:

Niels Stellan Hom, fundador de la empresa N.S.HØM, y Carton Madelaire fundaron Stelton en 1960, producto

(1) ID PRIZE _ En un importante premio de diseño industrial danés
(2) MOMA es el Museum Of Modern Art de Nueva York

fig.3.1

fig.3.2

de una amistad que venía de colaborar en el servicio militar juntos en los años 50. En 1964, Niels Stellan Hom se quedó como único propietario de Stelton y contrató a Peter Holmblad como director, que persuadió a Arne Jacobsen tras enseñarle un dibujo de un diseño que el propio Arne consideró desesperanzador; fue entonces cuando entró a formar parte del grupo de diseñadores con los que la empresa Stelton colaboraba. Después de 4 años de colaboración, Stelton y Arne habían desarrollado la mundialmente conocida línea de utensilios de servicio en acero inoxidable llamada *Cylinda Line*(fig.2.26). En 1967 recibió un *ID Prize*[1] y en 1969 fue expuesta en el *MOMA*[2]. Este hecho y el gran éxito comercial fue el detonante de que Niels Stellan Hom encargara a Arne Jacobsen, incluso aceptando los elevados honorarios del arquitecto.

En un principio hubieron bastantes desacuerdos en como debían ser los módulos, pues se había propuesto que fueran hexagonales. Finalmente se llegó a la decisión final de la forma cuadrada en planta, creando prismas cuadrados que se repetían para formalizar la vivienda. Aproximadamente un año después de firmar el contrato para el diseño del sistema de casas modulares, Arne Jacobsen presentó el prototipo en la feria de *Archibo* que se celebraba en *Ishoj* (población al sur de Copenhague).

fig.3.3

Durante la feria se presentó un prototipo de vivienda que contaba con 6 módulos: cocina, comedor, sala de estar, baño y dos habitaciones. El sistema, a pesar de la flexibilidad que presentaba y la rapidez de construcción, no tuvo el éxito esperado. Esto se debía a que la

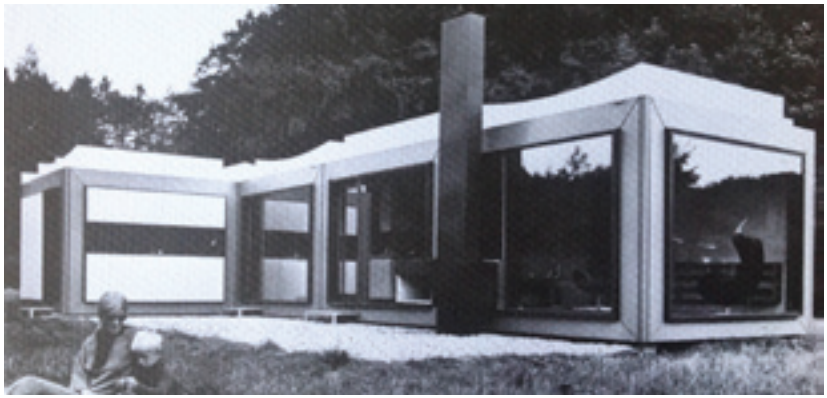


fig.3.3

propuesta de Arne Jacobsen iba un paso por delante de la mentalidad de la época, todavía anclada en las viviendas tradicionales. Ni el mercado, ni la sociedad danesa estuvo a la altura del diseño que se propuso. Por ello el producto nunca se llevó a producción y no se hizo ninguna casa con el sistema.

Arne Jacobsen, se llevó la casa a un solar en la playa de Vodingborg, ciudad al sur en la región de Sealandia. El solar era un claro en una zona boscosa en frente del mar entre la población de Tegslemark Lyng y la de Hove (fig.3.1, fig.3.2, fig.3.3, fig.3.4 y fig.3.5.).

Un año más tarde y después de su muerte, la familia siguió utilizándola como lugar de veraneo. Este hecho hizo que la casa y el sistema fueran relativamente desconocidos, pues hubo un parón en la evolución del mismo al faltar la figura del creador.

Durante años solamente los seguidores más incondicionales de la arquitectura de Arne Jacobsen visitaron la casa pidiendo a la familia el permiso para visitarla, pero en general era una obra desconocida comparado con la difusión que se le estaba dando a toda su obra como arquitecto y diseñador.

Finalmente en 2005, el prototipo fue trasladado al museo Trapholt, museo de arte y diseño danés. Situado en la ciudad de Kolding, donde se encuentra gran parte de la muestra de todos los muebles y sillas que el arquitecto había diseñado.

fig.3.4

(fig.3.5 y fig.3.6) Imagenes exteriores del prototipo del museo Trapholt en Kolding, tomadas por el autor de esta tesina

(fig.3.5.)

(fig.3.6.)

3.2. Definición y funcionamiento del sistema *Kubeflex*

El *Kubeflex* se presentaba entonces como un sistema flexible de módulos en forma de prismas cuadrados supuestamente fabricados industrialmente y transportados a la obra, de 3,36 m por lado que, partiendo de una vivienda mínima, permitía la posterior agregación de nuevos módulos en función de las necesidades del usuario. El resultado es un sistema abierto con gran capacidad distributiva y flexible; organizado dentro de la cuadrícula de 3,36 x 3,36 m.

El módulo que componía el sistema, el cual se encontraba entre la escala de una casa y un objeto de diseño, contaba con una cubierta plana independiente y con un marco estructural de madera laminada que admitía circunscribir siete cerramientos diferentes de fachada (fig.3.7). Tal y como se muestra en los planos originales de la empresa que los comercializaba se podían encontrar:

F1. Fachada completamente ciega.
F2. Fachada parcialmente ciega con una apertura vertical.
F3. Fachada con puerta corredera de cristal y carpintería de madera.
F4. Fachada totalmente abierta mediante un cristal fijo que abarcaba todo el hueco del marco estructural de madera.
F5. Fachada que contenía la puerta de acceso a la vivienda
F6. Fachada que vendría a ser igual que el 3 y el 5 pero con su simetría.
F7. Fachada que combinaba un vidrio fijo con una carpintería corredera de vidrio.
F8. Fachada de con el mismo vidrio fijo que la fachada

(fig.3.7) Plano de los alzados orignales de Arne Jacobsen. 1969.

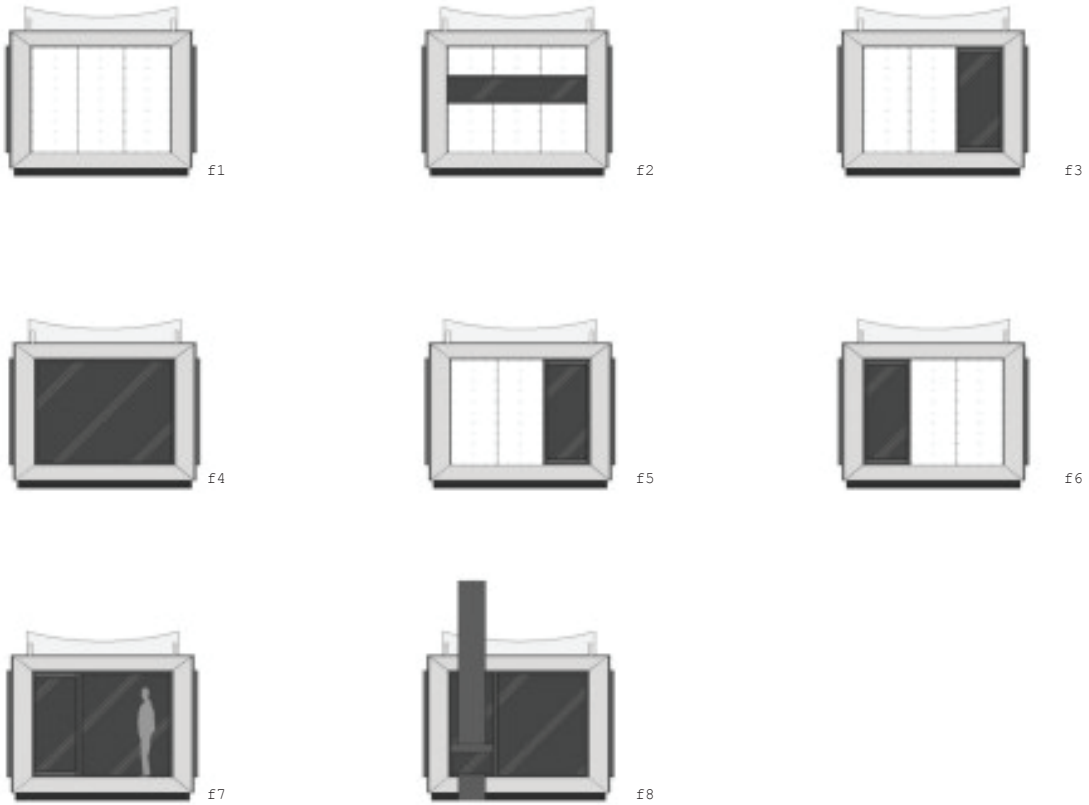


fig.3.7

número siete, pero colocando una chimenea en vez de una puerta corredera que tenía la particularidad que se podía utilizar tanto desde el interior como desde el exterior.

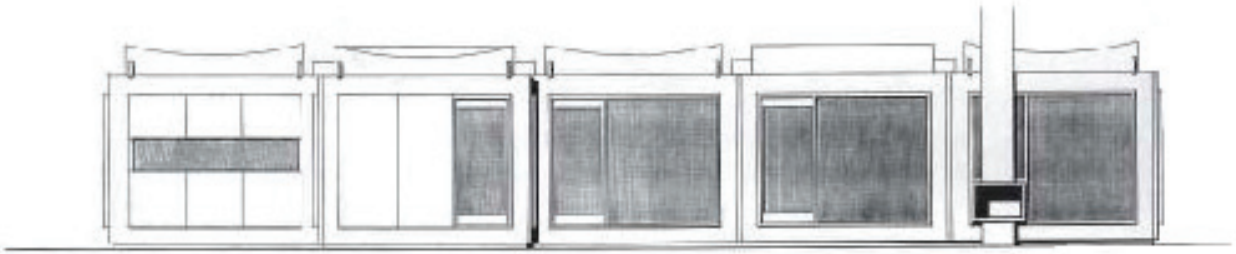
Dichos cerramientos, si el proyecto así lo requiriera, podrían sustituirse por otros o eliminarse para dar la posibilidad de agregar nuevos módulos y así aumentar la superficie de la vivienda. Esta búsqueda de modulación y estandarización de los diferentes elementos favorecía la industrialización y abarataba los costes.

Otra característica es su capacidad de adaptabilidad, no solo al espacio, sino también al tiempo; concepto muy en boga actualmente puesto que la adaptabilidad en el tiempo es sinónimo de sostenibilidad y contrario a la obsolescencia. Temas sobre los que Jacobsen ya reflexionaba con este sistema de vivienda modular. La vivienda adaptable en el tiempo es aquella que asume los cambios en el tiempo y se puede distribuir de otra forma. Adaptabilidad que permite modificar las características de la casa para que ésta se pueda adaptar a la evolución de las formas de vida o a cualquier cambio en el tiempo.

Básicamente, y al contrario de lo que marcan muchos trabajos académicos y alguna de las publicaciones que existen hasta la fecha de la realización de este trabajo de investigación, el sistema de vivienda modular se concibe íntegramente de madera.

La estructura principal es un marco cuadrado de madera laminada encolada y los demás elementos estructurales,

(fig.3.8) Plano original del prototipo en planta y en alzado. Arne Jacobsen. 1969.



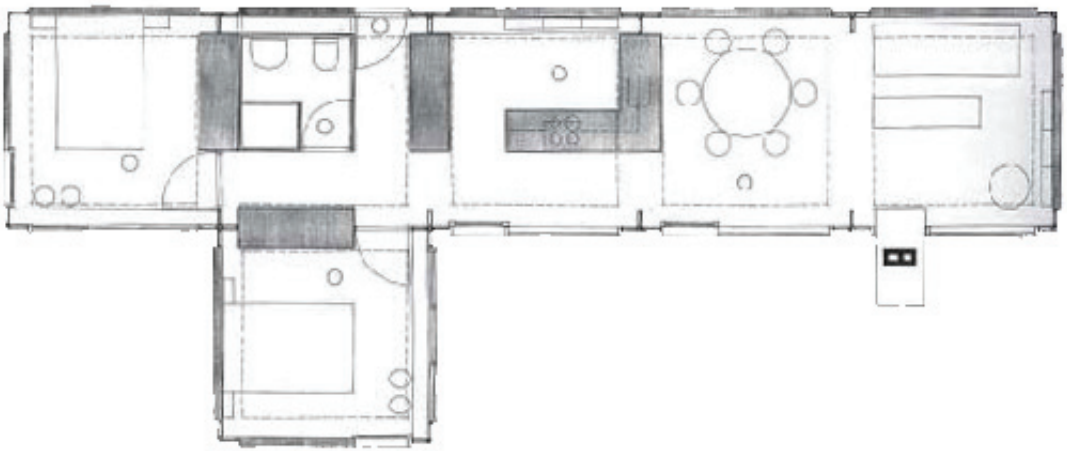
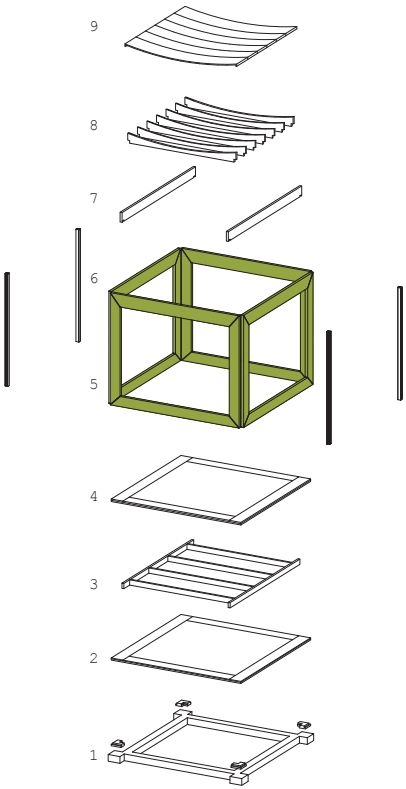


fig.3.8

(fig.3.9)
Axonometría de montaje estructural del módulo. De abajo a arriba:
1. Cimentación
2. Contrachapado inferior forjado sanitario
3. Entramado de vigas forjado sanitario
4. Entarimado superior suelo
5. Marco cerramientos
6. Juntas marcos estructurales
7. Jácenas de madera maciza
8. Vigas de madera
9. Machiembredo de madera contrachapada doblada



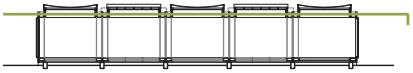
(fig.3.9.)

sean vigas o montantes de fachada, de madera maciza. Las carpinterías, las piezas de remate, los junquillos, y los elementos de soporte auxiliar montantes de soporte fachada entre otros muchos, están realizados en madera. Los plafones y divisiones están realizados con madera contrachapada: tablero marino. La mayoría de los elementos del módulo son de diferentes tipos de madera. La madera era el material utilizado por la cultura constructiva escandinava en ese tipo de construcciones.

Estructuralmente, sobre los marcos de la estructura principal descansan dos forjados unidireccionales que generan el forjado del suelo y el de la cubierta tal y como se ve en la axonometría (fig.3.9). La secuencia agregativa estructural, se realiza cambiando la dirección del forjado unidireccional tal y como se ve en el esquema estructural(fig.3.10); no solamente por un tema de arriostramiento y trabado estructural de los forjados sino porque de este modo evita doblar la estructura del marco principal en la unión de dos módulos, pues nunca dos módulos contiguos tienen los forjados cargando sobre el mismo marco.

Toda la estructura descansa sobre unos dados de hormigón armado en forma de zapatas aisladas que se encuentran unidas por riostras retrasadas del plano de fachada para conseguir una sombra que aligere el contacto del sistema con el suelo.

Las cubiertas se solucionan mediante un elemento cuadrado en planta que deja un canal de recogida de aguas a su



(fig.3.10)Esquema secuencia estructural agregativa. Prototipo 1970.

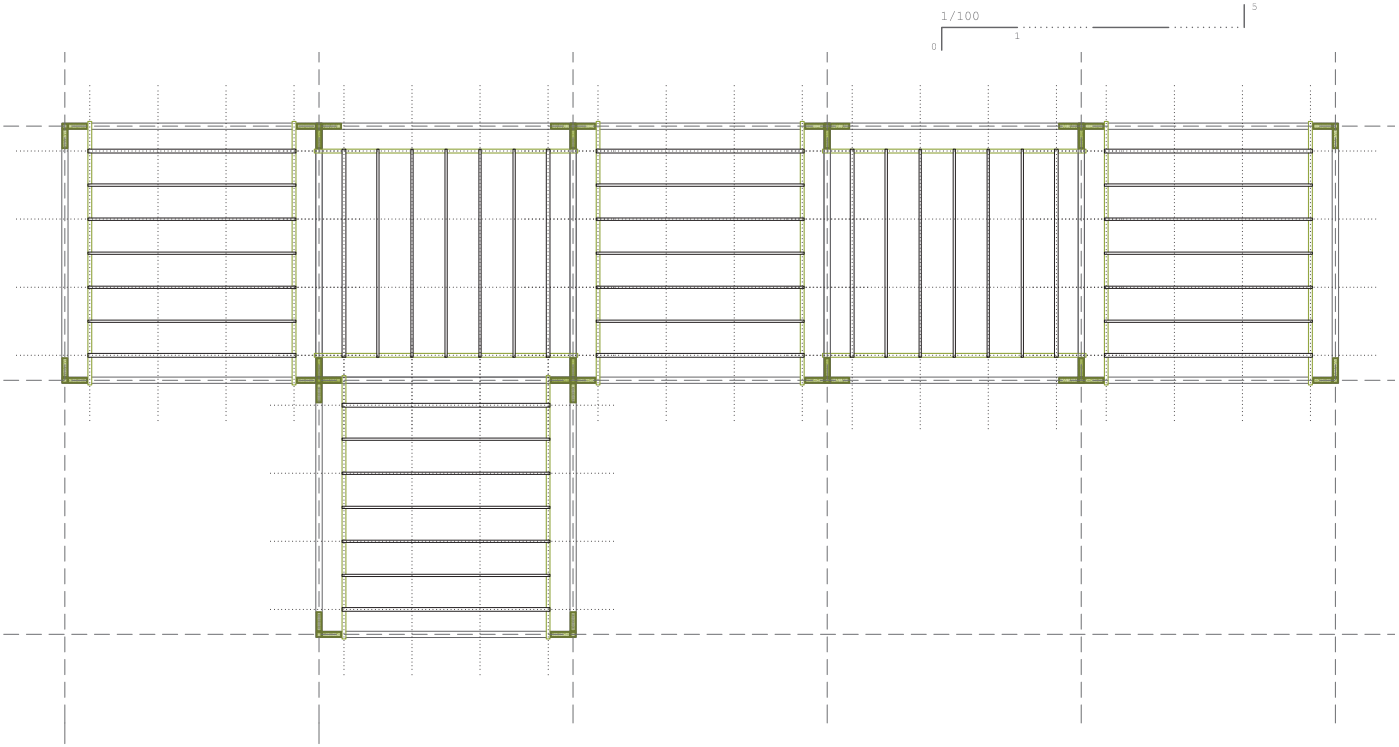


fig.3.11 Imagen cubierta cóncava

fig.3.12 Imagen canal perimetral de recogida de aguas

fig.3.11

fig.3.12

alrededor. Dicho elemento de cubierta tiene una superficie cóncava cilíndrica en su parte superior, que recuerda a ciertas arquitecturas asiáticas y que la utiliza para darle cierta ligereza al sistema modular, evitando la monotonía que producen este tipo de agregaciones modulares en un edificio. Esta cubierta cóncava (fig.3.11) recoge las aguas en su parte inferior y sin pendiente aparente la deja caer por ambos lados a los canalones perimetrales.

Todos los canalones (fig.3.12) de los módulos, tienen una pendiente mínima y se encuentran conectados compartiendo un único sumidero situado encima de la cocina. El desagüe pluvial conecta verticalmente con el falso techo y recorre dos módulos; de cocina primero y de baño después para salir a conectar con la red de saneamiento.

Aunque el material principal de construcción es madera, producto de la costumbre constructiva de ese tipo de casas vacacionales, Jacobsen consigue que las texturas alejen la percepción formal del módulo respecto a estas; el aspecto general del sistema, gracias a la imprimación que aplica a todos los elementos de fachada con un color verde oliva (en su origen), es casi metálico o plástico, más cercano a materiales modernos que a los materiales utilizados en la cultura constructiva danesa. (ver anejo II)

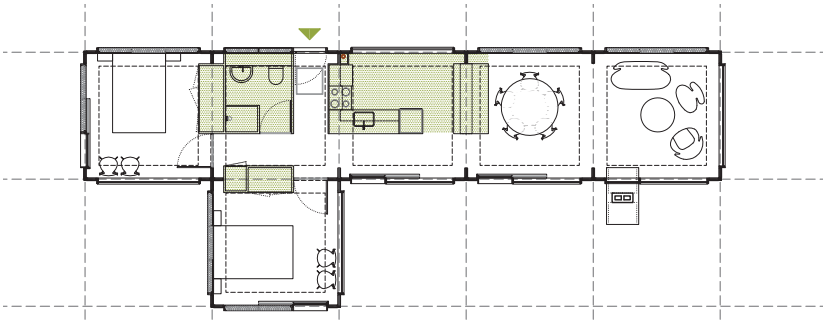
Interiormente las lineas son austeras, propias de arquitecturas escandinavas, y se encuentran la mayor parte de los objetos y mobiliario que Jacobsen había diseñado hasta entonces. (ver anejo II)

3.3. Análisis de las posibles agregativas del sistema Distribución agregativa.

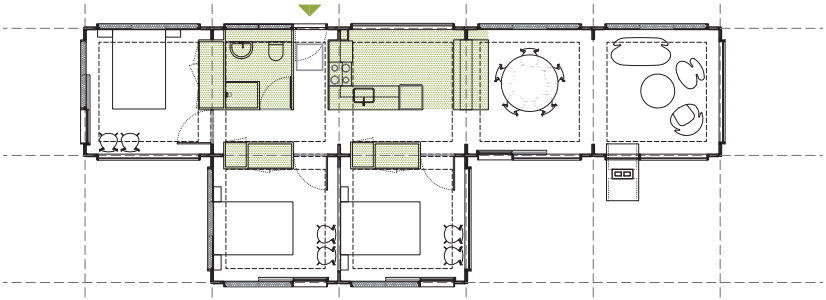
Distribución agregativa es la forma que utiliza el sistema para combinarse y generar distribuciones diferentes. La distribución crece añadiendo módulos. La distribución mínima sería aquella que tiene cuatro módulos: uno de estar-comedor, uno de cocina, uno de baño-distribuidor y un módulo habitación (fig.k4). A partir de aquí a medida que se agregan módulos la vivienda crece por ejemplo separando en estar y comedor en dos módulos (fig.k5), y a partir de ahí agregando más piezas de noche según el número de personas que la vayan a habitar.

k4. Ejemplo de distribución con 4 módulos. Vivienda mínima del sistema según el estudio realizado en el presente trabajo de investigación al respecto de las posibilidades de asociación entre módulos.

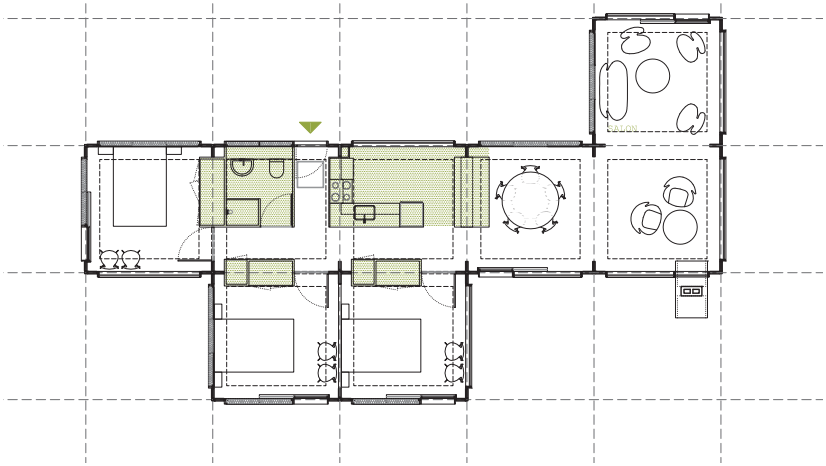
k5. Ejemplo de distribución con 5 módulos, ampliando la zona de día a partir de k4.



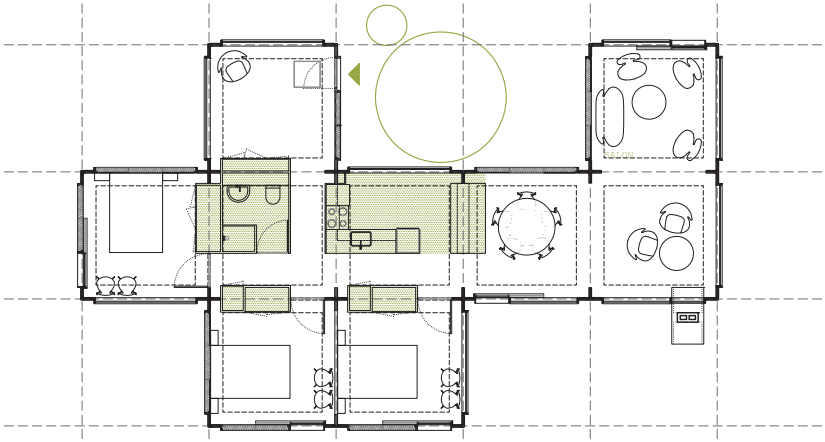
k6. Ejemplo de distribución con 6 módulos. Coincidente con el prototipo primero que realizó Jacobsen en 1970. Dos habitaciones dobles.



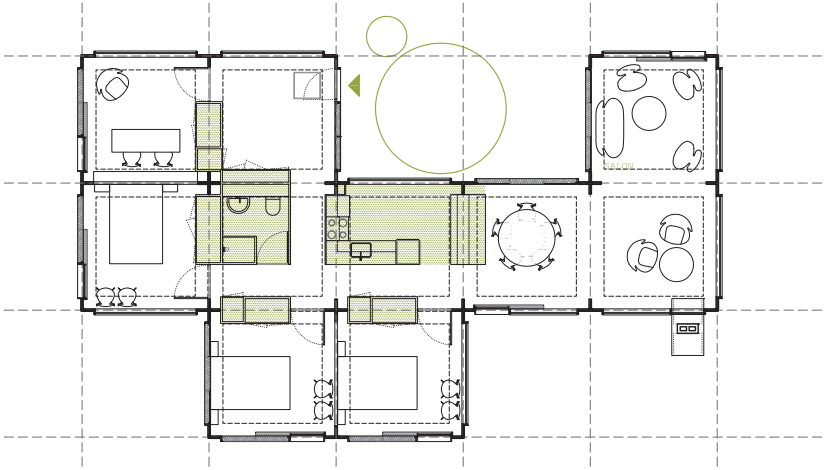
k7. Ejemplo de distribución con 7 módulos. tres habitaciones dobles compartiendo un baño. Típica distribución nórdica de casa de campo.



k8. Ejemplo de distribución con 8 módulos. Igual que k7 la zona de día que quedaba algo estrecha para tres habitaciones dobles.



k9. Ejemplo de distribución con 9 módulos. Igual que k8 pero ampliando la zona de recibidor y generando espacio exterior en forma de patio.



k10. Ejemplo de distribución con 9 módulos. Igual que k9 pero añadiendo un espacio polivalente o sala de estudio.

En las plantas anteriores se puede ver una serie de distribuciones que se han dibujado con los módulos existentes en el sistema y que ejemplificar la capacidad de crecimiento del mismo. Se podría ir ampliando la distribución adaptándola a las necesidades del lugar y del propietario. La distribución agregativa es la forma que tiene el sistema para crecer en tamaño las propuestas; resulta fácil y sencillo hacer crecer la vivienda en adaptándola a los cambios en el tiempo. Es por lo tanto un sistema abierto y flexible.

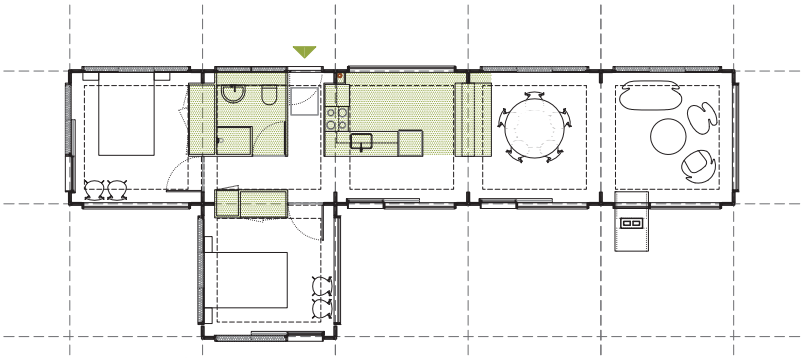
3.4. Análisis de la capacidad combinatoria de los módulos. Distribución flexible.

La capacidad de generar diferentes distribuciones con un mismo número y tipo de módulos es una de las características del sistema Kubeflex. La flexibilidad y la capacidad de transformación del Kubeflex queda patente en las numerosas combinaciones de distribución que el sistema puede asumir.

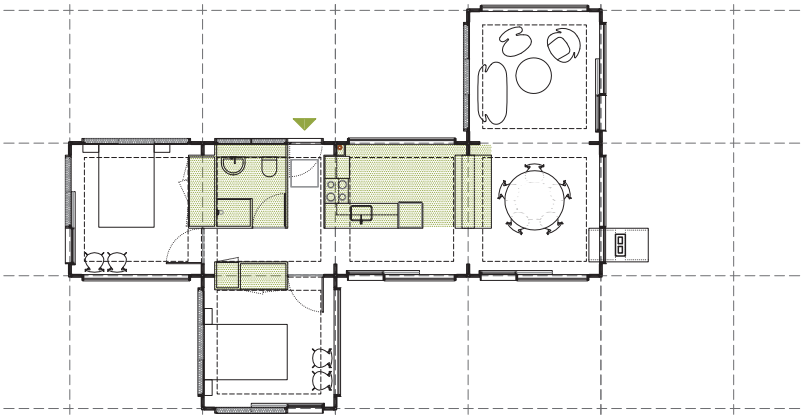
Se han dibujado las opciones distributivas del sistema, mediante un estudio complejo de combinaciones que analiza las posibles tipologías distributivas con el mismo número y tipo de módulos. El punto de partida ha sido la distribución que tiene el prototipo construido para la feria de Archibo en 1970; el mismo que se encuentra actualmente en el museo Trampholt.

Los resultados que se recogen del análisis con distribución de los 6 módulos, es que de las 4096 combinaciones posibles, pues son 6 módulos con cuatro caras por donde se pueden asociar, tienen sentido constructivo, según la distribución que Jacobsen pensó para cada uno, 219 tipologías. Número muy elevado aunque posiblemente no todas sean interesantes desde el punto de vista de proyecto.

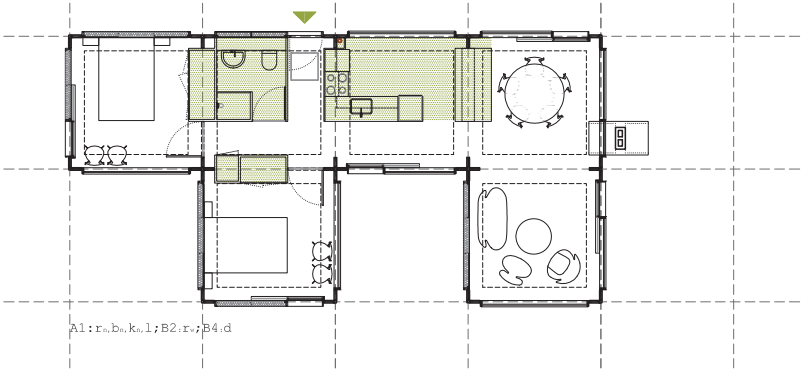
Si analizamos estas 219 y descartamos todas aquellas que tienen defectos en la lógica distributiva nos quedan 83 tipologías. Lo cual sigue siendo un número muy elevado y que demuestra la capacidad del sistema. A continuación se muestran algunas de las distribuciones que lo ejemplarizan. (ver anejo I. Estudio completo)



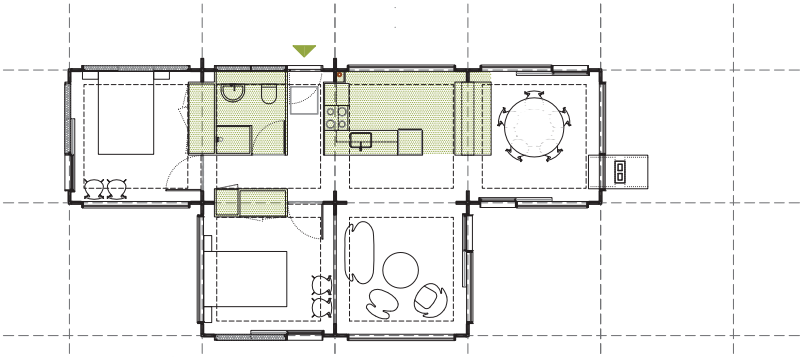
A1:r_m,b_m,k_m,d,l;B2:r_w



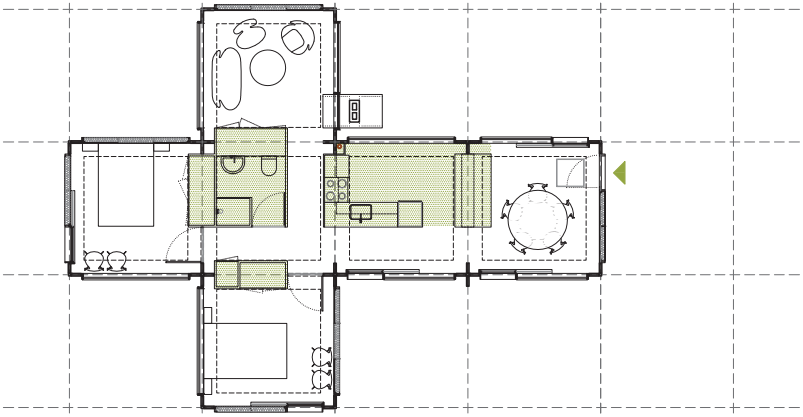
A4:d;B1:r_m,b_m,k_m,l;C2:r_w



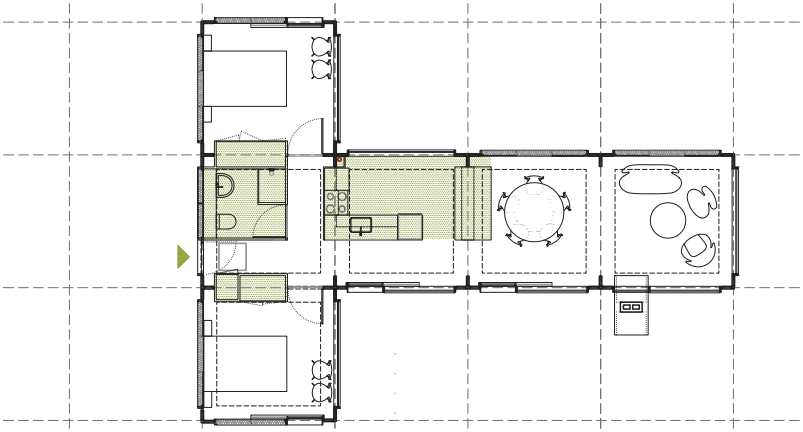
A1:r_m,b_m,k_m,l;B2:r_w;B4:d



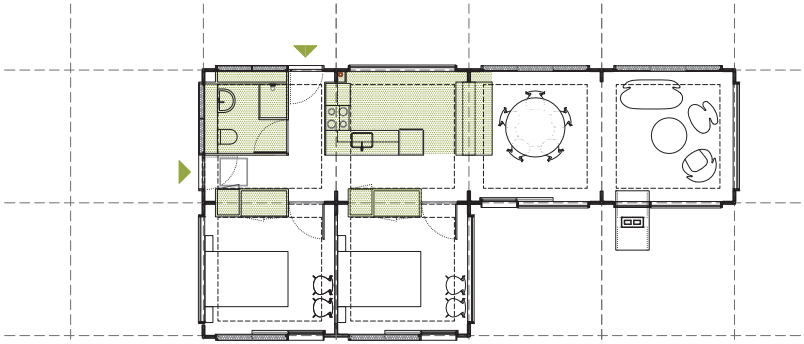
A1:r_m,b_m,k_m,l;B2:r_w,d



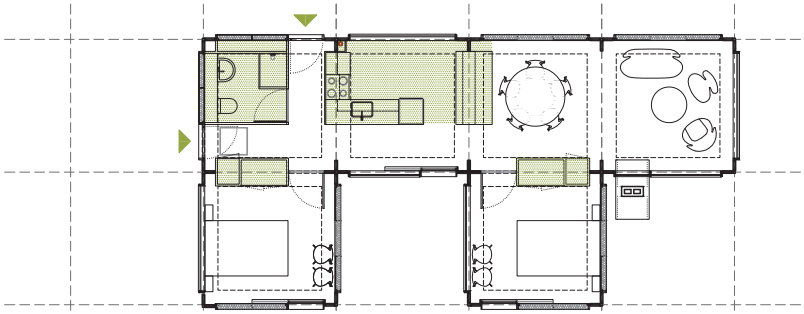
A2:d;B1:r_m,b_m,k_m,l;C2:r_w



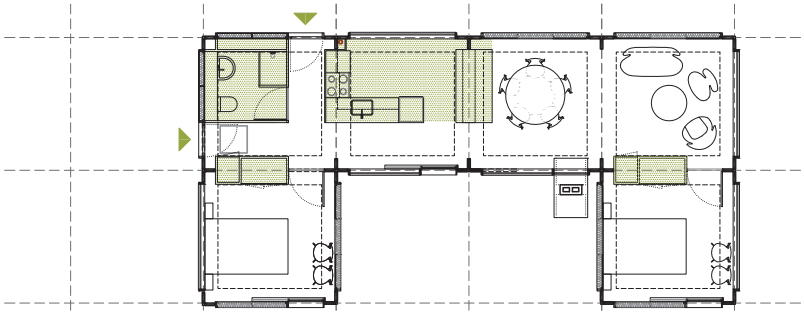
A1:r_w;B1:b_m,k_m,l,d;C1:r_w



A1:b_n,k_n,l,d;B1:r_e,r_w



A1:b_n,k_n,l,d;B1:r_w;B3:r_e



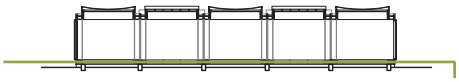
A1:b_n,k_n,l,d;B1:r_w;B4:r_e

3.5. Levantamiento de planos del prototipo y detalles constructivos.
Escalas 1/100, 1/50, 1/20, 1/10.
Axonometrías de montaje.

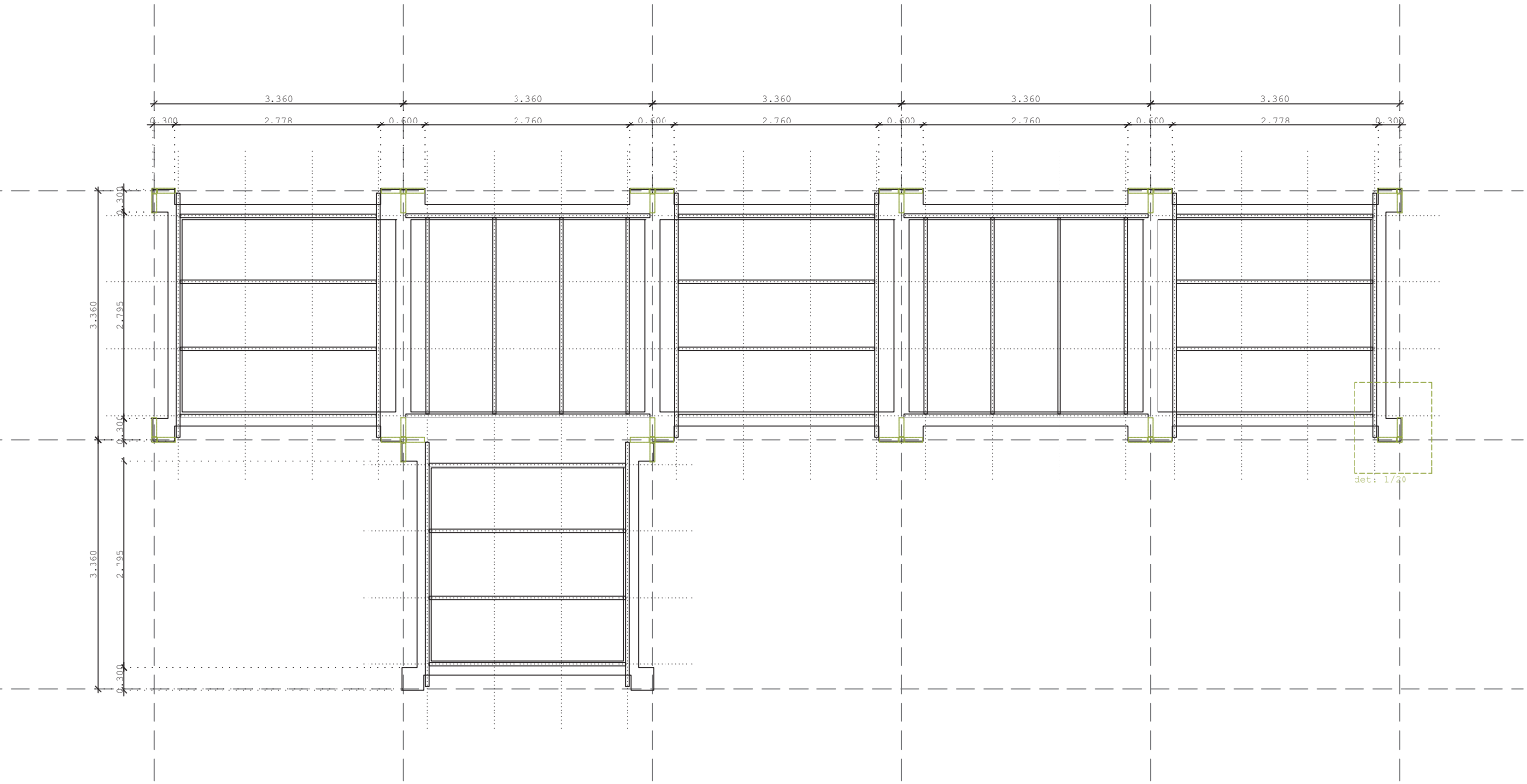
Debido a la poca información que había dibujada en planos sobre los detalles constructivos del sistema en el momento en el que se inició el trabajo de investigación, y las numerosas contradicciones de los documentos de análisis que se encontraron, se ha realizado un levantamiento exhaustivo de planos analizando cada esquina del prototipo situado el Museo Trapholt de la ciudad danesa de Kolding.

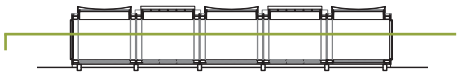
La información que muestran los planos a continuación está contrastada mediante las mediciones y los croquis tomados in situ, solamente una muy pequeña parte son interpretaciones que se han hecho a partir de indicios; lo que quiere decir que los elementos internos que conforman los plafones sándwich de fachada o bien algunos ristreles de soporte de elementos internos de los forjados o pasos de instalaciones tienen medidas aproximadas o pueden no tener exactamente la proporción original. En cualquier caso se ha aplicado el sentido común y la experiencia constructiva para dicha interpretación.

Es importante remarcar que se han encontrado ciertas anomalías constructivas intermitentes en los módulos; impropias del nivel de detalle de la arquitectura de Arne Jacobsen, por lo que se han obviado. Uno de los motivos de estas anomalías, incluso de algunas diferencias entre mismas distancias de un módulo a otro, puede ser el hecho de que el prototipo ha sido trasladado 2 veces de lugar. En 1971 de la feria de Archibo al lugar de veraneo de Arne Jacobsen, y en 2005 al museo donde ahora se encuentra; esta segunda sin la presencia del arquitecto.



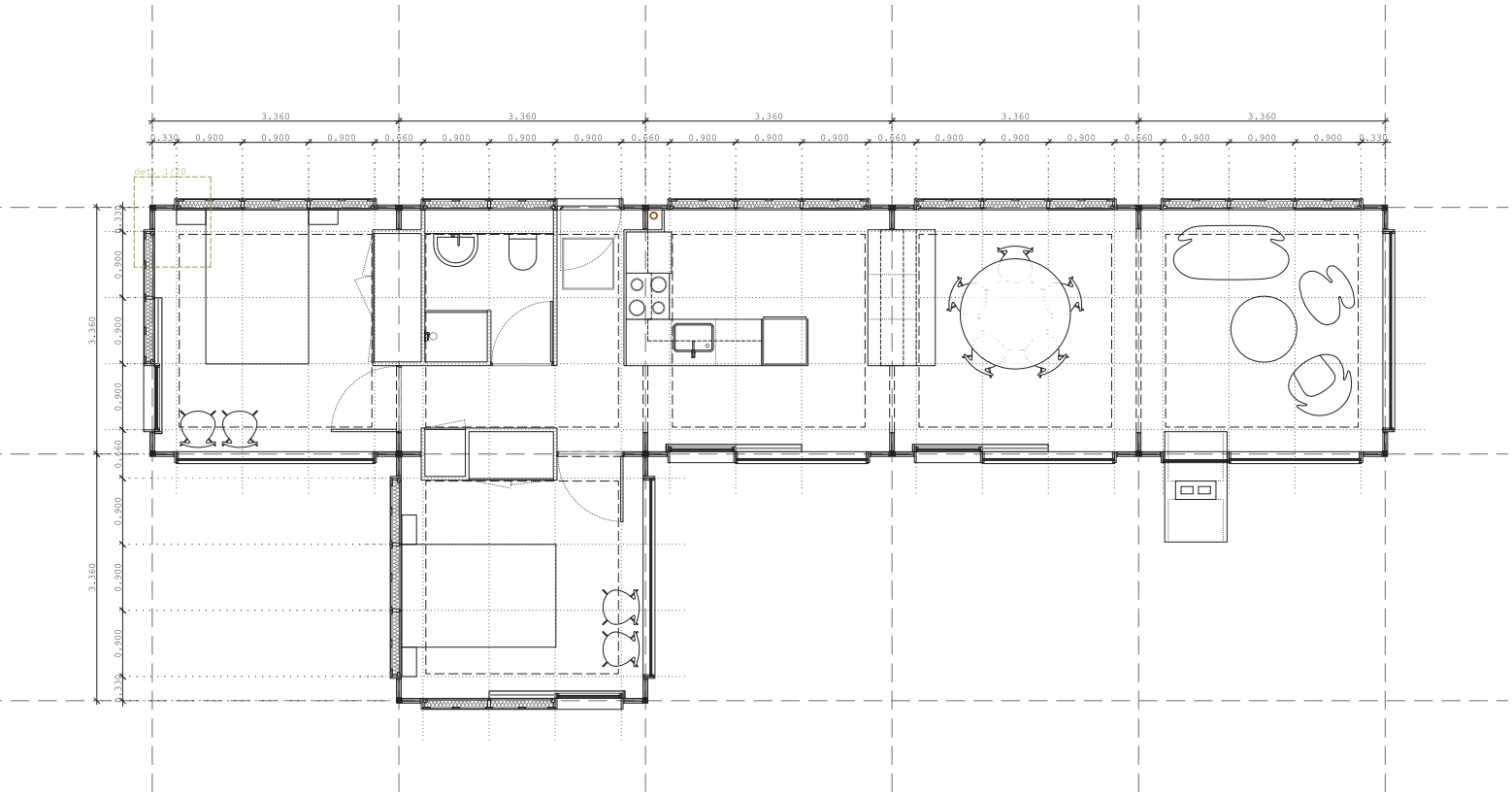
Planta de cimentación

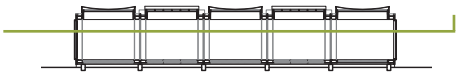




Planta de distribución

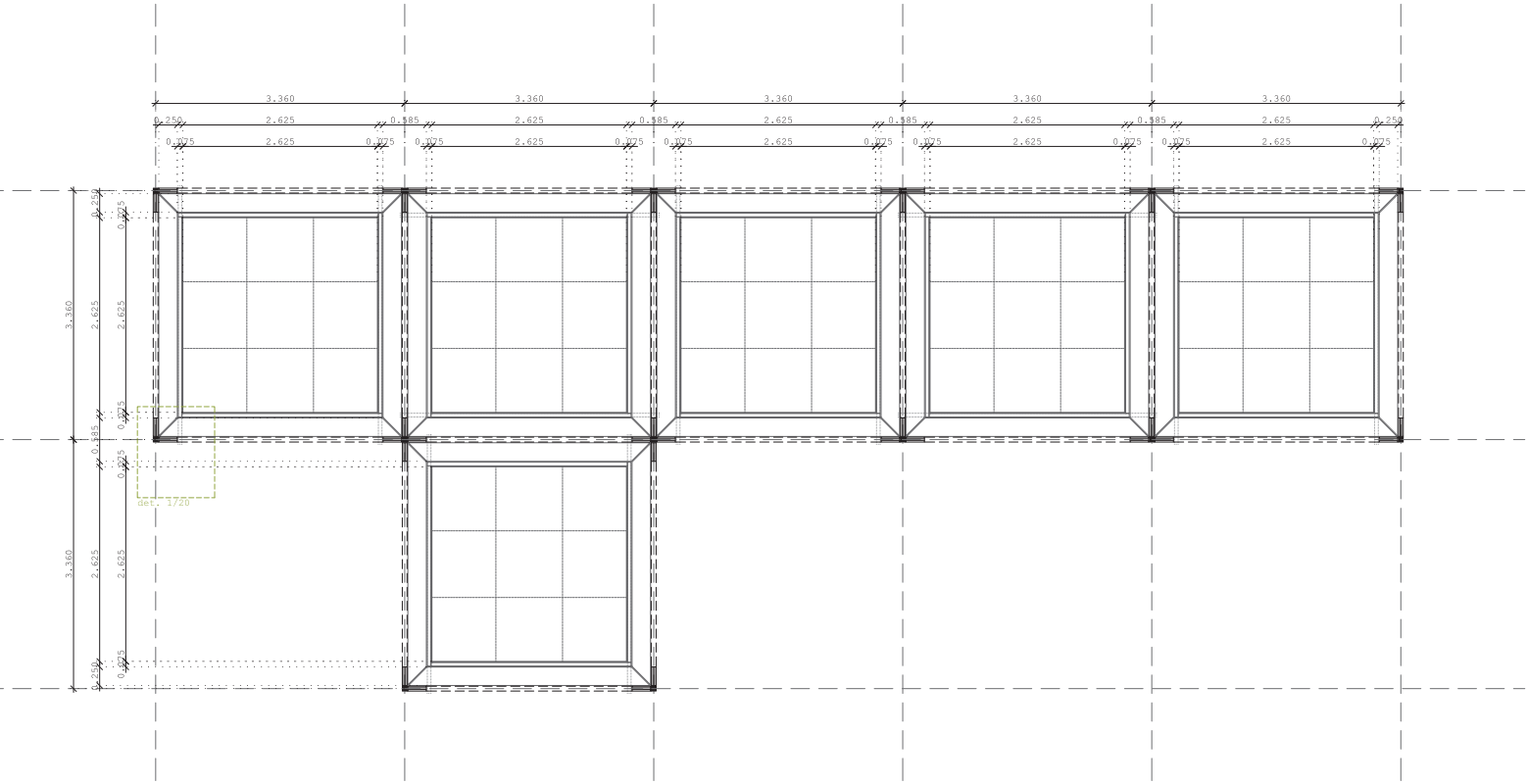
0 1 1/100 5

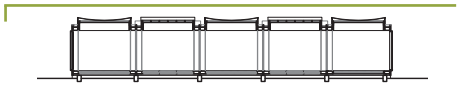




Planta Cenital

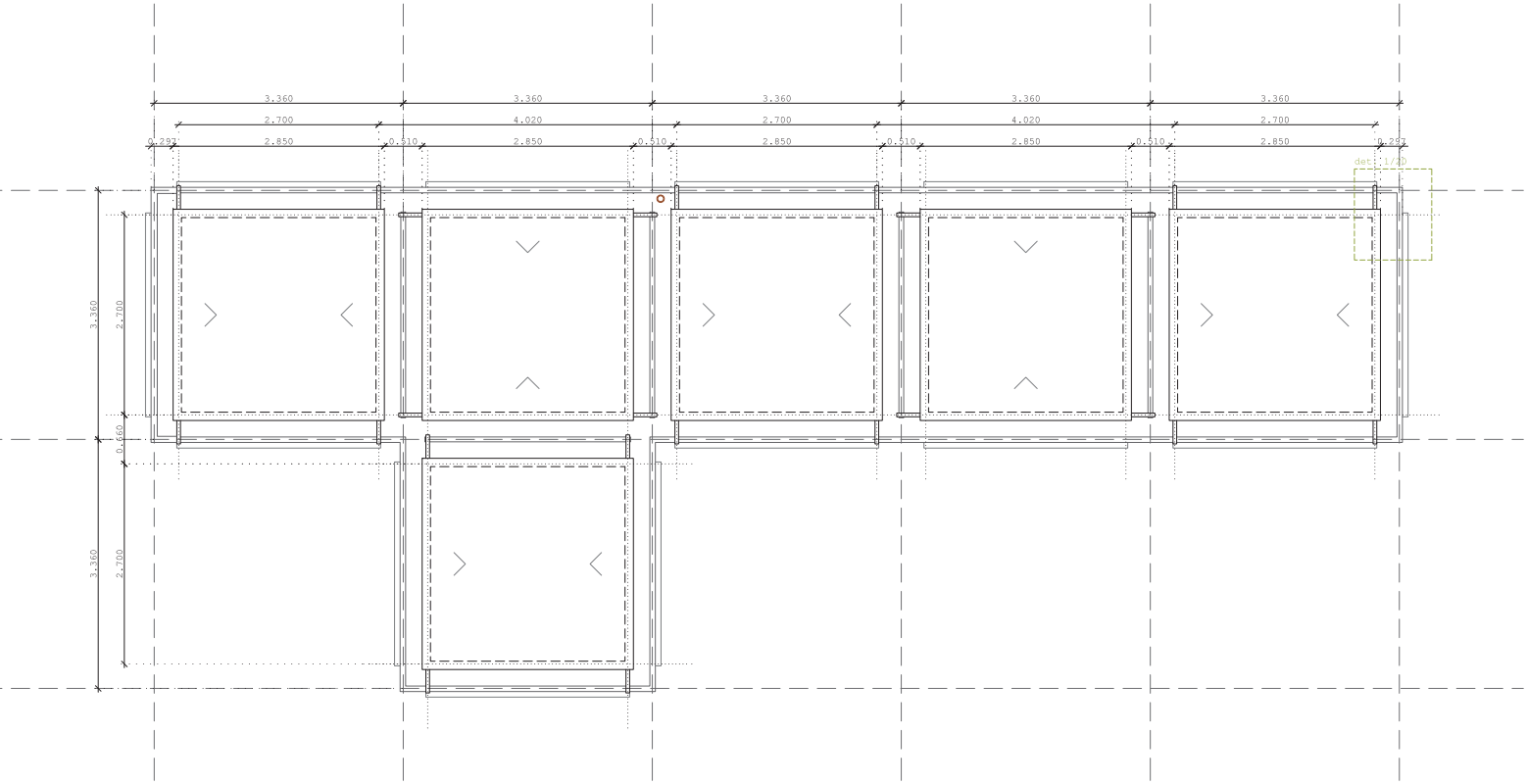
1/100

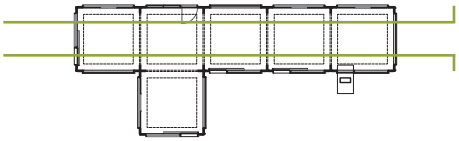




Planta Cubierta

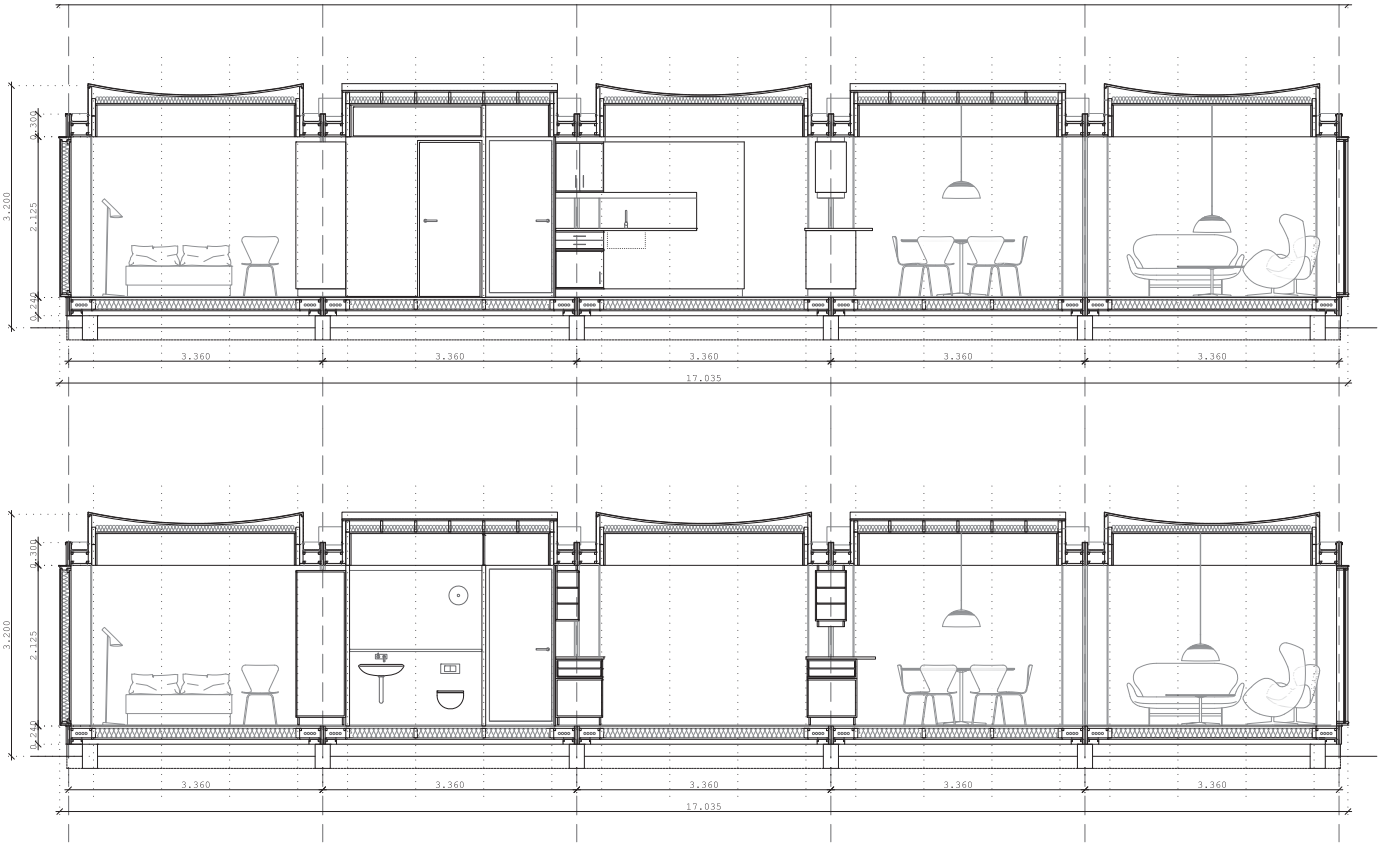
1/100

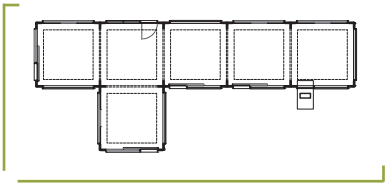




Secciones longitudinales

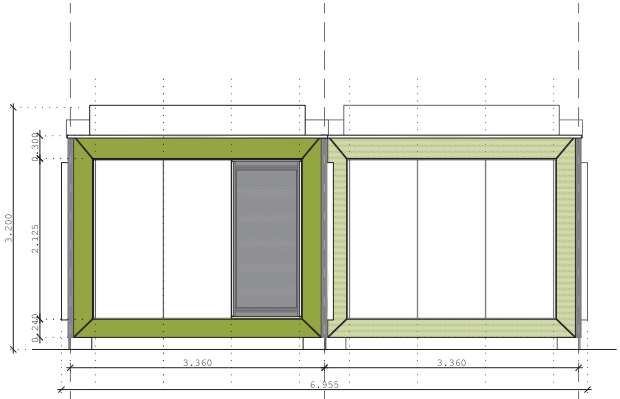
1/100

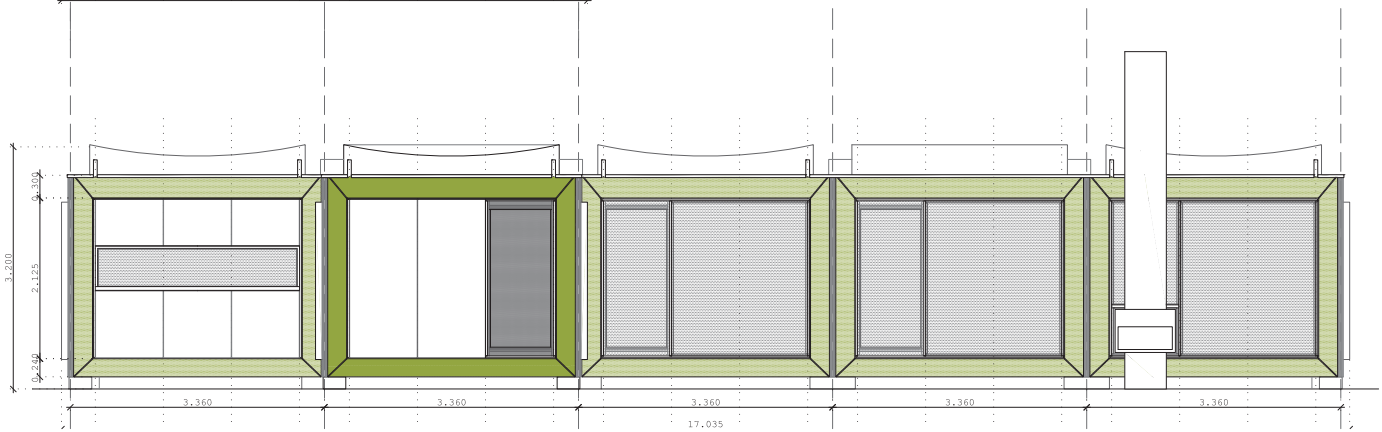


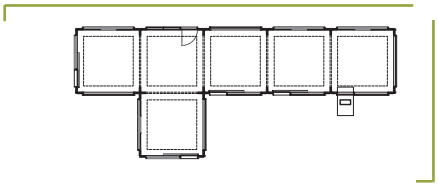


Alzados generales

0 1 1/100 5

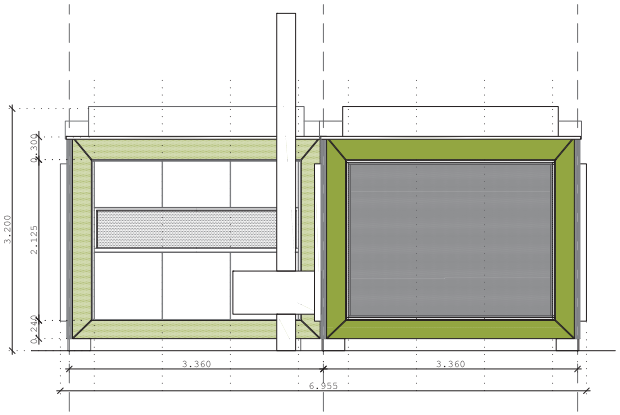


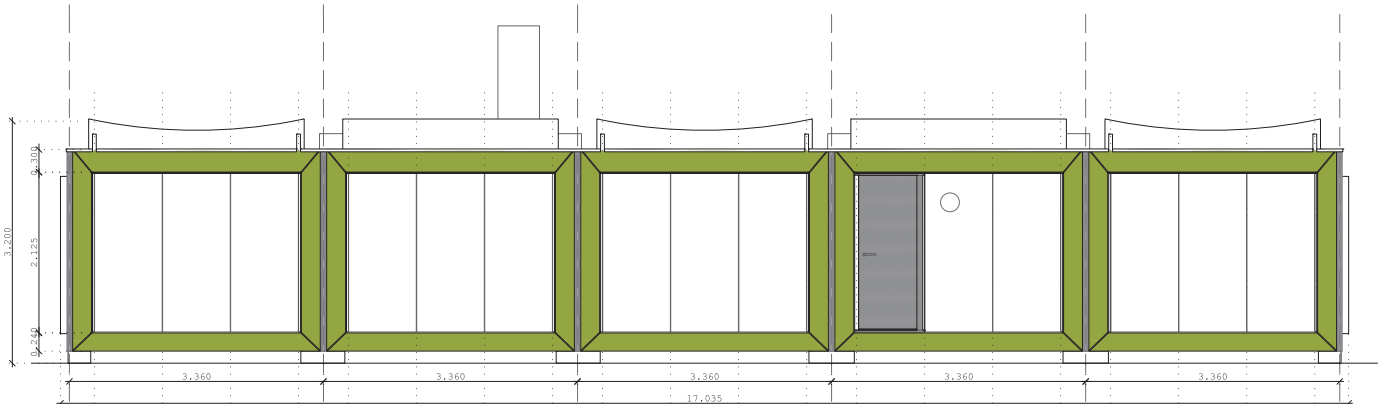




Secciones generales

1/100



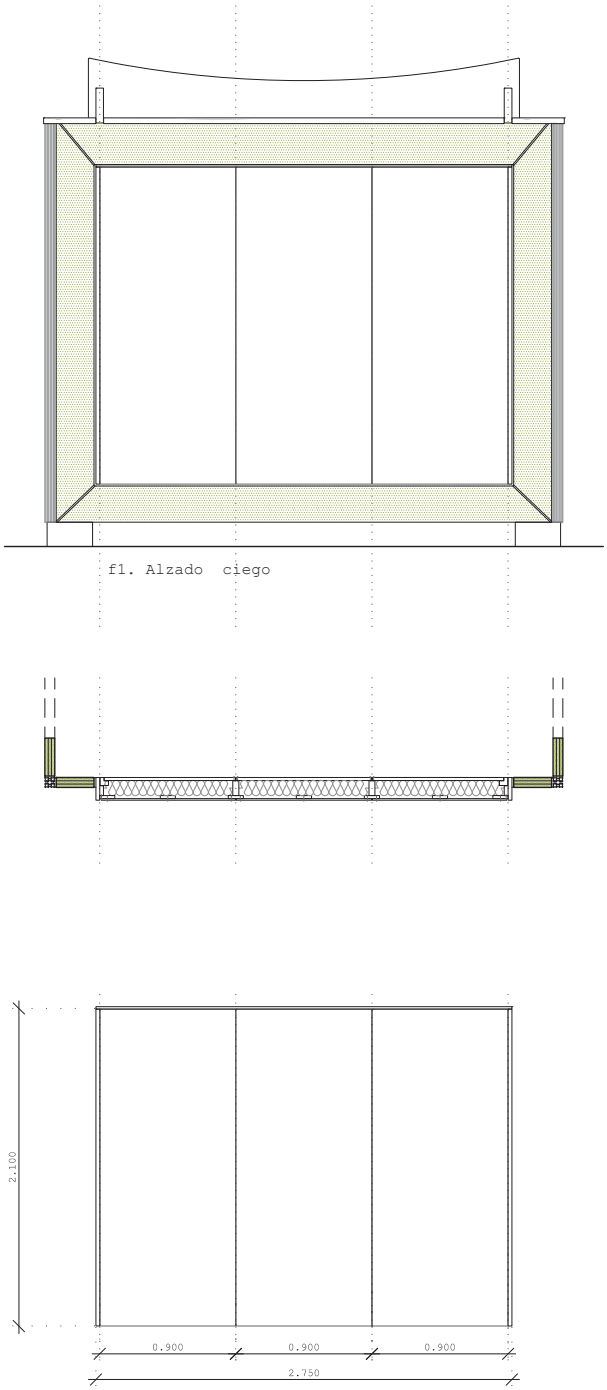


Planilla de cerramientos.

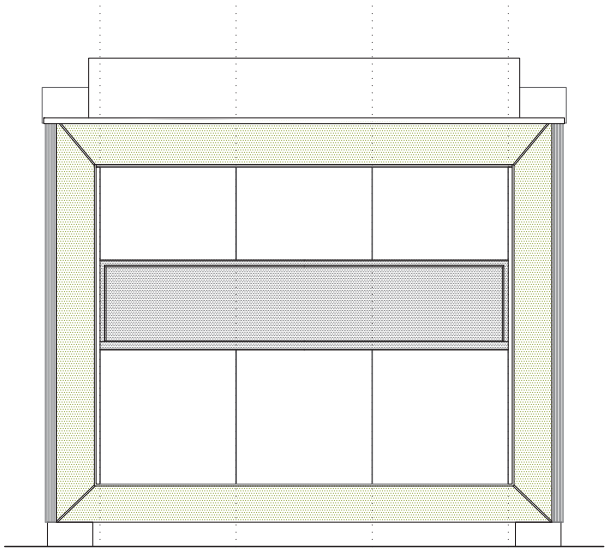
El módulo que componía el sistema, contaba con una cubierta plana independiente y con un marco estructural de madera laminada que admitía circunscribir siete cerramientos diferentes de fachada(fig.3.7). Tal y como se muestra en los planos originales de la empresa que los comercializaba se podían encontrar:

F1. Fachada completamente ciega.
F2. Fachada parcialmente ciega con una apertura vertical.
F3. Fachada con puerta corredera de cristal y carpintería de madera.
F4. Fachada totalmente abierta mediante un cristal fijo que abarcaba todo el hueco del marco estructural de madera.
F5. Fachada que contenía la puerta de acceso a la vivienda
F6. Fachada que vendría a ser igual que el 3 y el 5 pero con su simetría.
F7. Fachada que combinaba un vidrio fijo con una carpintería corredera de vidrio.
F8. Fachada de con el mismo vidrio fijo que la fachada número siete, pero colocando una chimenea en vez de una puerta corredera que tenía la particularidad que se podía utilizar tanto desde el interior como desde el exterior.

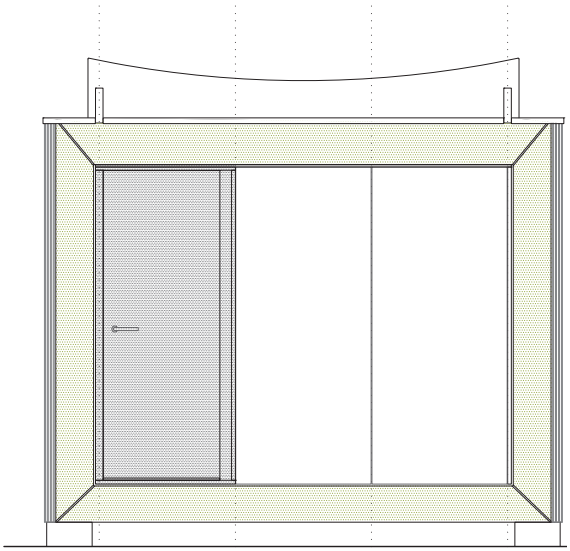
Dichos cerramientos, si el proyecto así lo requiriera, podrían sustituirse por otros o eliminarse para dar la posibilidad de agregar nuevos módulos y así aumentar la superficie de la vivienda. Esta búsqueda de modulación y estandarización de los diferentes elementos favorecía la industrialización y abarataba los costes.



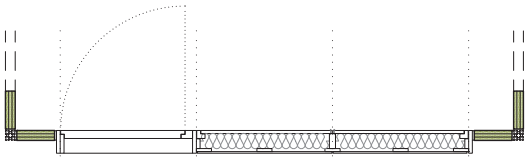
f1. Alzado ciego

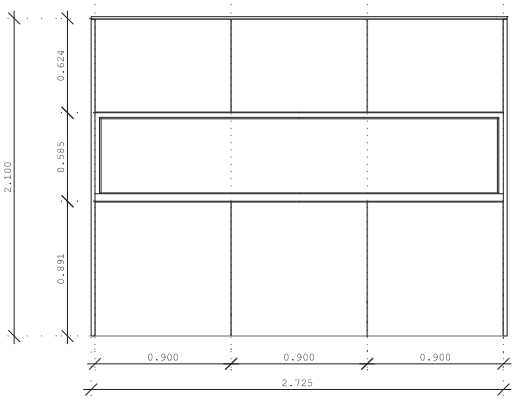


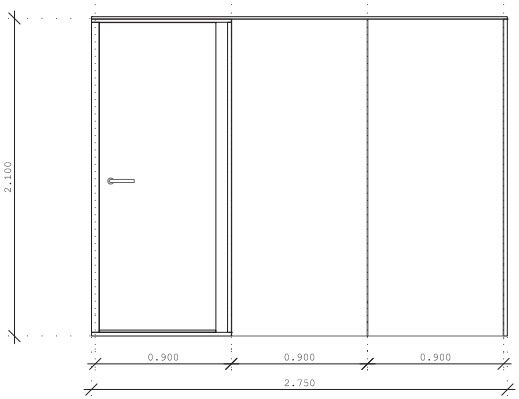
f2. Ventana corrida

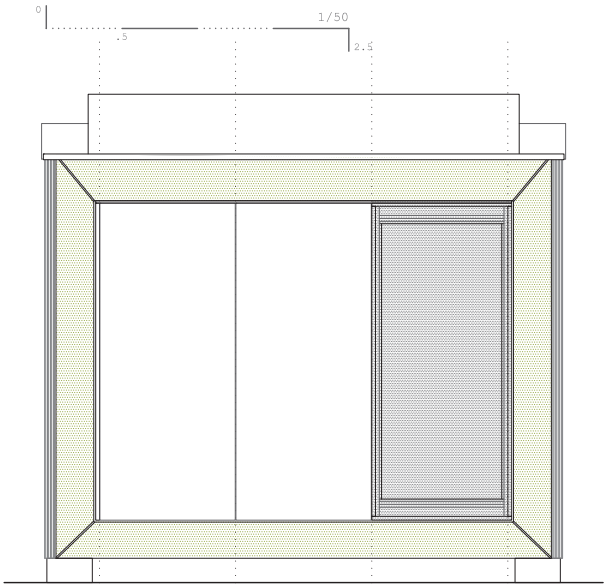


f3. Puerta de accuso

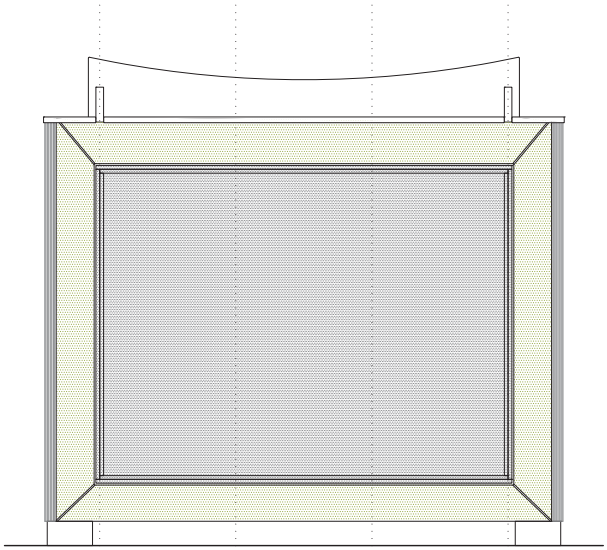




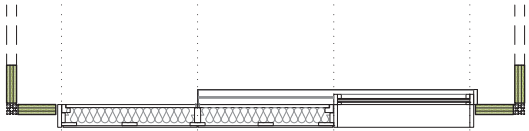


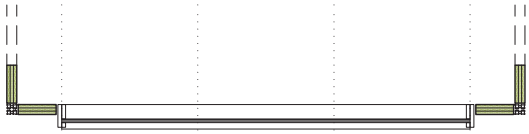


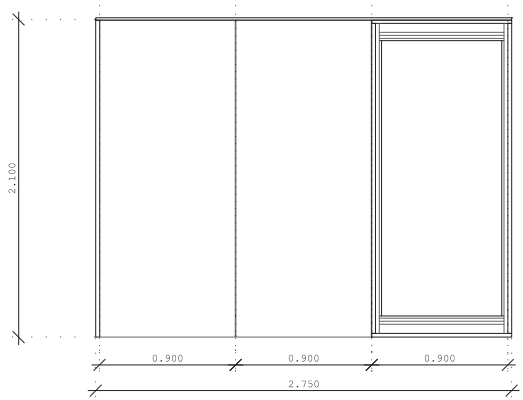
f4. Alzado balconera

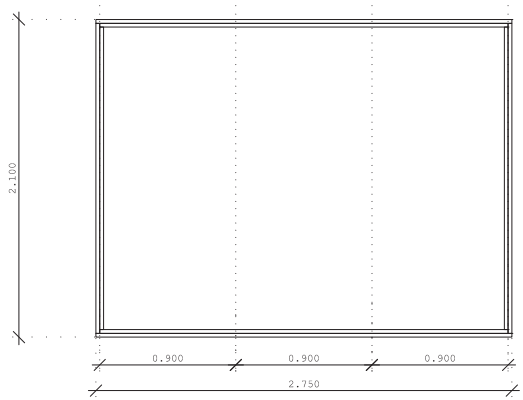


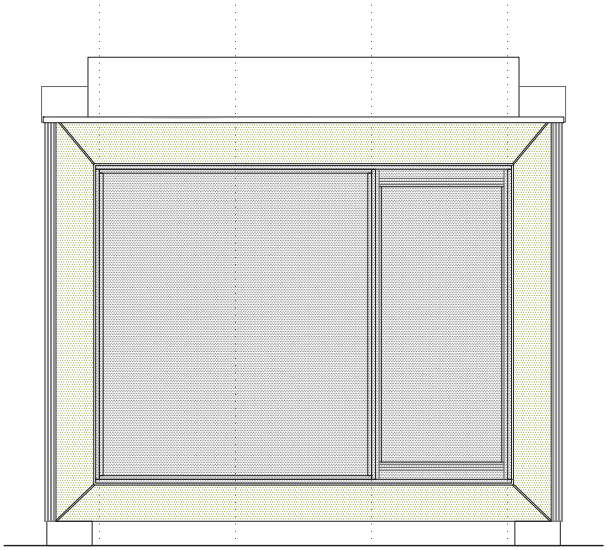
f5. Alzado carpinería vidrio fijo.



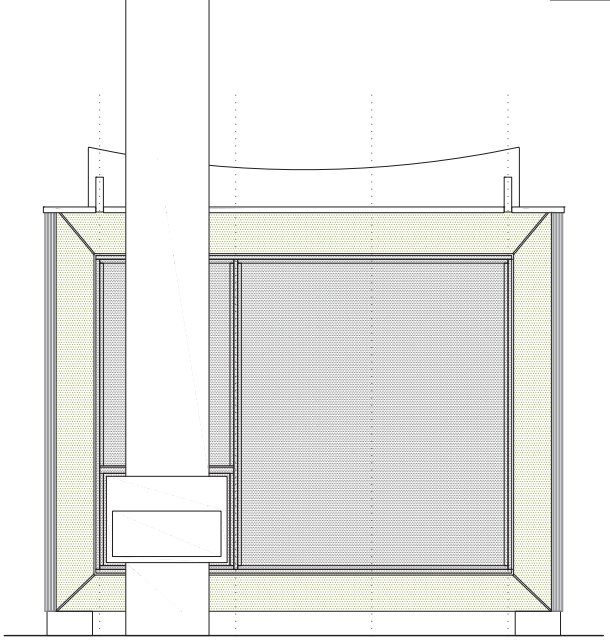




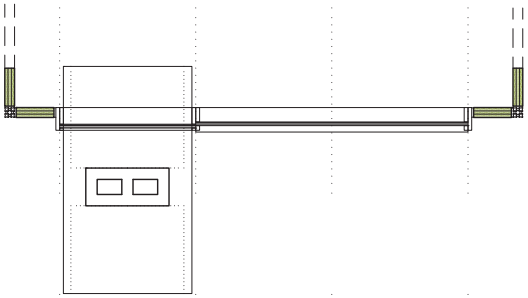


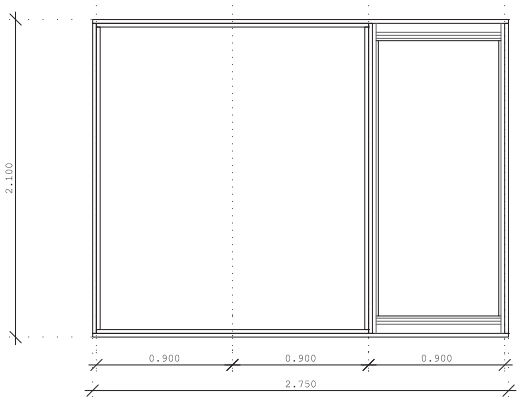


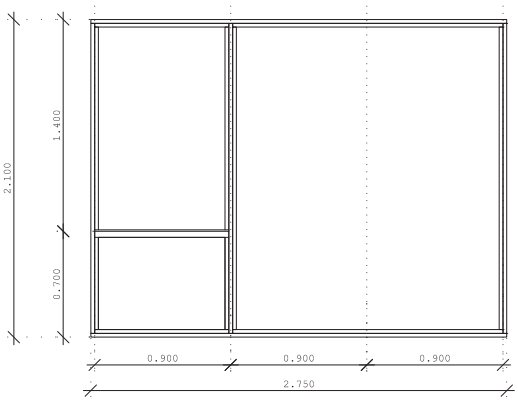
f6. Alzado vidrio fijo y balconera



f7. Alzado vidrio fijo y chimenea

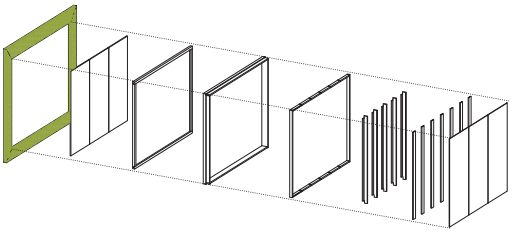




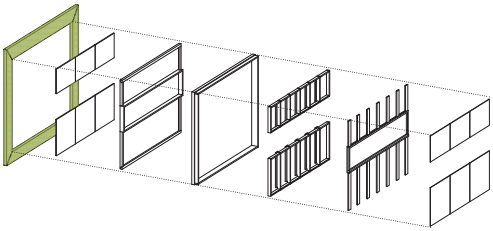


Axonometrías despiece carpinterías según modelos diseñados en el prototipo.

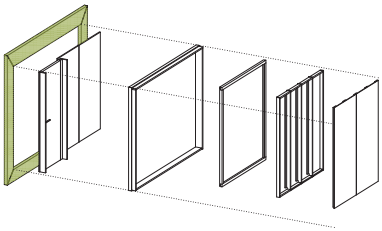
f1. Alzado ciego



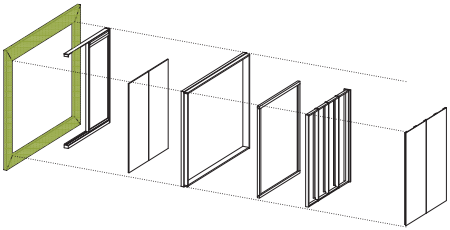
f2. Ventana corrida



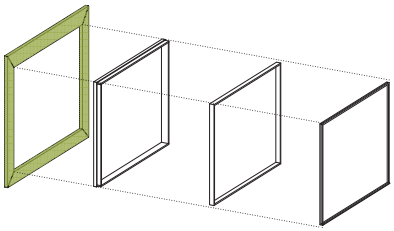
f3. Puerta de acceso



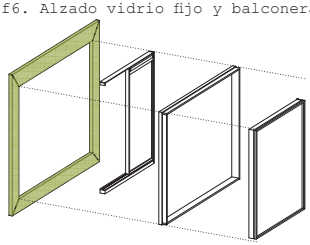
f4. Alzado balconera



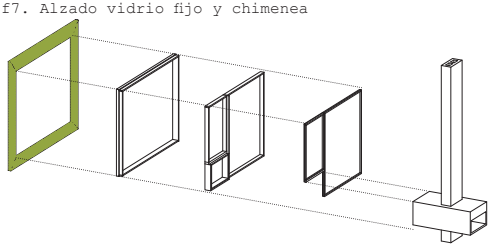
f5. Alzado carpinería vidrio fijo.

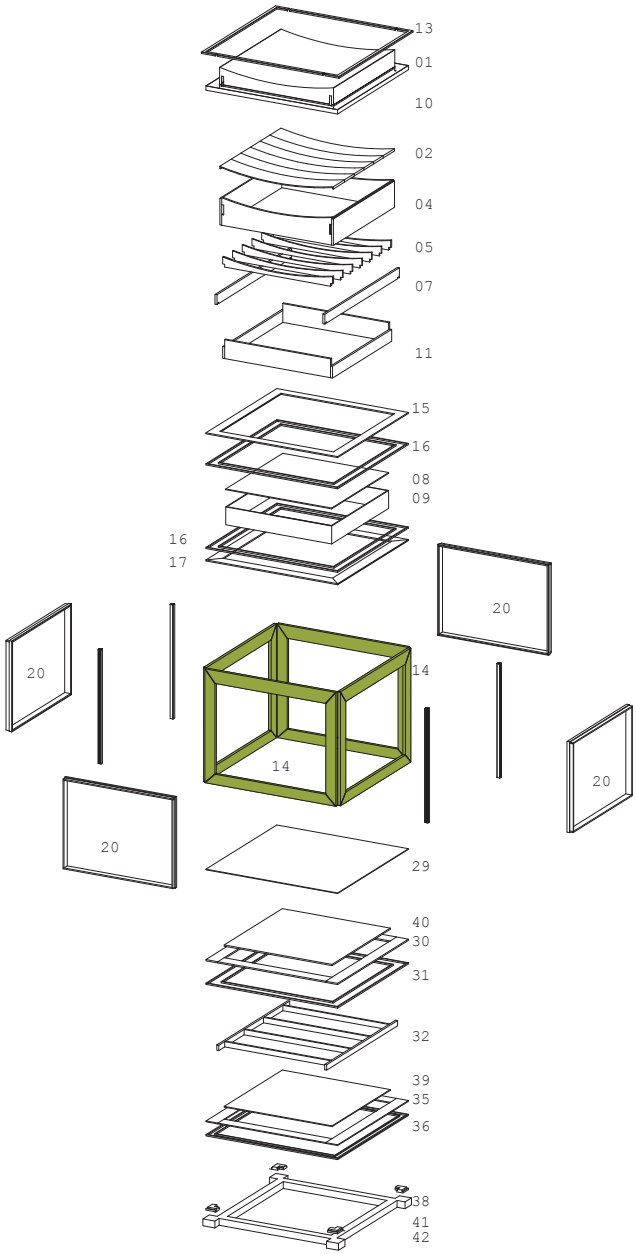


f6. Alzado vidrio fijo y balconera



f7. Alzado vidrio fijo y chimenea





Axonometría completa del montaje constructivo un módulo.

Leyenda

01. Pintura impermeabilizante de caucho.
02. Tableros contrachapados doblados y machihembrados.
03. Listón de madera maciza junta cubierta.
04. Cámara ventilada de cubierta
05. Cajón de madera contrachapada. Caja cubierta.
06. Aislamiento térmico cubierta.
07. Jácena principal estructura forjado cubierta.
08. Falso techo de escayola.
09. Acabado interior caja de cubierta.
10. Perfil de PVC para remate lámina de PVC.
11. Estructura interior cajón de madera maciza.
12. Lámina de PVC. Impermeabilización canal.
13. Chapa metálica en U. Protección estructural principal.
14. Marco estructural principal de madera laminada.
15. Tablero contrachapado soporte canal de desagüe.
16. Ristreles de madera. Unión cajón instalaciones sup.
17. Tablero contrachapado. Acabado int. pintado en blanco.
18. Chapa metálica en L. Protección marco cerramientos.
19. Junta de silicona estructural. e=5
20. Marco rectangular de madera maciza. Soporte cerramientos. 150 x 30
21. Junquillo exterior de madera de 20 x 15
22. Marco interior carpintería cristal fijo. 100 x 20
23. Vidrio cámara.
24. Escupidos de madera carpintería vidrio fijo.
25. Marco interior carpintería cristal fijo. 100 x 20
26. Marco rectangular 150 x 30. Madera maciza. Soporte cerramientos.
27. Junta de silicona estructural. e=5
28. Tapajuntas inferior entre marco cerramientos y marco estructural.
29. Pavimento de moqueta gris.
30. Tapa de registro instalaciones. Tablero de madera contrachapada. Espesor 3 cm.
31. Ristreles de madera. Unión cajón instalaciones inf.
32. Entramado de vigas de madera maciza para forjado sanitarios. Sección rectangular 125 x 50.
33. Aislamiento térmico forjado sanitario.
34. Marco estructural principal de madera laminada.
35. Panel de madera contrachapada de espesor 2 cm.
36.37. Ristreles de madera maciza. Parte del conjunto de piezas que unen marco estructural con cimentación.
38. Pieza de apoyo y transición de cargas entre estructura marco principal y zapata de hormigón.
39. Entarimado inferior forjado sanitarios. Espesor 2 cm.
40. Entarimado superior sobre entramado de vigas. Madera contrachapada de 3 cm.
41. Riostra de hormigón armado.
42. Zapata de hormigón armado.

fig.3.13 Encuentro de dos módulos en esquina con cubierta y chapa de remate.

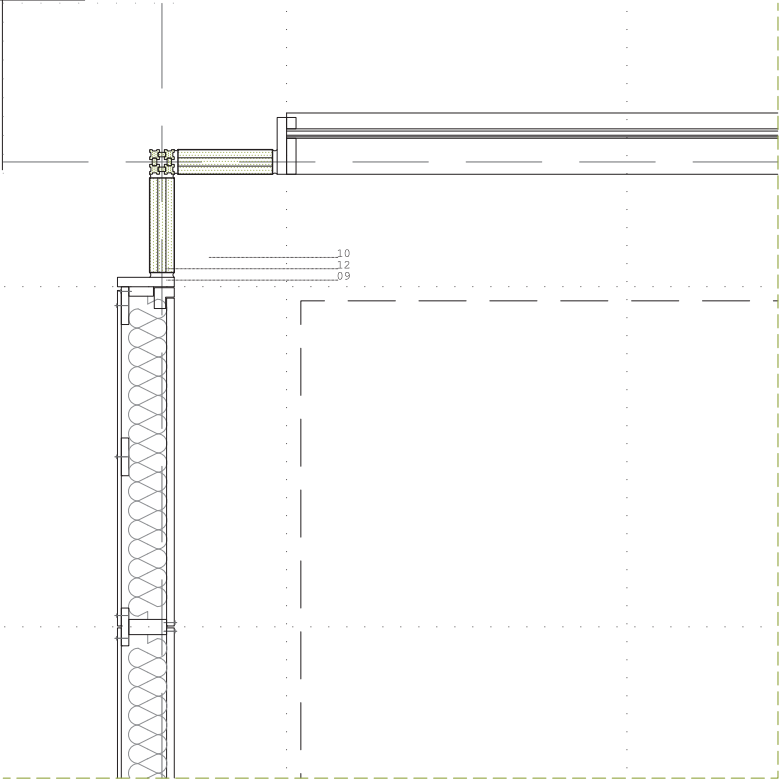
fig.3.14 Encuentro de dos módulos de esquina con cimentación.

fig.3.13

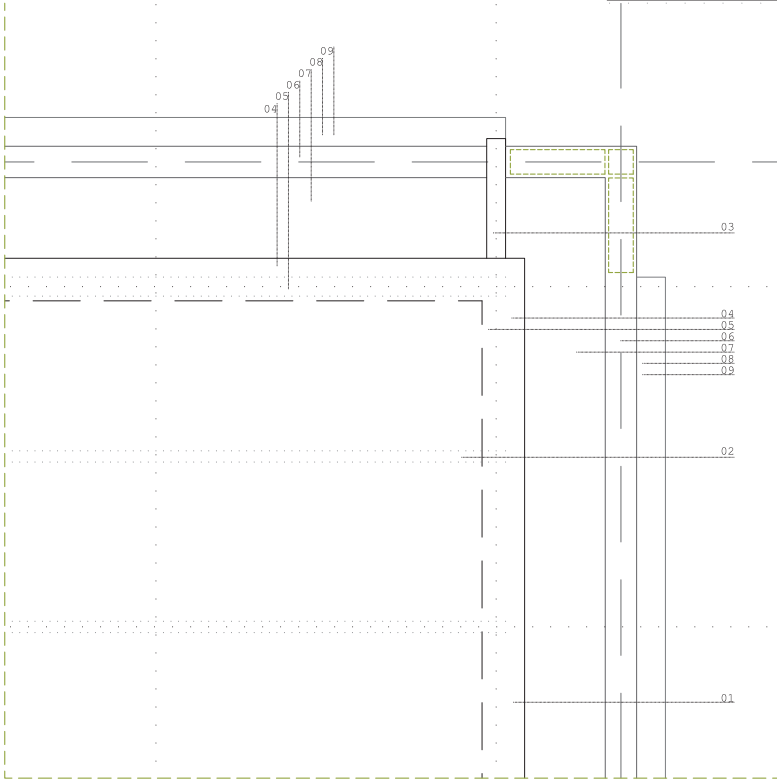
fig.3.14

Leyenda

01. Pintura impermeabilizante de caucho.
02. Forjado unidireccional conformado por vigas de madera maciza y paneles contrachapados machihembrados.
03. Aislamiento térmico e:10 cm.
04. Jácena de madera maciza de sección rectangular 30 x 6.5
05. Cajón de madera contrachapada.
06. Recubrimiento interior de madera contrachapada. Acabado pintado.
07. Parte superior marco perimetral. Estructura principal en madera laminada.
08. Cajón de instalaciones superior que conforma el canal de desagüe perimetral de cada módulo.
09. Cerramiento de fachada circunscrito en el marco perimetral. Tipos de cerramiento posibles.
10. Parte inferior marco perimetral. Estructura principal en madera laminada.
11. Cajón de instalaciones inferior.
12. Pieza de madera maciza para la transición entre la cimentación de hormigón armado y la estructura de madera laminada.
13. Cimentación de hormigón armado formada por zapatas y riostras dispuestas en el perímetro de los módulos.

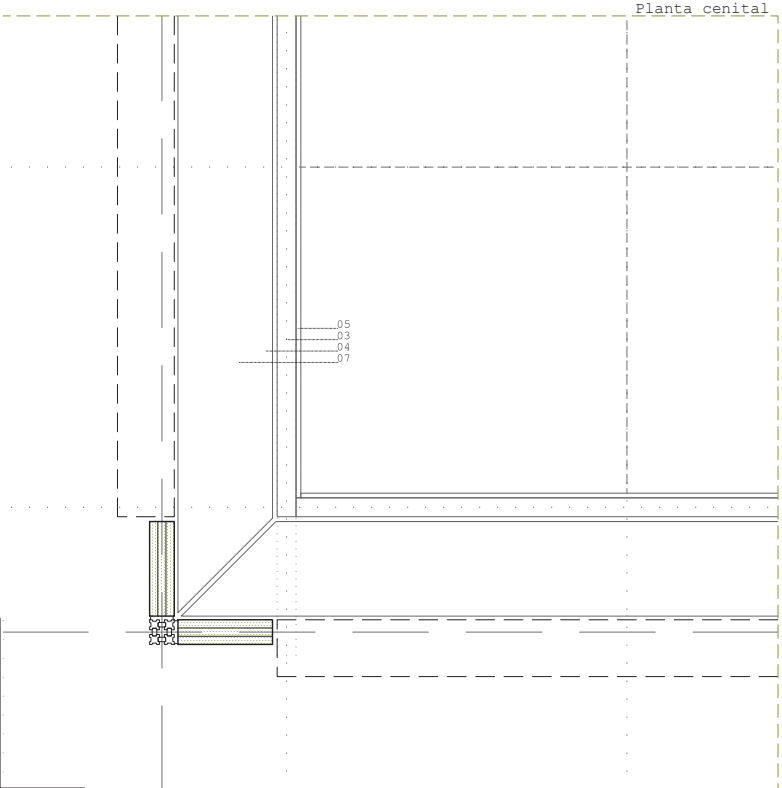


Planta detalle altura 1.5



Planta cubierta

Planta cenital



Planta cimentación. forjado sanitario

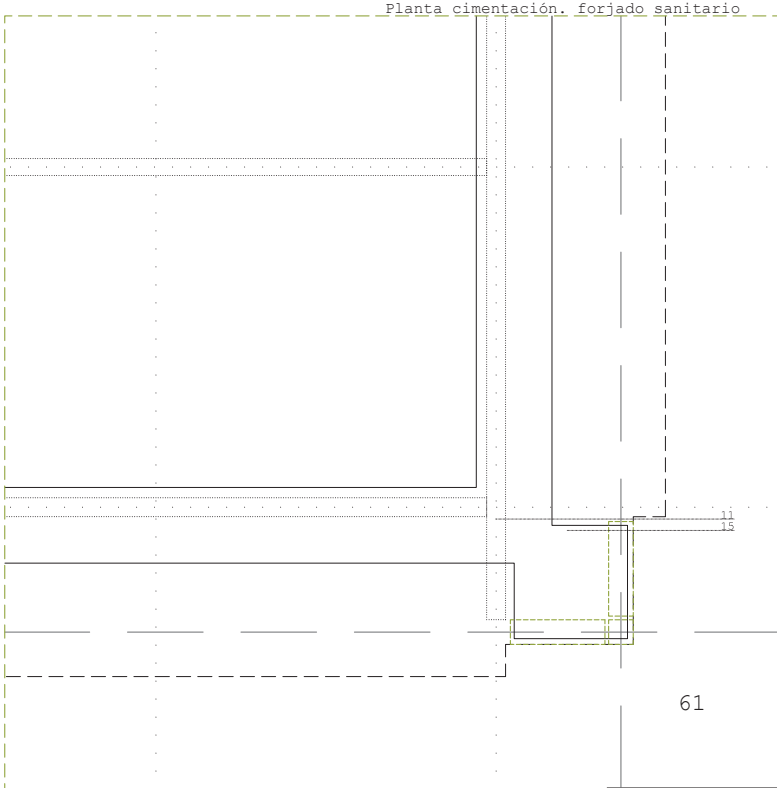


fig.3.15 Imagen del remate inferior del cerramiento ciego y unión con marco estructural a inglete
fig.3.16 Imagen de la alineación del marco del cerramiento con la jácena principal.

fig.3.15

fig.3.16

Leyenda

01. Pintura impermeabilizante de caucho.
02. Forjado unidireccional conformado por vigas de madera maciza y paneles contrachapados machihembrados.
03. Aislamiento térmico e:10 cm.
04. Jácena de madera maciza de sección rectangular 30 x 6.5
05. Cajón de madera contrachapada.
06. Recubrimiento interior de madera contrachapada. Acabado pintado.
07. Parte superior marco perimetral. Estructura principal en madera laminada.
08. Cajón de instalaciones superior que conforma el canal de desagüe perimetral de cada módulo.
09. Cerramiento de fachada circunscrito en el marco perimetral. Tipos de cerramiento posibles.
10. Parte inferior marco perimetral. Estructura principal en madera laminada.
11. Cajón de instalaciones inferior.
12. Pieza de madera maciza para la transición entre la cimentación de hormigón armado y la estructura de madera laminada.
13. Cimentación de hormigón armado formada por zapatas y riostras dispuestas en el perímetro de los módulos.

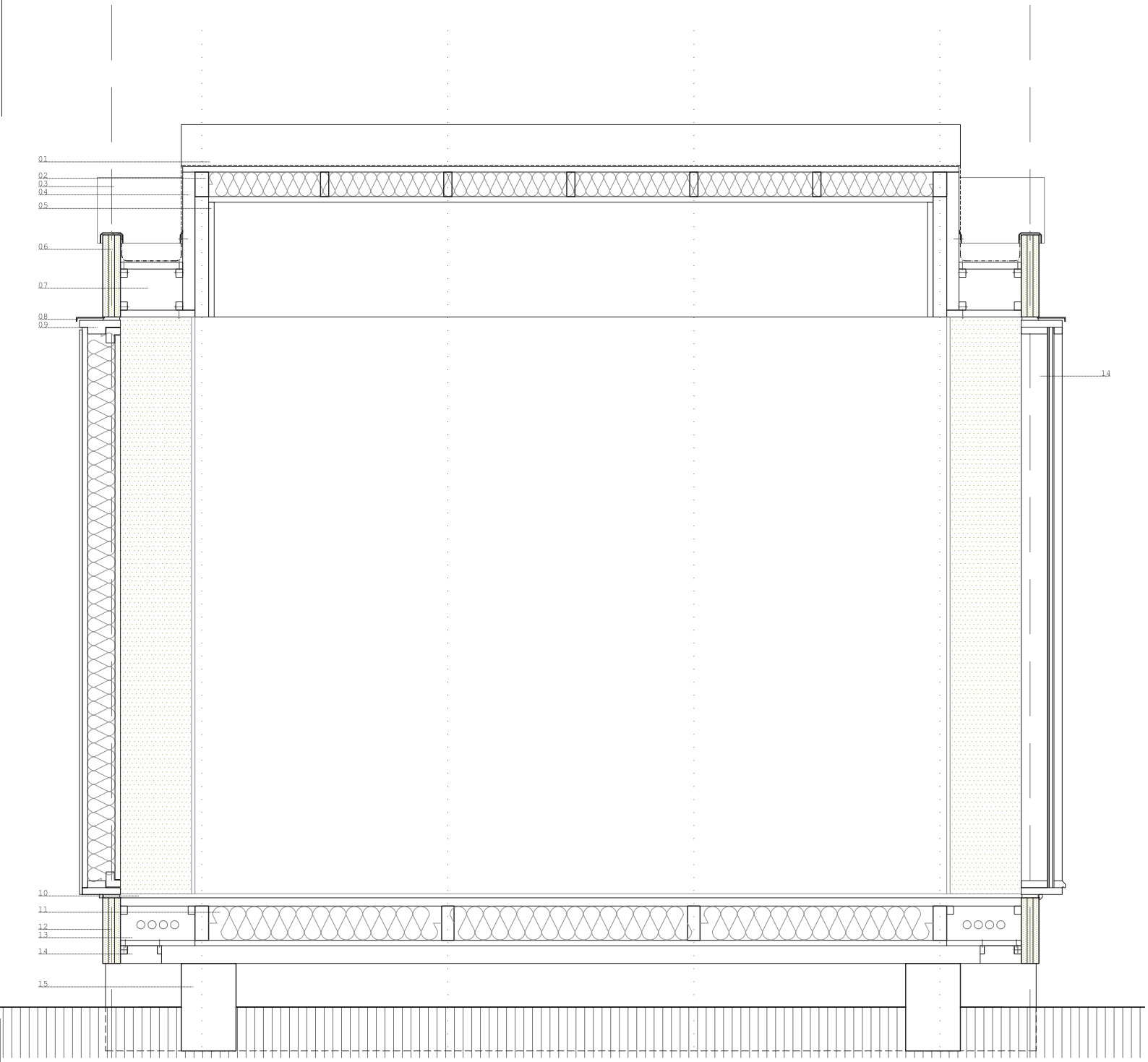

01
02
03
04
05
06
07
08
09
10
11
12
13
14
15
14

fig.3.17 Imagen de la fachada en la unión de dos módulos.

fig.3.17

Leyenda

01. Pintura impermeabilizante de caucho.
02. Forjado unidireccional conformado por vigas de madera maciza y paneles contrachapados machihembrados.
03. Aislamiento térmico e:10 cm.
04. Jácena de madera maciza de sección rectangular 30 x 6.5
05. Cajón de madera contrachapada.
06. Recubrimiento interior de madera contrachapada. Acabado pintado.
07. Parte superior marco perimetral. Estructura principal en madera laminada.
08. Cajón de instalaciones superior que conforma el canal de desagüe perimetral de cada módulo.
09. Cerramiento de fachada circunscrito en el marco perimetral. Tipos de cerramiento posibles.
10. Parte inferior marco perimetral. Estructura principal en madera laminada.
11. Cajón de instalaciones inferior.
12. Pieza de madera maciza para la transición entre la cimentación de hormigón armado y la estructura de madera laminada.
13. Cimentación de hormigón armado formada por zapatas y riostras dispuestas en el perímetro de los módulos.

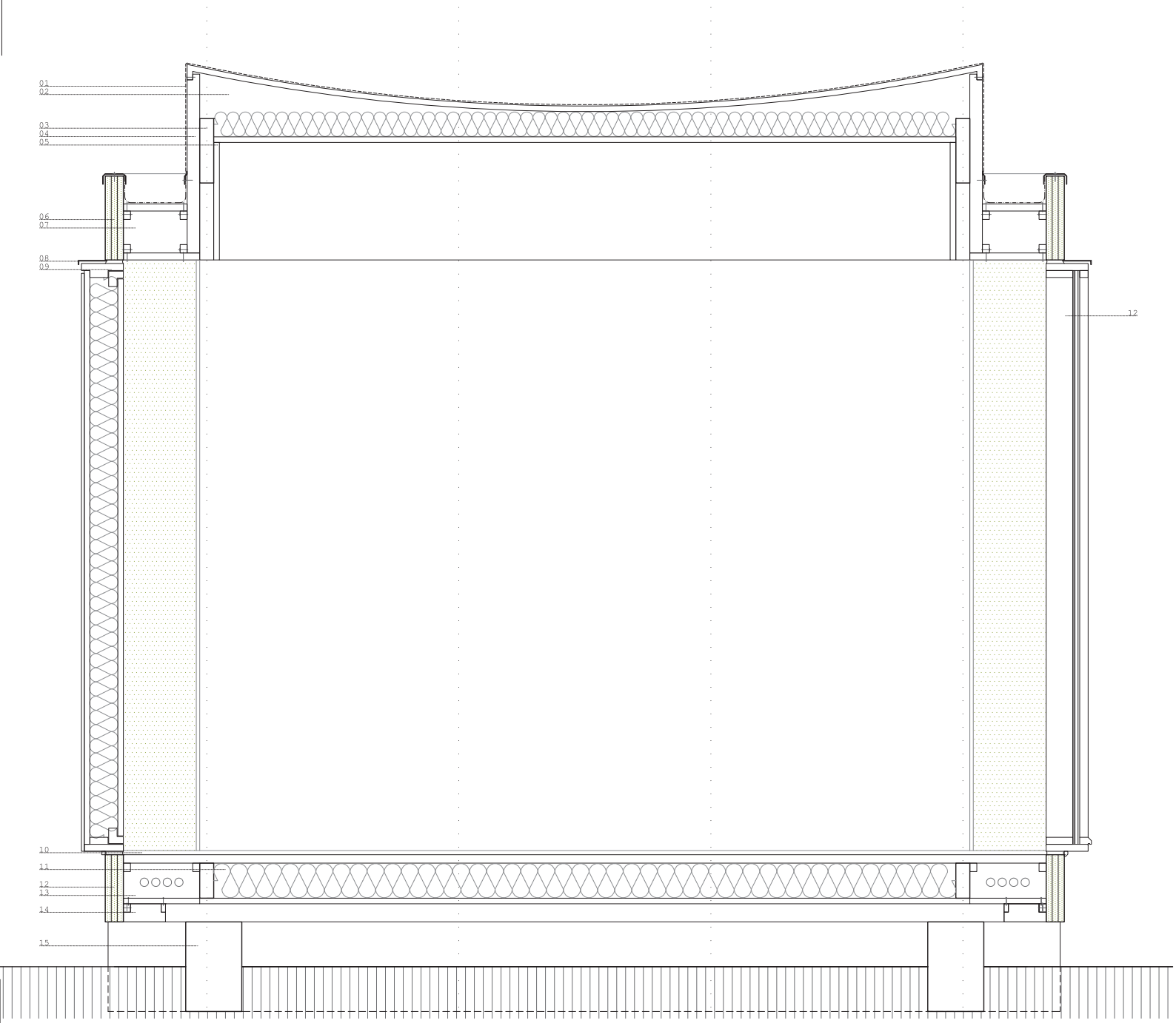

01
02
03
04
05
06
07
08
09
10
11
12
13
14
15
12

fig.3.18 Imagen del detalle del marco de los cerramiento cuando este es un vidrio fijo. Parte inferior. Escupidor.

fig.3.19 Imagen del detalle del marco de los cerramiento cuando este es un vidrio fijo. Parte superior con remate chapa metálica.

fig.3.18

fig.3.19

Leyenda

01. Pintura impermeabilizante de caucho.
02. Tableros contrachapados doblados y machihembrados.
03. Listón de madera maciza junta cubierta.
04. Cámara ventilada de cubierta
05. Cajón de madera contrachapada. Caja cubierta.
06. Aislamiento térmico cubierta.
07. Jácena principal estructura forjado cubierta.
08. Falso techo de escayola.
09. Acabado interior caja de cubierta.
10. Perfil de PVC para remate lámina de PVC.
11. Estructura interior cajón de madera maciza.
12. Lámina de PVC. Impermeabilización canal.
13. Chapa metálica en U. Protección estructural principal.
14. Marco estructural principal de madera laminada.
15. Tablero contrachapado soporte canal de desagüe.
16. Ristreles de madera. Unión cajón instalaciones sup.
17. Tablero contrachapado. Acabado int. pintado en blanco.
18. Chapa metálica en L. Protección marco cerramientos.
19. Junta de silicona estructural. e=5
20. Marco rectangular de madera maciza. Soporte cerramientos. 150 x 30
21. Junquillo exterior de madera de 20 x 15
22. Marco interior carpintería cristal fijo. 100 x 20
23. Vidrio cámara.
24. Escupidos de madera carpintería vidrio fijo.
25. Marco interior carpintería cristal fijo. 100 x 20
26. Marco rectangular 150 x 30. Madera maciza. Soporte cerramientos.
27. Junta de silicona estructural. e=5
28. Tapajuntas inferior entre marco cerramientos y marco estructural.
29. Pavimento de moqueta gris.
30. Tapa de registro instalaciones. Tablero de madera contrachapada. Espesor 3 cm.
31. Ristreles de madera. Unión cajón instalaciones inf.
32. Entramado de vigas de madera maciza para forjado sanitarios. Sección rectangular 125 x 50.
33. Aislamiento térmico forjado sanitario.
34. Marco estructural principal de madera laminada.
35. Panel de madera contrachapada de espesor 2 cm.
36.37. Ristreles de madera maciza. Parte del conjunto de piezas que unen marco estructural con cimentación.
38. Pieza de apoyo y transición de cargas entre estructura marco principal y zapata de hormigón.
39. Entarimado inferior forjado sanitarios. Espesor 2 cm.
40. Entarimado superior sobre entramado de vigas. Madera contrachapada de 3 cm.
41. Riostra de hormigón armado.
42. Zapata de hormigón armado.

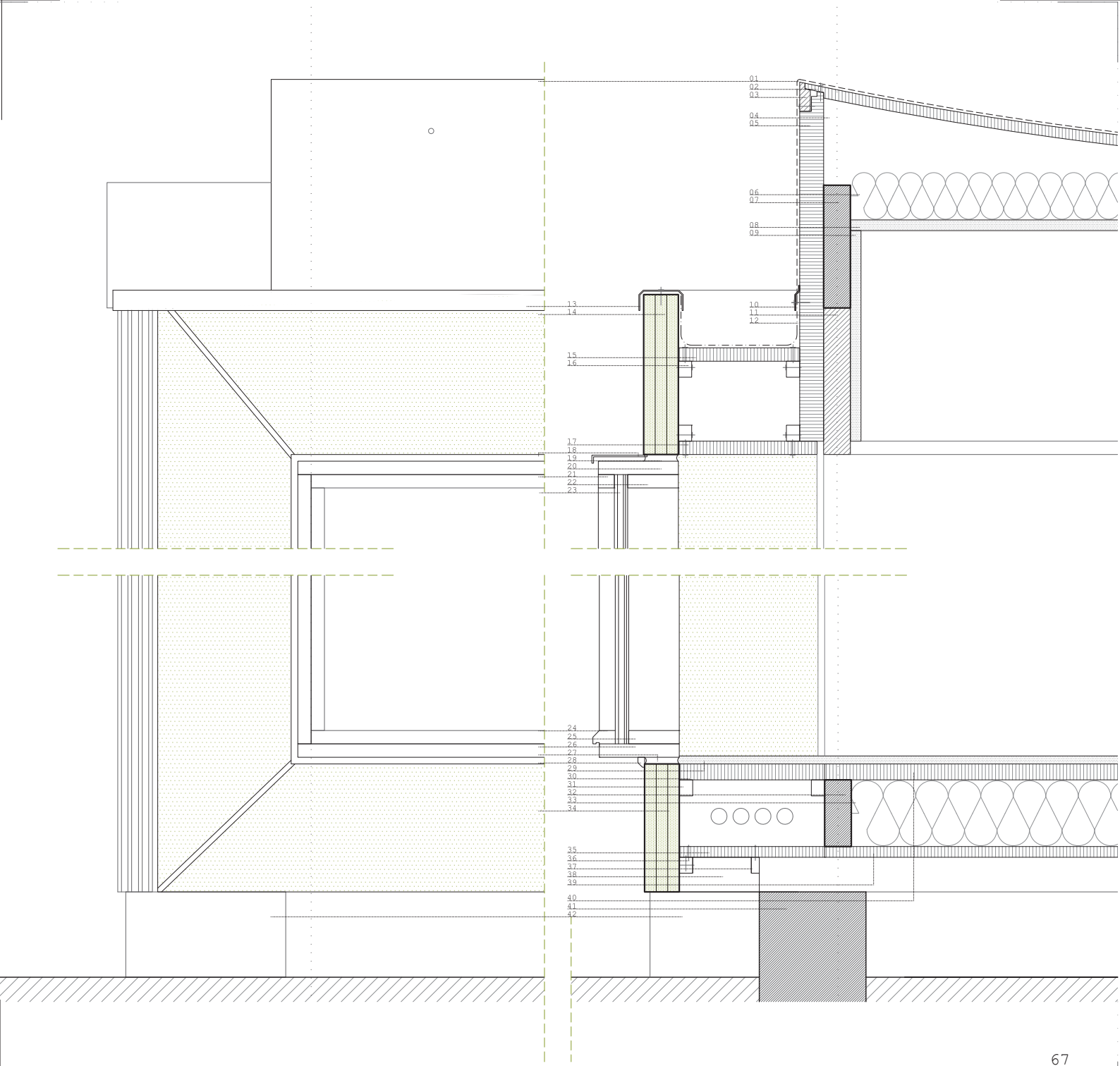

01
02
03
04
05
06
07
08
09
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42

fig.3.20 Imagen del encuentro entre el marco estructural y la cubierta.

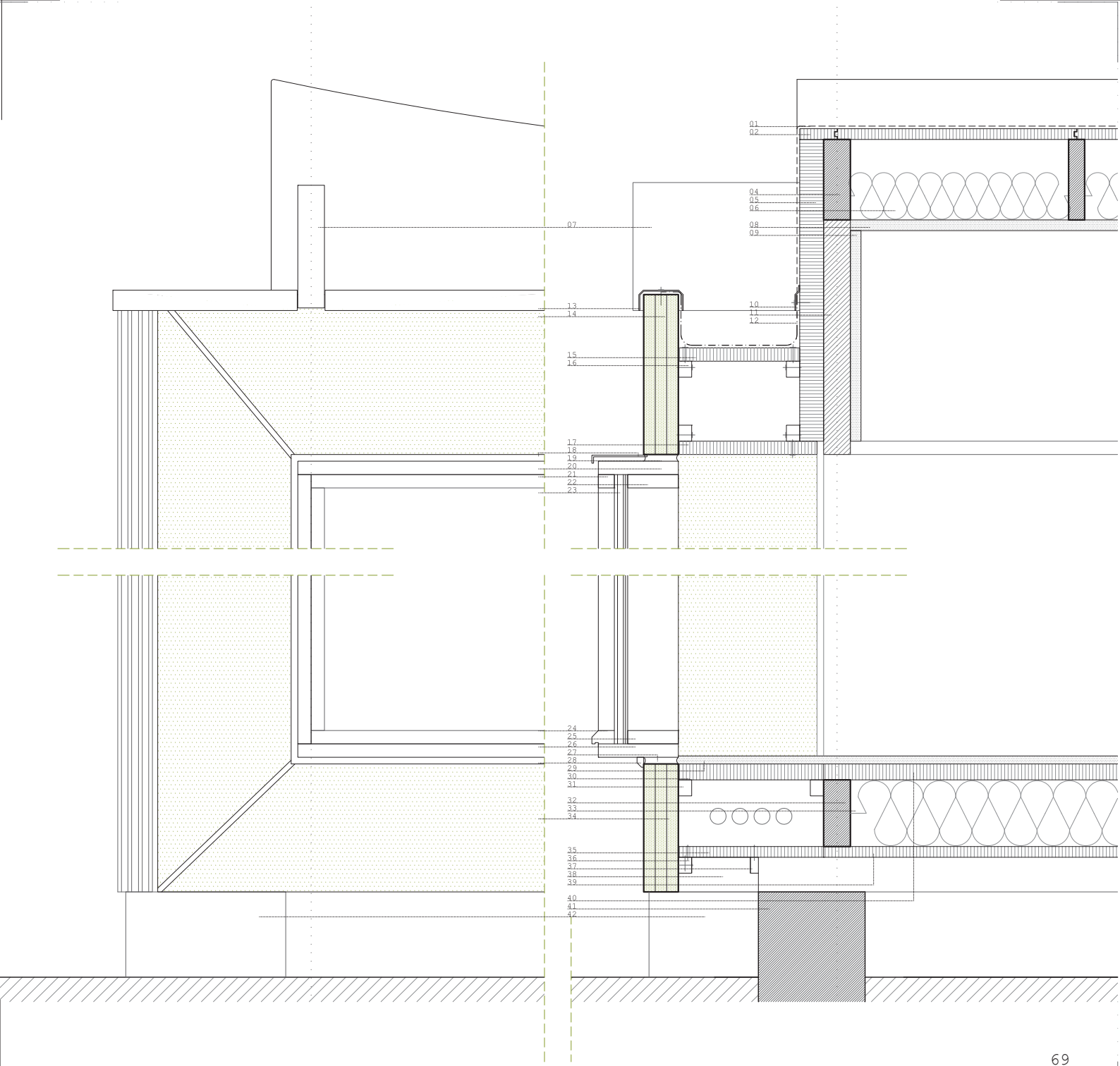
fig.3.21 Imagen del apoyo de l marco estructural en zapata de hormigón mediante taco de madera maciza.

fig.3.20

fig.3.21

Leyenda

01. Pintura impermeabilizante de caucho.
02. Tableros contrachapados doblados y machihembrados.
03. Listón de madera maciza junta cubierta.
04. Cámara ventilada de cubierta
05. Cajón de madera contrachapada. Caja cubierta.
06. Aislamiento térmico cubierta.
07. Jácena principal estructura forjado cubierta.
08. Falso techo de escayola.
09. Acabado interior caja de cubierta.
10. Perfil de PVC para remate lámina de PVC.
11. Estructura interior cajón de madera maciza.
12. Lámina de PVC. Impermeabilización canal.
13. Chapa metálica en U. Protección estructural principal.
14. Marco estructural principal de madera laminada.
15. Tablero contrachapado soporte canal de desagüe.
16. Ristreles de madera. Unión cajón instalaciones sup.
17. Tablero contrachapado. Acabado int. pintado en blanco.
18. Chapa metálica en L. Protección marco cerramientos.
19. Junta de silicona estructural. e=5
20. Marco rectangular de madera maciza. Soporte cerramientos. 150 x 30
21. Junquillo exterior de madera de 20 x 15
22. Marco interior carpintería cristal fijo. 100 x 20
23. Vidrio cámara.
24. Escupidos de madera carpintería vidrio fijo.
25. Marco interior carpintería cristal fijo. 100 x 20
26. Marco rectangular 150 x 30. Madera maciza. Soporte cerramientos.
27. Junta de silicona estructural. e=5
28. Tapajuntas inferior entre marco cerramientos y marco estructural.
29. Pavimento de moqueta gris.
30. Tapa de registro instalaciones. Tablero de madera contrachapada. Espesor 3 cm.
31. Ristreles de madera. Unión cajón instalaciones inf.
32. Entramado de vigas de madera maciza para forjado sanitarios. Sección rectangular 125 x 50.
33. Aislamiento térmico forjado sanitario.
34. Marco estructural principal de madera laminada.
35. Panel de madera contrachapada de espesor 2 cm.
36.37. Ristreles de madera maciza. Parte del conjunto de piezas que unen marco estructural con cimentación.
38. Pieza de apoyo y transición de cargas entre estructura marco principal y zapata de hormigón.
39. Entarimado inferior forjado sanitarios. Espesor 2 cm.
40. Entarimado superior sobre entramado de vigas. Madera contrachapada de 3 cm.
41. Riostra de hormigón armado.
42. Zapata de hormigón armado.


01
02
04
05
06
07
08
09
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42

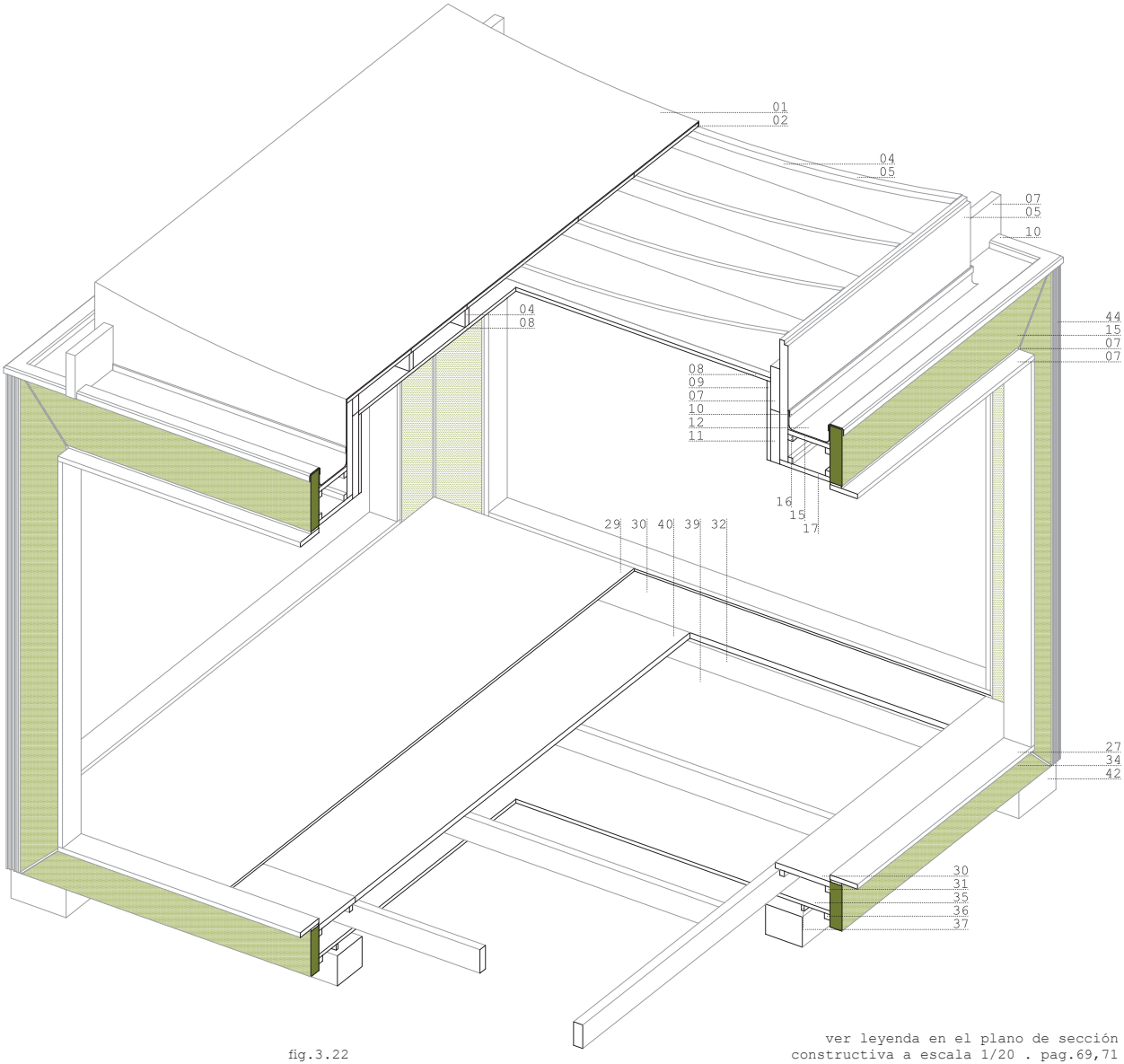
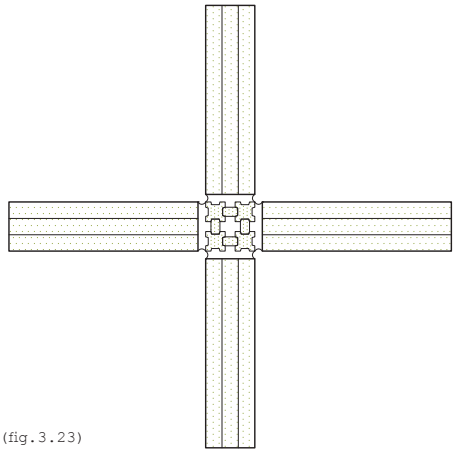
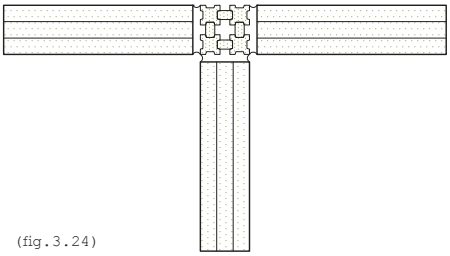


fig.3.22

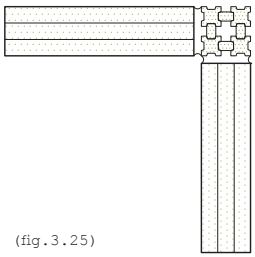
ver leyenda en el plano de sección constructiva a escala 1/20 . pag.69,71



(fig.3.23)



(fig.3.24)



(fig.3.25)

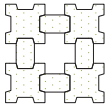


fig.3.26

Tal y como se puede observar en la axonometría constructiva (fig.3.22), todo el Kubeflex responde a un trabajo de carpintería. Todos los elementos dibujados son de madera, excepto la cimentación y los elementos de impermeabilización como es la lámina de PVC del canal de la cubierta, una chapa perimetral que protege los marcos de la estructura principal (pintados en color verde), o la pintura de caucho que impermeabiliza la cubierta cóncava. El Kubeflex es por tanto una construcción muy manual y muy relacionada con el oficio de carpintero, así como lo eran las casas tradicionales danesas.

Es interesante la forma en la que soluciona el encuentro entre los marcos principales de la estructura según las tres casuísticas con las que se encuentra: unión de 4 módulos o 3 módulos (fig.3.23), encuentro entre 2 módulos (fig.3.24) generando fachada, y esquina de un módulo (fig.3.25). Todas ellas están resueltas con un misma pieza (fig.3.26). Es un elemento vertical en forma de montante, el cual a su vez está compuesto por 4 listones de sección retranqueada que al unirse le confieren a la pieza un aspecto esbelto que la diferencia claramente de la estructura principal. Estrías que además permiten el agarre de la silicona estructural pues es un elemento de unión que soluciona la junta estructural.

4. Conclusiones

Distribución modular agregativa. Flexibilidad y adaptabilidad

Uno de los hechos que se demuestran en esta tesina con los análisis de distribuciones y tipologías, es que el sistema *Kubeflex* tiene una gran capacidad agregativa con la que se convierte en un sistema con un grado de adaptabilidad muy elevado. Esto es debido a que cada módulo es una pieza en si de distribución y que añadir piezas conceptualmente a la distribución del proyecto es añadir módulos. Lo que podríamos definir como distribución modular agregativa. De este modo los sistemas modulares como este que no se quedan en los aspectos constructivos y modulan la distribución se caracterizan por su gran capacidad de generar cualquier tipología, pues las piezas son libres para combinarse, dentro de los límites rígidos de un sistema modular. El Kubeflex, por tanto es un sistema sumamente flexible a la hora de proyectar.

Otra característica es la adaptabilidad, la cual se hace patente desde el momento que Arne Jacobsen genera unas cerramientos, dentro de los marcos estructurales principales, que permiten relacionarse con el exterior de múltiples formas y también con otros módulos contiguos. El cerramiento de fachada de una casa ya construida, se puede sacar con el tiempo con la intención de añadir un nuevo módulo y adaptar el espacio inicial al paso del tiempo. Es el concepto de adaptabilidad en el tiempo, que hace que la vivienda sea un elemento vivo que no se queda obsoleto.

Grado de prefabricación y de modularidad.

El grado de prefabricación y modularidad del sistema es una de las cuestiones que se planteaban como hipótesis de partida, teniendo la convicción de que el *Kubeflex* estaba en el cuadrante izquierdo superior en la clasificación de los sistemas prefabricados al inicio; bajo nuestra opinión, es el cuadrante que más caracteriza a un sistema de modular como tal, puesto que es donde el concepto modular y el aspecto constructivo prefabricado se acercan.

Una de las conclusiones que se sacan del cuadro de clasificación es que la arquitectura es totalmente modular cuando es capaz de crear un sistema en el que sus espacios sean modulares, y esto no quiere decir espacios proporcionales a un módulo o generados por la colocación repetida de un elemento constructivo, sino espacios exactos en superficie y volumen.

El gran reto en la arquitectura modular espacial es encontrar un módulo que cumpla con todos los requisitos para el cual es concebida cada una de sus piezas distributivas, y el éxito de la misma está en poder ser un sistema que soporte el máximo número de distribuciones y tipologías edificatorias.

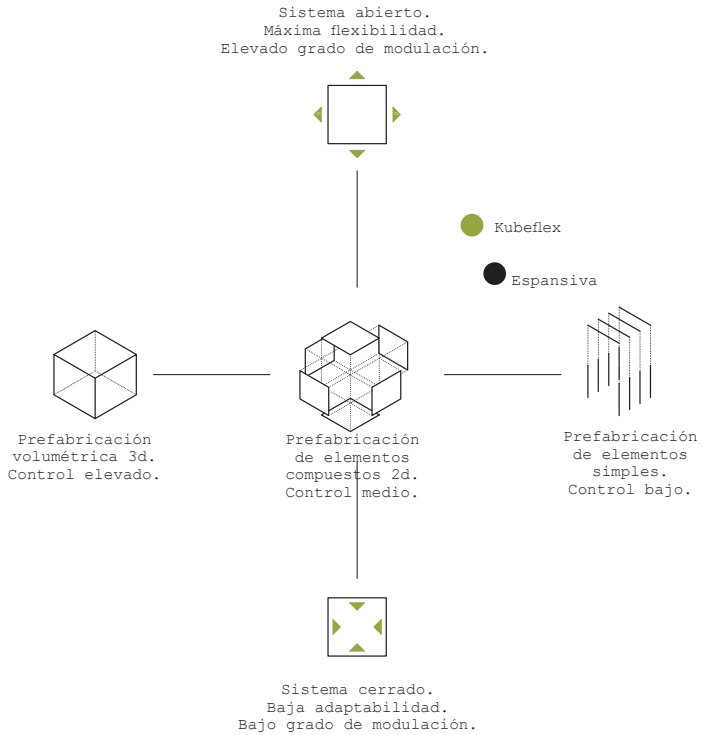
Como ya se ha explicado en la introducción, el presente trabajo de investigación tenía el objetivo de analizar el grado de prefabricación del sistema Kubeflex. Después de analizar todos los elementos constructivos, la puesta

en obra y sus uniones en el prototipo visitado, se puede situar el sistema dentro del gráfico de clasificación (fig.4.1). Tal y como se aprecia el sistema se sitúa en el centro del cuadrante derecho, no cumpliendo con las expectativas que había generado en un principio. Esto sitúa de forma veraz el sistema en contra de lo que expresan otros estudios al respecto que se mostraban en el apartado 1.3 de esta tesina. En el gráfico se sitúa el sistema *Espansiva* de Utzon donde lo sitúan las otras tesis y estudios de investigación, pues en este caso si que coinciden; posiblemente porque es un sistema mucho más documentado y conocido.

No obstante hay una doble lectura: por un lado el eje vertical del gráfico, donde se valora lo abierto y flexible que es el sistema conceptualmente, muestra un valor elevado comparado con los sistema contemporáneos de otros arquitectos, pero sin embargo no traduce dicha modularidad espacial al aspecto constructivo que viene valorado por el eje horizontal.

Esta conclusión deja vacío el futuro natural de las arquitecturas modulares espaciales desde el punto de vista constructivo y prefabricado. Cierto es que muchas veces los elementos que modulan los edificios se traen prefabricados a la obra. ¿Porque no hacerlo de la misma forma cuando el módulo es espacial?; ¿No sería esta la mejor forma de optimizar su puesta en obra?; pues el concepto modular busca entre otros fines la optimización de los costes de fabricación que se traduce en una mejora económica.

fig.4.1. Clasificación sistemas prefabricados.



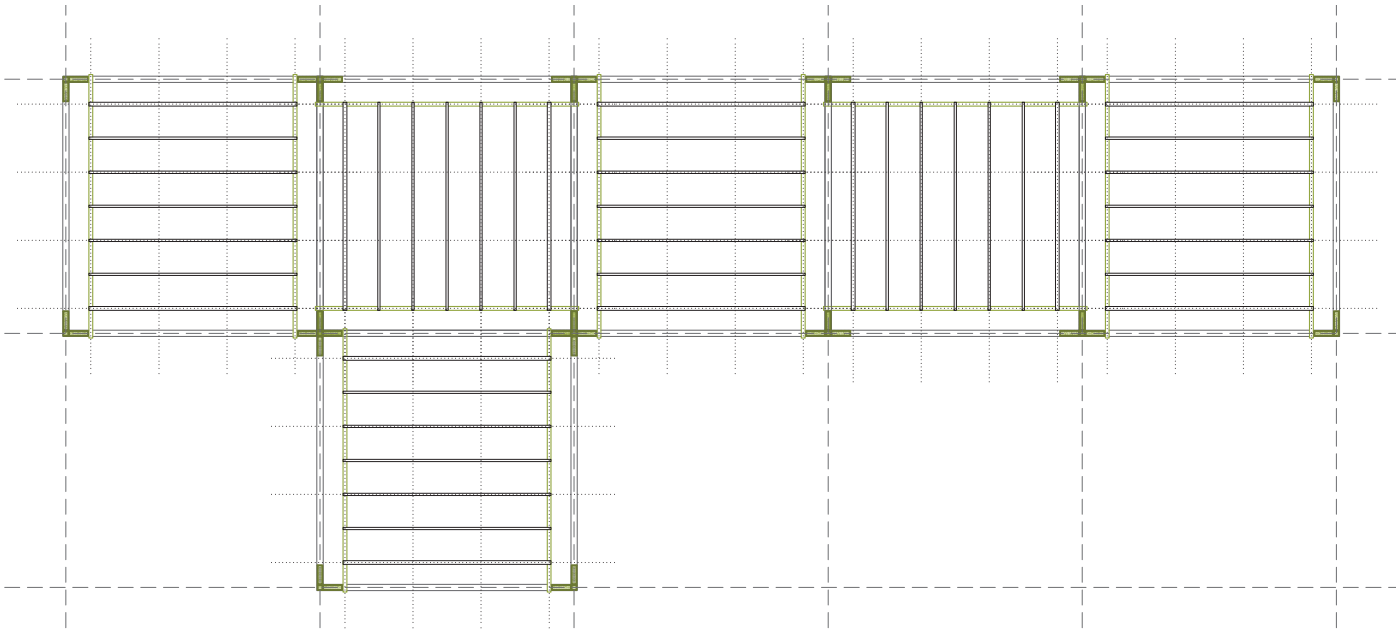
Limites espaciales

Si recordamos los croquis de Yona friedman que veíamos en el apartado 2.2 , o revisamos algunas de las teorías de los metabolistas japoneses, apreciaremos como las estructuras agregativas y modulares que se estaban planteando en esa época tenían la capacidad de crecer tanto en superficie como en altura, es decir, de forma tridimensional. Es algo en que el *Kubeflex* se ve limitado, pues su crecimiento es en superficie únicamente. No obstante esto puede ser debido a que el formato del encargo no tenía el propósito de levantar más plantas, o bien por el hecho de que este era el primer paso, y la falta de aceptación social inicial conjuntamente con la muerte de Arne Jacobsen un año después paró su desarrollo en altura.

Estructura

La primera lectura que uno puede hacer de la estructura del *Kubeflex* es que debería ser cubierto mediante forjados bidireccionales, debido al hecho de que no hay una luz mayor que otra en un módulo cuadrado. Este hecho permitiría distribuir en cada lado del módulo la misma repercusión de cargas. De este modo cada cubo sería autónomo estructuralmente y por lo tanto más libre de movimiento desde el punto de vista de los sistemas prefabricados modulares.

(fig.4.2)Esquema secuencia estructural agregativa. Prototipo 1970.



La sorpresa es que el módulo se cubre mediante forjados de madera unidireccionales con dos jácenas principales que descansan sobre la estructura de dos caras del cubo, y unas vigas de madera que cubren en el otro sentido de jácena a jácena (fig.4.2.). Este hecho carece de sentido estructural si pensamos en un módulo independiente. No obstante tiene un claro sentido de arriostramiento estructural de los forjados; tanto es así, y para que

(fig.4.3) Imagen de la cubierta donde se aprecia el sentido de la estructura unidireccional intercalandose.

no se puedan agrupar de otro modo, Jacobsen decide volar ligeramente las jácenas principales para que de esta manera no se puedan colocar dos forjados contiguos con el mismo sentido de cubrición (fig.4.3). Hecho que es de un rigor y un control del detalle constructivo muy elevado, siendo una solución exquisita.

Claramente parece una buena solución para una construcción tradicional o prefabricada, pero no adecuada para un sistema de vivienda modular prefabricado, donde la flexibilidad conceptual de sus formas agregativas tienen que verse acompañadas por un grado de prefabricación modular que permita llegar a los mismos objetivos. Es decir, y poniendo un ejemplo sencillo, si en unos años los propietarios de una vivienda Kubeflex necesitan una nueva habitación por la llegada de un nuevo miembro a la familia, la adecuación no es tan sencilla puesto que los módulos no tienen autonomía estructural. El sistema no es tan flexible como lo es conceptualmente.

Opinión

Se puede decir que, basando la opinión en años de estudio, análisis, e investigación acerca de sistemas de construcción modular, el concepto de un sistema modular que se basa en el éxito de funcionamiento del sistema y que marca los aspectos de percepción del proyecto final, tienen que ir de la mano de los aspectos constructivos y de puesta en obra para que el sistema genere proyectos y obras con un sentido modular completo.

(fig.4.4) Imagen del pabellón de España para la exposición universal de Bruselas en 1958.

Un sistema completo es aquel que su módulo es completamente autónomo en todos los aspectos; el que se situaría en la parte más alta y izquierda del cuadrante de clasificación que veíamos con anterioridad en estas conclusiones. *Kubleflex* tiene demasiados puntos de unión entre módulos que traicionan su autonomía, como podría ser que comparten un sumidero con un mismo bajante pluvial los 6 módulos del prototipo visitado, o que los módulos compartan estructura sin ser auto-portantes en si mismos tal y como veíamos en el esquema estructural. Posiblemente las técnicas del momento y los materiales que Jacobsen tubo que utilizar por el tipo de encargo que se le realizó no permitían llegar a encontrar concepto y construcción modular en un mismo proyecto.

Once años antes que Arne Jacobsen lo diseñase, José Antonio Corrales y Ramón Vázquez Molezún dieron presentaban el pabellón de España para la Exposición Universal de 1958 celebrada en Bruselas (fig.4.4). Otro tipo de estructura modulares, con otro carácter, pero posiblemente más completas conceptualmente desde el punto de vista modular.

El Kubeflex es un gran sistema de vivienda modular, del que se pueden aprender infinidad de conceptos arquitectónicos. Es sin duda, una obra que se debe tener en cuenta para aquellos que proyectan obras prefabricadas y/o modulares, y sin embargo es completamente desconocida constructivamente. Este trabajo de investigación trata de arrojar luz para que se muestre arquitectónicamente y se pueda seguir investigando al respecto.

5. Bibliografía consultada

JORN UTZON, *Additive architecture,* Blondal, Hellerup 2009

JORN UTZON, *Jorn Utzon 1919-2008*, Centro de publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid, 1995

TITTI RINALDI, *Arne Jacobsen: Ironica perfezione*, Marsilio, Venezia 2005

FÉLIX SOLAGUREN-BEASCOA DE CORRAL, *Arne Jacobsen: La gran lección nórdica,* Arquitectos de Cadiz, Cádiz, 2003

FÉLIX SOLAGUREN-BEASCOA DE CORRAL, *Arne Jacobsen: Aproximación a la obra completa: 1950-1971,* Fundación Caja de Arquitectos, Barcelona, 2001

LISBET BALSLEV JORGENSEN, ERIK MOLLER, FÉLIX SOLAGUREN-BEASCOA, *Arne Jacobsen,* Centre d'Estudis de Disseny, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Universitat Ploitècnica de Catalunya: Santa & Cole, Barcelona, 1993

LUCIANO RUBINO, *Arne Jacobsen, opera completa 1909-1971*, Kappa, Roma, 1980

CARSTEN THAU, KJELD VINDUM, *Arne Jacobsen,* Arkitektens Forlag, Kobenhavn, 1998

ANNE BEIM, *Tectonic visions in Architecture*, Kunstakademiets Arkitektskoles, Kovenavn, 2004

RICHARD WESTON, *Utzon: inspiration, vision, architecture*, Blondal, Hellerup, 2002

JAIME J. FERRER, Jorn Utzon: Obras y proyectos, G.Gili, Barcelona, 2006

MARTIN KEIDING KIM, DIRCKINCK-HOLMFELD, *Utzon's own houses*, Danish Architectural Press, Copenhage, 2004

Revistas

ROBERTO SEGRE, *Home Delivery: Hogar e indústria en el MoMA. Cinco obras prefabricadas*, Arquitectura Viva n.122, Madrid, 2008

RICHARD INGERSOLL, *Casa per tutti: vivienda básica en la trienal. Cinco obras elementales*, Arquitectura Viva n.122, Madrid, 2008

NÚÑEZ Y RIBOT, *Estructura expansiva. Sistema Cuatro50, Duruelo, Segovia*, Arquitectura Viva n.122, Madrid, 2008

FRANÇOISE FROMONOT, *Un moderno inclasificable: Jorn Utzon, premio Prtzker 2003*, Arquitectura Viva n.89-90, Madrid, 2003

KENNETH FRAMPTON, *Memorias del subdesarrollo. Los Smithson, entre la era industrial y la sociedad de consumo*, Arquitectura Viva n.89-90, Madrid, 2003

FEDERICO CORREA, Memoria personal del Team10, El Croquis n.36, Madrid, 1988

Tesis y trabajos académicos

KIRSTINE REESE, SOPHIE BONDGAARD MORTENSEN, *Nuuk Correctional Institution: a re-introduction of an original idea*, Master Thesis in Architectural design Archtecture, Design and Media Technology, Alborg University, 2013

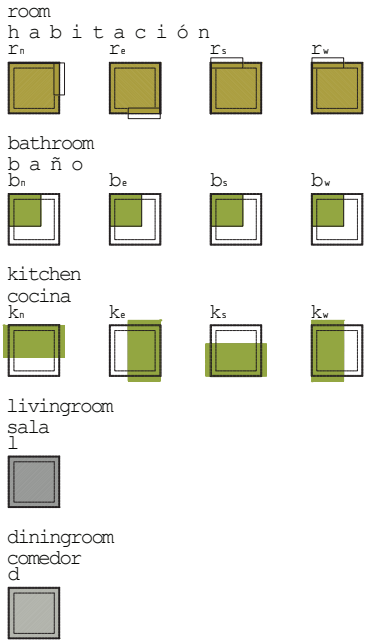
IDA WRABER, *Prefab Quality, Architectural quality in danish prefab wooden dwellings*, PhD dissertation, Departmen of Architecture and Design, Aalborg University, 2009

PEDRO GARCÍA HERNÁNDEZ, *La agregación modular como mecanismo proyectual residencial en España: El Taller de Arquitectura*, Tesis Doctoral, Escuela Técnica y Superior de Arquitectura La Salle, Universidad Ramón Llull, 2013

Agradecimientos
Pedro García Hernández
Benjamín Pleguezuelos
Stefano Cortellaro
Aina Tugores
Joan Centellas
Marta Sola
Violeta Linares
Museo Trampholt

6. Anejos

Anejo I. Estudio de la distribución flexible.
Análisis capacidad combinatoria módulos.



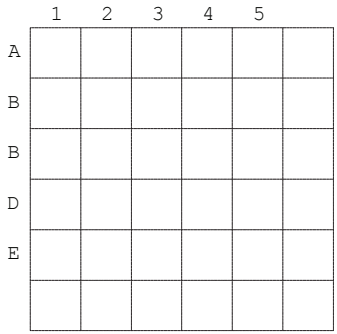
La capacidad de generar diferentes distribuciones con un mismo número y tipo de módulos es una de las características del sistema Kubeflex. La flexibilidad y la capacidad de transformación del Kubeflex queda patente en las numerosas combinaciones de distribución que el sistema puede asumir.

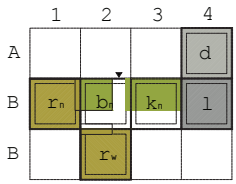
Se ha dibujado las opciones distributivas del sistema, analizando las posibles combinaciones entre el mismo número de módulos partiendo de la distribución que tiene el prototipo construido para la feria de Archibo en 1970.

Los resultados que se recogen del análisis con distribución de los 6 módulos, es que de las 4096 combinaciones posibles, pues son 6 módulos con cuatro caras por donde se pueden asociar, tienen sentido constructivo, según la distribución que Jacobsen pensó para cada uno, 219 tipologías. Número muy elevado aunque posiblemente no todas sean interesantes desde el punto de vista de proyecto.

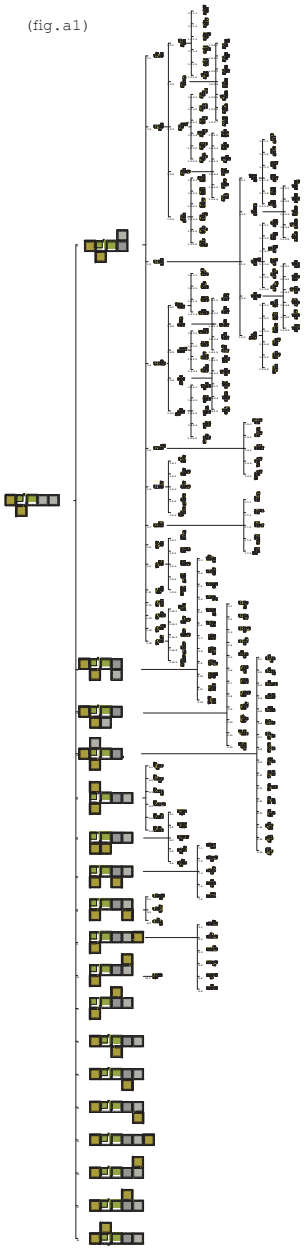
Si analizamos estas 219 y descartamos todas aquellas que tienen defectos en la lógica distributiva nos quedan 83 tipologías. Lo cual sigue siendo un número muy elevado y que demuestra la capacidad del sistema.

En columna de la derecha está explicado la forma agregativa y la nomenclatura que recibe cada distribución según la colocación de sus piezas.



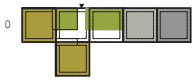


(fig.a1)



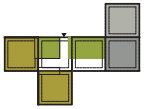
De hecho, no se han aceptado aquellas que todas las habitaciones estaban desconectadas del baño por considerar que son poco prácticas, y aquellas que no responden a la forma en que el sistema permitía relacionarse entre módulos. No obstante, sería posible construirlas aunque no se dan por correctas este estudio.

El resultado del estudio es un árbol de combinaciones por familias (fig.a1). En las páginas siguientes del anejo se muestran todas las del árbol desarrolladas a otra escala, con la nomenclatura que les corresponde. Las nomenclaturas que están tachadas son aquellas que se han descartado como válidaWs según los criterios explicados anteriormente.



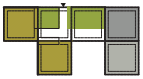
0

A1:r n,bn,kn,d,l;B2: rw



1

A4:d;B1:r n,bn,kn,l;C2:r w

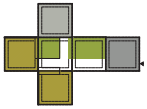


2

A1:r n,bn,kn,l,d ;B2:r w;B4:d

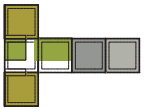
3

A1:r n,bn,kn,l:B2: rw,d



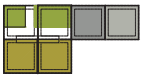
4

A2:d;B1:r n,bn,kn,l;C2: rw



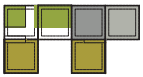
5

A1:r w;B1:b n,kn,l,d;C1: rw



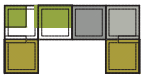
6

A1:b n,kn,d,l;B1: rw,rw



7

A1:b n,kn,l,d;B1: rw;B3: rn

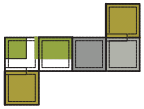


8

A1:b n,kn,l,d;B1: rw;B4: rn

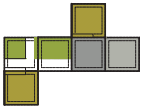
9

A1:b n,kn,l,d, rn;B1: rw



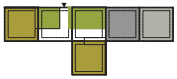
10

A4:r w;B1:b n,kn,l,d, rn;C1: rw



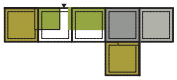
11

A3:r w;B1:b n,cn,d,l; C3:r w



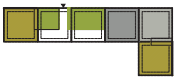
12

A1:r n,bn,kn,l,l;B3: rn



13

A1:r n,bn,kn,l,d;B4: rn

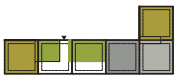


14

A1:r n,bn,kn,l,d :B5:r n

15

A1:r n,bn,kn,l,d, rn

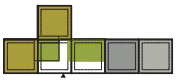


16

A5:r w;B1:r n,bn,kn,l,d

17

A4:r w;B1:r n,bn,kn,l,d



18

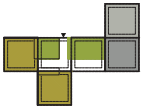
A2:r w;B1:r n,bn,kn,l,d

Esquemas distributivos

1/750

0 7.5 30

1

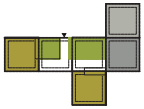


A4:d;B1:r $_{n}$,b$_{n}$,k$_{n}$,l;C2:r $_{w}$

1.1

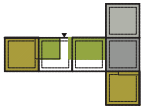
A2: r$_{n}$;A4:l ;B1: r$_{w}$,b$_{n}$,k$_{n}$,d

1.2



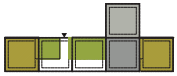
A4: l;B1: r$_{n}$,b$_{n}$,k$_{n}$,d;C3: r$_{e}$

1.3



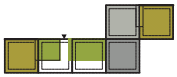
A4:d:B1: r$_{n}$,b$_{n}$,k$_{n}$,l;C4: r$_{e}$

1.4



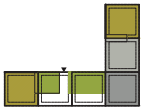
A4: d:B1; r$_{n}$,b$_{n}$,k$_{n}$,l ,r$_{n}$

1.5



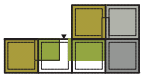
A4:d ,r$_{n}$;B1: r$_{n}$,b$_{n}$,k$_{n}$,l

1.6



A4:r $_{w}$;B4:d:C1: r$_{n}$,b$_{n}$,k$_{n}$,l

1.7



A3:r $_{s}$,d ;B1: r$_{n}$,b$_{n}$,k$_{n}$,l

1.8

A1: r$_{w}$;A3: d;B1: b$_{n}$,k$_{n}$, l;C1: r$_{w}$

1.9

A2:r $_{w}$,d;B1: b$_{n}$,k$_{n}$,l;C1: r$_{w}$

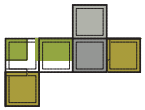
1.10

A3:d;B1: b$_{n}$,k$_{n}$,l;C1: r$_{e}$,r$_{w}$

1.11

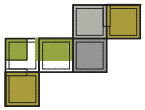
A3:d:B1: b$_{n}$,k$_{n}$,l;C1: r$_{w}$;C3: r$_{e}$

1.12



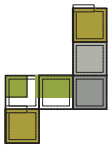
A3: d;B1: b$_{n}$,k$_{n}$,l ,r$_{n}$;C1: r$_{w}$

1.13



A3: d, r$_{n}$;B1: b$_{n}$,k$_{n}$,l;C1: r$_{w}$

1.14



A3: r$_{w}$;B3: d;C1: b$_{n}$,k$_{n}$,l;D1: r$_{w}$

Esquemas distributivos

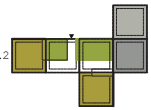
1/750

0 7.5 30

1.1

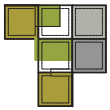
A2: r_n;A4:l ;B1: r_n,b_n,k_n,d

1.2



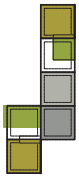
A4: l;B1: r_n,b_n,k_n,d;C3: r_n

1.2.1



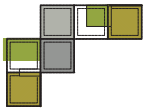
~~A1: r_v,b_v,l ;B2: k_v,d ; C2: r_v~~

1.2.2



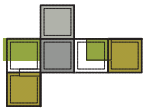
~~A1: r_v;B2: b_v;C2: d;D1:k_v,l;E1: r_v~~

1.2.3



~~A2: d,b_v,r_v;B2: k_v,l;C1: r_v~~

1.2.4

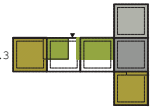


~~A2: d;B1:k_v,l,b_v,r_v;C1: r_v~~

1.2.5

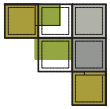
~~A2:d;B1: k_v,l;C1:r_v,b_v;D2: r_v~~

1.3



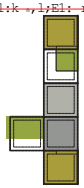
A4:d;B1: r_n,b_n,k_n,l;C4: r_n

1.3.1



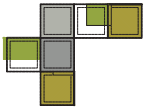
~~A1:r_v,d;B2: k_v;C3: r_v~~

1.3.2



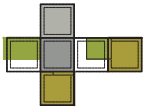
~~A2: r_v;B2: b_v;C2: d;D1: k_v,l;E2: r_v~~

1.3.3



~~A2:d ,b_v,r_v;B1:k_v,l;C2: r_v~~

1.3.4

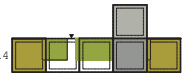


~~A2: d;B1: k_v,l,b_v,r_v;C2: h_v~~

1.3.5

~~A3:d ;B2: k_v,l;C1: r_v,b_v,h_v~~

1.4

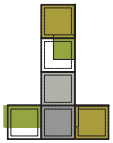


A4: d:B1; r_n,b_n,k_n,l ,r_n

1.4.1

~~A1: r_v,b_v,d;B2:k_v,l, r_v~~

1.4.2

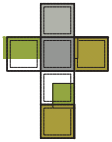


~~A2:r_v;B2: b_v;C2: d;D1: k_v,l, r_v~~

1.4.3

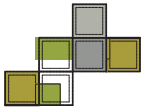
~~A2:d, b_v,r_v;B1: k_v,l, r_v~~

1.4.4



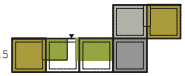
~~A2:d;B1: k_v,l, r_v;C2: b_v;D2: r_v~~

1.4.5



~~A3:d;B2:k_v,l, r_v;C1: r_v,b_v~~

1.5

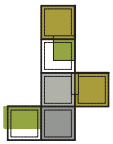


A4:d ,r_n;B1: r_n,b_n,k_n,l

1.5.1

~~A1: r_v,b_v,d,r_v;B2: k_v,l~~

1.5.2

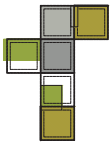


~~A2: r_v;B2: b_v;C2: d,r_v;D1: k_v,l~~

1.5.3

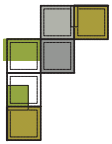
~~A2:d, r_v;B1: k_v,l,b_v,r_v~~

1.5.4



~~A2:d, r_v;B1: k_v,l; C2: b_v;D2: r_v~~

1.5.5



~~A2:d, r_v;B1: k_v,l;C1:b_v;B1: r_v~~

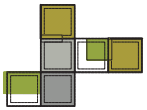
1.6

A4:r_v;B4:d:C1: r_n,b_n,k_n,l

1.6.1

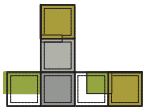
~~A3; r_v;B1: r_v,b_v,d;C2: k_v,l~~

1.6.2



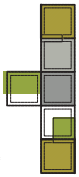
~~A2: r_v;B2:d ,b_v,h_v;C1: c_v,l~~

1.6.3



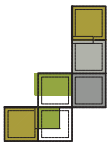
~~A2:r_v;B2:d;C1: k_v,l, b_v,r_v~~

1.6.4



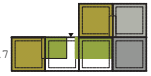
~~A2:r_v;B2: d;C1: k_v, l;D2: b_v;E2: r_v~~

1.6.5



~~A3:r_v;B3: d;C2: k_v,l;D1: r_v,b_v~~

1.7

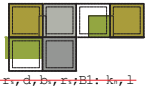


A3:r_s,d;B1: r_w,b_n,k_n,l

1.7.1

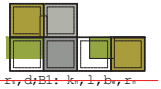
~~A2: r_r,B2: b_r ;C1: r_r,d;B1: k_r,l~~

1.7.2



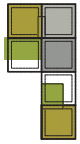
~~A1: r_r,d,b_r,r_r;B1: k_r,l~~

1.7.3



~~A1: r_r,d;B1: k_r,l,b_r,r_r~~

1.7.4

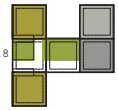


~~A1: r_r,d;B1: k_r,l; C2: b_r;D2: r_r~~

1.7.5

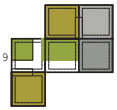
~~A2: r_r,d;B2: c_r,l;C1: r_r,b_r~~

1.8



A1: r_w;A3: d;B1: b_n,k_n,l ;C1: r_w

1.9

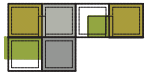


A2:r_s,d;B1: b_n,k_n,l; C1: r_w

1.9.1

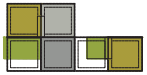
~~A2: r_r,B2: b_r;C1: r_r,d;D1: k_r,l~~

1.9.2



~~A1: r_r,d,b_r,r_r;B1: k_r,l~~

1.9.3

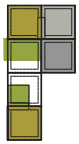


~~A1: r_r,d;B1: k_r,l,b_r,r_r~~

1.9.4

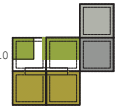
~~A1: r_r,d;B1: k_r,l;C2: b_r;D2: r_r~~

1.9.5



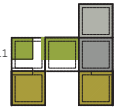
~~A1: r_r,l;B1: k_r,d;C1: b_r;D1: r_r~~

1.10



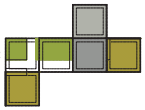
A3:d;B1: b_n,k_n,l;C1: r_w,r_w

1.11



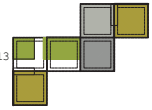
A3:d:B1: b_n,k_n,l;C1: r_w;C3: r_w

1.12



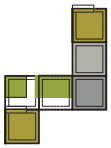
A3: d;B1: b_n,k_n,l ,r_n;C1: r_w

1.13



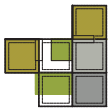
A3: d, r_v;B1: b_v,k_v,l;C1: r_v

1.14



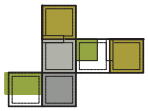
A3: r_v;B3: d;C1: b_v, k_v,l;D1: r_v

1.14.1



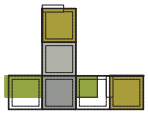
~~A3: r_v;B1: r_v,b_v,d;C2: k_v,l~~

1.14.2



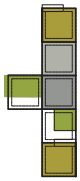
~~A2:r_v;B2:d, b_v,r_v;C1: k_v,l~~

1.14.3



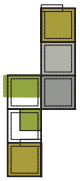
~~A2:r_v;B2:d;C1: k_v,l,b_v,r_v~~

1.14.4



~~A2:r_v;B2:d;C1: k_v,l;D2: b_v;E2: r_v~~

1.14.5

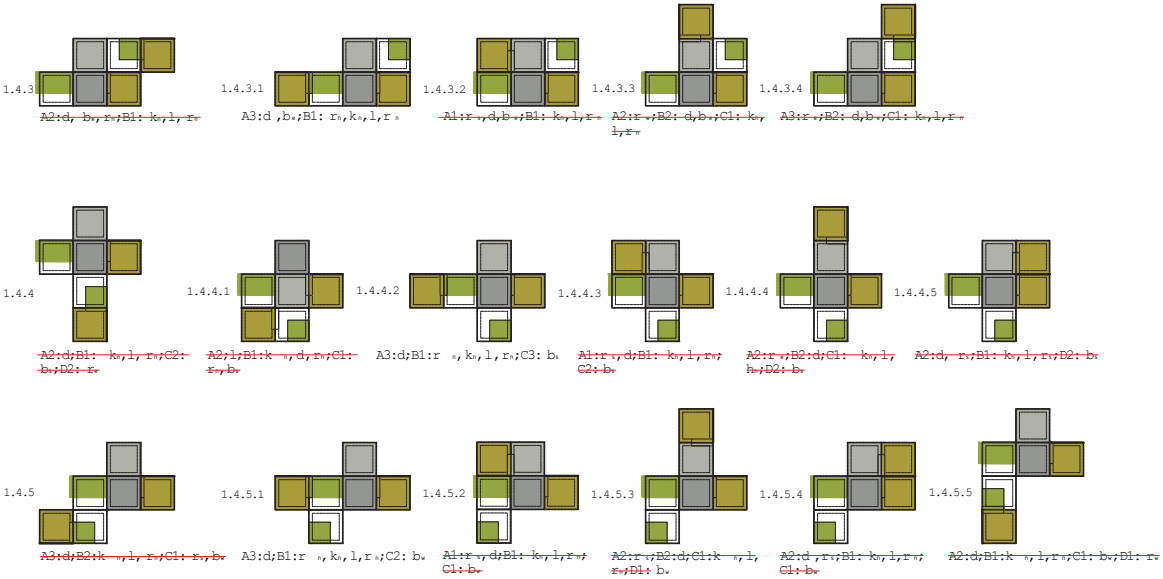


~~A2:r_v;B2:d;C1: k_v,l;D1: b_v;E1: r_v~~

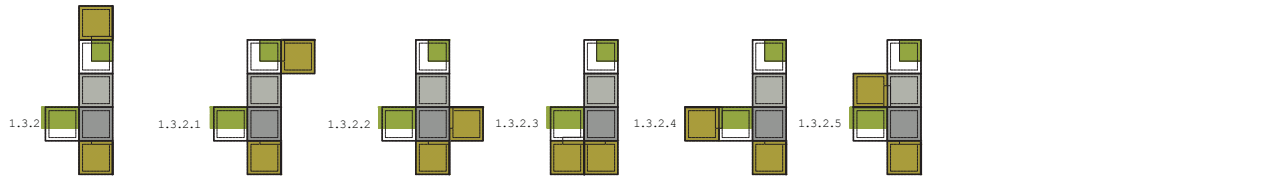
Esquemas distributivos

1/750

0 7.5 30



Esquemas distributivos



1.3.2 ~~A2: r,B2: b,C2: d,D1: k,l,E2: r~~

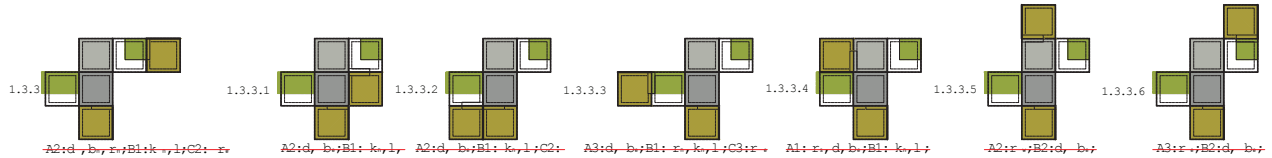
1.3.2.1 ~~A2: b,r,B2:d,C1: k,s,D2:r~~

1.3.2.2 ~~A2: b,B2:d,C1: k,s,r,D2:r~~

1.3.2.3 ~~A2: b,B2:d,C1: k,s,D1: r,r~~

1.3.2.4 ~~A3: b,B3:d,C1: r,k,s,D3: r~~

1.3.2.5 ~~A2: b,B1: r,d,C1: k,l,D2:r~~



1.3.3 ~~A2:d ,b,r,B1:k ,l,C2: r~~

1.3.3.1 ~~A2:d, b,B1: k,l, r,C2: r~~

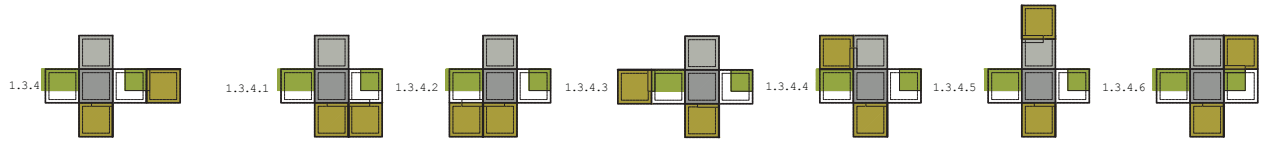
1.3.3.2 ~~A2:d, b,B1: k,l,C2: r,r~~

1.3.3.3 ~~A3:d, b,B1: r,k,l,C3:r~~

1.3.3.4 ~~A1: r,d,b,B1: k,l; C2:r~~

1.3.3.5 ~~A2:r ,B2:d, b, C1: k,l,D2: h~~

1.3.3.6 ~~A3:r ,B2:d, b, C1: k,l,D2: r~~



1.3.4 ~~A2: d,B1: k,l,b,r,C2: h~~

1.3.4.1 ~~A2:d,B1:k ,l,b,C2: r,r~~

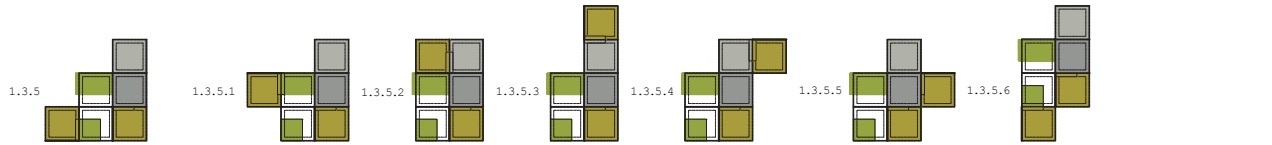
1.3.4.2 ~~A2:d,B1:k ,l,b,C1: r,r~~

1.3.4.3 A3:d,B1:r ,k,l,b,C3: r.

1.3.4.4 ~~A1:r ,d,B1: k,sl,b, C2:r~~

1.3.4.5 ~~A2:r ,B2: d,C1: k,l, b,D2: r~~

1.3.4.6 ~~A2:d, r,B1: k,l,b, D2: r~~



1.3.5 ~~A3:d ,B2: k,l,C1: r, b,h~~

1.3.5.1 A3:d,B1:r ,k,l,C2: b,r.

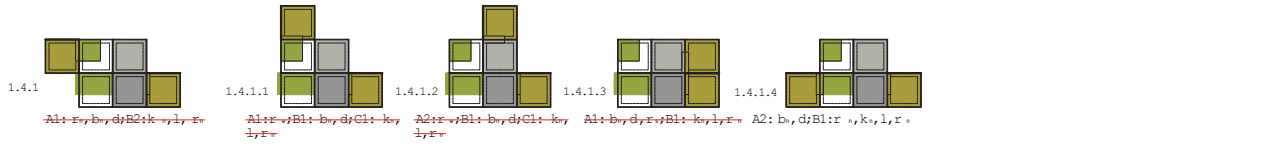
1.3.5.2 ~~A1:r ,s,B1: k,s, C1: b,r~~

1.3.5.3 ~~A2:r (b,2),B2: d, C1: k,l,D1: b,r~~

1.3.5.4 ~~A2:d, r,B1:k ,l,C1: b,r~~

1.3.5.5 ~~A2:d,B1:k ,l,r,C1: b,r~~

1.3.5.6 ~~A2:d,B1:k ,s,C1: b,r,D1: r~~



1.4.1 ~~A1: r,b,d,B2:k ,l, r~~

1.4.1.1 ~~A1:r ,B1: b,d,C1: k, l,r~~

1.4.1.2 ~~A2:r ,B1: b,d,C1: k, l,r~~

1.4.1.3 ~~A1: b,d,r,B1: k,l,r~~

1.4.1.4 A2: b,d,B1:r ,k,l,r.

1.4.2 ~~A2:r ,B2: b,C2: d,D1: k,l,r~~

1.4.2.1 ~~A2: b,r,B2: d,C1: k, l,r~~

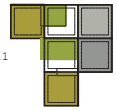
1.4.2.2 ~~A2: b,B2: d,r,C1: k, l,r~~

1.4.2.3 A3: b,B3: d,C1:r ,k,l,r.

1.4.2.4 ~~A2: b,B1: r,d,C1: k, l,r~~

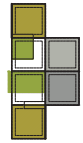
1.4.2.5 ~~A1:r ,b,B2:l,C1:k ,d,r~~

1.2.1



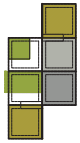
A1: r$_r$,b$_r$,l ;B2: k$_r$,d ; C2: r$_r$

1.2.1.1



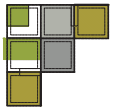
A1: r$_r$;B1: b$_r$,d; C1: k$_r$,l;D1: r$_r$

1.2.1.2



A2: r$_r$;B2: b$_r$,d; C1: k$_r$,l ;D1: r$_r$

1.2.1.3

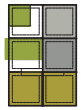


A1: b$_r$,d, r$_r$;B1: k$_r$,l ; C1: r$_r$

1.2.1.4

A1: b$_r$,d;B1: k$_r$,l, r$_r$; C1: r$_r$

1.2.1.5

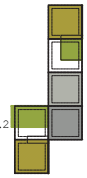


A1: b$_r$,d;B1: k$_r$,l ; C1: r$_r$,r$_r$

1.2.1.6

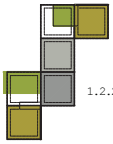
A2: b$_r$,d;B1: r$_r$,k$_r$,l ; C2: r$_r$

1.2.2



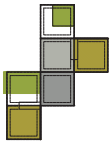
A1: r$_r$;B2: b$_r$;C2: d;D1:k $_r$,l;E1: r$_r$

1.2.2.1



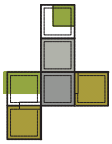
A2: b$_r$,r$_r$;B2: d; C1: k$_r$,l;D1: r$_r$

1.2.2.2



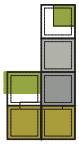
A2: b$_r$;B2: d,r $_r$;C1: k$_r$, l;D1: r$_r$

1.2.2.3



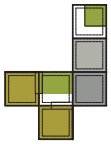
A2: b$_r$;B2: d;C1: k$_r$,l, r$_r$;D1: r$_r$

1.2.2.4



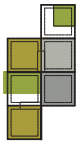
A2: b$_r$;B2: d;C1: k$_r$,l ;D1: r$_r$,r$_r$

1.2.2.5



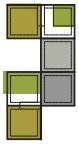
A3: b$_r$;B3: d;C1: r$_r$,k$_r$, l;D2: r$_r$

1.2.2.6



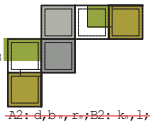
A2: b$_r$;B1;r $_r$,d; C1: k$_r$,l;D1: r$_r$

1.2.2.7



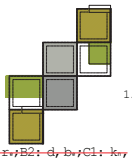
A1: r$_r$,b$_r$;B2: d;C1: k$_r$,l; D1: r$_r$

1.2.3



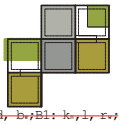
A2: d,b $_r$,r$_r$;B2: k$_r$,l;C1: r$_r$

1.2.3.1



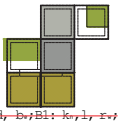
A3: r$_r$;B2: d,b$_r$;C1: k$_r$, l, r$_r$;D1: r$_r$

1.2.3.2



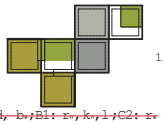
A2:d, b$_r$;B1: k$_r$,l, r$_r$; C1: r$_r$

1.2.3.3



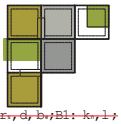
A2:d, b$_r$;B1: k$_r$,l, r$_r$; C1: r$_r$

1.2.3.4



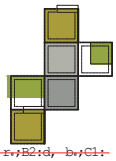
A3:d, b$_r$;B1: r$_r$,k$_r$,l ;C2: r$_r$

1.2.3.5



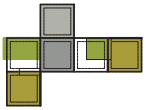
A1: r$_r$,d,b$_r$;B1: k$_r$,l ; C1: r$_r$

1.2.3.6



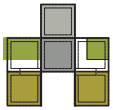
A2: r$_r$;B2:d, b$_r$;C1: k$_r$,l ;D1: r$_r$

1.2.4



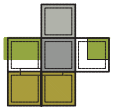
A2: d;B1:k $_r$,l, b$_r$,r$_r$;C1: r$_r$

1.2.4.1



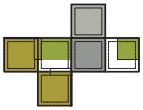
A2: d;B1: k$_r$,l,b $_r$;C1: r$_r$;C3: r$_r$

1.2.4.2



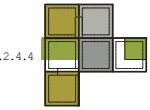
A2: d;B1: k$_r$,l,b $_r$;C1: r$_r$,r$_r$

1.2.4.3



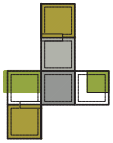
A3: d;B1: r$_r$,k$_r$,l,b $_r$;C1: r$_r$

1.2.4.4



A1: r$_r$,d;B1: k$_r$,l,b $_r$; C1: r$_r$

1.2.4.5



A2: r$_r$;B2: d;C1: k$_r$,l, b$_r$;D1: r$_r$

1.2.4.6

A2: d, r$_r$;B1: k$_r$,l, b$_r$;C1: r$_r$

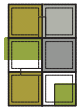
1.2.5

A2:d;B1: k$_r$,l; C1:r $_r$,b$_r$;D2: r$_r$

1.2.5.1

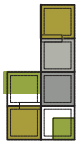
A3: d;B1: r$_r$,k$_r$,l;C2: r$_r$,b$_r$

1.2.5.2



A2: r$_r$,d;B2: k$_r$,l; C1: r$_r$,b$_r$

1.2.5.3



A2:r $_r$;B2:d,C1: k$_r$,l ;D1: r$_r$,b$_r$

1.2.5.4

A2: d, r$_r$;B1: b $_r$,l;C1: r$_r$,b$_r$

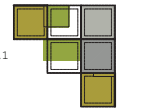
1.2.5.5

A2:l;B1: k$_r$,d, r$_r$;C1: r$_r$,b$_r$

1.2.5.6

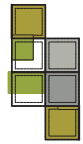
A2:d;B1:k $_r$,l;C1: r$_r$,b$_r$,r$_r$

1.3.1



A1:r $_r$,d;B2: k$_r$;C3: r$_r$

1.3.1.1

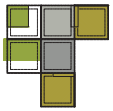


A1:r $_r$;B1: b$_r$,d; C1: k$_r$,l;B2: r$_r$

1.3.1.2

A2:r $_r$;B1: b$_r$,d; C1:k $_r$,d;D2: r$_r$

1.3.1.3

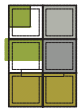


A1: b$_r$,d, r$_r$;B1: k$_r$,l; C2: r$_r$

1.3.1.4

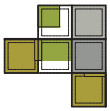
A1: b$_r$,d;B1: k$_r$,l, r$_r$; C2: r$_r$

1.3.1.5



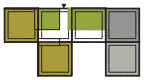
A1: b$_r$,d;B1: k$_r$,l ; C1: r$_r$,r$_r$

1.3.1.6



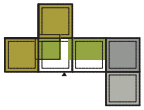
A2: b$_r$,d;B1: r$_r$,k$_r$,l ; C1: r$_r$

2



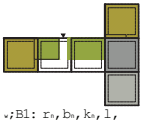
A1:r n,bn,kn,l,d ;B2:r w; B4:d

2.1



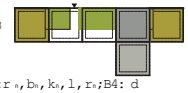
A3:r w;B1: rn,bn,kn,l,rn ;C4: d

2.2



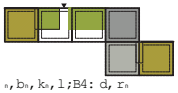
A4:r w;B1: rn,bn,kn,l, rn;C4: d

2.3



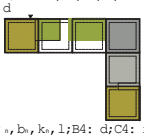
A1:r n,bn,kn,l,rn;B4: d

2.4



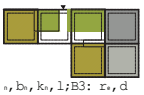
A1:r n,bn,kn,l;B4: d, rn

2.5



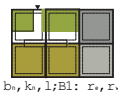
A1:r n,bn,kn,l;B4: d;C4: rw

2.6



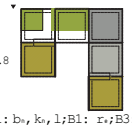
A1:r n,bn,kn,l;B3: rw,d

2.7



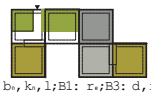
A1: bn,kn,l;B1: rw,rw,d

2.8



A1: bn,kn,l;B1: rw;B3: d;C3: rw

2.9

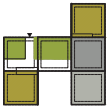


A1: bn,kn,l;B1: rw;B3: d,rn

2.10

A1: bn,kn,l, rn;B1: rw;B3: d

2.11

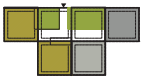


A3:r w;B1: bn,kn,l;C1: rw; C3:d

2.12

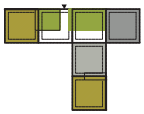
A1: rw;B1: bn,kn,l;C1: rw;C3: d

3



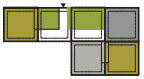
A1:r n,bn,kn,l:B2: rw,d

3.1



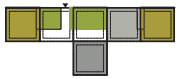
A1:r n,bn,kn,l;B3:d;C3:r w

3.2



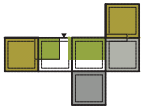
A1:r n,bn,kn,l;B3:d, rn

3.3



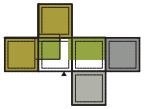
A1:r n,bn,kn,d, rn;B3: d

3.4



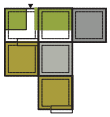
A4:r w;B1: rn,bn,dn,d;C3:l

3.5



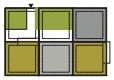
A2:r w;B1: rn,bn,kn,l; C3:d

3.6



A1: bn,kn,l;B1: rw,d; C2:r w

3.7



A1: bn,kn,l;B1: rw,d,rn

3.8

A1: bn,kn,d, rn;B1: rw,l

3.9

A3:r w;B1: bn,kn,d; C1: rw,l

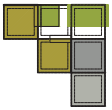
3.10

A1:r w;B1: bn,cn,l;C1: rw,d

3.11

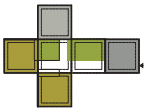
A1:r n,bn,kn;B2: rw,l+ d

3.12



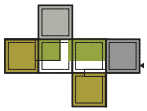
A1:r n,bn,kn;B2: rw,l;C3: d

4



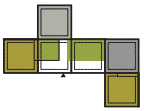
A2:d;B1:r n,bn,kn,l;C2: rw

4.1



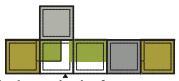
~~A2:d;B1:r n,bn,kn,l;C3: rw~~

4.2



~~A2:d;B1:r n,bn,kn,l;C4: rw~~

4.3



~~A2:d;B1:r n,bn,kn,l, rn~~

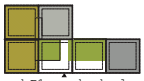
4.4

~~A2:d;A4:r w;B1:r n,bn,kn,l~~

4.5

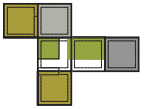
~~A2:d,r w;B1:r n,bn,kn,l~~

4.6



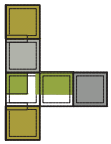
~~A1:r w,d;B1:r n,bn,kn,l.~~

4.7



~~A1:r w,d;B2:b n,kn,l;C2: rw~~

4.8



~~A1: rw;B1:d;C1:b n, kn,l;D1: rw~~

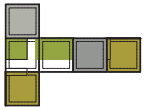
4.9

~~A1:d,r w;B1:b n,kn,l; C1: rw~~

4.10

~~A1:d;A2:r w;B1:b n,kn,l;C1: rw~~

4.11

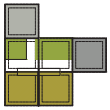


~~A1:d;B1:b $_{n}$,k$_{n}$,l, r$_{n}$;C1: r$_{n}$~~

4.12

~~A1:d;B1:b $_{n}$,k$_{n}$,l;C1: r$_{n}$;C3: r$_{n}$~~

4.13



~~A1:d;B1:b $_{n}$,k$_{n}$,l;C1: r$_{n}$,r$_{n}$~~

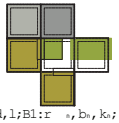
4.14

~~A2:d;B1: r$_{n}$,b$_{n}$,k$_{n}$;C2: r$_{n}$,l~~

4.15

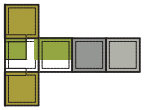
A1: d, l;B1:r $_{n}$,b$_{n}$,k$_{n}$; C2: r$_{n}$

4.16



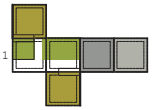
A1:d,l;B1:r $_{n}$,b$_{n}$,k$_{n}$; C2: r$_{n}$

5



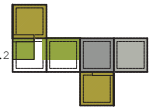
A1:r $_{n}$;B1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d;C1: r$_{n}$

5.1



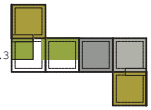
A1:r $_{n}$;B1: b$_{n}$,k$_{n}$,l,d;C2: r$_{n}$

5.2



A1: r$_{n}$;B1: b$_{n}$,k$_{n}$,l,d;C3;r $_{n}$

5.3



A1:r $_{n}$;B1: b$_{n}$,c$_{n}$,l,d;C4: r$_{n}$

5.4

A1:r $_{n}$;B1: b$_{n}$,k$_{n}$,l,d, r$_{n}$

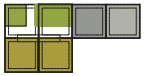
5.5

A1:r $_{n}$;A4: r$_{n}$;B1:b $_{n}$,c$_{n}$,l,d

5.6

A1:r $_{n}$;A3: h$_{n}$;B1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d

6

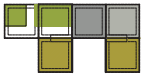


A1:b $_{n}$,k$_{n}$,d,l;B1: r$_{n}$,r$_{n}$

6.1

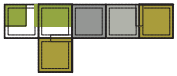
A1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d;B2:r $_{n}$,r$_{n}$

6.2



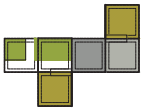
A1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d;B2:r $_{n}$;B4: r$_{n}$

6.3



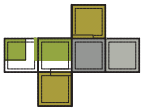
A1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d, r$_{n}$;B2: r$_{n}$

6.4



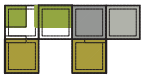
A4:r $_{n}$;B1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d;C2:r $_{n}$

6.5



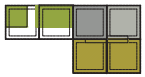
A3:r $_{n}$;B1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d; C2:r $_{n}$

7



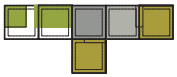
A1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d;B1: r$_{n}$;B3: r$_{n}$

7.1



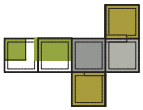
A1: b$_{n}$,k$_{n}$,l,d;B2:r $_{n}$,r$_{n}$

7.2



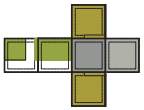
A1: b$_{n}$,k$_{n}$,l,d, r$_{n}$;B3: r$_{n}$

7.3



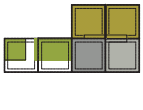
A4:r $_{n}$;B1: b$_{n}$,k$_{n}$,l,d;C3: r$_{n}$

7.4



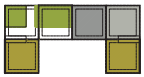
A3:r $_{n}$;B1: b$_{n}$,k$_{n}$,l,d;C3:r $_{n}$

7.5



~~A3:r $_{n}$,r$_{n}$;B1: b$_{n}$,k$_{n}$,l,d~~

8

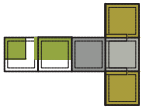


A1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d;B1: r$_{n}$;B4: r$_{n}$

8.1

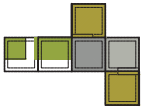
~~A1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d, r$_{n}$;B4:r $_{n}$~~

8.2



~~A4:r $_{n}$;B1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d;C4:r $_{n}$~~

8.3



A3:r $_{n}$;B1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d;C4:r $_{n}$

9

A1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d, r$_{n}$;B1: r$_{n}$

9.1

~~A4:, r$_{n}$;B1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d, r$_{n}$~~

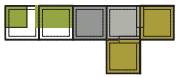
9.2

~~A3:, r$_{n}$;B1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d, r$_{n}$~~

9.3

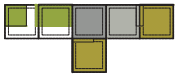
~~A4:, r$_{n}$;B1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d, r$_{n}$~~

9.4



~~A1:b $_{n}$,k$_{n}$,l,d, r$_{n}$;A4: r$_{n}$~~

9.5

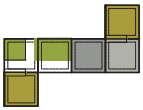


~~A1:b ,k,l,d, r,B3: r.~~

9.6

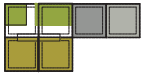
~~A3:, r,B1:b ,k,l,d, r.~~

10



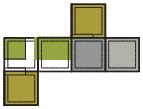
A4:r ;B1:b ,k,l,d, r;
C1: r.

10.1



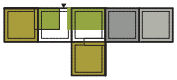
A1:b ,k,l,d;B1: r, r.

11



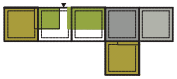
A3:r ;B1:b ,c,d,l; C3:r

12



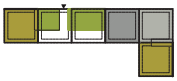
A1:r ,b,k,l,l;B3: r

13



A1:r ,b,k,l,d;B4: r

14



A1:r ,b,k,l,d :B5:r

15

A1:r ,b,k,l,d, r

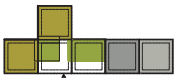
16

A5:r ;B1:r ,b,k,l,d

17

A4:r ;B1:r ,b,k,l,d

18



A2:r ;B1:r ,b,k,l,d

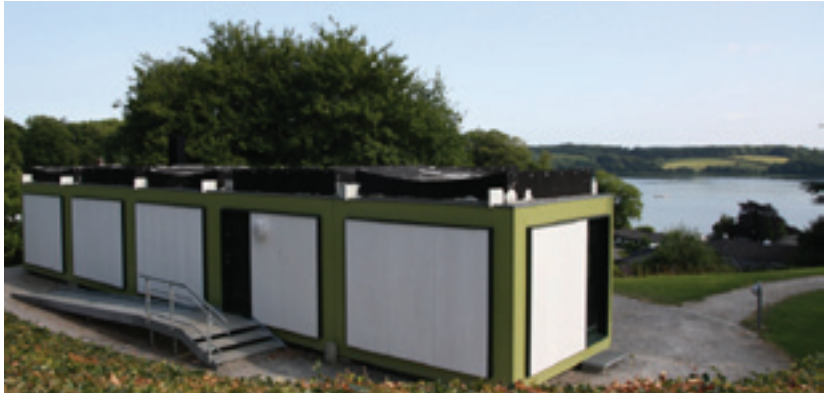
Esquemas distributivos

1/750

0 7.5 30

ANEJO II: Reportaje fotográfico del prototipo

1. Imágenes exteriores

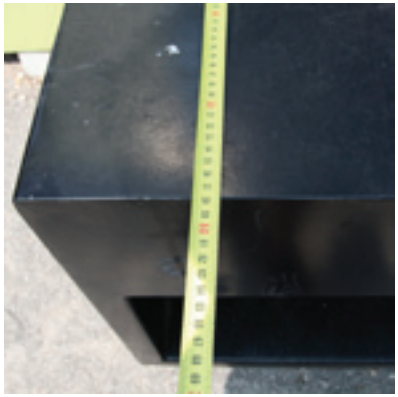


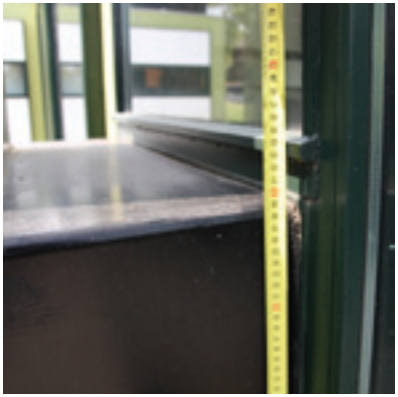
2. Imágenes marco estructural

3. Imágenes cubierta

4. Imágenes cerramientos

5. Imágenes chimenea





6. Imágenes carpinterías

7. Imágenes interiores

fig.II.1 Autor de la fotografía: Hans Nerstu

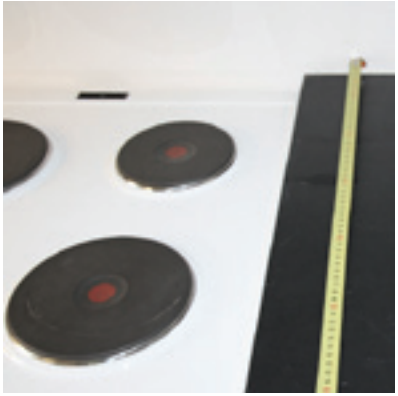
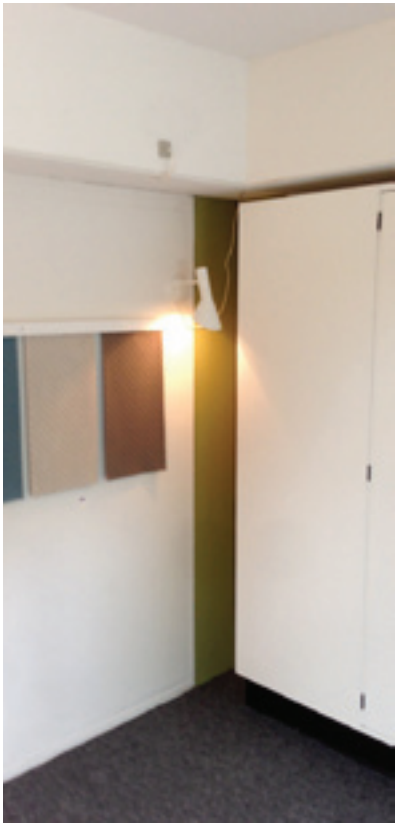


fig.II.2. Autor de la fotografía: Hans Nerstu

fig II.2



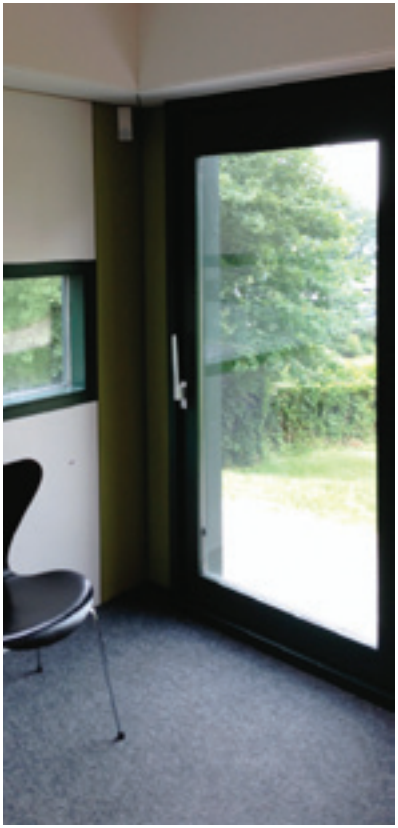


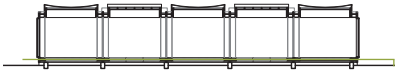
fig.II.3 Autor de la fotografía: Hans Nerstu

fig.II.4 Autor de la fotografía: Hans Nerstu

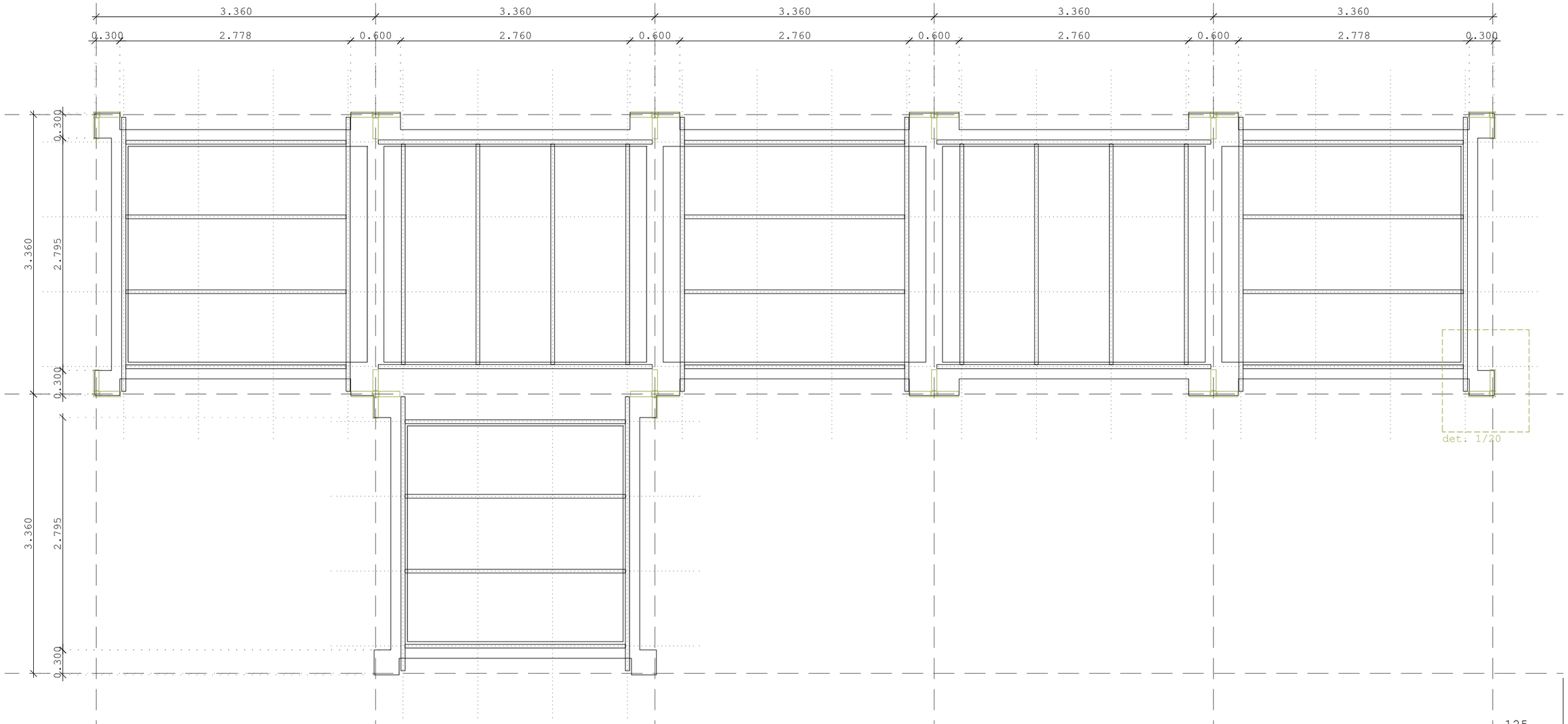
fig.II.3

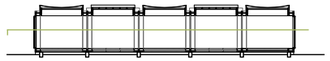
8. Imágenes cimentación

ANEJO III: Levantamiento de planos del prototipo. Escala: 1/50



Planta de cimentación

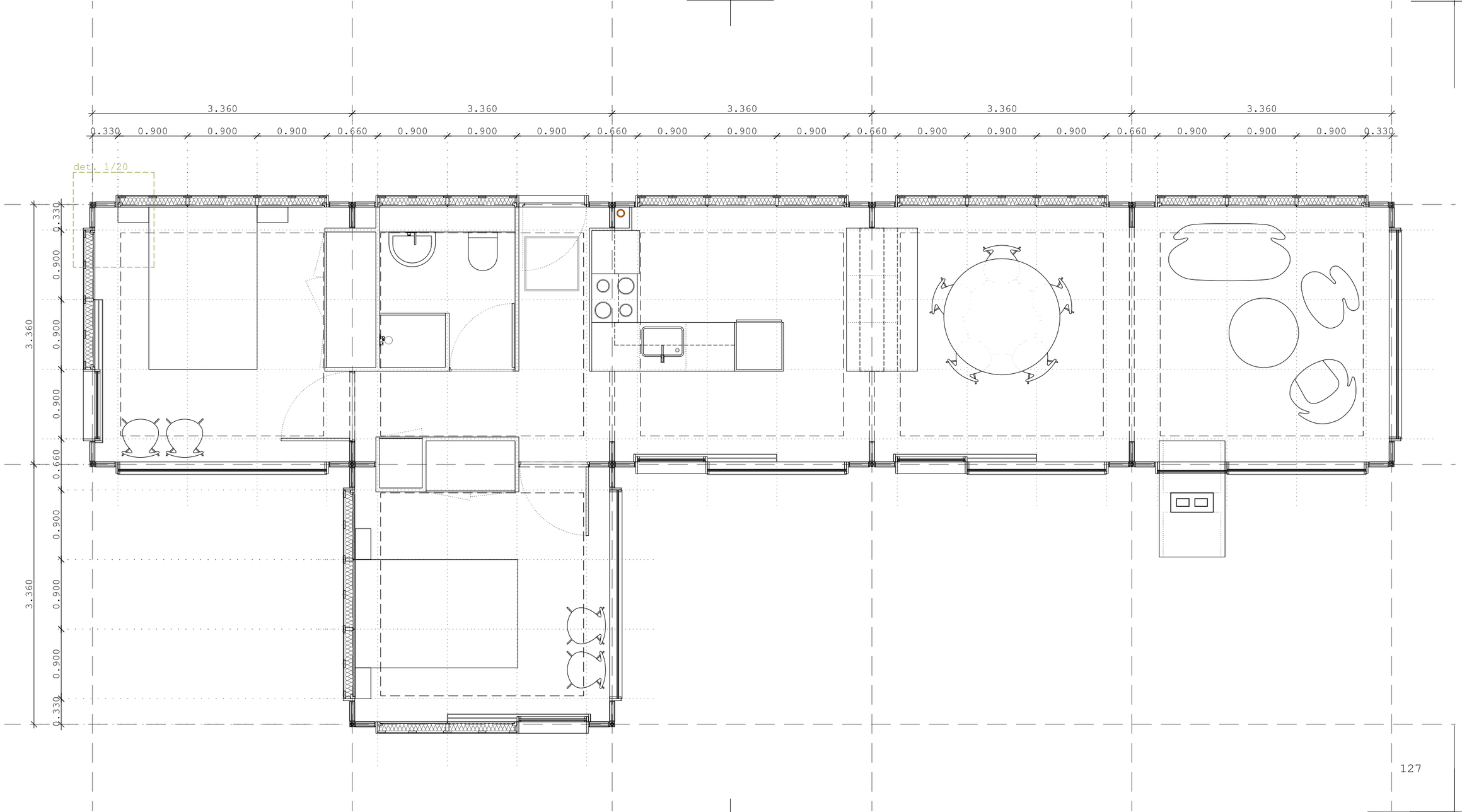

3.360
3.360
3.360
3.360
3.360
0.300
2.778
0.600
2.760
0.600
2.760
0.600
2.760
0.600
2.778
0.300
0.300
2.795
0.300
3.360
2.795
0.300
3.360
det. 1/20

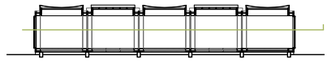


Planta general

1/50

0 .5 2.5

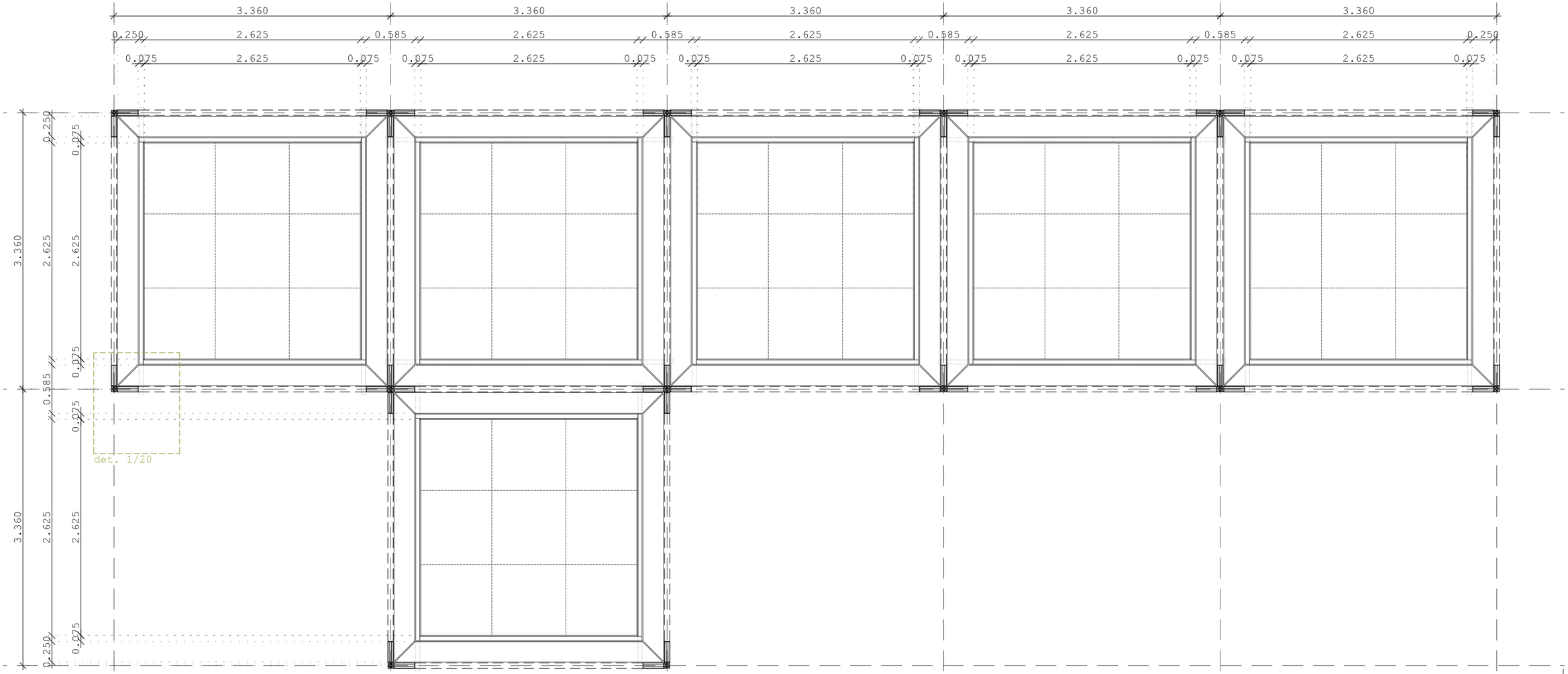

3.360
3.360
3.360
3.360
3.360
0.330 0.900 0.900 0.900 0.660 0.900 0.900 0.900 0.660 0.900 0.900 0.900 0.660 0.900 0.900 0.900 0.660 0.900 0.900 0.900 0.330
det. 1/20
3.360
0.330 0.900 0.900 0.900 0.660
3.360
0.900 0.900 0.900 0.330

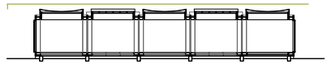


Planta cenital

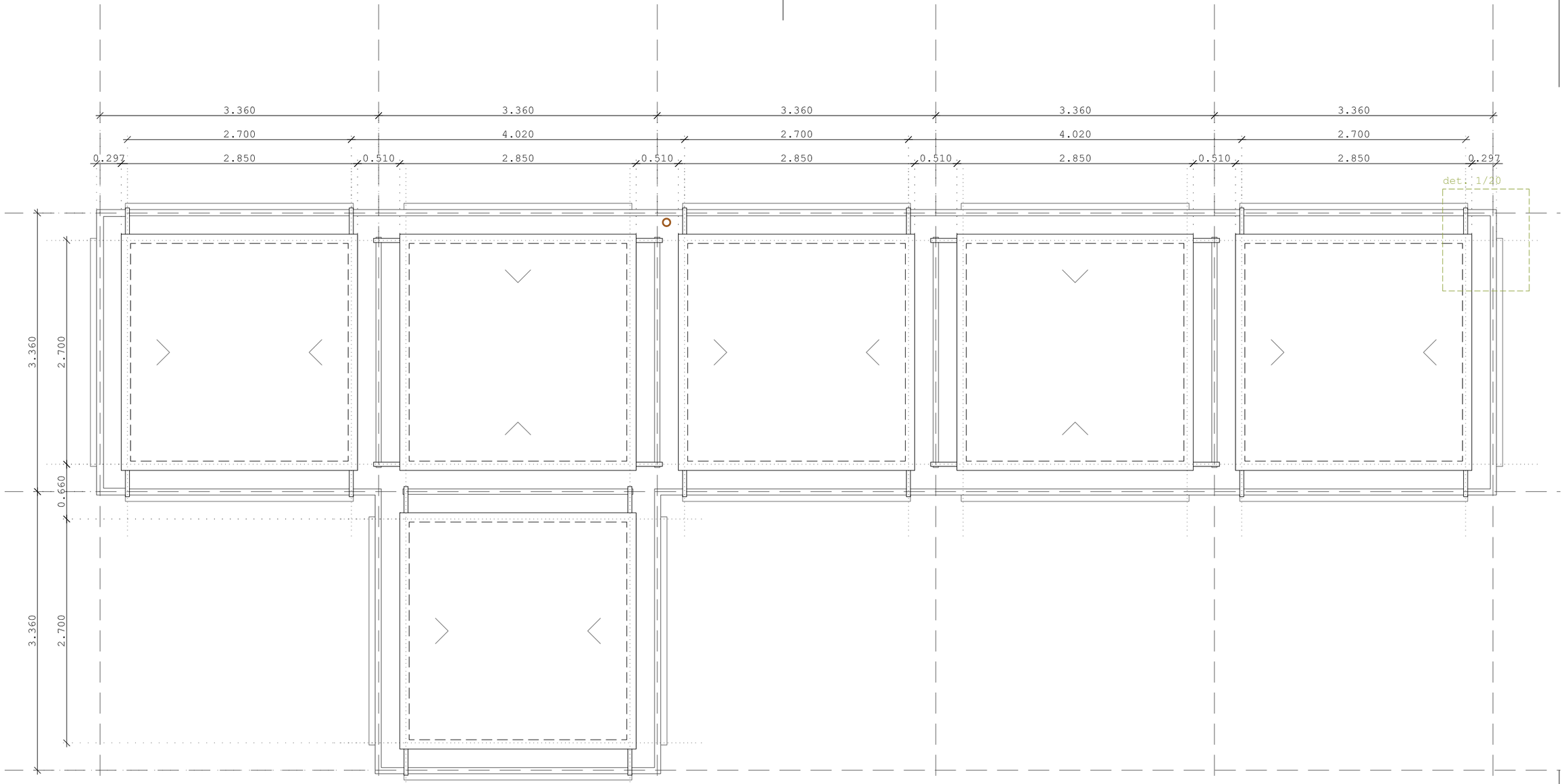
1/50

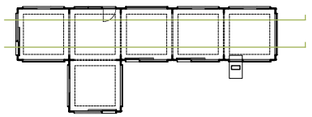
0 .5 2.5


3.360
3.360
3.360
3.360
3.360
0.250
2.625
0.585
2.625
0.585
2.625
0.585
2.625
0.585
2.625
0.250
0.075
2.625
0.075
0.075
2.625
0.075
0.075
2.625
0.075
0.075
2.625
0.075
0.075
2.625
0.075
3.360
0.250
2.625
0.075
2.625
0.075
0.585
0.075
2.625
0.075
2.625
0.250
det. 1/20

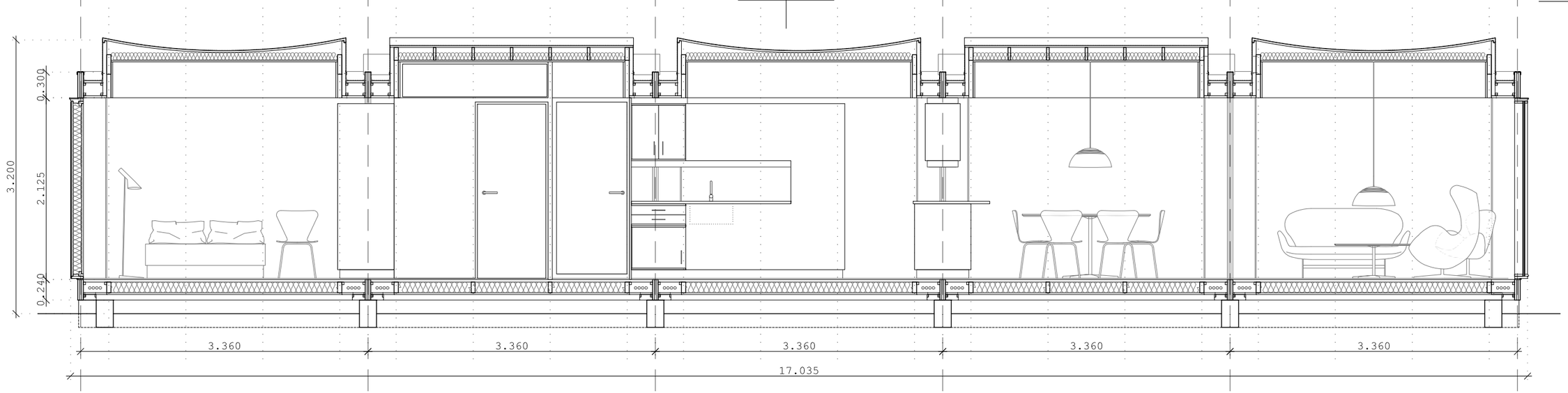


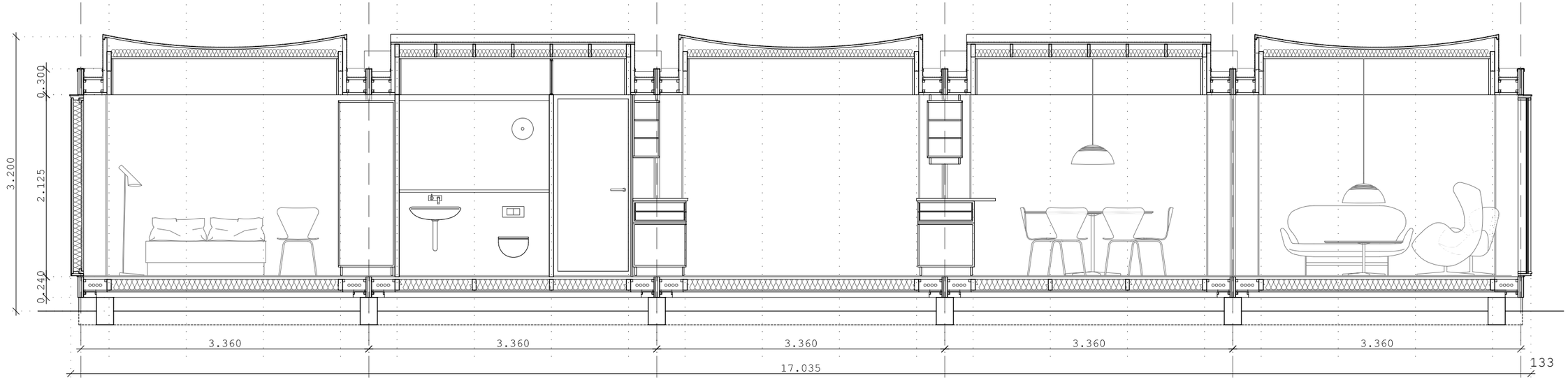
Planta cubierta

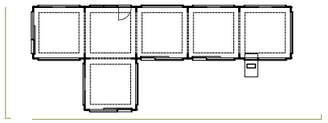

3.360
3.360
3.360
3.360
3.360
2.700
4.020
2.700
4.020
2.700
0.297
2.850
0.510
2.850
0.510
2.850
0.510
2.850
0.510
2.850
0.297
det. 1/20
3.360
2.700
0.660
3.360
2.700



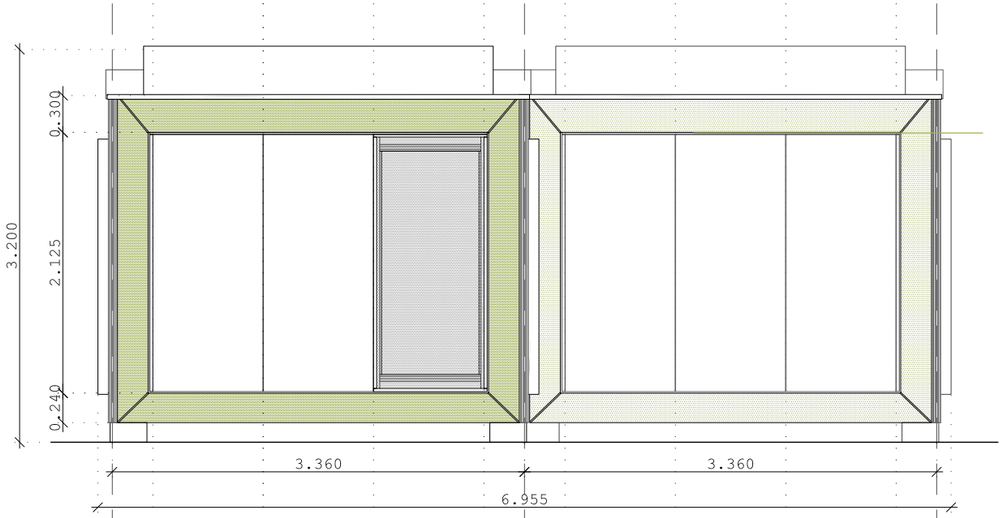
Secciones longitudinales

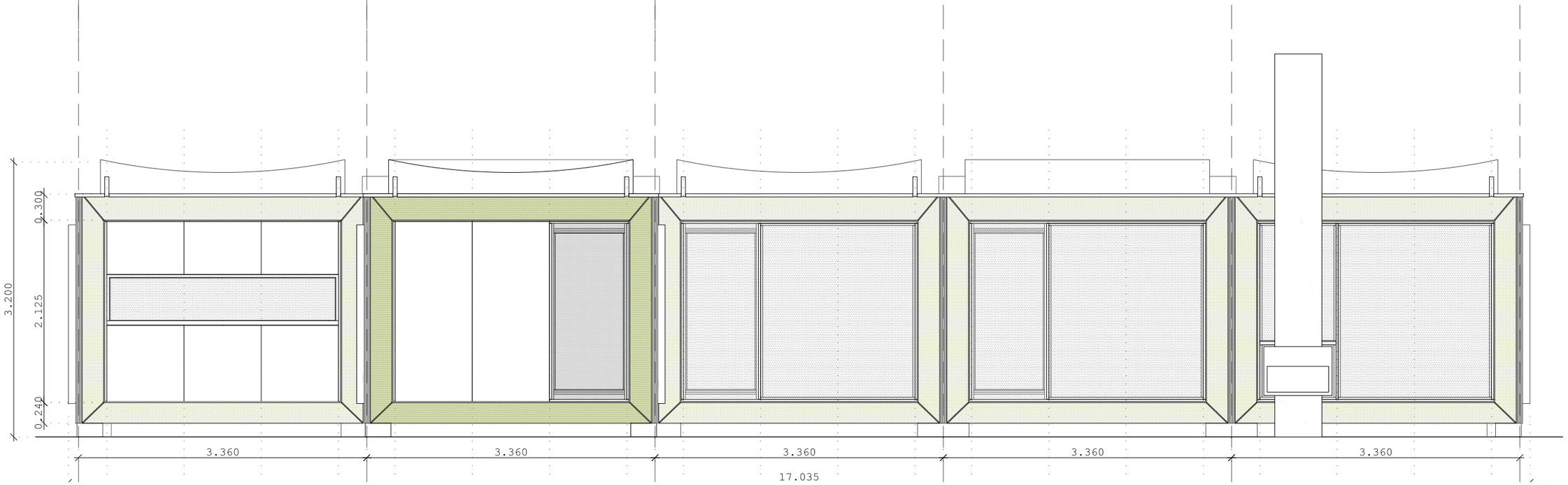

0.300
2.125
3.200
0.240
3.360
3.360
3.360
3.360
3.360
17.035

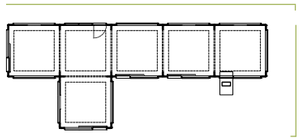

0.300
2.125
3.200
0.240
3.360
3.360
3.360
3.360
3.360
17.035



Alzados generales


0.300
2.125
0.240
3.200
3.360
3.360
6.955

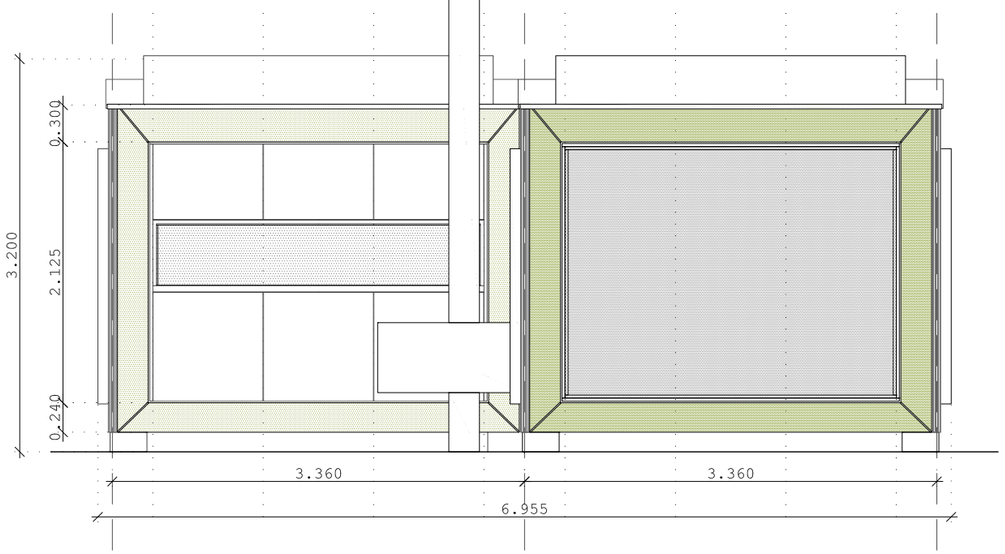

0.300
2.125
0.240
3.200
3.360
3.360
3.360
3.360
3.360
17.035

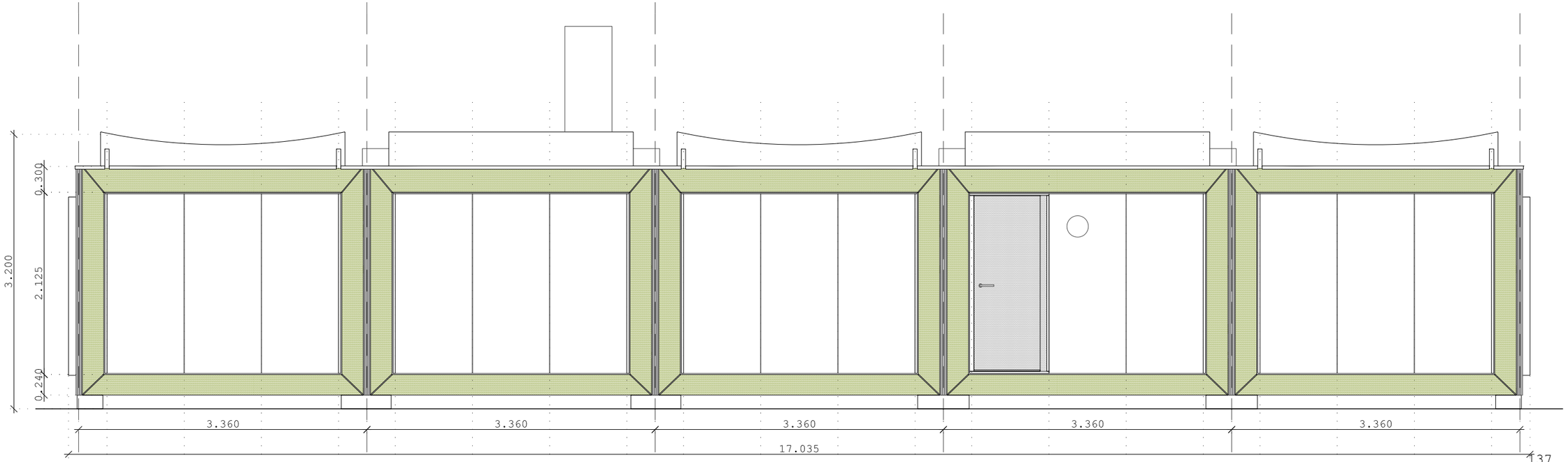


Alzados generales

1/50

0 .5 2.5


0.300
2.125
0.240
3.200
3.360
3.360
6.955


0.300
2.125
0.240
3.200
3.360
3.360
3.360
3.360
3.360
17.035

Reunido el Tribunal calificador en el día _____ d _____ de_____

en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle de la Universidad Ramon Llull

el alumno *David García Martínez*

expuso su Trabajo Final de Máster, el cual tiene por título:

"Kubeflex. Distribuciones agregativas. Arne Jacobsen 1969"

delante del Tribunal formado por los Drs. que firman a continuación, habiendo obtenido la calificación:

Presidente/a

_____

Vocal

_____

Vocal

_____

Alumno/a
David García Martínez