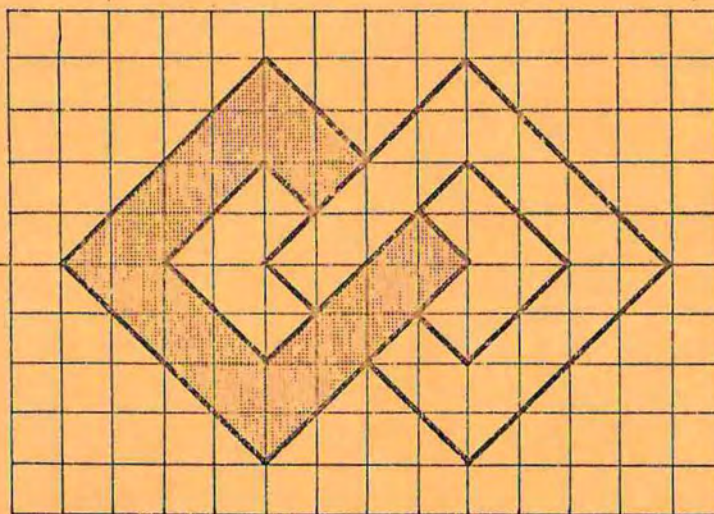


S
ARQUIT
P 337c
C2

03704 c1

LA COORDINACION MODULAR

EN LA ARQUITECTECTURA Y EN LA INDUSTRIALIZACION DE LA CONSTRUCCION



CARRERA DE ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE LA
CONSTRUCCION Y DE LAS ESTRUCTURAS
AREA DE ARTE Y TECNOLOGIA
UNIVERSIDAD DE CHILE VALPARAISO

TRABAJO DE SEMINARIO
PROFESORES : FRANCISCO AEDO C.
ASESORES : FLAVIO GUTIERREZ A.
ALUMNOS : HERNAN PAVEZ G.
HERNAN RIQUELME B.

1970

INDICE GENERAL

PAGINA

A.	INTRODUCCION.	1
B.	NORMALIZACION.	7
B.1.	CONCEPTO DE NORMALIZACION.	8
C.	COORDINACION MODULAR.	11
C.1.	INTRODUCCION.	11
C.2.	CONCEPTO DE COORDINACION MODULAR.	14
C.3.	EL MODULO.	15
C.4.	SERIES DE NUMEROS.	22
C.5.	SERIES DE DIMENSIONES.	29
C.6.	CAMPOS DE APLICACION DE LA COORDINACION MODULAR.	57
✓ C.6.1.	DISEÑO MODULAR.	57
C.6.2.	ELABORACION DE COMPONENTES.	64
C.6.3.	CONSTRUCCION MODULAR.	74
C.7.	CONCLUSIONES.	87
C.8.	ANEXOS.	90
C.8.1.	TERMINOLOGIA.	90
C.8.2.	OBTENCION ALGEBRAICA DEL NUMERO ϕ (FI)	105
C.8.3.	TRABAJO EXPERIMENTAL REALIZADO POR LA O.N.U.	108

D.	PROPOSICION DE DIMENSIONES PARA COMPONENTES DE PAVIMENTO Y DETERMINACION DE UNA SERIE ESPECIFICA DE DIMENSIONES PARA RECINTOS DE LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL.	109
D.1.	BASES PARA SU DETERMINACION.	111
D.2.	ANALISIS DIMENSIONAL.	114
D.3.	ANALISIS MATEMATICO.	117
D.4.	PROPOSICION.	124
D.5.	CONCLUSIONES.	131
	BIBLIOGRAFIA.	132



A. introducción

A. INTRODUCCION.

LA EPOCA DE LA PLANIFICACION.

Aquellas generaciones que durante este siglo asisten al cambio más definitivo de las relaciones entre el hombre y la sociedad, las ciencias y su papel histórico, esperan ansiosamente los resultados del enfrentamiento entre aquello que constituye el "orden espontáneo" bajo el cual vivimos y un "orden planificado" que insurge como la más ambiciosa proposición de la filosofía y de la ciencia.

La planificación económica propuesta por Marx en el siglo pasado como antítesis del desorden de la economía individual o de empresas, estaba certeramente dirigida. Aunque proveniente del pensamiento más auténticamente revolucionario, la idea no pudo ser rechazada por el capitalismo que se apropia de ello y lo lleva brillantemente a cabo en la expresión de los poderosos estados económicos modernos. Aunque este aspecto puramente técnico, extraído del pensamiento del genial filósofo alemán ha sido puesto al servicio de una sola tarea: el enriquecimiento de una clase social o de una nación, sus resultados como tal técnica han sido - en verdad - portentosos.

En menos de un siglo, y con base a la planificación de la producción y del consumo hemos visto surgir colosales empresas que extienden su influencia a todos los puntos del planeta. Tales empresas no son autónomas ni compiten entre sí. Ellas y sus organizaciones crediticias se identifican totalmente con el Estado, a través del cual se planifica el proceso económico y la cultura, así como se determinan las formas de vida se disciplina al hombre y se le reprime a fin de que sirva

a las finalidades de la producción y del consumo.

Lo anterior no ha contribuido - por cierto - a la felicidad del hombre, cuya angustia vital es cada día más crítica y más explosiva, pareciendo que este estado de desequilibrio fuera asintótico a los éxitos logrados por la planificación.

Es evidente que la causa no debe atribuirse a la ciencia ni a la técnica, como tampoco a su producto, la planificación. Estos portentosos recursos humanos se han transformado en instrumentos de poder. El poder beneficia a grupos sociales o a países enteros con prescindencia de la suerte del resto de la humanidad. El poder debe ser mantenido para ese fin y precisa de la riqueza como asiento fundamental. Los distintos grados de riqueza exacerbados cada día con diferencias más profundas, hace casi inaccesible la posibilidad de desarrollo en el sentido evolutivo y pronostica la inminencia de una rebelión de un grupo social contra otro, a escala mundial, como forma natural de saldar el conflicto.

Al desarrollo de las ciencias y de la técnica han contribuido, en distintas medidas, la totalidad de los países, incluso los subdesarrollados con la flor de su intelectualidad, aún cuando no hemos gozado plenamente de sus frutos. Esta contribución no excluye a Chile, país de evidentes inquietudes científicas no canalizadas ni medianamente aprovechadas, pero que han logrado imprimirle un cierto sello "progresista" a sus Universidades.

La "planificación", en todos sus campos, como método de desarrollo es motivo de estudio en la mayor parte de nuestros centros de educación superior. El presente trabajo, referente a la Coordinación Modular en Arquitectura, como demostraremos, forma parte del concepto de planificación, en tanto se adentra a sistematizar

los principios que informan los sistemas de medidas en la Arquitectura y postula una vasta influencia sobre la totalidad de los procesos de la industria manufacturera.

La adopción de "patrones", intercambiables, ya sean estos solamente identificación de funciones específicas de las partes de una máquina, o más objetivamente, órganos acabados de la misma máquina (motores propulsores atómicos; cajas de inducción de velocidades; cerraduras; puertas y ventanas etc.) ha sido ventajoso para la industria desde sus comienzos. Ello ha representado convenios internacionales cuyo destino es aumentar la productividad, planificando o previendo de antemano los términos de su desarrollo, en aquellas direcciones en que no era admisible, económicamente, la libertad en el diseño. {

La construcción de edificios (y muy particularmente la de viviendas) ha escapado por largos años al proceso de tipificación. Por una parte se trata de un proceso de gran complejidad para llegar al producto terminado. Desde otro ángulo, el romanticismo de la función creadora a la que los Arquitectos no desean renunciar oficialmente, ha retrasado en el mundo la adopción de métodos industriales en la construcción de edificios ya que estos métodos "restarían originalidad" y significado estético a la obra Arquitectónica.

El mayor impulso hacia la industrialización del "producto edificio" lo ha constituido la masificación de la necesidad de habitar viviendas sanas y limpias, de las que está privada mas de el 50% de la humanidad y cuyo logro se aleja a medida que el costo del trabajo artesanal aumenta y con él, el costo del m² de edificio.

Es evidente, y así ha sido demostrado en Francia, Inglaterra, Alemania

y países socialistas que la posibilidad de disminuir el costo de la vivienda estriba en aplicar a su construcción los métodos industriales que en síntesis representan:

- a. Definición tecnológica de la totalidad del proceso de producción y estudio de sus etapas acabadas.
- b. Obtención de materiales normalizados en su calidad para asegurar la continuidad de la calidad del conjunto.
- c. Volumen de producción constante, o en aumento, que asegure la amortización de la cuantiosa inversión con el equipo industrial.
- d. Coordinación Modular entre las partes que integran el conjunto construido, y la concepción dimensional del proyecto del objeto (edificio, en nuestro caso). Esta última condición es totalmente válida en cualquier manufactura que tenga como finalidad el montaje de partes, algunas de las cuales son directamente fabricadas por ella y que el resto del suministro sea proporcionado por industrias distintas.

La inexistencia de la Coordinación Modular entre partes y proyecto, obligaría necesariamente a engorrosas etapas de reelaboración de productos terminados (como ocurre actualmente con las placas de revestimiento, tuberías, vidrios, etc.).

En el campo de la Arquitectura y de la construcción de edificios, la in-

dustrialización constituye sin duda la más significativa y revolucionaria interpretación de que haya memoria ya que atenta no sólo contra métodos artesanales sobrevivientes de la edad media, sino contra el alto desarrollo alcanzado en la mecanización de procesos parciales introducidos en la construcción convencional en los últimos 20 años. En cuanto a la Arquitectura, deberá encontrar el camino para comprender los nuevos principios y dominarlos con fuerte inclinación hacia la técnica o aceptar que sus funciones de constructor le sean definitivamente arrebatadas.

La Coordinación Modular está en la base misma del vigoroso movimiento industrial de la construcción de edificios; es su raíz primaria, cuyo dominio y esclarecimiento permitirá el montaje de la más fabulosa industria de todos los tiempos y cuyos límites dimensionales son imprevisibles.

Para un universitario auténtico, carece de importancia la definición plenamente circunstancial de desarrollo o subdesarrollo. La Universidad autónoma a la que pertenecemos - y que defenderemos - es un refugio en la sociedad de consumo desde donde puede planificarse el futuro y acelerar su proximidad.

El presente trabajo, como otros trabajos estudiantiles que con cierta desapehensión de problemas más contingentes, exploran el futuro, serán sólidos puntos de partida en las tareas de liberación que se avecinan, cuando nos corresponda transformarnos de espectadores, en actores, lo que no puede entenderse sino como la necesidad consecuente de pasar de la crítica a la acción.

Si postulamos para la Arquitectura un inminente virage hacia los métodos industriales de construcción, nuestra generación es la que debe abrir paso a esos cambios, aprovechándose aquellos métodos y ejercitándose en etapas parciales

de su aplicación.

La Coordinación Modular demandará de muchos años de análisis y trabajo matemático hasta establecer con certeza los límites generales y específicos de su campo de aplicación. Llevará también mucho tiempo completar el proceso de transformación de la industria para adaptar su equipo y la mentalidad de productores y usuarios a la idea de un intercambio universal de productos normalizados y modulados.



B. normalización

B. N O R M A L I Z A C I O N.

En este capítulo analizaremos brevemente los conceptos de Normalización y Norma, ambos aplicados a la Coordinación Modular, ya que al hablar de coordinar dimensiones, su objetivo es coordinar el diseño, la fabricación y construcción de acuerdo a ciertos principios industriales. Esto automáticamente implica la adopción de materiales normalizados y de una serie de dimensiones que tenga el carácter de Norma.

La Normalización es una necesidad que nació hace muchos años, ya los antiguos se valieron de ella aprovechando las ventajas que ella aporta: Simplificación, Unificación e Intercambiabilidad. Se crean ahí las primeras Normas de: Comunicación, que dieron origen a los idiomas; divisiones del tiempo (calendarios); sistemas de pesas y medidas; escrituras; modulación, etc.

Con el avance científico y tecnológico, que crece en forma vertiginosa, esta necesidad se ha ido incrementando y aún más se ha transformado en un requisito básico en la Producción Industrial, debido a que permite crear una ordenación y unificación de la técnica, reduce los productos a aquellos que son realmente útiles, mejorando la productividad con el consiguiente ahorro de material y tiempo de trabajo, además de hacer posible la intercambiabilidad de productos. Esto último ha llevado a la creación de organismos internacionales y nacionales que se preocupen del problema. Es así como existen en estos momentos:

I.S.O.	Organización Internacional para la Normalización.
COPANT	Comisión Panamericana de Normas Técnicas.
DIN	Normas Industriales Alemanas.
ASTM	Normas Americanas.

INDITECNOR Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización.

B.1. CONCEPTO DE NORMALIZACION.

Su origen viene del latín "Norma", que significa: guía, reglamento o muestra. Generalmente se asocia a norma, standard, que es el término que usan los países anglo-sajones, eslavos, U.R.S.S., Checoslovaquia, etc., que es sinónimo de norma.

Tomando como definición de Normalización, la que da el Comité Permanente para el Estudio de los Principios de la Normalización (S.T.A.C.O.) que nos parece que define en forma mas clara y precisa este concepto.

NORMALIZACION: "Es el proceso de formular y explicar reglas de acceso ordenado a una actividad específica para el beneficio y con la cooperación de todos los interesados y en particular, para la formación de una economía óptima, teniendo en cuenta las condiciones funcionales y los requisitos de seguridad. Tiene como base los resultados consolidados de la ciencia, la técnica y la experiencia y dicta no solamente las partes del presente, sino también del desarrollo futuro debiendo mantenerse al ritmo del progreso".

La Normalización se basa en tres conceptos, ellos son: Simplificación, Unificación e Intercambiabilidad.

-
-
1. SIMPLIFICACION. Es la reducción de la variedad de número, tipo o clase de materiales, productos, métodos, etc. a aquellos que son indispensables.
 2. UNIFICACION Es el proceso de obtención de una sola clase, tipo, dirección, método o sistema.
 3. INTERCAMBIABILIDAD Es una función que permite el reemplazo de un producto por otro con iguales características, o también referido a un componente, el cambio de una parte de éste por otro similar.
Es importante para este efecto que tanto los materiales como las partes de un componente, cumplan con una adecuada uniformidad que permita su reemplazo o cambio sin necesidad de producir cortes o retoques.

La teoría de Normalización, se basa en conocimientos de leyes y de una técnica, para obtener con ello una garantía de calidad permitiendo una técnica altamente desarrollada. Su formulación está dada por las normas que son un medio importante para llevar a cabo estos principios.

La Norma, dada ya su definición y origen es en este caso una relación que define:

- a. La forma tamaño, composición, calidad, rendimiento u otra característica de un material o producto manufacturado.
- b. Los métodos de verificación, aplicación u otra condición de esos materiales o productos.

La aplicación efectiva de una Norma, proviene de la ventaja que ella aporta, eso si obligará a que se produzca un acuerdo entre las partes interesadas: productores, distribuidores, usuarios, organismos científicos y de administración, personalidades competentes, etc. que tomen conciencia de lo que ella significan y permitan su elaboración, aportando sus dudas, deseos, necesidades, etc.



C. coordinación modular

C. COORDINACION MODULAR.

C.1. INTRODUCCION.

El desarrollo de la industria de la construcción, como consecuencia del desarrollo económico e industrial, ha producido en esta actividad un cambio radical. Los métodos tradicionales de construcción -artesanía- se han ido reemplazando progresivamente por el empleo de nuevas técnicas y métodos con un alto grado de mecanización, ello involucra un uso intensivo de la máquina que reemplaza el trabajo manual en las faenas de producción de materiales, equipos y herramientas, como también las faenas en obra.

Junto al desarrollo de la mecanización, principio básico de la Industrialización, se han desarrollado también la Tipificación y la Racionalización, lo que ha permitido planificar los procesos de construcción, coordinar los métodos de ensayo y terminología permitiendo normalizar y unificar tanto los métodos como materiales y componentes. Esto crea sin duda una simplificación en el diseño, construcción, fabricación, mejorando el control y calidad de los procesos de construcción.

La realidad habitacional de países sub-desarrollados o en vías de desarrollo y en especial nuestro país, exige con apremio la necesidad de un rápido desarrollo en este orden, que permita dar solución a la creciente demanda de vivienda, escuelas, hospitales, etc. Como vemos, nos encontramos en el momento actual con la obligación de aumentar la actividad de la construcción, que sea consecuente con el desarrollo económico. Este problema no ha tenido solución satisfactoria por los cauces que se han seguido hasta ahora, es necesario una búsqueda de nuevos métodos y sistemas construc-

tivos que tiendan a incrementar la productividad en la construcción disminuyendo los costos de ella para producir mas cantidad sin desmedro de la calidad y en menor tiempo, y dar solución a esta necesidad humana. Indudablemente que esta búsqueda tendrá una tendencia hacia la Industrialización de la construcción por las ventajas que ella aporta.

Al aplicar un criterio de Industrialización en la construcción, veremos que los costos disminuirán considerablemente, lo que hará posible solucionar los problemas habitacionales en plazos lógicos. En una primera etapa habrá que adaptar la cantidad de dimensiones de elementos constructivos que se producen actualmente sin seguir éstos un patrón o norma definidos, ajustándolos en obra con una cierta cantidad de cortes y retoques. Pero al aumentar el uso de componentes predimensionados, muchos de ellos de gran tamaño, que exige este proceso, los cortes y retoques en obra se harán excesivamente caros y en muchos casos imposibles, existiendo además la inseguridad de que al ser producidos en diferentes fábricas no permitan ser relacionados con precisión en obra por la variación de medidas que se pudiesen producir.

Este es el problema fundamental de la Industrialización de la construcción: aumentar la variedad de los tipos de los componentes y la posibilidad de ser armados en obra usando una serie de dimensiones que normalice la producción en fábrica y a la vez la coordine con el diseño y la construcción.

La Coordinación Modular, herramienta indispensable para la Industrialización de la construcción, es la técnica de dimensionamiento que permite coordinar las dimensiones de las diferentes partes de una obra, asegurando al mismo tiempo flexibilidad de uso y facilidad de producción. Esta técnica hace posible que un componente dado sea

empleado en varias posiciones diferentes en una misma obra o en otra diferente aunque exista solamente un tipo, producido por una sola fábrica.

Esto sin duda también hará cambiar el diseño tradicional. Ahora la confección de los planos estará basada en dimensiones tipos que tengan en cuenta los componentes disponibles y sus sistemas de armado. Se tiende además a utilizar materiales cuya producción sea mas económica y cuyo montaje en obra y su forma de hacerlo sean mas simple. Con esto se deberá profundizar mas el diseño, en el trabajo de coordinación y en nuevos métodos de montajes y detalles, relacionando las dimensiones de los componentes con las dimensiones requeridas por el proyecto, estudiando diseños relacionados con métodos de construcción que eviten cortar, cepillar y otros trabajos de ajustes en obra.

El uso de partes dimensionalmente relacionadas beneficiará también a la fabricación de componentes de construcción puesto que le permitirá la simplificación de sus productos; con esto se evitará la variedad innecesaria, con la seguridad de que el arquitecto utilizará los tamaños normalizados; el fabricante así podrá limitar las variaciones del componente a la serie indispensable, ya que cada término de la misma podrá combinarse de diversas formas dentro de un reticulado dimensional de referencia y podrá ser montado en obra con un mínimo de ajuste, puesto que se conocerán las dimensiones con precisión y de antemano.

Esto producirá ventajas en la Industria de la Construcción y a todos aquellos que en ella participan, arquitectos, fabricantes, constructores, etc.

C.2. CONCEPTO DE COORDINACION MODULAR.

La Coordinación Modular es una técnica de dimensionamiento basada en una serie de números uno de los cuales se convierte en una medida base (módulo) permitiendo coordinar las dimensiones de las diferentes partes y componentes de una obra, con las medidas empleadas en el diseño. Este sistema simplificará enormemente el trabajo de profesionales y técnicos que laboran en la construcción, sin impedir la libertad del diseño creador aumentando la productividad en la construcción, pues la producción será más económica y los trabajos en obra se efectuarán más rápida y fácilmente. Debe tener un carácter de Norma ya sea a nivel nacional o internacional.

C.3. E L M O D U L O.

El término módulo, que define a la Coordinación Modular, encierra dos conceptos diferentes. Es una unidad de medida y a la vez un coeficiente numérico.

1. EL MODULO COMO UNIDAD DE MEDIDA.

La palabra módulo viene del latín "modulus" que significa medida. Fue empleado por los griegos y mas tarde por Vitruvio; era una medida de proporción, generalmente el radio de una columna medida en su base, con él se relacionaban las diferentes dimensiones de las otras partes del edificio. Cada una de estas dimensiones era un múltiplo del módulo y su aplicación tenía un carácter esencialmente estético y armónico, pero adolecía del defecto de tener una aplicación muy local e incluso este mismo módulo no servía para otra obra.

Pero el concepto actual va mas allá de las relaciones estéticas. Su propósito principal es obtener el máximo de economía por el uso de partes modulares tipo que puedan utilizarse en diferentes edificios, y no confundir con la antigua definición de módulo y el establecido por la Coordinación Modular que es un común denominador de las dimensiones y tamaños de todos los materiales de la construcción.

2. EL MODULO COMO COEFICIENTE NUMERICO.

La palabra módulo también puede significar una regla o norma que permita relacionar diferentes números. Ejemplo: en el caso de una serie geométrica

el módulo es un multiplicador constante, la razón de la progresión. "El Modulor" de Le Corbusier, desarrollado en Francia durante la segunda guerra mundial, tiene una serie de dimensiones normalizadas. En este caso el módulo o común denominador es un coeficiente numérico y es el número 1,618 ϕ que unifica una secuencia completa de dimensiones compuestas por dos series de Fibonacci (serie roja y serie azul).

$$\frac{b}{a} = \frac{c}{b} = \frac{d}{c} = \frac{e}{d} = \frac{f}{e} = 1,618 \text{ Coeficiente Numérico}$$

(Ver gráfico 1)

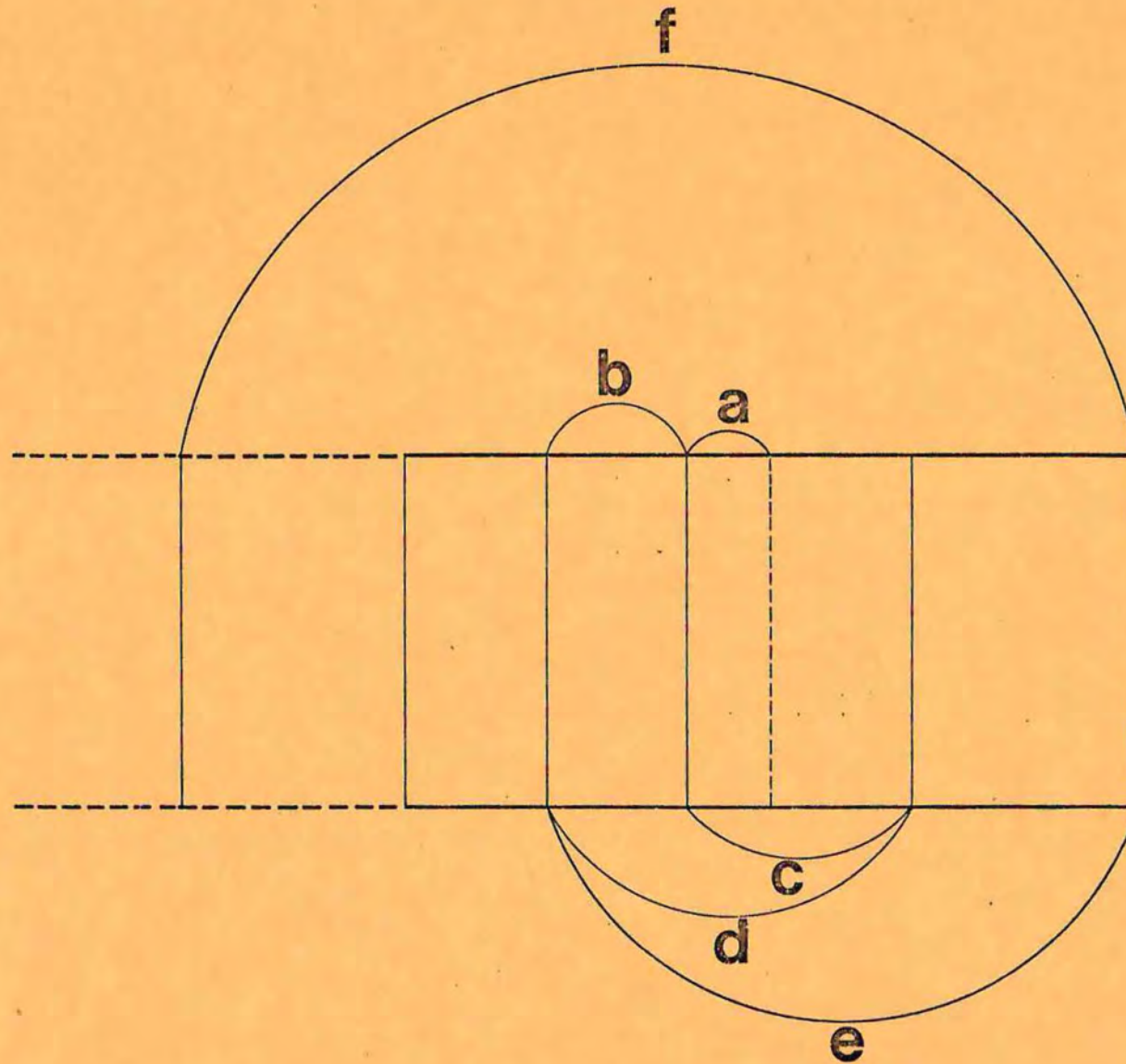
Con un criterio mas amplio el módulo puede considerarse como unidad de medida y al mismo tiempo como coeficiente numérico. Como unidad de medida sirve como base dimensional y como coeficiente numérico proporciona la correlación de los términos de una serie de dimensiones.

El propósito de modular y usar un módulo, consiste en facilitar el ensamble de materiales sin cortes en obra.

En Coordinación Modular, el módulo sirve para crear series de dimensiones, será la unidad de medida que multiplicará los términos obtenidos de una serie de números, base de la serie de dimensiones.

Existen para este efecto varios tipos de módulos:

EL MODULO COMO COEFICIENTE NUMERICO



MODULO :

COEFICIENTE NUMERICO : 1,618

$$\frac{b}{a} = \frac{c}{b} = \frac{d}{c} = \frac{e}{d} = \frac{f}{e} = 1,618$$

REFERENCIA : LE CORBUSIER , EL MODULOR

-
-
- a. Módulo Normal: Es el término o dimensión base o patrón del cual son múltiplos o submúltiplos todos los demás términos de una serie normal de dimensiones. Su dimensión es 10 cm. y se designa por la letra M (ver NCh. 346 of. 50 INDITECNOR).
 - b. Módulo derivado: Son los términos que generan series de dimensiones. Se les llama también generadores.
 - c. Macromódulo: Es el módulo derivado múltiplo del módulo normal.
 - d. Micromódulo: Es el módulo derivado submúltiplo del módulo normal.

(Ref: definiciones extraídas del trabajo "Coordinación Modular" de los Profesores Raúl Pellegrín, Flavio Gutiérrez y Carlos Martínez).

3. FACTORES QUE DETERMINAN LA ELECCION DEL MODULO BASE O NORMAL.

Estos factores tienen por objeto determinar el módulo base o normal que dé el máximo común divisor del conjunto de dimensiones modulares aplicadas en la construcción para los materiales y elementos dimensionados y cuyo propósito es limitar el número de dimensiones industriales y relacionarlas entre sí para poder montar los elementos en la construcción con un mínimo de retoques o ajustes.

- a. Debe ser una unidad de medida pequeña para poder establecer una correlación entre las dimensiones de los elementos y las medidas y cotas empleadas en el diseño.

Es necesario para poder obtener un conjunto de relaciones que facilite el montaje en obra, referir todas estas dimensiones a un mismo módulo suficientemente pequeño. De esta manera se establecerá una relación entre el tamaño de cada material o elemento modular y todos los demás. Sin embargo, si este módulo es demasiado pequeño será difícil relacionar, en el proyecto, los elementos modulares con las divisiones usadas en los planos (reticulado de referencia), puesto que ellas dependen del módulo empleado y en casos particulares, la probabilidad de que los materiales o elementos dimensionados se ajusten a un espacio dado será menor.

Por consiguiente la dimensión del módulo debe ser suficientemente grande para poder establecer una correlación entre las dimensiones modulares de los elementos y los espacios modulares empleados en el diseño.

- b. Correspondencia entre las dimensiones modulares y las dimensiones de los elementos necesarios.

La gama de dimensiones modulares que deriven del módulo básico normal deberá corresponder a las dimensiones de todos los elementos necesarios. De aquí resulta que el módulo base no deberá ser demasiado grande con el objeto de que su aplicación no obligue a modificaciones importantes y costosas de los elementos, como para poder reducirlos a la dimensión modular más próxima y de que la gama modular contenga un número suficiente de dimensiones que permita satisfacer las exigencias funcionales de todos los tipos de elementos dimensionados.

- c. Reducción de la variedad dimensional de los elementos.

Para poder obtener una producción económica, que a la vez sea útil a las nece-

sidades de los proyectos es necesario reducir la amplia gama de las actuales dimensiones de los elementos constructivos.

Esto se puede lograr eligiendo para el módulo básico una dimensión lo mas gran de que sea posible.

- d. Para una comodidad de uso, la dimensión del módulo base o normal deberá ser un número entero y positivo y tener una relación simple con la serie de dimensiones a la que se refiera.
- e. La dimensión del módulo base o normal elegido deberá tener un carácter internacional y lograr un acuerdo con todos los países que utilicen o adopten La Coordinación Modular, permitiendo con esto una cooperación internacional, sobre todo en lo que se refiera a elementos constructivos que puedan ser intercambia-bles.

Actualmente existe una gran cantidad de países interesados, que han determina-do internacionalmente que este módulo patrón sea de 10 cm. (1 decímetro).

En Chile ha sido aprobado como Norma Oficial de la República N Ch 346. of 50, y se le denomina Módulo Normal = 10 cm., designándose con la letra M.

INDITECNOR N Ch 346. of 50

MODULO NORMAL

A. DEFINICION DE ESTA NORMA

Artículo 1o.

Esta norma establece el valor del módulo normal, que se designa con la letra M

B. CAMPO DE APLICACION

Artículo 2o.

Las prescripciones de esta norma se aplicarán a la edificación en general y servirán de base para coordinar las dimensiones de los materiales de construcción y de los elementos de los edificios con los planos y detalles de éstos.

C. TERMINOLOGIA

Artículo 3o.

1. Modulación: es la técnica que tiene por objeto obtener una coordinación adecuada entre las dimensiones de todas las diferentes partes y elementos que constituyen una edificación mediante el empleo de un módulo.
2. Módulo: es la unidad base o de referencia para las dimensiones de las partes, elementos y materiales de construcción de un edificio.
3. Dimensión Modular: es la que mide o contiene un número exacto de módulos.

D. PRESCRIPCIONES

MODULO NORMAL

Artículo 4o.

El valor del módulo normal será 10 cm.= 1 decímetro.

Artículo 5o.

En las dimensiones de las partes elementos y materiales de la construcción deben emplearse múltiplos del módulo normal y, en su defecto los submúltiplos de 5 cm. o 2,5 cm.

Artículo 6o.

Las normas particulares o específicas fijarán las dimensiones modulares de construcción y de fabricación, y también las tolerancias correspondientes.

En el estudio de la presente norma se han tenido a la vista entre otros, los documentos siguientes:

- a. AMERICAN STANDARDS ASSOCIATION, A 62-1-1945, Coordination of Dimensions of Building Materials and Equipment.
- b. ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION, AFNOR, N.F.P 01-001, Modulation, septembre 1942.
- c. INSTITUT BELGE DE NORMALISATION, NBN 180-1948, Coordination des Dimensions de Constructions - Système du Module.
- d. LABORATORIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL. Lisboa, Modulacao das Construcoes E 20-1953.



C.4. SERIES DE NUMEROS.

Para seleccionar las dimensiones de los componentes de la edificación y de terminar una serie de dimensiones correlacionadas, es necesario previamente adoptar una serie de números, que es una sucesión de números obtenidos empírica o matemáticamente, que servirá de base para la determinación de la serie de dimensiones.

La Simplificación, objetivo básico de la Coordinación Modular, obliga a limitar las dimensiones a utilizar. Por ejemplo, una aplicación aritmética del módulo nos dará infinitas dimensiones para componentes. Es necesario entonces escoger dentro de las series de números naturales, los que se emplearán en la serie de dimensiones, para determinar los límites de la variedad de dimensiones.

Analizaremos aquí las principales series de números que aportan grandes ventajas a este fin.

1. SERIE DE NUMEROS NATURALES.

Esta serie es una secuencia regular de los números enteros que comienza en cero y se extiende hasta el infinito, por adición de una unidad al número precedente.

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11,, ∞

2. NUMEROS PREFERIDOS.

Se observa que en todos los campos en que se necesita una serie de números, la normalización consiste principalmente en graduar una o varias series de números que



cubran todos los requisitos con un mínimo de términos. Principalmente en lo que se refiere a la industrialización de productos, que en su gran mayoría necesitan auxiliarse de ella para poderse realizar.

Los números preferidos sirven a estos propósitos. Por ello se ha establecido y reconocido su importancia, recomendando su aplicación para todos los casos en que se trata de uniformar e intercambiar tamaños y capacidades, o dimensiones mas importantes de productos similares de distinto origen, con grandes ventajas. Por esto es necesario conocer la naturaleza de los números preferidos y aplicarlos racionalmente.

2.1. Origen y desarrollo de los números preferidos.

A los números preferidos se les dá también el nombre de Números de Renard, en homenaje al capitán Charles Renard, quién en el año 1877 fue el primero en investigarlos, utilizándolos en un estudio racional de los elementos necesarios en la construcción de aerostatos mas livianos que el aire.

Las series de números preferidos son series geométricas que incluyen el número uno, y cuya razón es una raíz de 10. Esto implica que la diferencia porcentual entre dos términos es constante. Con esto, todas las series así formadas incluirán siempre el número 10 y sus potencias positivas y negativas.

Esta propiedad disminuye la posibilidad de que el campo de aplicación de un componente se superponga con el campo del que le precede o sucede en la serie de fabricación, eso sí, limitando su aplicación en el campo de la construcción.

(ver gráfico 2)

series fundamentales			
R5	R10	R20	R40
1,00	1,00	1,00	1,00
			1,06
		1,12	1,12
			1,18
	1,25	1,25	1,25
			1,32
		1,40	1,40
			1,50
1,60	1,60	1,60	1,60
			1,70
		1,80	1,80
			1,90
	2,00	2,00	2,00
			2,12
		2,24	2,24
			2,36
2,50	2,50	2,50	2,50
			2,65
		2,80	2,80
			3,00
	3,15	3,15	3,15
			3,35
		3,55	3,55
			3,75
4,00	4,00	4,00	4,00
			4,25
		4,50	4,50
			4,75
	5,00	5,00	5,00
			5,30
		5,60	5,60
			6,00
6,30	6,30	6,30	6,30
			6,70
		7,10	7,10
			7,50
	8,00	8,00	8,00
			8,50
		9,00	9,00
			9,50
valores principales			

NUMEROS PREFERIDOS

Se ve que los números teóricos así obtenidos son a menudo irracionales. Al aplicarlos a la normalización, se elige convencionalmente la serie decimal y se obtienen valores aproximados que son los números propiamente dichos.

NUMEROS PREFERIDOS

VALORES MAS REDONDEADOS

1,06	1,05
1,12	1,1
1,18	1,15
1,25	1,2 (12) (0,12)
1,32	1,3
1,6	1,5
2,12	2,1
	2,2
2,24	2,25
	2,35
2,36	2,4
2,66	2,6
	3,0 (0,3)
3,15	3,2
3,35	3,4
3,55	3,5
	3,6
3,75	3,8
4,25	4,2
4,75	4,8
5,6	5,5
6,3	6,0 (0,6) (6)
6,7	6,5
7,1	7,0 (70)

Estos valores que aquí se obtienen se designan con las letras Ra.

Además de los valores principales, se puede emplear también los valores redondeados para series con otras leyes de formación.

Los valores principales y redondeados se emplearán además como valores preferentes para la formación de series numéricas aritméticas y otras. En este caso no es obligatorio el orden de distribución de los valores expresados en series de las tablas numéricas. Los valores redondeados superiores a 10 se formarán multiplicando por 10 , 100 , 1.000 , etc., los valores entre 1 y 10 que no están entre paréntesis se emplearán siempre sólo para su rango decimal.

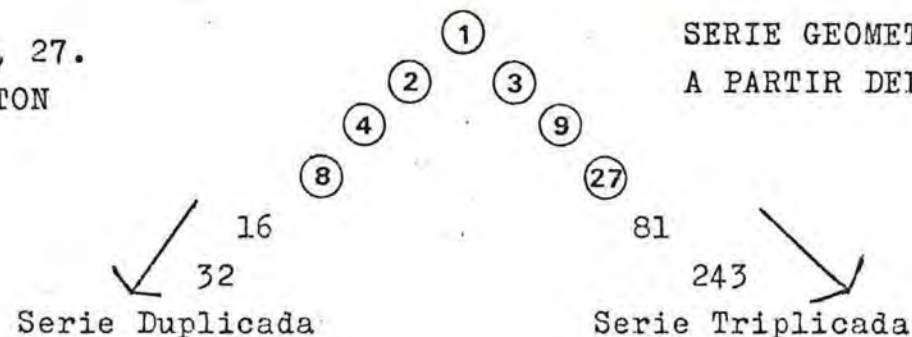
3. LAMBDA PLATONICA.

Es un grupo de números que se desarrollan a partir de los siete números originales descritos por Platón y llevan el nombre de Lambda Platónica.

Se toman los tres primeros números de la serie natural y se disponen en forma de triángulo. a continuación se desarrollan dos series geométricas: una serie duplicada (1 , 2 , 4 , 8 ,) y una serie triplicada (1 , 3 , 9 , 27 ,)

1, 2, 3, 4, 8, 9, 27.
NUMEROS DE PLATON

SERIE GEOMETRICA DESARROLLADA
A PARTIR DEL NUMERO 1.



En estas dos columnas se agregan los números obtenidos por duplicación sucesiva de todos los números de la serie 1,3,9,27,.... y por triplicación sucesiva de todos los números de la serie 1,2,4,8,....

					1					
				2	5	3				
			4	10	6	15	9			
		8	20	12	30	18	45	27		
	16	40	24	60	36	90	54	135	81	
32	80	48	120	72	180	108	270	162	405	243

El diagrama de números así obtenido posee un alto grado de interrelación. Ahora, si colocamos los números obtenidos de este diagrama en forma correlativa, obtendremos la serie de números que servirá de base a la serie de dimensiones: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 18, 20, 24, 27, 30, 32, 36, 40,...etc.

4. SERIE DE FIBONACCI.

La Serie de Fibonacci es una sucesión de números en que cada término es igual a la suma de los dos anteriores.

1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55,etc.

Además se verifica que la razón entre un término y el anterior tiende al número $\phi = 1,618$ (número de oro).

$$\frac{34}{21} = \frac{21}{13} = \frac{13}{8} = \frac{8}{5} = \longrightarrow \phi$$

El número ϕ o número de oro tiene por valor $\frac{\sqrt{5} + 1}{2}$ y se obtiene geométricamente dividiendo un trazo en sección aurea y formando el cuociente entre el trazo mayor y el trazo menor.

Esta sucesión de números servirá de base para la confección de serie de números y a la vez series de dimensiones. (ver anexo C.8.2.)

C.5. SERIES DE DIMENSIONES.

La Coordinación Modular utiliza como método para limitar la gran variedad de dimensiones existentes en los componentes de la construcción, las series de dimensiones.

Estas se generan basándose en una serie de números delimitada, y estos números así obtenidos son multiplicados por una unidad de medida (módulo) denominador común de las dimensiones de los materiales.

Su uso en coordinación modular tendrá el carácter de norma y permitirá coordinar las dimensiones modulares del diseño, construcción y fabricación de componentes de la construcción.

Analizadas las series de números y determinado el módulo y la dimensión de éste, veremos ahora las propiedades que deben cumplir las series de dimensiones que se utilizarán en Coordinación Modular.

Como ya hemos dicho, la Coordinación Modular es una técnica de dimensionamiento basada en un sistema de números, uno de los cuales se convierte en una medida base (módulo) y para su aplicación debe tener el carácter de Norma. Como tal, debe cumplir ciertos requisitos, que son simplificación, unificación e intercambiabilidad.

a. Simplificación.

Es este sin duda el más importante y uno de los objetivos de la Coordinación Modular. Se entiende por simplificación a la reducción de

la cantidad de términos útiles a aquellos mas indispensables para el dimensionamiento, con el objeto de lograr un esquema dimensional único.

Esta reducción de términos reducirá la cantidad de dimensiones de componentes fabricados, eliminando la variedad inútil, logrando con esto una mejora en la Productividad.

La reducción de la cantidad de dimensiones debe ser compensada con la introducción de una serie de dimensiones, establecida con el fin de cubrir todas las necesidades dimensionales.

Sólo así se podrán obtener beneficios en la producción, permitiendo ventajas en el diseño y en la construcción, con la posibilidad de colocar cualquier componente en cualquier espacio del reticulado modular de referencia (ver diseño modular), al lado de cualquier otro componente. Será posible entonces combinar una reducción de la cantidad de dimensiones de componentes similares, con un aumento muy grande del número de posiciones diferentes que estos componentes pueden ocupar en el proyecto.

b. Unificación.

Se refiere en este caso a la coordinación que debe existir entre el diseño, la elaboración de componentes y la construcción, dictaminada por esta norma que es la coordinación modular.

c. Intercambiabilidad.

Es la posibilidad de lograr dimensiones finales iguales con distintos materiales de funciones equivalentes, sin que necesariamente estén di mensionados con las mismas medidas. Para un mismo elemento, es la po sibilidad de ser usado en distintas posiciones.

1. PROPIEDADES QUE DEBEN CUMPLIR LAS SERIES DE DIMENSIONES.

Al determinar una serie de dimensiones, se deberá lograr una adecuada simplificación que permita conseguir una coordinación entre diseño, industria y construcción.

Esta simplificación está condicionada a un conjunto de propiedades que son:

- 1.1 modularidad
- 1.2 flexibilidad
- 1.3 aditividad
- 1.4 combinabilidad

1.1 MODULARIDAD.

El nombre de coordinación modular involucra una modulación. Al determi narse una serie de dimensiones, esta es modular, es decir, todos sus términos de ben ser múltiplos o sub-múltiplos de uno base llamado módulo. Este método tiene ciertas características especiales que diferencian a la coordinación modular de otros

sistemas.

- a. Su generación, tamaño y uso son esencialmente arquitectónicos.
- b. Es una medida que regula y coordina las diferentes partes de una obra entre sí y en relación a su total, siendo sub-múltiplo de ella.
- c. Es una medida que regula el dimensionamiento de componentes industriales, siendo sub-múltiplo de esas dimensiones.
- d. Por lo tanto es un módulo que coordina diseño, fabricación y construcción.
- e. Se tiende a que sea de carácter universal.

1.2 FLEXIBILIDAD.

En esta propiedad nos encontramos que existen algunas discrepancias en el empleo correcto del término. Muchos textos sobre coordinación modular emplean el término de flexibilidad definiéndolo como "la densidad de términos útiles en un intervalo cualquiera de dimensiones". En el trabajo "Coordinación Modular", desarrollado por los Profesores Raúl Pallegrián, Flavio Gutiérrez y Carlos Martínez, refiriéndose a la flexibilidad, emplean el término de "Densidad", definiéndolo así:

" La densidad "D" sería la razón entre el número de términos "N" y la longitud del intervalo de referencia "l", lo que se expresaría así:

"

$$D = \frac{N-1}{l_i-l_o}$$

" en que l_i es la dimensión o tamaño mayor y l_o , la dimensión o tamaño
" menor."

La diferencia de ambos conceptos radica que en la primera se ha usado la razón física de masa y volumen a la idea de "masa de dimensiones" o trazos contenidos en un volumen muy especial, y en el segundo caso éste es otra dimensión o trazo igual o mayor.

Ellos emplean el término "Densidad", en lugar de "flexibilidad", ya que refleja con mayor objetividad esta propiedad de las series de dimensiones. Consideramos que el término "Densidad" define esta propiedad en mejor forma.

Con ella se tiende a aumentar la productividad en la construcción y a la vez permitir libertad en el diseño. De esto se deriva que el óptimo sería: que la densidad sea inversamente proporcional al orden de magnitudes de que se trate, es decir, que en la medida que el intervalo entre números o términos de una serie sea menor, la densidad sea mayor, o viceversa. Si este intervalo aumenta la densidad deberá disminuir.

1.3 ADITIVIDAD.

Se entiende por aditividad la condición que deben cumplir los términos de una serie, de ser combinación lineal del módulo que genera la serie.

Esto aplicado a los elementos de la construcción, es la cantidad de

combinaciones posibles de componentes de dimensiones diferentes, para ocupar un espacio modular dado, que podría ser cubierto por un solo elemento más grande.

La aditividad implica simultáneamente dos condiciones:

- a. Que dos términos cualesquiera de la serie sumen siempre otro término de ella. Se dice con esto que el sistema es cerrado.
- b. Que dos o más términos de la serie sumen otro término de ella.

La segunda propiedad debe cumplirse siempre, la primera sólo se da en algunas series.

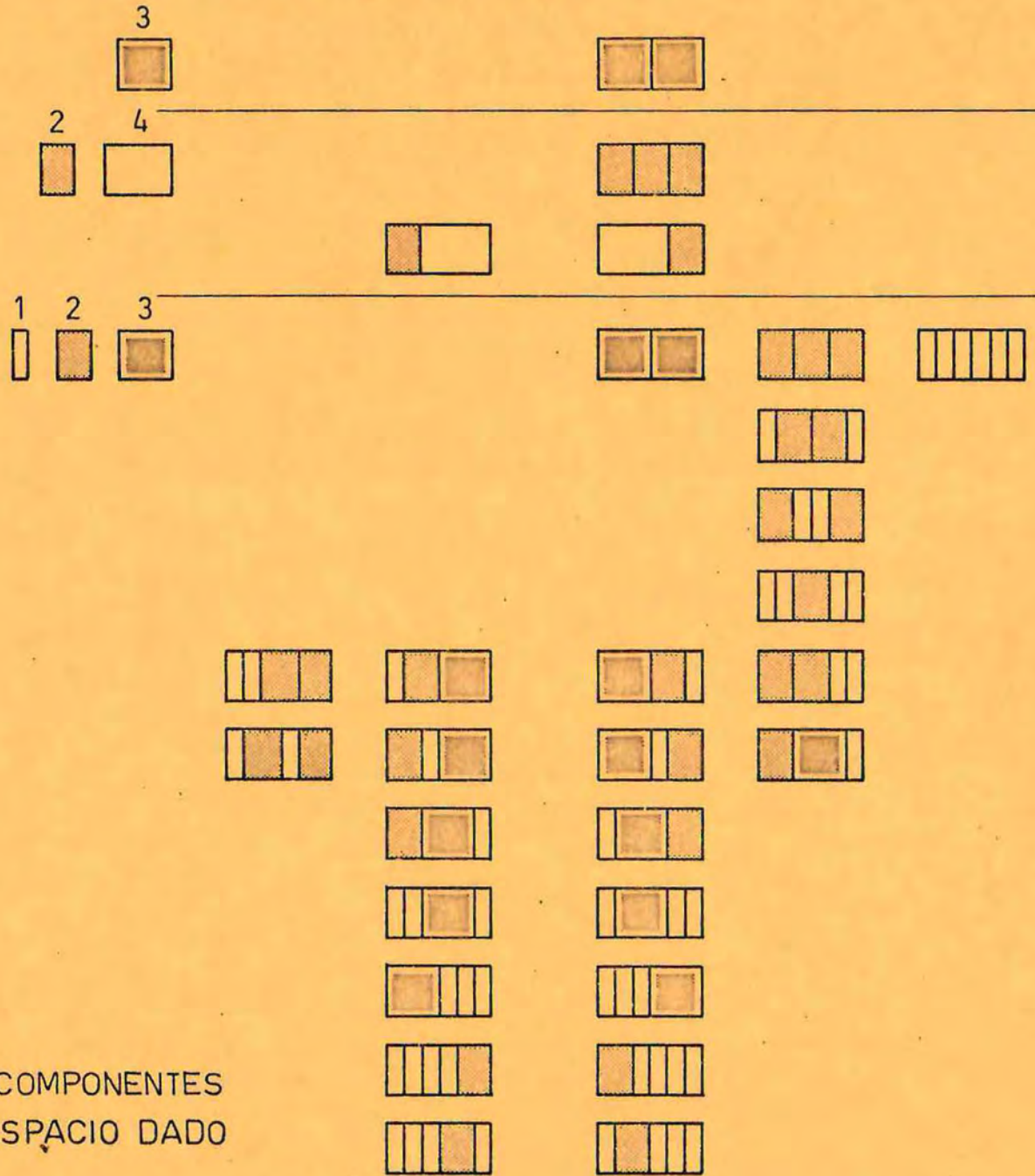
1.4. COMBINABILIDAD.

Esta propiedad de la serie de dimensiones referida al diseño constructivo se define así: Es la posibilidad de obtener un máximo de dimensiones para ejecutar complejos constructivos de gran tamaño, empleando una mínima variedad de elementos básicos.

Es la posibilidad de que cada componente pueda ser dispuesto en un cierto número de posiciones diferentes en los conjuntos de los que forma parte.. (ver gráfico 3).

Referida a las series de números, los Profesores Raúl Pellegrín, Flavio Gutiérrez y Carlos Martínez, en su trabajo "Coordinación Modular", la definen así:

COMBINABILIDAD



COMBINACION DE COMPONENTES PARA OCUPAR UN ESPACIO DADO

" Se pueden generar series de números a partir de un conjunto dado
" de generadores o módulos derivados. Según sean las posibilidades
" de obtener, por estos métodos, un máximo de términos con un mínimo
" de generadores, estamos frente a una propiedad de las series
" que se ha llamado Combinabilidad.
" Es decir, para generar términos mayores - dentro de un orden de magnitudes - a partir de otros términos menores, se eligen estos de modo que se obtenga la mayor combinabilidad posible en este intervalo".

En este mismo trabajo, sus autores proponen una nueva propiedad que deben cumplir las series de dimensiones: la denominan PARTIBILIDAD.

Esta propiedad se deriva de una de las definiciones que se da a Combinabilidad, referida al diseño constructivo: como la necesidad de que las dimensiones totales de los grandes conjuntos constructivos puedan ser conseguidas con la mayor variedad de posibilidades de composiciones o colocaciones diversas de los componentes normales de construcción de menor tamaño.

Después de analizada la consideran, que sin ser incorrecta no es apropiada y que daría origen a una nueva propiedad, " Partibilidad ", y referida a las series de dimensiones la definen así:

" ... que cada uno de los términos de una serie tenga las máximas posibilidades de descomponerse en todos aquellos que en esa serie son menores. Es lo mismo que decir que con cada término de la serie debe conseguirse la mayor cantidad posible de particiones en relación a todos los términos menores que él".

Este término Partibilidad, propiedad de los términos de una serie, es lo que en Análisis Combinatorio de números se denomina Particiones que se define así:

" Partir un espacio dado (dimensión) es subdividirlo en subespacios
" disjuntos (que no se traslapen) tales que sumados den dicho espacio".

Algunos autores a esta propiedad la denominan con la palabra "Factorabilidad", que para el empleo en una serie, tiene un alcance muy limitado, pues factorizar es descomponer un número en otros, de manera que estos multiplicados den dicho número. Esto impide la posibilidad de descomponer un número en sumandos.

Consideramos que la denominación dada por los Profesores Pellegrín, Gutiérrez y Martínez es la más apropiada.

2. CLASIFICACION DE LAS SERIES DE DIMENSIONES.

Existen dentro de las series de dimensiones, varios tipos de ellas:

- a. Series de dimensiones.
Es una serie de números, a cuyos términos obtenidos se le aplica una undad de medida.
- b. Serie simple de dimensiones.
Es aquella que se genera por un número, par o trío de números; puede ser limitada o ilimitada.
- c. Serie compuesta de dimensiones.

Es aquella formada por dos o más series simples limitadas, de modo que el último término (número) de una es el primera de la siguiente; una serie compuesta es siempre limitada.

d. Serie específica (Serie Típica)

Es una serie simple o una compuesta con un fin específico, es decir típica de una línea de componentes de edificación, o de las medidas de ciertos espacios arquitectónicos, etc.

e. Serie total de dimensiones

Es la formada por el conjunto de todos los términos (números) de todas las series simples de una norma, expuestos en orden creciente, omitiéndose la repetición de términos iguales.

f. Serie Normal de dimensiones.

Es cualquier serie de dimensiones que por ley se constituye Norma Oficial de un país, estado o provincia, etc. Ejemplo N Ch 685 n70 (INDI-TECNOR). (Ver gráfico 9)

(Ref: definiciones extraídas del trabajo "Coordinación Modular", de los Profesores Raúl Pellegrín, Flavio Gutiérrez y Carlos Martínez).

3. PARES DE NUMEROS.

En el estudio hecho por el Servicio de Cooperación Técnica, filial de la CORFO. Chile, se eligió como criterio de generación para series de dimensiones, los pares de números. (ver página 51)

Estos pares de números no son un método adecuado para generar series de dimensiones, pues la Densidad (propiedad que deben cumplir las series de dimensiones, que es la cantidad de términos útiles en un intervalo dado de dimensiones), crece con el rango de magnitudes, hasta el número crítico y a partir de él, el incremento se hace regular, desde aquí la Densidad permanece constante. Esto no estaría de acuerdo a lo dicho anteriormente (ver propiedades que deben cumplir las series de dimensiones), que la densidad, debe ser inversamente proporcional al orden de magnitudes de que se trate.

Pero una elección conveniente de ellos, podría ser un método apropiado para el dimensionamiento de componentes. Dada esta cualidad, analizaremos el empleo de los pares de números como generadores de series de dimensiones modulares.

Sean "a" y "b", dos dimensiones modulares, y "p" y "q", dos números enteros, positivos o nulos. Según la fórmula $p \times a + q \times b$, se genera una serie de dimensiones, que va a ser modular y consecutiva a partir del número crítico. Ejemplo:

Sean el par (a,b), los números (3,5)

Aplicando la fórmula $p \times a + q \times b$, se desarrolla la siguiente serie:

3, 5, 6, ⑧, 9, 10, 11, 12, 13, 14,.... etc.

En esta serie encontramos, que 8 es el número crítico y a partir de él los demás términos de la serie son consecutivos y tienen un incremento "m" (máximo común divisor) constante, en este caso el valor de este incremento es 1.

Número Crítico.

Es un número entero y positivo, a partir del cual se obtienen dimensiones modulares consecutivas, (números enteros, superiores al número crítico) por combinación lineal. Esto no sucede con las dimensiones que están bajo él.

Fórmula para determinar el Número Crítico.

$$A. \quad N_c = \left(\frac{a}{m} - 1\right) (b-m)$$

Siendo:

N_c = número crítico

a y b = par de números empleados en la serie

m = el incremento (máximo común divisor)

Apliquemos esta fórmula a la serie anterior, generada por el par (3, 5) siendo $m = 1$

$$N_c = \left(\frac{3}{1} - 1\right) (5-1) = 8$$

Cuando " a " y " b " son números primos, su máximo común divisor " m " es igual a 1, reemplazando este valor en la fórmula A. tenemos:

$$A'. \quad N_c = (a - 1) (b - 1)$$

Existe también una fórmula que permite calcular la cantidad de términos generados, que están bajo el número crítico, ella es:

$$B. \quad n = \frac{Nc}{2m} - 1 \quad n = \text{número de términos}$$

Aplicando esta fórmula a la serie determinada por el par (3,5) tenemos:

$$n = \frac{8}{2} - 1 = 3; \text{ serían los términos 3; 5 y 6 de la serie}$$

Si reemplazamos en la fórmula A. "a" (uno de los términos del par) por "m" (el incremento) se tiene:

$$N = \left(\frac{m}{m} - 1\right) (b-m) = 0$$

Con esto, si para un par de números de la forma $(p \times m) + (q \times b)$, siendo $q = 0$, nos queda $(p \times m)$. Aquí se obtiene una gran flexibilidad, pero no se logra una simplificación. Ejemplo:

Sean $n = 1$ y $p =$ números enteros positivos o cero. Desarrollando la fórmula obtendremos una serie natural de números: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,....., etc.

De la fórmula A., podemos decir también, que a medida que aumentan los valores "a" y "b", las series obtenidas tienen un número crítico más alto, logrando con esto

más simplificación, pero menor flexibilidad, ya que el incremento se hace consecutivo en un rango mucho más alto. Ejemplo:

Sean el par $(2, 3) = a$ y el par $(3, 7) = b$, desarrollando la serie tenemos:

a. $\textcircled{2}, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, \dots, \text{etc.}$

b. $3, 6, 7, 9, 10, \textcircled{12}, 13, 14, 15, \dots, \text{etc.}$

El número crítico del par $(2, 3)$ es 2 y el número crítico del par $(3, 7)$ es 12.

Será necesario entonces elegir las dimensiones más convenientes de "a" y "b", que cumplan los requerimientos exigidos para su empleo.

4. METODOS DE DIMENSIONAMIENTO (SERIES DE DIMENSIONES) MAS IMPORTANTES USADAS EN DIFERENTES PAISES.

Existen en estos momentos, varios países que se han abocado al estudio de la Coordinación Modular por las ventajas que ella ofrece. En muchos de ellos se han dictado normas al respecto, existiendo gran disparidad de criterios referentes a su formulación y diversidad en las combinaciones de términos (números) de ellas. Describiremos aquí los métodos de dimensionamiento más importantes que se han adoptado.

4.1. SISTEMA METRICO DECIMAL Y SISTEMA PIE PULGADA.

Con la definición que se ha dado a series de dimensiones: como una serie de números a cuyos términos elegidos de ella se le aplica una unidad de medida, esto englobaría a dos sistemas convencionales de dimensionamiento: el Sistema Métrico Decimal y el Sistema de Pie Pulgada, ambos si bien son series modulares de números sus módulos bases son extremadamente pequeños (el milímetro y la pulgada) y sus series son tan regulares y continuas (el incremento entre término y término es igual al módulo), que al aplicarlos a la construcción, deja un margen de posibilidades de elección de dimensiones tan extensa que no permite una coordinación dimensional entre la industria de la construcción y el diseño.

Veremos entonces que si queremos industrializar la construcción, estos sistemas no cumplirían los requisitos de: Simplificación, Unificación e Intercambiable, que se han propuesto como base al comienzo de este trabajo.

4.2. EL MODULOR.

Este método inventado por Le Corbusier en Francia durante la Segunda Guerra Mundial y que fue publicado en 1948, se basa en las dimensiones anatómicas del hombre para obtener así un sistema de dimensiones que sea a la medida de él.

Este método comprende esencialmente dos series de Fibonacci de razón 1,618 (número ϕ). La primera (Serie Roja) está basada en la estatura de un hombre de pie de 6 pies (182,88 cm.) de altura y se extiende hacia arriba y hacia abajo partiendo de este valor. La Serie Azul se obtiene a partir de la Serie Roja por duplicación de ella. (ver gráfico 4).

A la talla 182,88 cm. (la altura del hombre) se le aplica la razón ϕ (sección áurea) y da tres medidas: 113, 70 y 43.

Serie de Fibonacci: $43 + 70 = 113$; $113 + 70 = 183$.

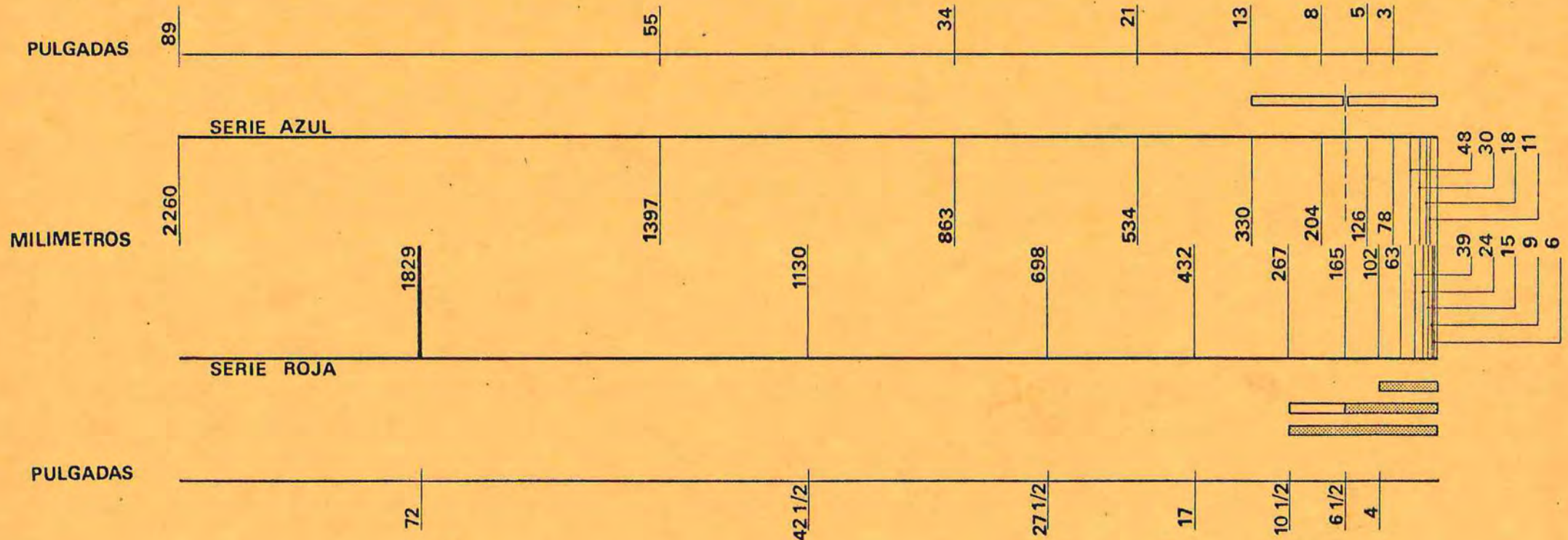
$$\frac{183}{113} = \frac{113}{70} = \frac{70}{43} \dots\dots\dots \simeq \phi$$

Estas tres medidas caracterizan la ocupación del espacio de un hombre de 182,88 cm. de altura, son medidas antropocéntricas, tomando como centro la altura del plexo solar. (113 cm.) La medida 113 cm. produce la sección áurea 70 iniciando la serie llamada Serie Roja:

4, 6, 10, 16, 27, 43, 70, 113, 183, 296,, etc.

La medida 226 (2 x 113), duplicación de la medida del plexo solar, da la

EL MODULOR



EL TAMAÑO BASICO
LA ALTURA NATURAL DE
UN HOMBRE

en cada serie dos tamaños consecutivos cualesquiera
se adicionan para formar el siguiente
por ejemplo : $102 + 165 = 267$

cada tamaño de la serie azul es el doble de un
tamaño de la serie roja

sección áurea 140; 86; generando la segunda serie llamada Serie Azul:

13; 20,3; 33; 53; 86; 140; 226; 366;.....; etc.

En que se verifica:

$$\frac{226}{140} = \frac{140}{86} = \frac{86}{53} \dots\dots\dots \approx \phi \quad (\text{ver gráfico 5}).$$

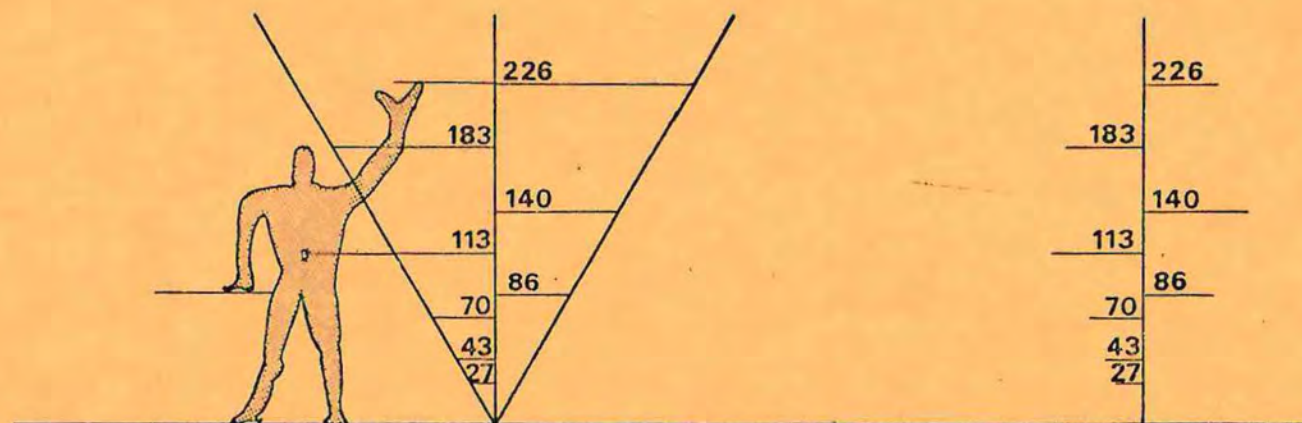
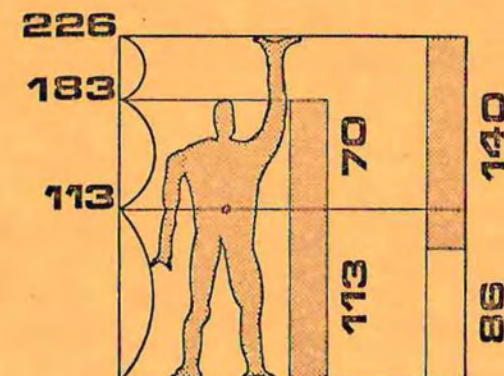
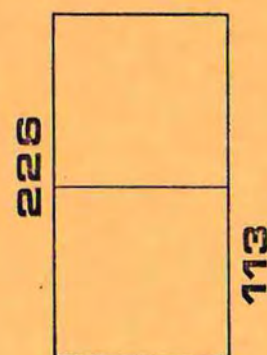
Estos términos obtenidos de las dos series dan diversas medidas anatómicas de este hombre de 182,88 cm. de altura (ver gráfico 5a.)

En el gráfico 6 se pueden observar los valores adaptados a las frecuentes actividades del cuerpo humano, aplicados al proyecto de un mobiliario (ver gráficos 6).

En la práctica, las posibilidades de aplicación de estas dimensiones están limitadas por la falta de integrabilidad de los términos. Por ejemplo si se multiplican por 3 los términos de la Serie Roja, se obtienen valores en pulgadas iguales a: 12, 19½, 31½, 51, 82½; y ninguno de estos términos así obtenidos se encuentran en algunas de las series.

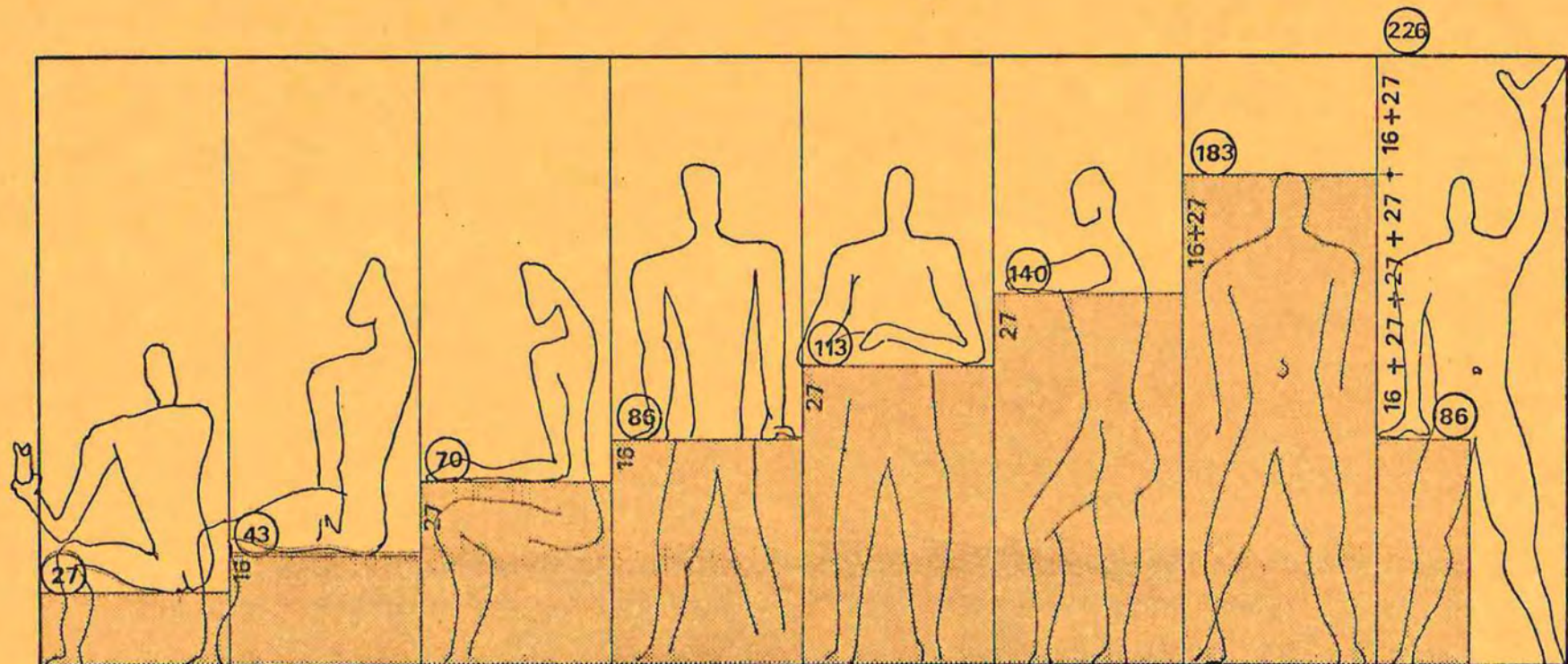
Con esto, elementos dimensionados en base a términos de las series, acoplados y sumados, no darán un término total contenido en las series del Modulor. El Modulor no logra así la simplicidad necesaria que permita adaptarse a la industrialización de la construcción.

EL MODULOR



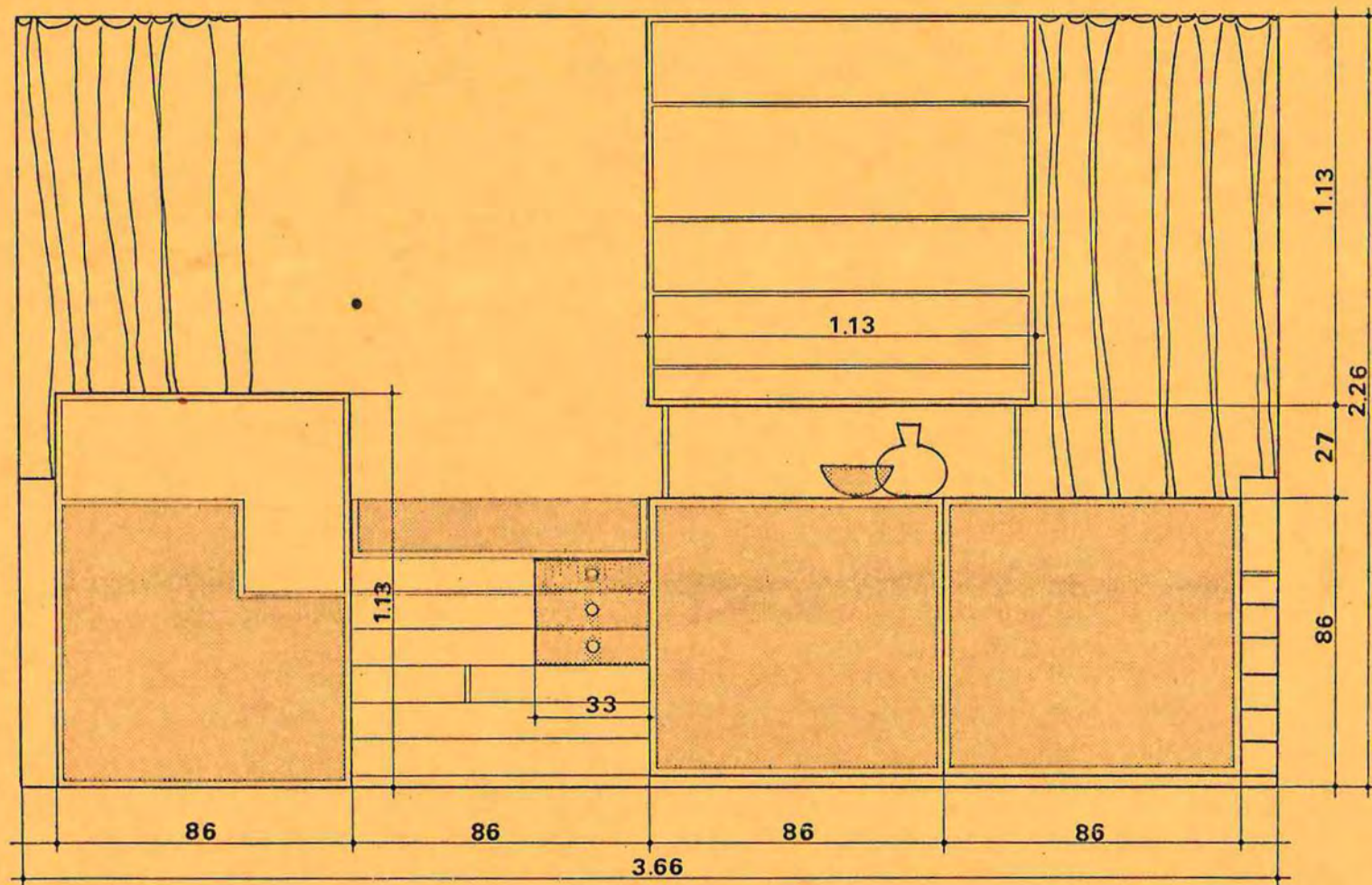
REFERENCIA : LE CORBUSIER " EL MODULOR "

EL MODULOR



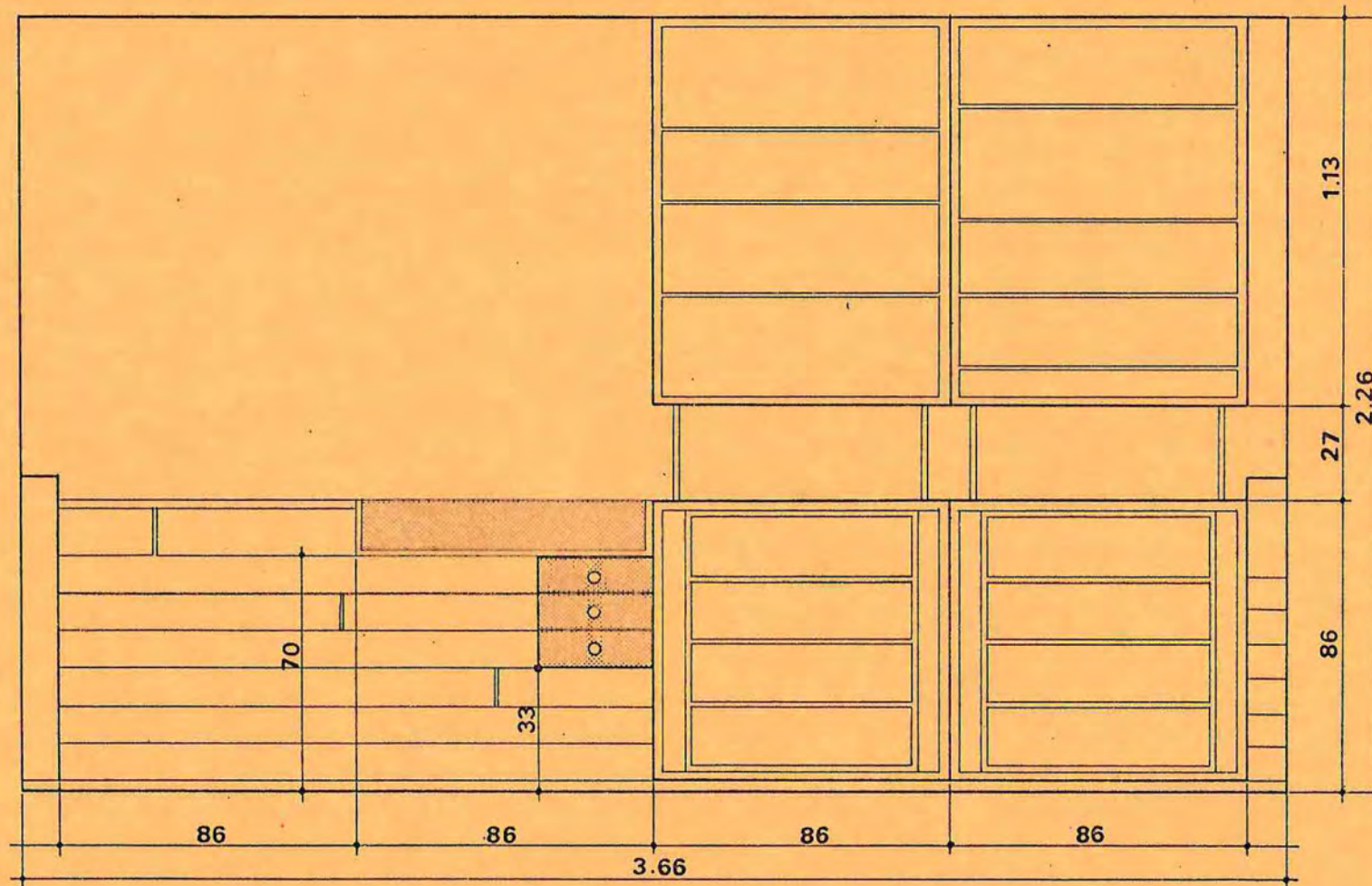
REFERENCIA : LE CORBUSIER "EL MODULOR"

PROYECTO DE MOBILIARIO



REFERENCIA : LE CORBUSIER , "EL MODULOR "

PROYECTO DE MOBILIARIO



REFERENCIA : LE CORBUSIER "EL MODULOR"

4.3. SERIE ALEMANA DE NUMEROS NORMALIZADOS PARA LA CONSTRUCCION (NORMA DIN 4172).

Esta serie de dimensiones, está basada en un módulo base de 12,5 cm. (unidad de crecimiento), dimensión del ladrillo alemán hecho a máquina. Está compuesta por tres series fundamentales:

- a. Serie empleada para obra gruesa.
- b. Serie empleada para medidas particulares.
- c. Serie empleada para terminaciones.
(ver gráfico 7).

4.4. SERIE GRIEGA.

Grecia formuló una serie de dimensiones que deriva de "El Modulor" de Le Corbusier. Se combina el uso del módulo de 10 cm. con la razón 1,618 (razón áurea) de "El Modulor", se obtiene así una serie simple en que todos los términos tienen un denominador común que es 10 cm. y cuyos términos sucesivos tienen razones muy aproximadas a 1,618.

Sin embargo esta serie es muy limitada para resolver los problemas constructivos, pues obligaría que para cada componente se hiciese una elección de dimensiones preferida de entre los de la serie. De esto surge la introducción de otras dos series, una mitad de la serie fundamental y una duplicada de los valores de esta.

Ordenación de medidas en edificación

DIN
4172

SERIE ALEMANA DIN 4172

Nota

El desarrollo de la construcción, particularmente de la edificación, requiere una ordenación de medidas como fundamento para la determinación de dimensiones. Así se disminuye el número de tamaños de los materiales y elementos constructivos. Si no hay razones imperiosas para la adopción de otras dimensiones, deberán emplearse siempre las normalizadas.

1. Conceptos

1.1 Números normalizados: Son los correspondientes a las medidas directrices de obra, de las que se deducen las medidas individuales, las de obra bruta y las de obra terminada.

1.2 Medidas directrices de obra: Son en realidad medidas teóricas, pero constituyen la base de las medidas de obra que se presentan en la práctica. Son necesarias para el acoplamiento ordenado de todos los elementos constructivos.

1.3 Medidas nominales: Son las que debe tener un elemento y que, en general, vienen indicadas en los planos. Las medidas nominales y directrices son iguales en las construcciones sin juntas. En las construcciones con juntas, las medidas nominales son iguales a las medidas directrices de la obra menos las juntas.

2. Números normalizados para la construcción

Series preferibles para la obra en bruta				Serie preferible para las medidas aisladas	Series preferibles para la obra acabada			
a	b	c	d		f	g	h	i
25	$\frac{25}{2}$	$\frac{25}{3}$	$\frac{25}{4}$	$\frac{25}{10} = \frac{5}{2}$	5	2 x 5	4 x 5	5 x 5
		$8\frac{1}{3}$	$6\frac{1}{4}$	$2,5$ 5 7,5 10 12,5 15 17,5 20 22,5 25	5			
	$12\frac{1}{2}$	$16\frac{2}{3}$	$18\frac{3}{4}$		10	10		
					15			
					20	20	20	
25	25	25	25	25	25			25
		$33\frac{1}{3}$	$31\frac{1}{4}$	$27,5$ 30 32,5 35 37,5 40 42,5 45 47,5 50	30	30		
	$37\frac{1}{2}$	$41\frac{2}{3}$	$37\frac{1}{2}$		35			
		$43\frac{3}{4}$			40	40	40	
					45			
50	50	50	50	50	50	50		50
		$58\frac{1}{3}$	$56\frac{1}{4}$	$52,5$ 55 57,5 60 62,5 65 67,5 70 72,5 75	55			
	$62\frac{1}{2}$	$66\frac{2}{3}$	$62\frac{1}{2}$		60	60	60	
			$68\frac{3}{4}$		65			
					70	70		
75	75	75	75	75	75			75
		$83\frac{1}{3}$	$81\frac{1}{4}$	$77,5$ 80 82,5 85 87,5 90 92,5 95 97,5 100	80	80		
	$87\frac{1}{2}$	$91\frac{2}{3}$	$87\frac{1}{2}$		85			
		$93\frac{3}{4}$			90	90		
					95			
100	100	100	100	100	100	100	100	100

3. Medidas pequeñas

Son las de 2,5 cm para abajo. Para ellas deben elegirse las siguientes medidas de la serie R 10, de la norma DIN 322:

2,5 cm; 2 cm; 1,6 cm; 1,25 cm; 1 cm;
8 mm; 6,3 mm; 5 mm; 4 mm; 3,2 mm;
2,5 mm; 2 mm; 1,6 mm; 1,25 mm; 1 mm.

4. Aplicación de los números normalizados para la construcción

4.1 Las medidas directrices se tomarán de la tabla.

4.2 Las medidas nominales, en las obras sin juntas, son iguales a las medidas directrices. Se tomarán así mismo de la tabla.

Ejemplo:

Medida directriz del espesor de una pared de hormigón vibrado = 25 cm

Medida nominal del espesor de una pared de hormigón vibrado = 25 cm

Medida directriz de la anchura de un local = 300 cm

Medida nominal de la anchura de un local = 300 cm

4.3 Las medidas nominales en las obras en que hay juntas se deducen de las medidas directrices restándoles o sumándoles la parte correspondiente a las juntas.

Ejemplo:

Medida directriz de la longitud de un ladrillo = 25 cm

Medida nominal de la longitud de un ladrillo = $25 - 1 = 24$ cm (*)

Medida directriz de la anchura de un local = 300 cm

Medida nominal de la anchura de un local = $300 + 1 = 301$ cm (**)

4.4 Cuando no es posible fijar todas las medidas de la construcción de acuerdo con los números normalizados, deberán emplearse éstos en primer término para la fijación de los puntos y superficies de contacto con otras partes de la obra que hayan sido construidas de conformidad con los números normalizados.

5. Juntas y aparejo

Las piezas constructivas (ladrillos, losas, etc.) deben dimensionarse de manera que sus medidas directrices se hallen de acuerdo con los aparejos normales. Para ello habrá que tener en cuenta las reglas sobre aparejos, juntas y tolerancias.

Ejemplo:	Medida directriz	Junta	Medida nominal
Longitud del ladrillo	25 cm	1 cm	24 cm
Ancho del ladrillo	$\frac{25}{2}$ cm	1 cm	11,5 cm
Altura del ladrillo	$\frac{25}{3}$ cm	1,23 cm	7,1 cm
	$\frac{25}{4}$ cm	1,05 cm	5,2 cm

(*) 1 cm = 2 medias juntas.

(**) 1 cm = 2 capas de enlucido.

SERIE MITAD	5	10	15	25	40	65	105	170	275	
SERIE FUNDAMENTAL	10	20	30	50	80	130	210	340	550	
SERIE DUPLICADA	20	40	60	100	160	260	420	680	1.100	

Se usa como módulo 10 cm. y los términos preferenciales se miden en centímetros. Las series crecen indefinidamente hacia extremos más altos por la adición de los dos términos precedentes. No tiene términos bajo los 10 cm. de la serie fundamental; se comprueba una aproximación, de las relaciones entre términos sucesivos, al número ϕ 1,618 y que en muchos casos este número se cumple.

Ejemplo: $1.100 : 680 = 1,618$

4.5. SERIE EMPLEADA POR EL REINO UNIDO.

Este sistema al determinar su serie de dimensiones lo condiciona a tres factores que se deben cumplir:

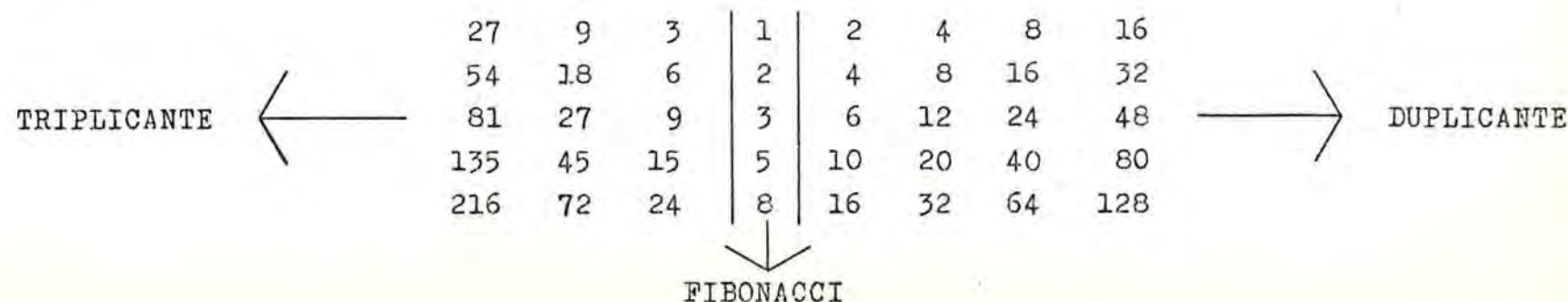
- a. Que la construcción es una serie de procesos aditivos, por lo cual las series elegidas deberán tener un carácter aritmético.
- b. Existe una necesidad de tener más tamaños pequeños que grandes, debiendo lograr la serie o combinación de series, que intervalo entre términos sucesivos aumente al aumentar estos, como una progresión geométrica.
- c. Que la serie o las series obtenidas que se utilizarán en Coordinación

Modular permita relacionar los factores estéticos y de producción de la construcción.

Para ello proponen un conjunto de números correlacionados que puedan utilizarse para una posterior selección de componentes. Se parte de varias series independientes, combinando tres progresiones:

- a. En la primera, geométrica, con una razón 2.
Serie duplicante: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, etc.
- b. Una segunda, geométrica, con una razón 3.
Serie triplicante: 1, 3, 9, 27, 81, etc.
- c. Una tercera, Serie de Fibonacci.
Serie de Fibonacci: 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, etc.

Estas tres series se disponen formando un esquema bidimensional que se pueda extender indefinidamente en cada una de las tres direcciones (las direcciones de las series).



En este esquema hay que hacer notar, que los números duplicados y triplicados son sólo de la Serie de Fibonacci.

Esta serie se puede escribir en orden correlativo, de acuerdo a los términos obtenidos de ella, así:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 18, 20, 24, 27, 32,....., etc.

Posteriormente existe una segunda etapa, que consiste en formar un esquema tridimensional de números, partiendo de las tablas duplicadas, que se triplican perpendicularmente. (ver gráfico 8).

De esta manera, se triplica toda la serie de Fibonacci, permitiendo también la introducción de nuevos números, aumentando la correlación entre ellos.

4.6. SERIE ITALIANA.

Esta serie parte de un módulo básico de 10 cm. (M), generador de 4 series simples cuyos términos son múltiplos de él. Como ley generadora de estas series se usa la progresión aritmética.

- a. $n \times M$ donde n varía de 1 a 60 (10 600 cm.)
- b. $n \times 3M$ donde n varía de 1 a 60 (30 1.800 cm.)
- c. $n \times 6M$ donde n varía de 1 a 60 (60 3.600 cm.)
- d. $n \times 12M$ donde n varía de 1 a 60 (120 $\longrightarrow$ cm.)

n = es un número natural tomado a partir de la unidad.

SERIE DEL REINO UNIDO



1	2	4	8	16
2	4	8	16	32
3	6	12	24	48
5	10	20	40	80
8	16	32	64	128

3	6	12	24	48
6	12	24	48	96
9	18	30	72	144
15	30	60	120	240
24	48	96	192	384

9	18	36	72	144
18	36	72	144	288
27	54	108	216	432
45	90	180	360	
72	144	288	576	

ESQUEMA TRIDIMENSIONAL DE NUMEROS

Las dimensiones de coordinación que se utilizarán para los componentes, se elegirán de los términos obtenidos en las diferentes series.

4.7. SERIE CAME.

Esta serie del Consejo Ayuda Mutua Económica de los países socialistas, parte, con un módulo básico $M = 10$ cm. De él se derivan módulos (módulos derivados) de cuatro órdenes de magnitudes.

Se generan tres series modulares diferentes para cada orden de magnitudes, definiéndose términos múltiplos del módulo derivado, que en este caso va a ser su módulo generador. Estas series así generadas usan la progresión aritmética, partiendo del módulo derivado y cuya diferencia entre término y término es el mismo módulo.

1er. ORDEN DE MAGNITUD.	A1 = 1 mm. (módulo derivado, micromódulo).
	A2 = 2 mm. (módulo derivado, micromódulo).
	A3 = 5 mm. (módulo derivado, micromódulo).
2o. ORDEN DE MAGNITUD	B1 = 10 mm. (módulo derivado, micromódulo).
	B2 = 20 mm. (módulo derivado, micromódulo).
	B3 = 50 mm. (módulo derivado, micromódulo).
3er. ORDEN DE MAGNITUD	C1 = 30 cm. (módulo derivado, macromódulo).
	C2 = 60 cm. (módulo derivado, macromódulo).
	C3 = 120 cm. (módulo derivado, macromódulo).
4o. ORDEN DE MAGNITUD	D1 = 150 cm. (módulo derivado, macromódulo).

D2 = 300 cm. (módulo derivado, macromódulo).

D3 = 600 cm. (módulo derivado, macromódulo).

De esta manera se generan 12 series, 6 cuyos módulos derivados se expresan en milímetros (micromódulos) y 6 de módulos derivados en centímetros (macromódulos), junto a la serie fundamental: $n \times M$ ($M = 10$ cm.)

En milímetros:

1.- 1, 2, 3, 4,

2.- 2, 4, 6, 8,

3.- 5, 10, 15, 20,

4.- 10, 20, 30, 40,

5.- 20, 40, 60, 80,

6.- 50, 100, 150, 200,

En centímetros:

7.- 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330, 360,

8.- 60, 120, 180, 240, 300, 360, 420, 480, 540, 600,

9.- 120, 240, 360, 580, 600, 720

10.- 150, 300, 450, 600, 750, 900, 1.050, 1200,

11.- 300, 600, 900, 1.200, 1500, 1800,

12.- 600, 1.200, 1800, 2400, 3.000, 3600,..... indefinida

Serie $n \times M =$ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120.

4.8. SERIE DEL SERVICIO DE COOPERACION TECNICA. (CORFO) Chile.

Esta serie, fue el primer estudio que se hizo en Chile en Coordinación Modular; fue realizado por los ingenieros Jaime Fauré y Andrés Rodríguez patrocinado por el Servicio de Cooperación Técnica, filial de la CORFO, en los años 1962-1963. Fue presentado posteriormente como proyecto de Norma a INDITECNOR (INDITECNOR 53-3 Coordinación Modular), pero que no fue promulgada.

Nos parece de interés describirla, por el empleo de pares de números como base de generación de las series de dimensiones. Veremos a continuación el proyecto de Norma presentado a INDITECNOR, que resume el trabajo y describe las series de dimensiones propuestas.

INDITECNOR 53-3, COORDINACION MODULAR.

1. PREAMBULO.

a. La presente Norma ha sido confeccionada teniendo presente los antecedentes suministrados por el Servicio de Cooperación técnica, Secretaría Ejecutiva del Comité General de Coordinación Modular.

2. OBSERVACIONES.

a. SERIE FUNDAMENTAL: Para la elección de las dimensiones fundamentales

indicadas en la Serie Fundamental (Artículo 4o.) se ha tenido presente las características y las dimensiones de los materiales o elementos constructivos existentes en el mercado nacional, así como las dimensiones más comunes en los diseños de viviendas.

b. AGRUPACIONES: Las dimensiones del tipo $n \times M$ Modulares y con variaciones de 10 cm. en 10 cm. se obtienen en la siguiente forma:

- b.1. Con el módulo 10 cm. mediante repetición de este en la forma : $p \times 10$
- b.2. Con el par 20 y 30 cm. (p, q) mediante combinaciones de 20 y 30 cm. en la forma: $pa + qb$ siendo p y q enteros positivos o cero a partir de los 20 cm.
- b.3. Con el par 50 y 60 cm. = $(p, q)'$ mediante combinaciones en la forma: $pa1 + qb1$ (p y q como se indicó) a partir de los 200 cm. (2 metros). Bajo los 2 metros 9 dimensiones modulares pueden componerse con este par en la forma indicada.
- b.4. Con el par 110 y 120 cm. = $(p, q)''$, mediante combinaciones como la indicada, a partir de los 1.100 cm. (11 metros). Bajo los 11 metros 54 dimensiones modulares pueden ser compuestas por el par $(a2', b2')$ también en la forma $pa2 + qb2$.
- b.5. Finalmente, con el par 110 y 240 cm. = $(p, q)'''$ combinado en la misma proporciona dimensiones modulares sucesivas a partir de los 2.300 cm. Bajo esta medida se pueden componer 114 dimensiones modulares en la forma indicada.

3. PRESCRIPCIONES.

SERIE FUNDAMENTAL.

ARTICULO 4o.

La Serie de dimensiones fundamentales será la siguiente:

10 20 30 50 60 110 120 240

AGRUPACIONES.

ARTICULO 5o.

Las dimensiones fundamentales, indicadas en el artículo 4o., se deberán agrupar en la siguiente forma:

10 cm.	= p
20 y 30 cm.	= (p, q)
50 y 60 cm.	= (p, q)'
110 y 120 cm.	= (p, q)''
110 y 240 cm.	= (p, q)'''

SERIE COMPLEMENTARIA.

ARTICULO 6o.

La serie de dimensiones complementarias será la siguiente:

40 100 150 180 200 220 300 360 480 600 720 960 1.200 1600

APLICACION.

ARTICULO 7o.

Se preferirán los términos de la serie fundamental a los de la serie complementaria.

Elegido un término de la serie fundamental, se preferirá, para seleccionar otro, a aquel que completa el par o pareja indicado en el artículo 5o. Sólo se recurrirá a la serie complementaria una vez satisfecha la fundamental o cuando requerimientos funcionales o de fabricación así lo exijan.

DIMENSIONES SUBMODULARES.

ARTICULO 8o.

Las dimensiones submodulares serán las siguientes:

5	2,5	1,25	0,625 cm.
1/2 M	1/4 M	1/8 M	1/16 M

4.9. NORMA CHILENA.

Esta proposición de una Serie Modular Normal de Dimensiones para Chile, fue elaborada por los profesores Raúl Pellegrín, Flavio Gutiérrez y Carlos Martínez, el año 1969. Posteriormente fue aprobada por INDITECNOR como Norma Chilena N.Ch. 685 n70 (Serie Normal de Dimensiones), y como Norma Panamericana por COPANT (COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS).

La Norma N Ch 685 n70 establece esta serie normal de dimensiones para elementos, materiales y diseño para la construcción de obras de arquitectura.

- a. Serie aritmética simple $n \frac{M}{100}$ desde 0 a $\frac{M}{10}$
- b. Serie aritmética simple $n \frac{M}{10}$ desde $\frac{M}{10}$ a M
- c. Serie aritmética simple $n \times M$ desde M a 60M
- d. Serie aritmética simple $n \times 3M$ desde 60M a 120M
- e. Serie aritmética simple $n \times 6M$ desde 120M a 240M
- f. Serie aritmética simple $n \times 12M$ desde 240M indefinidamente.

Se considera para estas series aritméticas un valor de $M = 10$ cm.
(Según N Ch 346 of. 55).

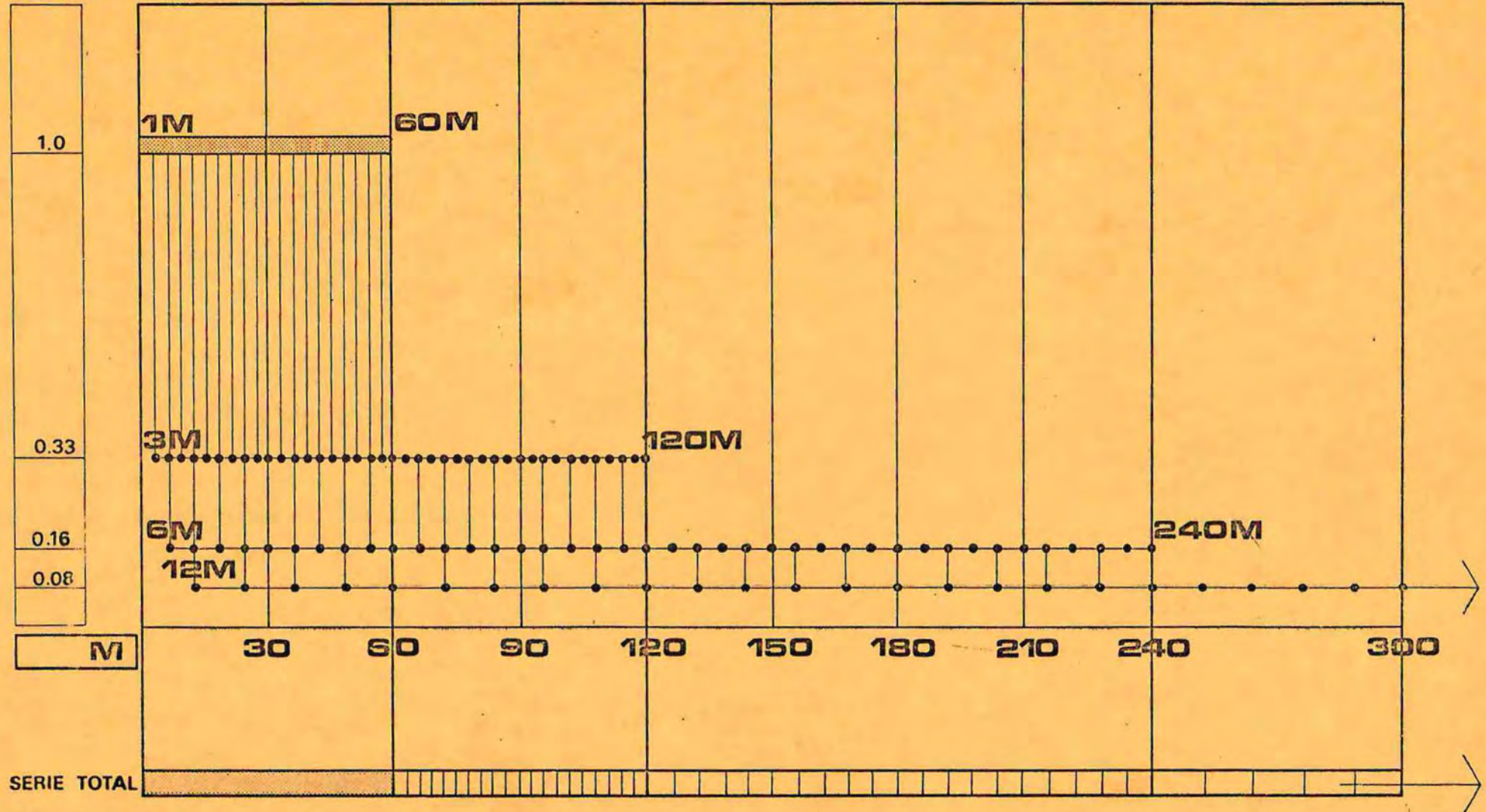
y $n =$ un número entero positivo y diferente a 0

Esto se traduce en la práctica a las siguientes expresiones:

- a. $n \times 1$ mm. desde 1 mm. hasta 1 cm. (micromódulo)
- b. $n \times 1$ cm. desde 1 cm. hasta 10 cm. (micromódulo)
- c. $n \times 10$ cm. desde 10 cm. hasta 60 cm. (módulo)
- d. $n \times 30$ cm. desde 60 cm. hasta 120 cm. (macromódulo)
- e. $n \times 60$ cm. desde 120cm. hasta 240 cm. (macromódulo)

NORMA CHILENA

DENSIDAD



f. n x 120 cm. desde 240 —————> indefinidamente.

La serie total tiene la característica, de que los términos de cada serie simple están contenidos en las series simples de módulo menor. (ver gráfico 9)

C.6. CAMPOS DE APLICACION DE LA COORDINACION
MODULAR.

C.6.1. DISEÑO MODULAR.

1. RETICULADOS DE REFERENCIA.

Tradicionalmente, en el diseño de una construcción no se considera, o se considera superficialmente, la relación entre las dimensiones de los espacios proyectados y las dimensiones de los materiales que intervendrán en la construcción. Esta aparente deficiencia del proyectista no es tal, ya que es sumamente difícil, sino imposible, coordinar las dimensiones de los componentes existentes, puesto que hay infnidades de tamaños para el mismo componente producido por distintas fábricas.

Por ejemplo, el Fleximur, revestimiento vinílico fabricado por "Pizarreño", se fabrica en baldosines de 150 x 302 mm., y tiene 1,5 mm de espesor. El revestimiento similar producido por "Plansa", el Plansaflex, se fabrica en palmetas de 305 x 305 mm. en tres espesores de 1, 1,5 y 2 mm.

Como podemos observar en este ejemplo, que se repite en la mayoría de los componentes de construcción existentes, hay en la actualidad una anarquía de dimensiones, ya que cada fábrica dimensiona sus productos de acuerdo a sus conveniencias.

Al emplear la Coordinación Modular, sistema que como sabemos está basado en una serie de dimensiones, tendremos la certeza de que el tamaño de los componentes estará relacionado, aún tratándose de componentes diferentes producidos por fábricas

distintas, y esta relación tendrá como base el módulo elegido. (ver "Elaboración de Componentes").

Pero, aunque se adapte este sistema para la elaboración de componentes y pudiéramos obtener componentes modulares, de nada nos servirían sin contar con algún procedimiento que nos permita coordinar estos últimos con el proyecto.

Esta coordinación es posible realizarla empleando "sistemas de referencia", que consisten en un conjunto de planos, líneas y puntos que forman un reticulado.

Los reticulados, de variadas formas, han sido empleados a través de los tiempos como una forma para la simplificación del diseño de edificios. Uno de los más conocidos es el papel milimetrado, que es un reticulado impreso con líneas a una distancia igual al milímetro. El uso de este reticulado u otro dibujado especialmente han servido a menudo para regularizar el trazado de las líneas principales de los proyectos y relacionar las diferentes partes de un edificio.

Para la Coordinación Modular, los reticulados de referencia proporcionan una base para relacionar todos los componentes de la construcción, desde la obra gruesa hasta las terminaciones, y su uso provee de un medio para la coordinación y ensamble de los componentes, especialmente cuando las dimensiones de estos últimos son cuidadosamente determinadas en función del sistema de referencia.

El sistema de referencia de un edificio está constituido por un conjunto de planos, líneas y puntos, aplicados desde la etapa de proyecto. Esencialmente, se trata de una organización geométrica en la que todas las partes están interrelacionadas.

Un "plano de referencia" nos sirve de base para el sistema. Sobre él se define una línea, elegida para servir de referencia (línea de referencia). Con la introducción de una segunda línea, perpendicular a la primera, en la intersección de ambas queda definido un punto de referencia, precisa y definidamente ubicado. Por adición de líneas paralelas a las dos primeras, resulta un sistema de líneas, denominado "reticulado de referencia". Si el reticulado de referencia se proyecta perpendicularmente al plano de referencia queda desarrollado un sistema tridimensional de líneas, denominado "reticulado espacial de referencia". A este sistema se le conoce como Ortogonal o Cartesiano. (ver gráfico 10)

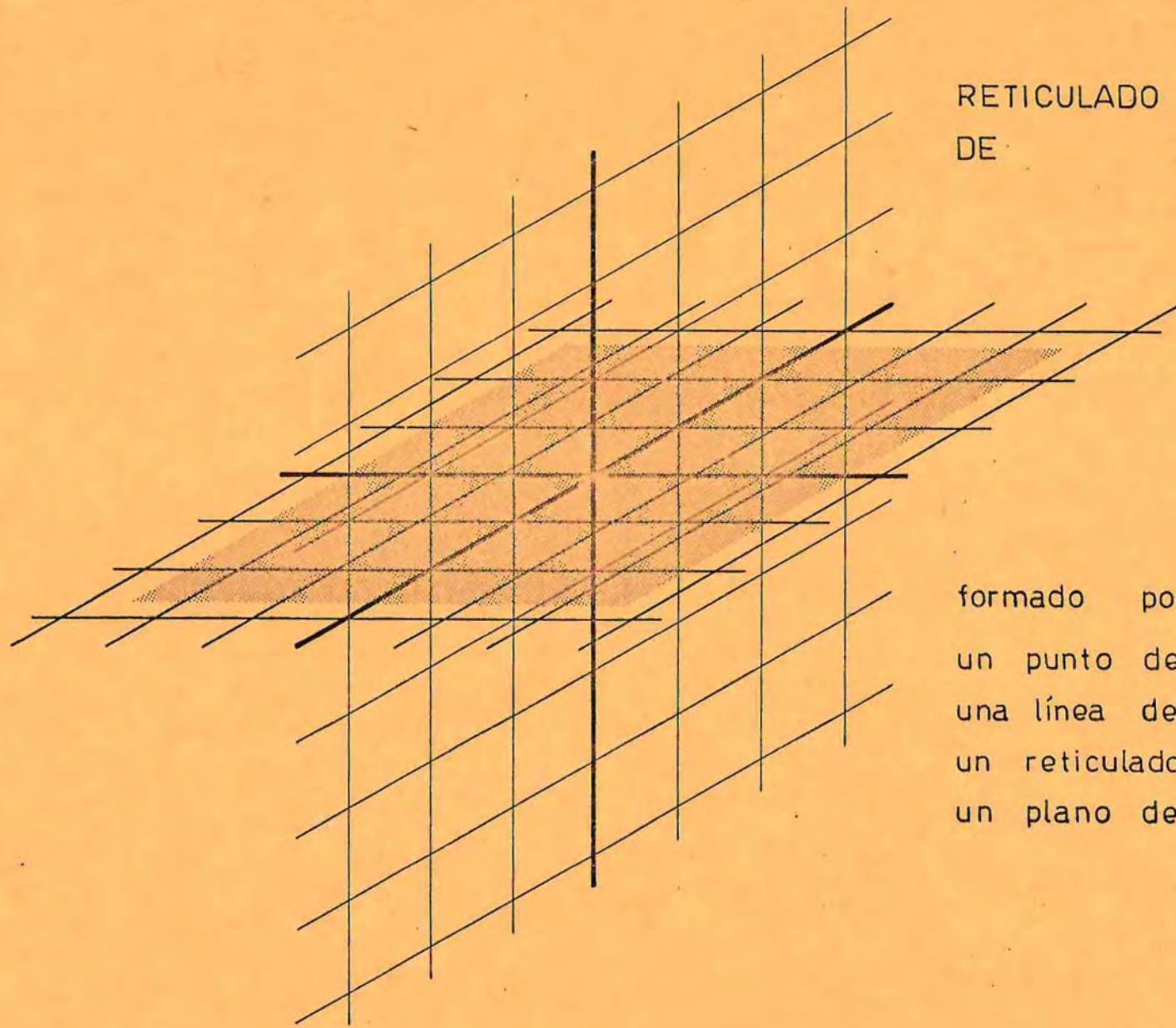
El sistema de referencia descrito nos puede proporcionar dos antecedentes: la posición de un elemento y su magnitud. La posición está dada por la distancia a una o más líneas de referencia o a un punto de referencia. La magnitud del elemento está dado por el número de cuadros que ocupa, siempre que el reticulado sea uniformemente espaciado, puesto que sabremos la distancia que separan a las líneas de referencia.

2. , RETICULADOS MODULARES.

Si las líneas que forman el reticulado son trazadas a intervalos iguales al módulo o a múltiplos del módulo, este sistema se denomina "cuadrícula o reticulado modular" y a la distancia que separa las líneas de referencia se le llama "dimensión de coordinación modular".

Estos reticulados se utilizan en cada una de las tres etapas de la edificación: en el proyecto del edificio, en el diseño y elaboración de componentes y

SISTEMA DE REFERENCIA



RETICULADO ESPACIAL
DE REFERENCIA

formado por :

- un punto de referencia
- una línea de referencia
- un reticulado de referencia
- un plano de referencia

como guía para el ensamble de estos últimos en la obra. Ellos pueden ser de diferentes tamaños, pero deben ser múltiplos del módulo normal. El tamaño depende de su uso. En algunos casos resulta engorroso usar el reticulado espaciado en un módulo (reticulado modular normal) debido a la concentración de líneas que resulta de usar escalas reducidas en la confección de planos.

Para facilitar el empleo de los reticulados en el proyecto, se pueden usar distintos tipos de ellos, de acuerdo a la parte del proyecto a que se refiere. Por ejemplo, para la ubicación en los planos de la estructura soportante de un edificio, se podrá usar un reticulado espaciado en macro-módulos (8M, 10M, etc) puesto que sólo se trata de ubicar la posición general de los componentes. Para la realización de los detalles de encuentro de esta misma estructura, se utilizarán reticulados que nos permitan mayor precisión en el dibujo, es decir, espaciados en M o 2M, de acuerdo al tamaño de los componentes que intervengan en el detalle.

La Norma del Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización (INDITECNOR) N.Ch. 744.069 (en Consulta Pública), denominada "Coordinación Modular de la Construcción. Posición de los componentes de la construcción con respecto a la Red Modular de Referencia", define los tipos de reticulados que pueden usarse, de la siguiente manera:

" 3. Terminología.

" Los términos siguientes empleados en esta norma tienen el siguiente significado que se expresa:

" 3.1. Red Modular de Proyecto. (Reticulado Modular de Proyecto). Red

" que se utiliza para ubicar y establecer las dimensiones de los espacios

" arquitectónicos, los componentes y conjuntos funcionales de edificios.

(La distancia entre las líneas de referencia del reticulado modular de proyecto está determinada por el "Módulo de Proyecto", que es una dimensión múltiplo del módulo normal y que en este momento, por una recomendación de la "Comisión Panamericana de Normas Técnicas" (COPANT) ha sido fijado por INDITECNOR en 2M, 3M, o combinaciones de ambos N. Ch. 743 p 70)

" 3.2. Red Modular de Estructura Resistente (Reticulado Modular de Estructura Resistente). Red que se utiliza para ubicar y establecer las dimensiones de los elementos estructurales resistentes.

" 3.3. Red Modular de Detalle. (Reticulado Modular de Detalle). Red que se emplea para diseñar y establecer las dimensiones de los detalles modulares.

" 3.4. Red Modular Múltiple. (Reticulado Modular Múltiple). Conjunto de "redes simples" (reticulados simples) que pueden relacionarse de distinta forma, de acuerdo a las necesidades de proyecto.

" 3.5. Zona Neutra. Zona no modular comprendida entre redes modulares de referencia que, por razones constructivas o funcionales, están separadas entre sí.

Nota: Los términos entre paréntesis corresponden a los cambios de denominación aprobados por el "Comité de Coordinación Modular" de INDITECNOR, en reunión del 27 de abril de 1970.

Todos estos reticulados con que cuenta el proyectista pueden superponerse

y desplazarse a su criterio, a fin de ubicar los componentes donde fueran necesarios, con el objeto de permitir una gran flexibilidad en el proyecto. (ver gráfico 11a - 11b)

3. ZONA NEUTRA.

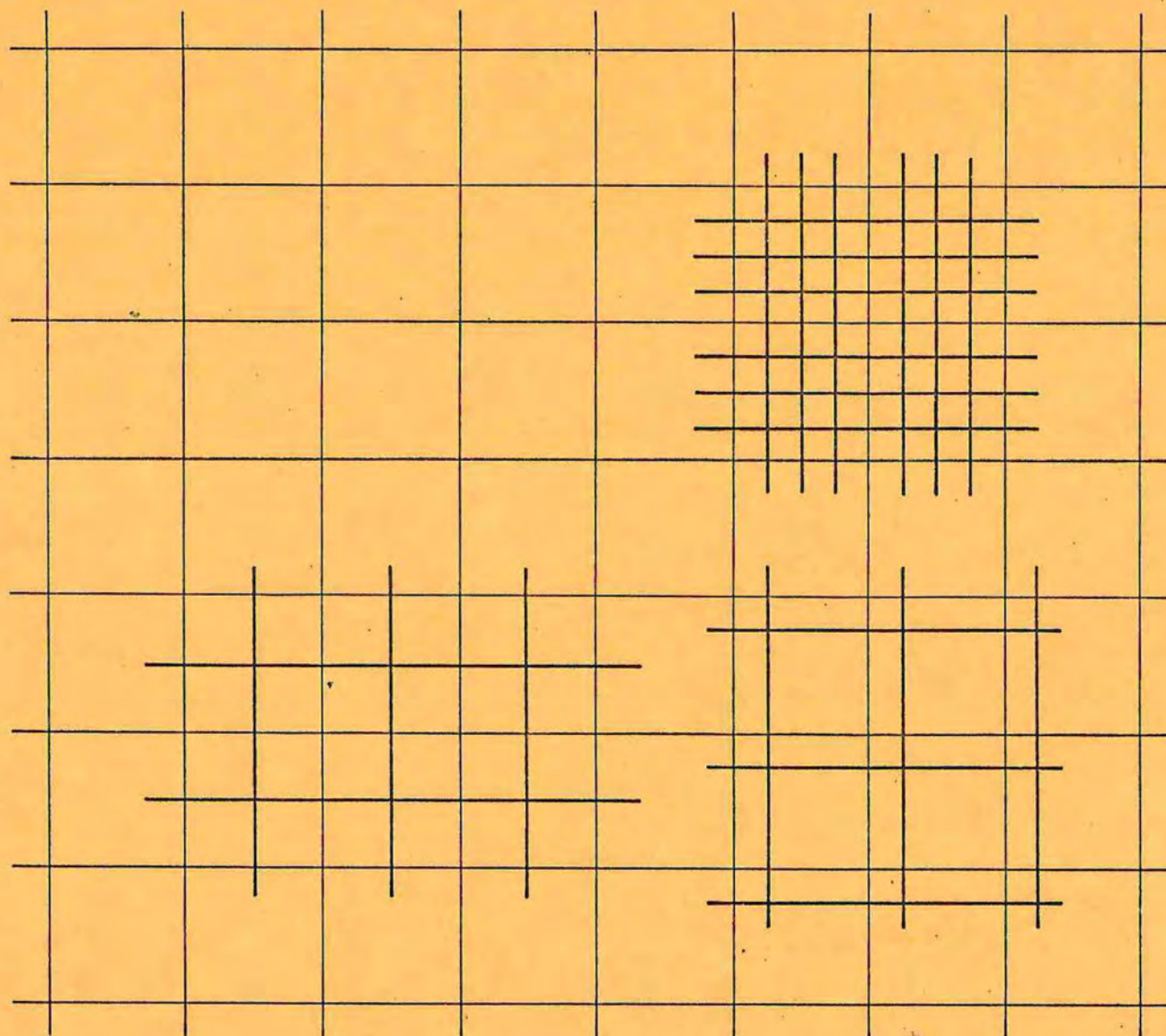
Como hemos visto, el reticulado modular de referencia es una herramienta que facilita el trabajo al proyectista, permite el diseño de componentes modulares que puedan relacionarse entre sí y coordina el montaje en obra de estos mismos.

Las líneas de referencia que lo forman están trazadas a una distancia igual al módulo normal o sus múltiplos, por lo tanto todo componente debe ser modular para poder quedar inscritos en ellas. Un problema surge al imponerse la necesidad de proyectar con componentes no modulares, ya sea sólo o en combinación con componentes modulares. Para la solución de estos casos, existen recursos de diseño, de los que cabe destacar la Zona Neutra.

Ella se hace presente, como hemos dicho, en ciertas construcciones en que se combinan elementos modulares y no modulares. Por ejemplo, una losa de entrepiso, que al ser dimensionada estructuralmente no permite un espesor modular. Por la conveniencia de tener altura de piso a cielo modular, es deseable que las líneas del reticulado coincidan tanto con el piso como con el cielorraso del entrepiso. Esto puede ser logrado rompiendo la continuidad del reticulado, haciéndolo coincidir con las superficies deseadas. El espacio entre los dos sistemas reticulados se denomina "Zona Neutra".

El uso de las zonas neutras debe restringirse al máximo, dado que es más difícil diseñar con reticulados modulares separados que con un reticulado modular con-

RETICULADOS DE REFERENCIA



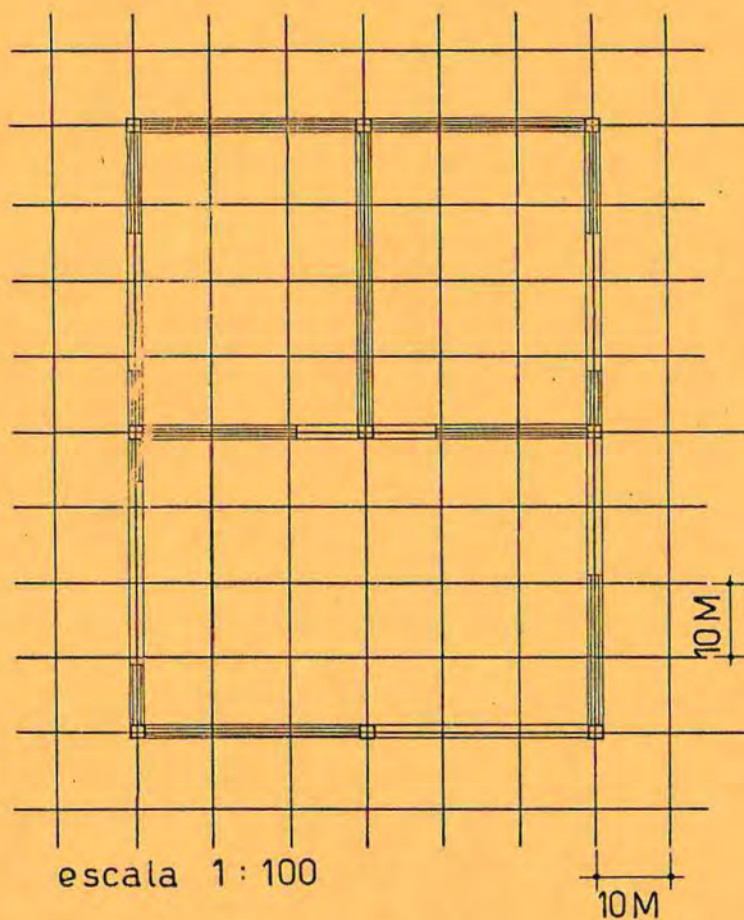
RETICULADO MODULAR
DE PROYECTO

RETICULADO MODULAR
DE ESTRUCTURA
RESISTENTE

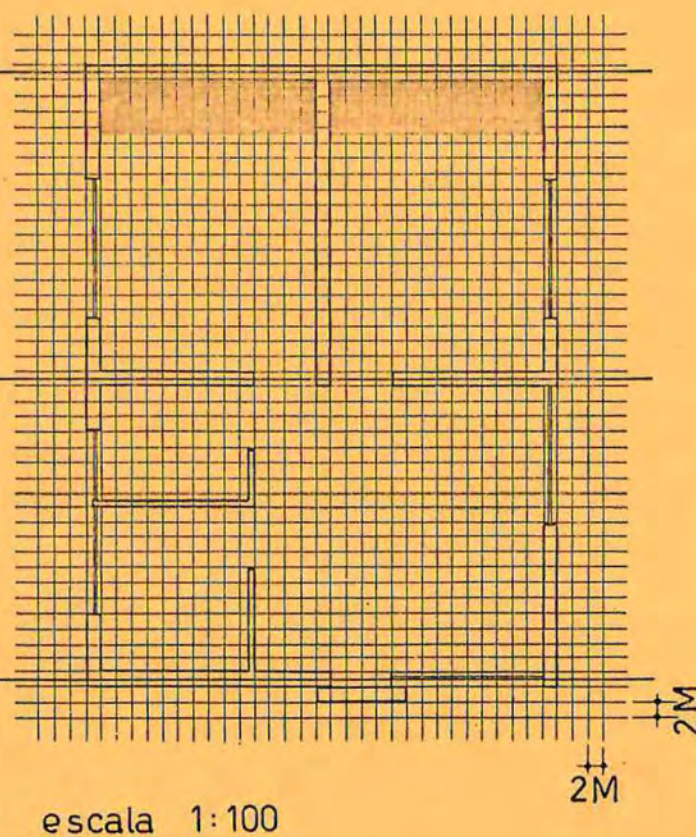
RETICULADOS MODULARES
MÚLTIPLES

RETICULADOS DE REFERENCIA

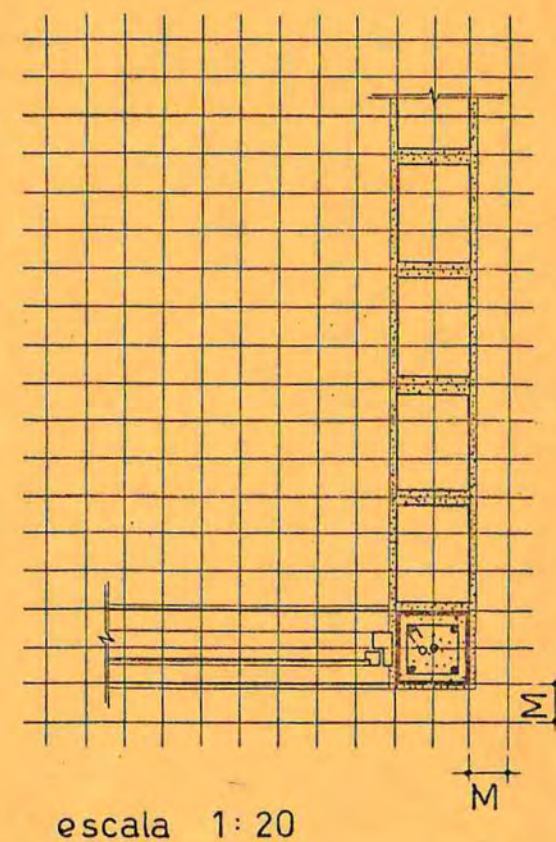
RETICULADO MODULAR DE
ESTRUCTURA RESISTENTE



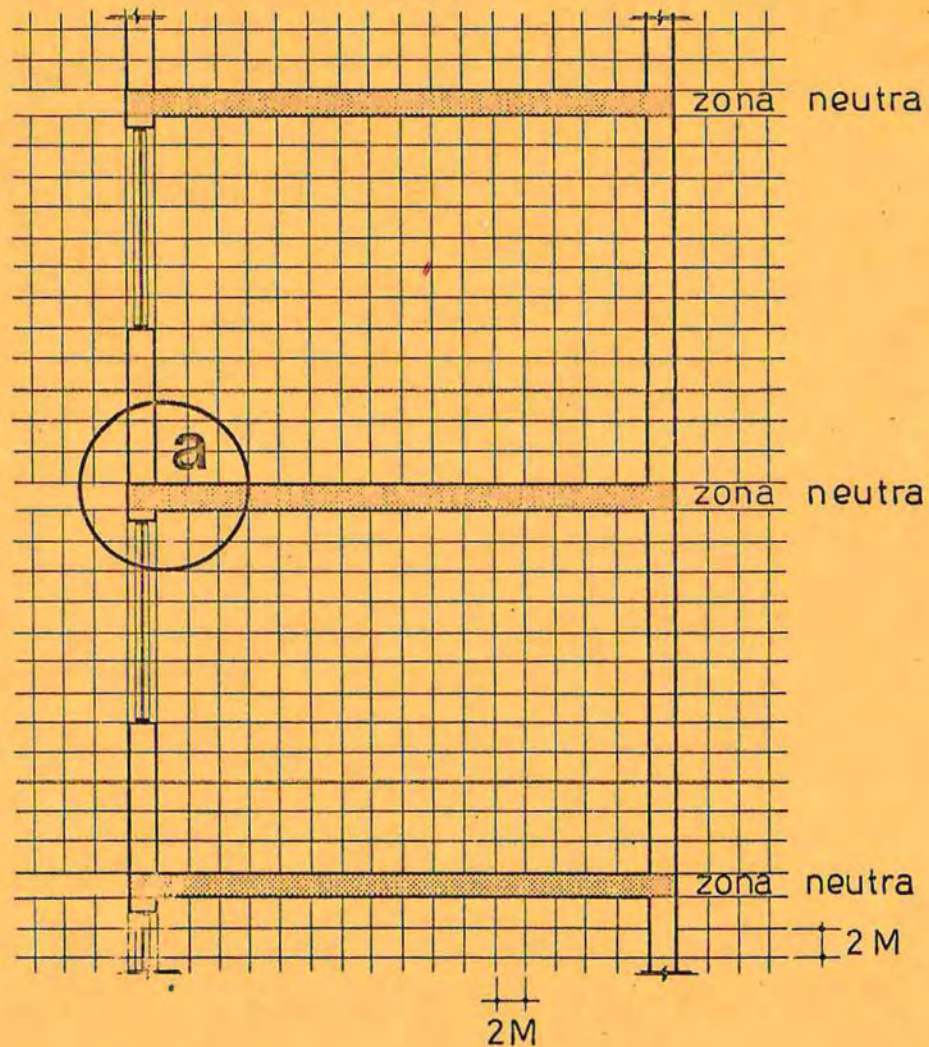
RETICULADO MODULAR DE
PROYECTO



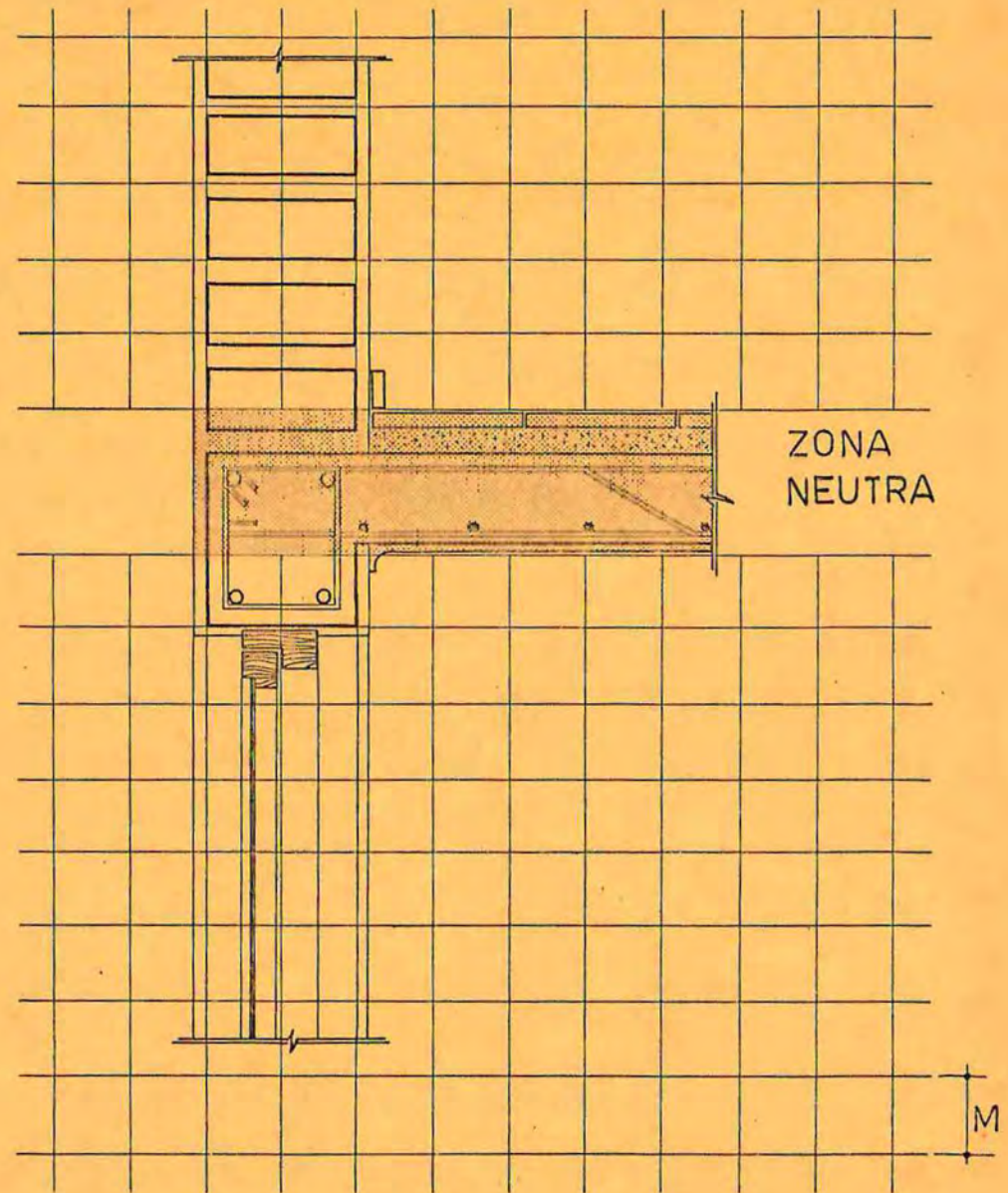
RETICULADO MODULAR DE
DETALLES



EJEMPLO DE ZONA NEUTRA



escala 1: 50



escala 1: 10

detalle (a)

tínuo. En el proyecto de un edificio puede usarse un número razonable de zonas neutras, siempre que la aplicación de ellas no afecte a la modulación del edificio en general. (ver gráfico 12).

C.6.2. ELABORACION DE COMPONENTES.

1. DESIGNACION DE LOS MATERIALES.

Como hemos dicho al comienzo de este trabajo, es fundamental que se industrialice la actividad de la construcción. Es importante entonces, que muchos de los procesos constructivos que en la construcción tradicional se realizaban en la obra misma, se realicen ahora en las fábricas o en los talleres, dejándose para la obra sólo su montaje y ensamble.

Debido a ello, se hace clara la necesidad de agrupar bajo designaciones genéricas distintas a los materiales producidos en fábricas y a los conjuntos constructivos de que ellos forman parte. Por ejemplo, un entrepiso completamente terminado es una unidad completa en la construcción, es decir, se considera un "conjunto funcional" de ella. Las partes de que fue hecho (enfierradura, hormigón, pavimento, etc.) pueden producirse como elementos prefabricados para formar parte del entrepiso, pero además pueden tener otras funciones. A estas partes se les denomina "componentes".

Todo esto hace necesario que se defina que se entiende por "componente" o por "conjunto funcional" y se precise la relación entre ellos, diferenciando con esto el trabajo apto para realizar en fábrica del realizado en obra.

Debido a la diferencia de términos empleados para estas definiciones en los textos, diferencia que se refiere sólo a su denominación y no a su contenido, hemos adoptado las que nos parecen que definen con mayor exactitud estas materias:

a. Materiales: Es el elemento de construcción que no tiene una forma geométrica definida, tales como cemento, yeso, asfalto, pinturas, etc.

b. Componentes: Es el elemento de construcción fabricado de tal forma que ciertas dimensiones están especificadas. Los componentes pueden subdividirse en:

b1. Sección: Son los materiales de construcción que han sido transformados en elementos de sección transversal simple. Su producción es, por lo general, un proceso continuo. Pueden ser perfiles laminados, barras, tubos, cables, alambres, etc. Pueden ser utilizados en fábrica o en la obra y su aplicación no se circunscribe a la construcción, sino a muchas otras industrias.

b2. Unidades o elementos simples: Es el componente de construcción producido en forma terminada y dimensiones específicas, en cuya fabricación pueden haber intervenido materiales y secciones; se caracterizan por sus dimensiones pequeñas, formas simples y uso limitado. Comprenden ladrillos, bloques, baldosas, elementos de unión, etc.

b3. Elementos complejos o ensambles: Los materiales, secciones y unidades se utilizan para producir una amplia variedad de componentes con características funcionales definidas. Pueden ser puertas, ventanas, cerchas, artefactos sanitarios, eléctricos y de gas, armarios, etc.

c. Conjuntos funcionales: Los componentes de edificación (b1-b2-b3) se agrupan formando conjuntos que tienen funciones específicas, como cimientos, techos, instalaciones de servicio, etc. (ver tabla 1)

MATERIALES	C O M P O N E N T E S			CONJUNTOS FUNCIONALES
	SECCION	ELEMENTOS SIMPLES	ELEMENTOS COMPLEJOS	
METALES	BARRAS	LADRILLOS	COMPLEJOS ESTRUCTURALES	PREPARACION DEL TERRENO
PIEDRAS	por ej.: fierro redondo	BLOQUES		por ej.: cercado
AGREGADOS		PANELES	por ej.: marcos	pavimento
CALES	CAÑERIAS	BALDOSAS	puertas	CIMIENOS
MORTEROS	PERFILES	TEJAS	ventanas	ESTRUCTURAS
CEMENTOS		ELEMENTOS DE UNION	escaleras	
MADERAS	por ej.: perfiles U T, etc.		ARTEFACTOS DE CALEFACCION	MUROS
PIGMENTOS	vigas de madera	por ej.: clavos	por ej.: calderas	TECHOS
ACEITES	LAMINAS	tornillos	cocinas	SEVICIOS
PINTURAS		bisagras		por ej.: de gas
ADHESIVOS	por ej.: tablas, planchas	cerraduras	ARTEFACTOS SANITARIOS	eléctrico
BITUMENES			por ej.: bañeras	calefacción
ALQUITRANES	ALAMBRES Y CABLES		lavatorios	sanitario
ASFALTOS	por ej.: cables conductores		ARTEFACTOS ELECTRICOS	TERMINACIONES
			por ej.: lámpara llave	
			ARTEFACTOS DE GAS	
			por ej.: medidor cálifont	
			MUEBLES DE COCINA ARMARIOS	

INFORME DEL REINO UNIDO

2. RELACION DIMENSIONAL DE COMPONENTES.

El componente modular tiene una diferencia sustancial con el componente común. Estos últimos pueden exigir cambios en el momento de su uso, que afecten a su tamaño o a su forma, para adaptarlo a otros componentes del edificio y su grado de modificación dependerá de la relación que exista entre ellos. Esto es lo que ocurre en la construcción tradicional, pues cuando un elemento no ajusta en el lugar que le ha sido asignado, simplemente se recorta y se adapta a él.

En cambio, un componente modular debe asegurar su ajuste con los adyacentes, por lo que debe ser dimensionado de acuerdo a un espacio modular determinado.

Si analizamos las definiciones dadas anteriormente, podemos obtener algunas conclusiones:

Para los efectos de la coordinación modular, las dimensiones de los "materiales" no tiene una importancia significativa.

Las "secciones" son producidas generalmente en largos indefinidos, por lo que sólo sus secciones, que tienen medida definida, pueden necesitarse para relacionarlas con dimensiones modulares.

Los elementos simples y los elementos complejos necesitan relaciones completamente definidas con respecto a sus dimensiones modulares, debido a su adaptabilidad para la producción en fábrica, que en muchos casos obligará a definir las dimensiones en sus tres direcciones.

Los conjuntos funcionales, por estar formados por agrupaciones de compo-

nentes modulares, deben corresponder a dimensiones modulares específicas. A la vez, ellos deberán estar relacionados a otros conjuntos funcionales por medio del reticulado de referencia.

Finalmente, el edificio como un todo tiene dimensiones derivadas de los componentes combinados, pero es el proyectista quién los elige, de acuerdo a sus conveniencias y al desarrollo del proyecto.

3. DISEÑO DE COMPONENTES MODULARES.

3.1. Superficie de Coordinación de los componentes.

Al diseñar un componente modular, se debe pensar que no es suficiente que este se adapte a su espacio componente, sino que tiene que permitir el ensamble con otros que ocupen espacios componentes adyacentes. Por esto, es necesario diseñar su perfil para que se pueda lograr una unión constructiva apropiada. Se entiende por perfil de un componente a su contorno o superficie de unión.

Actualmente, los perfiles de los componentes se diseñan de acuerdo a sus necesidades funcionales, pero en la mayoría de los casos por lo menos uno de los bordes es rectilíneo. Como ejemplo, podemos citar el "elemento complejo" ventana, que tiene superficies exteriores planas, superficies de coordinación, que sirven para el encuentro con otros componentes; tiene además superficies interiores complicadas, superficies funcionales, que sirven para satisfacer otros requerimientos. Se entiende por superficie funcional a los perfiles diseñados para objetivos que no son los de la coordinación modular. (funcionamiento, ensambles, etc.).



Por lo general, las superficies planas son las que tienen el mayor número de posibilidades de unión entre componentes. Pueden fabricarse componentes con perfiles complicados que encajen con otros, pero esto limita la combinabilidad de ellos. Las superficies de coordinación de cantos rectilíneos se utilizan normalmente para las uniones comunes entre componentes diferentes, puesto que ellas son paralelas y prácticamente coincidentes con los planos del reticulado de referencia.

Al diseñar un componente modular, se debe determinar cuales serán los perfiles que servirán como superficie de coordinación. El diseño de los restantes, que pueden estar dependiendo de requerimientos funcionales, no son afectados por la coordinación.

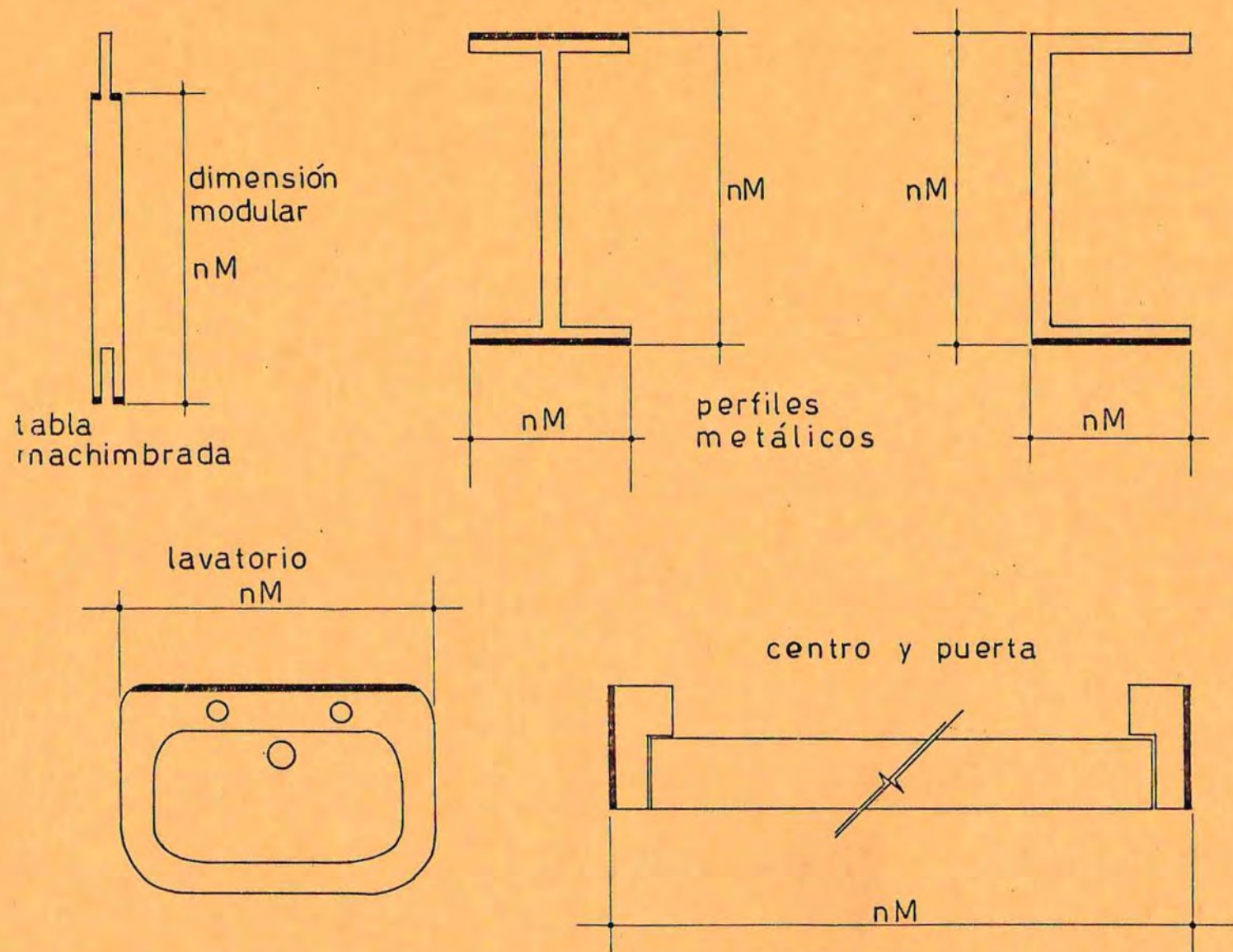
En muchos casos los componentes tienen partes que pueden prolongarse más allá de su superficie de coordinación. Es el caso de las tablas machimbradas, que tienen lenguetas que deben encajar en ranuras de la tabla adyacente. En este caso y en otros similares, se acepta que se haga una excepción a la regla de que cada componente quede contenido en su espacio componente, siempre que sea modular el componente, sin su prolongación. (ver gráfico 13).

3.2. Dimensionamiento modular de los componentes.

3.2.1. Límites de Fabricación.

Existen diversos factores que impiden obtener dimensiones exactas en los elementos que intervienen en una edificación. En todos los componentes pueden existir variaciones dimensionales. Sin embargo, si queremos que estos componentes puedan ser

SUPERFICIES DE COORDINACION



NOTA : LA LINEA GRUESA INDICA LA SUPERFICIE DE COORDINACION

ajustados en el lugar que se les ha asignado, estas variaciones deben mantenerse entre límites convenientes.

En la construcción tradicional, el problema de ajuste de los componentes, en la generalidad de los casos se soluciona con recortes o agregados, por lo que hay que retocar y arreglar para obtener una buena terminación.

Pero esta solución deberá ser superada, puesto que es antieconómico ajustar de ese modo los componentes, desperdiciando los cortes y sobrantes que son parte de su costo. Es preferible que se pueda elegir un componente o grupo de ellos que estén en condición de acoplarse sin dificultad. Con la implantación de sistemas industrializados en construcción, cada componente deberá fabricarse con una terminación y precisión tales que se pueda utilizar directamente en obra. De aquí que se indispensable, para los componentes obtenidos mediante una coordinación modular, prever ciertos límites admisibles para tener en cuenta las inevitables irregularidades de fabricación y poder satisfacer las exigencias de montaje y de los métodos de producción.

Es por esto que en las fábricas de componentes no se dará una dimensión exacta a los productos, sino que se darán los límites entre los cuales debe hallarse la dimensión real del componente.

3.2.2. Tolerancias.

De un componente determinado pueden darse tres dimensiones:

a. Dimensión de Coordinación Modular, que es una dimensión igual a un módu-

lo o a un múltiplo entero del módulo.

b. Dimensión Nominal, que es la dimensión que se especifica para el proyecto de espacios y de elementos componentes y con la cual se le designa, ya sea en espesor, ancho o largo.

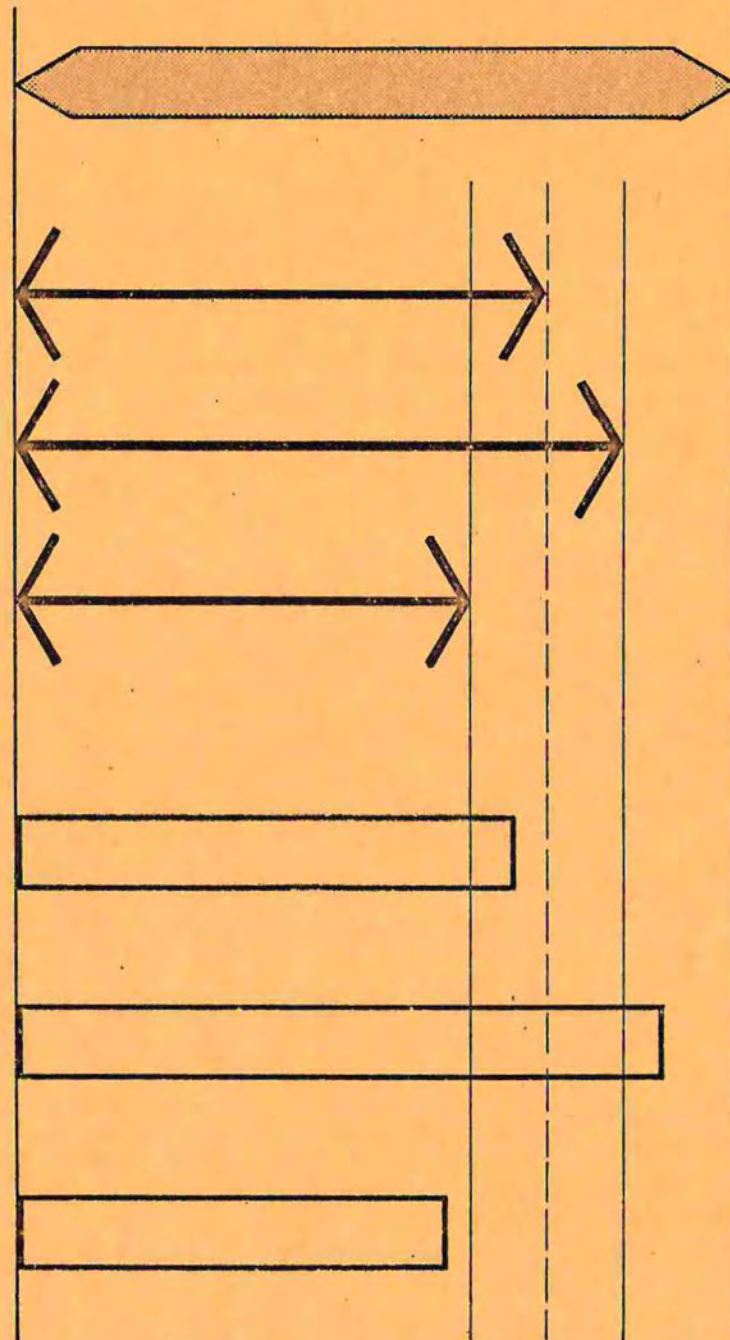
c. Dimensión Real, que es la dimensión resultante de la fabricación. Se obtiene por medición directa del componente, y es única para cada componente.

Un componente es aceptado sólo si su dimensión real está dentro de los límites permitidos. (ver gráfico 14a)

Un componente modular no debe exceder su espacio componente, que es el lugar asignado en el espacio a un componente modular, incluyendo su junta. Es necesario que cada componente se mantenga dentro de su propio espacio, definido por líneas o planos de referencia de un reticulado modular. Esta concepción es fundamental para un perfecto entendimiento de la coordinación modular. Significa que las líneas de referencia son la base de las dimensiones moduladas. Las dimensiones de los componentes modulares son expresadas como dimensiones nominales, con una tolerancia que tenga en cuenta aspectos como las propiedades de los materiales, sus dilataciones o contracciones, el desgaste de las matrices de fabricación, la exactitud de los instrumentos de medida, y el ancho mínimo de la junta entre componentes, calculado para una colocación o montaje expedito de cada uno de ellos. Es fundamental que estos tamaños sean determinados exactamente y que correspondan a un sistema dimensional conocido al mismo tiempo por el proyectista, el fabricante y el constructor.

Las dimensiones de un componente son referidas a dos planos modulares, y la

DIMENSIONES DE UN COMPONENTE



DIMENSION DE COORDINACION MODULAR

DIMENSION NOMINAL
colocada entre límites

límite superior de fabricación

límite inferior de fabricación

DIMENSION REAL

la dimensión real del componente está
dentro de los límites: se acepta.

la dimensión real de los componentes
está fuera de los límites:
se rechazan

distancia que hay entre ellos se denomina "dimensión" de coordinación modular". El tamaño del componente debe ser menor que la dimensión de coordinación modular para asegurar que no exceda el lugar que le corresponde. La distancia utilizable entre el componente y el plano modular más próximo se denomina "distancia modular". La distancia modular depende de la naturaleza del componente y del método utilizado para realizar su unión.

Para la colocación del componente en obra es necesario que se asegure que se podrá ubicar con otros adyacentes sin dificultad. Para ello existe la "tolerancia de montaje".

La "dimensión límite superior", que puede tener el componente se deduce de la suma de las distancias modulares más la tolerancia de montaje. A esta suma se le denomina "deducción mínima". Por consiguiente, la dimensión límite superior del componente es la que resulta de restar a la dimensión de coordinación modular, la deducción mínima.

Por otra parte, hemos dicho que la dimensión nominal no es exacta y debe estar comprendida entre dos límites. Uno es la dimensión límite superior, el otro resulta de restar a esa dimensión la "tolerancia de fabricación", que es la que permite tener en cuenta las variaciones dimensionales de los componentes. A la dimensión así obtenida se le denomina "dimensión límite inferior".

La suma de la deducción mínima más la tolerancia de fabricación nos da la "deducción máxima". En ella se corrigen generalmente los valores fijados para la tolerancia de montaje y la tolerancia de fabricación, con el objeto de no dar lugar a

una holgura excesiva que conduciría a una junta inadmisible entre componentes colocados en espacios componentes adyacentes. (ver gráfico 14b)

3.2.3. Tamaños de Componentes Modulares y no Modulares.

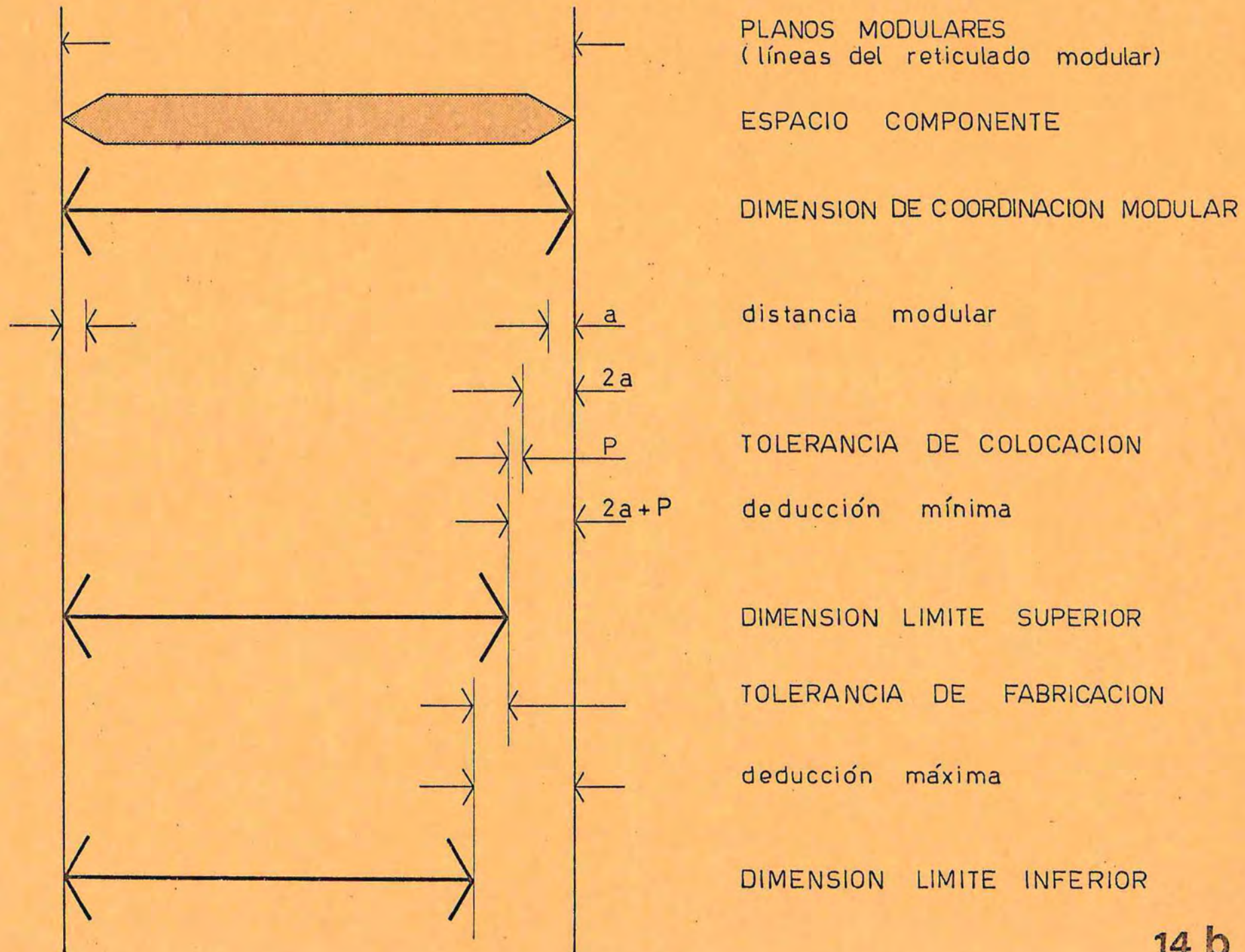
Hemos visto que la determinación del tamaño de los componentes modulares está basado en las dimensiones límites de fabricación. Su tamaño está siempre ligado a una dimensión modular, ya sea que el componente se vaya a diseñar, o sea modificación de uno existente. El primer caso no presenta ningún problema, puesto que para su diseño se rán aplicadas las dimensiones límites. Para la modificación de un componente no modular existen algunos procedimientos que permiten relacionarlos con líneas de referencias modulares. Estos componentes pueden ser más grandes, o más pequeños que la dimensión de coordinación modular elegida. El procedimiento, particular para cada componente, consiste en estudiar la posibilidad de reducir sus dimensiones o aumentarlas hasta el tamaño modular requerido.

Por ejemplo, el caso de un marco de puerta de mayor tamaño, el procedimiento consistiría en reducir la dimensión exterior del marco para hacerlo coincidir con el reticulado modular. Esto puede lograrse de tres formas; por reducción del espesor del marco, por reducción de las dimensiones exteriores de la puerta, o por reducción de ambas a la vez.

En general, para la modificación de componentes no modulares, debe realizarse previamente un acabado estudio de las dimensiones de cada uno y ver sus posibilidades de adaptación a las retículas modulares.

Para el diseño de un componente nuevo, es preciso que el proyectista proceda

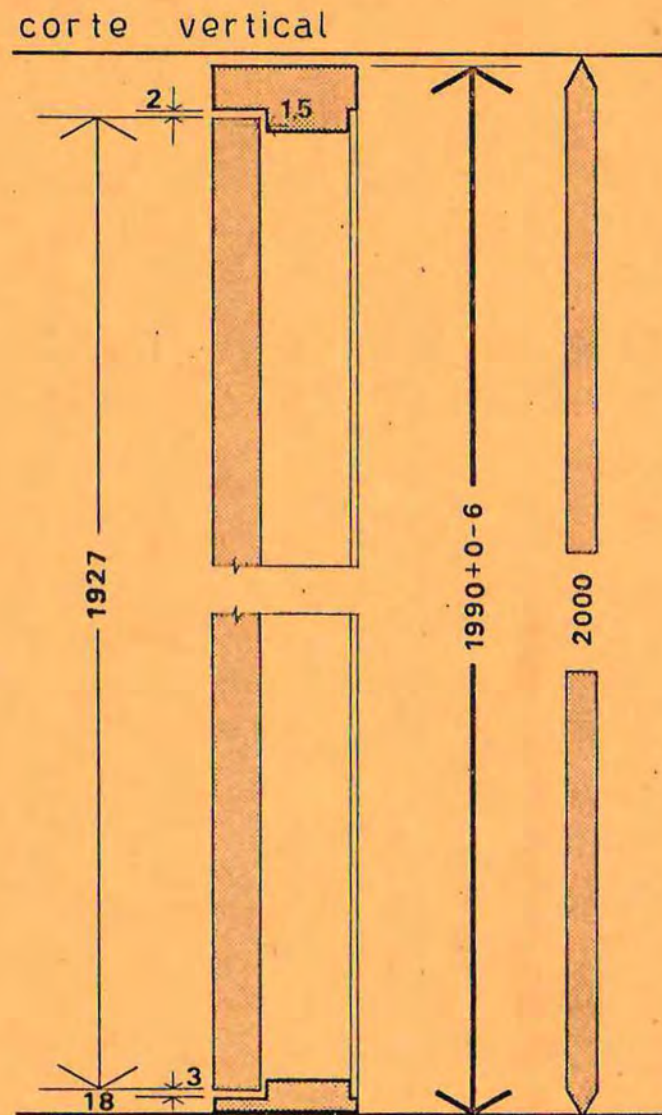
TOLERANCIAS DE UN COMPONENTE MODULAR



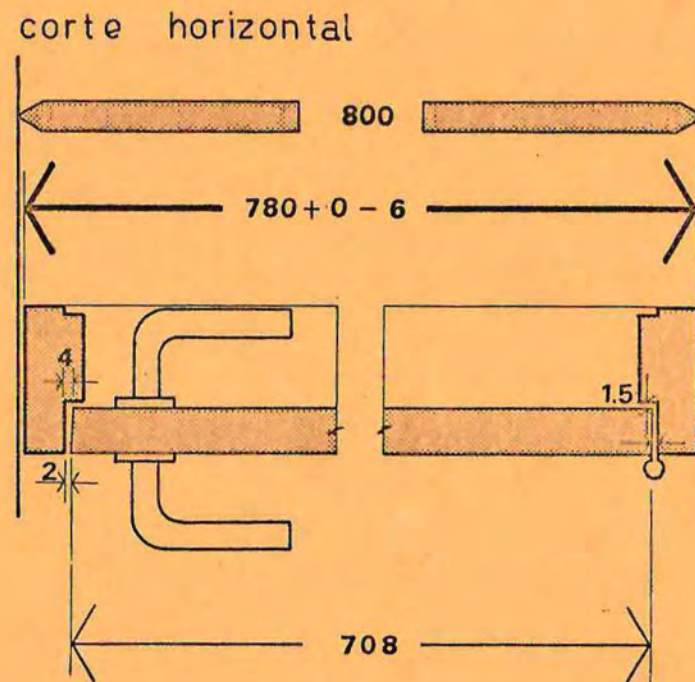
de acuerdo a las dimensiones límites. Un buen ejemplo de lo dicho es la recomendación sueca para un marco de puerta y montaje de la hoja cuya altura modular es de 2.000 mm. y el ancho modular 800 mm.

Teniendo en cuenta una luz mínima de 10 mm. entre el marco y la abertura del muro y una tolerancia de fabricación de 6 mm. las dimensiones límite superior e inferior serán de 1.990 y 1984 mm. respectivamente, o de otro modo, $1.990 + 0 - 6$. En este caso, el marco de la puerta está hecho para ajustarse a la abertura modular del muro, y la puerta para ajustarse al marco. El tamaño de la puerta, aunque depende del tamaño del marco, no es en este caso modular. (ver gráfico 15).

TAMAÑO DE UN COMPONENTE



ALTURA	ANCHO	
2000 mm	800 mm	dimensión de coordinación modular
10 mm	20 mm	separación modular (deducción mínima)
1990 mm	780 mm	dimensión nominal
+0 -6 mm	+0 -6 mm	tolerancia de fabricación



norma sueca para marco de puerta y puerta

C.6.3. CONSTRUCCION MODULAR.

1. EVOLUCION DE LAS OPERACIONES CONSTRUCTIVAS.

A través de los tiempos, las secuencias de las operaciones constructivas han tenido muy poca variación.

Es así como la ejecución de los heridos para las fundaciones, la construcción de los elementos resistentes que forman la estructura del edificio, colocación de pisos, entrepisos y techumbres, la construcción de tabiques divisorios, instalación de servicios y, por último, la ejecución de las terminaciones (estucos, revestimientos, pinturas, etc.) han sido siempre, con muy pocas variaciones en cuanto a su primacía de construcción, un conjunto independiente de operaciones o procesos constructivos, mediante los cuales son incorporados al edificio los materiales traídos a la obra.

Aunque estas operaciones hayan variado muy poco, puede variar fundamentalmente la forma de realizarlas. En los países de gran desarrollo económico, (Francia, EE.UU., Rusia, etc.) la mecanización de estos procesos ha introducido cambios radicales en los métodos constructivos.

Ahora bien, si se logra que todos estos procesos que tradicionalmente se realizan en la obra, ya sea en el mismo lugar de su colocación o en talleres situados en ella misma (como cerchas, tabiques, revestimientos, etc.) sean trasladados a las fábricas y realizados en ellas, con un adecuado control industrial para asegurar su ajuste durante la colocación, se habrá conseguido eliminar de la obra una parte impor

tante de los trabajos artesanales que demoran la construcción reduciéndola a un simple montaje, debidamente organizado, de componentes de edificación, con lo que se obtiene un extraordinario ahorro de trabajo y de tiempo.

El informe de la "European Productivity Agency" (E.P.A.) publicado en 1959, en el que se resumen los trabajos sobre "Coordinación Modular" de los países europeos reunidos en París en el año 1954, durante una etapa de estudio organizada por esa Agencia, al abordar este tema, nos dice:

" Si todo el procesado del material se realizara en condiciones industriales controladas, las actividades del obrador se limitarían al depósito, manipuleo y organización, y siendo que una buena organización reduce mucho el depósito en obra, el trabajo principal del obrador se limitaría al montaje controlado.

y siguiendo con esta misma idea:

" El montaje ordenado de componentes de la edificación en el obrador es la consecuencia lógica de la producción industrial de los mismos, y cambia completamente el carácter de los métodos constructivos. Una rápida y siempre técnica de montaje reemplaza a las lentas operaciones de construcción. Llaves inglesas y destornilladores ocupan el lugar de palas y picos, y estructuras livianas el de las antiguas construcciones pesadas, como resultado, las horas hombre en el obrador son drásticamente reducidas.

2. MONTAJE DE COMPONENTES MODULARES.

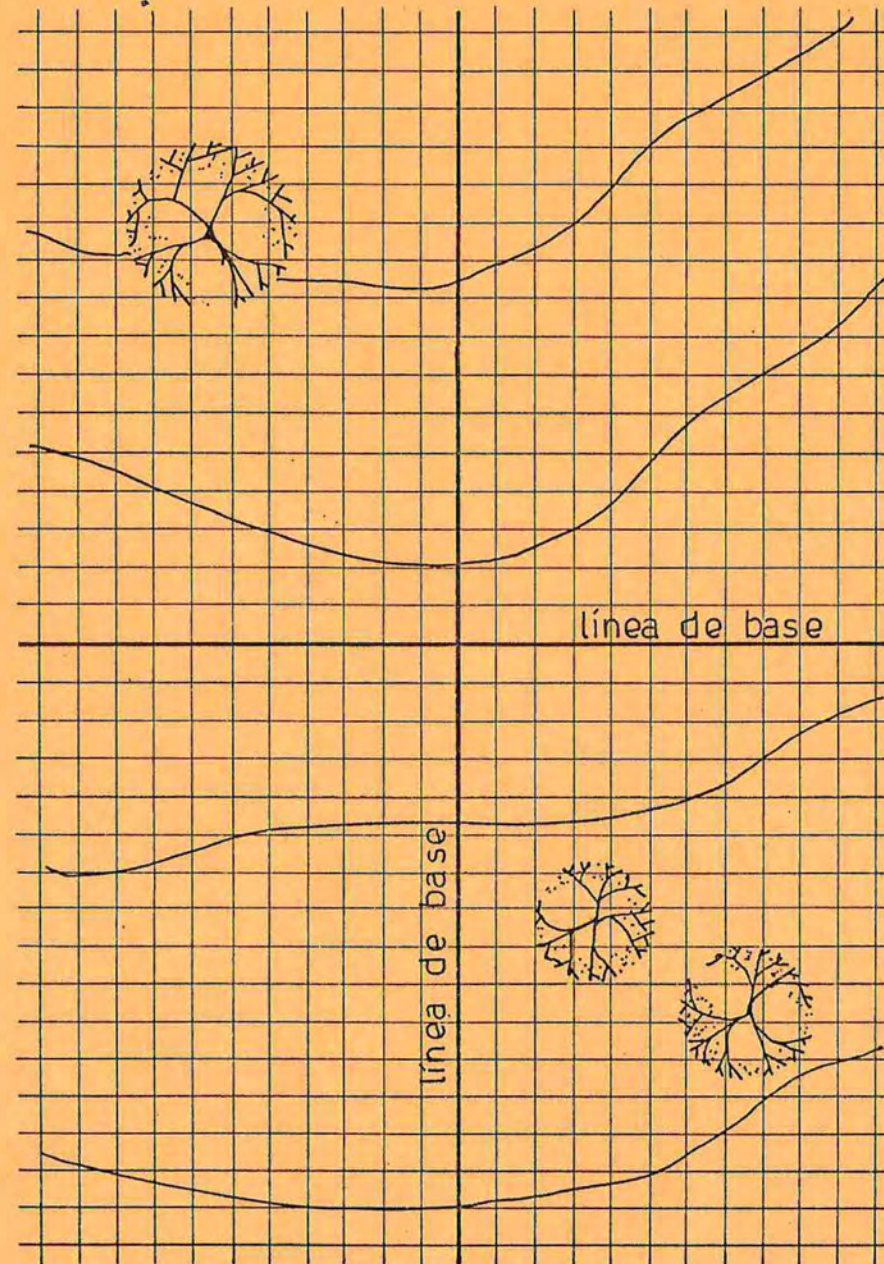
En las construcciones tradicionales, el constructor necesita directrices (ejes, niveles, etc.) para fijar los elementos en su ubicación. Generalmente estas líneas están referidas a puntos inamovibles, como ser, las soleras de las veredas, aristas de construcciones existentes, etc. o bien otros objetos que se colocan para que cumplan esa función, como estacas o clavos fijos al terreno.

En un sistema de construcción industrial, estas directrices deben ser reemplazadas por "líneas de referencia", que se han utilizado al realizar el proyecto del edificio. Este reticulado de referencia del proyecto debe ser trasladado a la obra, a fin de facilitar las operaciones de montaje de los componentes. Su ubicación en ella debe ser precisa con respecto a dirección y nivel, a fin de no entorpecer ni dificultar el montaje.

La posición de todos los componentes deberá darse referida a una sola línea de referencia principal, llamada "línea de base", con lo que queda asegurado que cada posición puede estar sujeta a un solo error de medición, lo que no sucede si las medidas fueran tomadas de componente en componente, porque en este caso pueden acumularse los errores parciales. (ver gráfico 16).

Durante el montaje, los componentes deben ubicarse en la obra de la misma forma en que han sido ubicadas en el reticulado de proyecto, conservando el lugar que les ha sido asignado. Esta precaución es necesaria, pues si los componentes se colocaran uno a continuación de otro, sin respetar las pequeñas separaciones que resultaran, estas se sumarían en un solo lugar, formando una gran abertura. Por

LINEA DE BASE



RETICULADO DE PROYECTO
TRAZADO EN EL TERRENO A
PARTIR DE UNA LINEA DE
REFERENCIA PRINCIPAL :

LA LINEA DE BASE

otro lado, también es importante la adecuada nivelación de los pisos, para facilitar el dimensionado en altura. Un piso que no sea completamente horizontal origina una pequeña diferencia de ajuste en la base de un panel divisorio, pero en su extremo superior esta aumenta, por lo que el panel se saldrá de su espacio componente, y ocupará el del componente adyacente.

Referente a esto, encontramos en una publicación argentina "La Coordinación Modular en la Edificación", patrocinada por la E.P.A. (European Productivity Agency) publicada en Buenos Aires en el año 1962, tres puntos que nos dan el criterio general para la ubicación de los componentes en la obra.

- " a. Cada componente, o grupos de componentes; debe ser mantenido dentro de su área modular, y no debe penetrar en el área correspondiente a los componentes adyacentes.
- " b. Un componente modular debe ser ubicado en principio, en el centro de su área o espacio modular. (espacio componente según norma chilena provisional N.Ch. 684. p69 INDITECNOR).
- " c. Al ubicar un componente entre sus planos modulares se tendrá en cuenta la junta necesaria entre partes adyacentes, y la precisión con que el componente en cuestión debe ser emplazado.

Esto nos indica que a cada componente se le debe reservar un espacio para su unión, la "junta" y ella debe reglamentarse de tal forma que limite sus máximos y mínimos.

Repitiendo lo dicho anteriormente al referirnos a las tolerancias, cuan

do se dimensiona un componente modular se debe pensar que este componente, mas su junta, no sea nunca mayor que un múltiplo del módulo básico o normal. Esto sólo se cumple cuando los componentes varían desde una dimensión nominal máxima, y su deducción tiene un mínimo aceptable, a una dimensión nominal mínima y una deducción de un máximo aceptable.

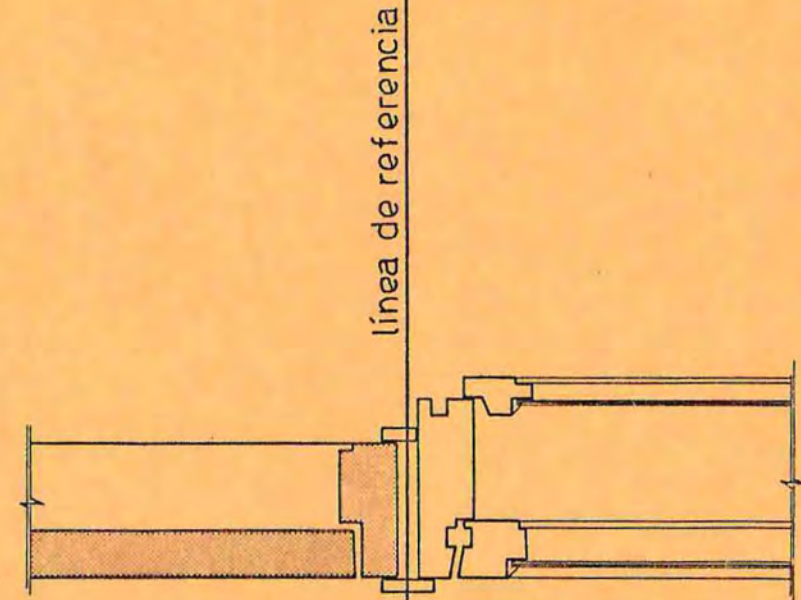
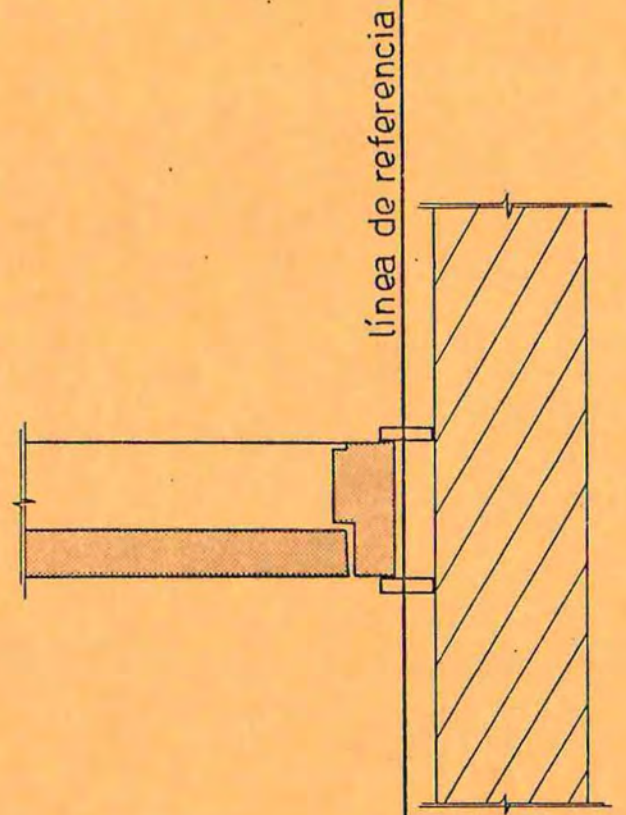
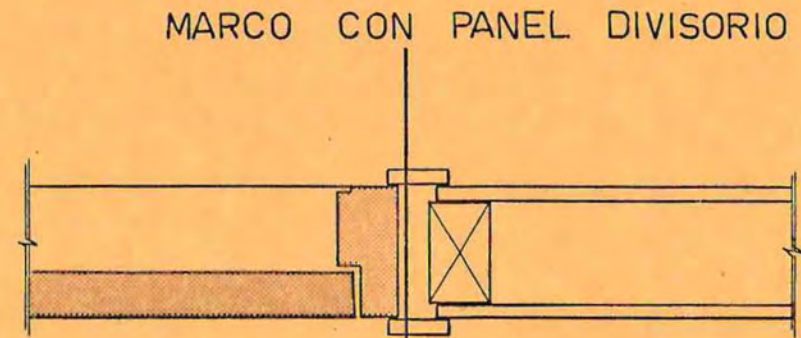
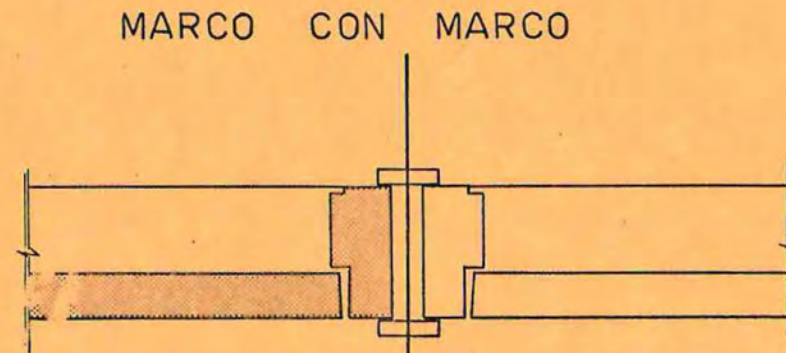
3. UNION DE COMPONENTES MODULARES.

Hemos visto los factores que se deben considerar, durante la fabricación y el montaje, para el dimensionamiento de componentes. Para que se realice la unión entre dos o más de ellos, sean del mismo tipo o distintos, debe existir una "unión modular", que implica una junta que satisfaga determinadas exigencias y al mismo tiempo, permita la colocación de partes adyacentes diferentes.

En consecuencia, es muy importante determinar y conocer los métodos de unión entre un componente y otros antes de dimensionarlos. Como conclusión de esto, podemos decir que cada componente necesita de un número de detalles que indiquen las formas normales de efectuar uniones con otros componentes de clase diferente. (ver gráfico 17).

En países donde la Coordinación Modular se está aplicando, el estudio de los "detalles modulares" ha ocupado un lugar preponderante en las investigaciones técnicas, puesto que son ellos los que finalmente conducirán a métodos normalizados de unión entre componentes y a la realización de juntas constructivas.

EJEMPLO DE UNIONES MODULARES



MARCO CON ALBAÑILERIA

MARCO CON VENTANA

4. DETALLES DE POSICION DE CONJUNTOS FUNCIONALES.

Durante el desarrollo de este trabajo, hemos dicho que cualquier sistema de coordinación es un instrumento para facilitar el trabajo del proyectista. Los reticulados de referencia modulares son empleados para relacionar todos los componentes de la construcción, tanto para la estructura principal como para las otras líneas principales del proyecto, puesto que han sido dimensionados tomando como base los reticulados modulares.

Un sistema de esta clase permite que el proyectista pueda utilizar componentes venidos de diferentes fábricas, y estará seguro de que las partes, aunque de tamaño y forma muy diversas, se podrán combinar automáticamente y de muchas maneras.

Pero todo este sistema es sólo orientador en cuanto a dimensiones y combinabilidad de ellas. El proyectista es quién deberá establecer como se ubican los componentes con respecto a otros y al reticulado de referencia y como se organizan los conjuntos funcionales de acuerdo a las conveniencias del proyecto, pues ellos podrán tener infinidad de ubicaciones y combinaciones para permitir una gran flexibilidad en el diseño arquitectónico.

A continuación, daremos a conocer algunos detalles de posición de conjuntos funcionales con respecto a las líneas de referencia, con el objeto de dejar planteado problemas que se pueden presentar y que se deberán resolver al aplicar la Coordinación Modular.

4.1. Entrepisos, incluyendo cielorrasos.

La relación entre el entrepiso y las líneas de referencia depende de los elementos que la componen. Generalmente, estos elementos son tres: la estructura soportante, el pavimento y el cielorraso.

En la mayoría de los casos, es aconsejable que el nivel de piso terminado (pavimento) coincida con una línea modular, lo que permitiría hacer modular la altura entre pisos terminados.

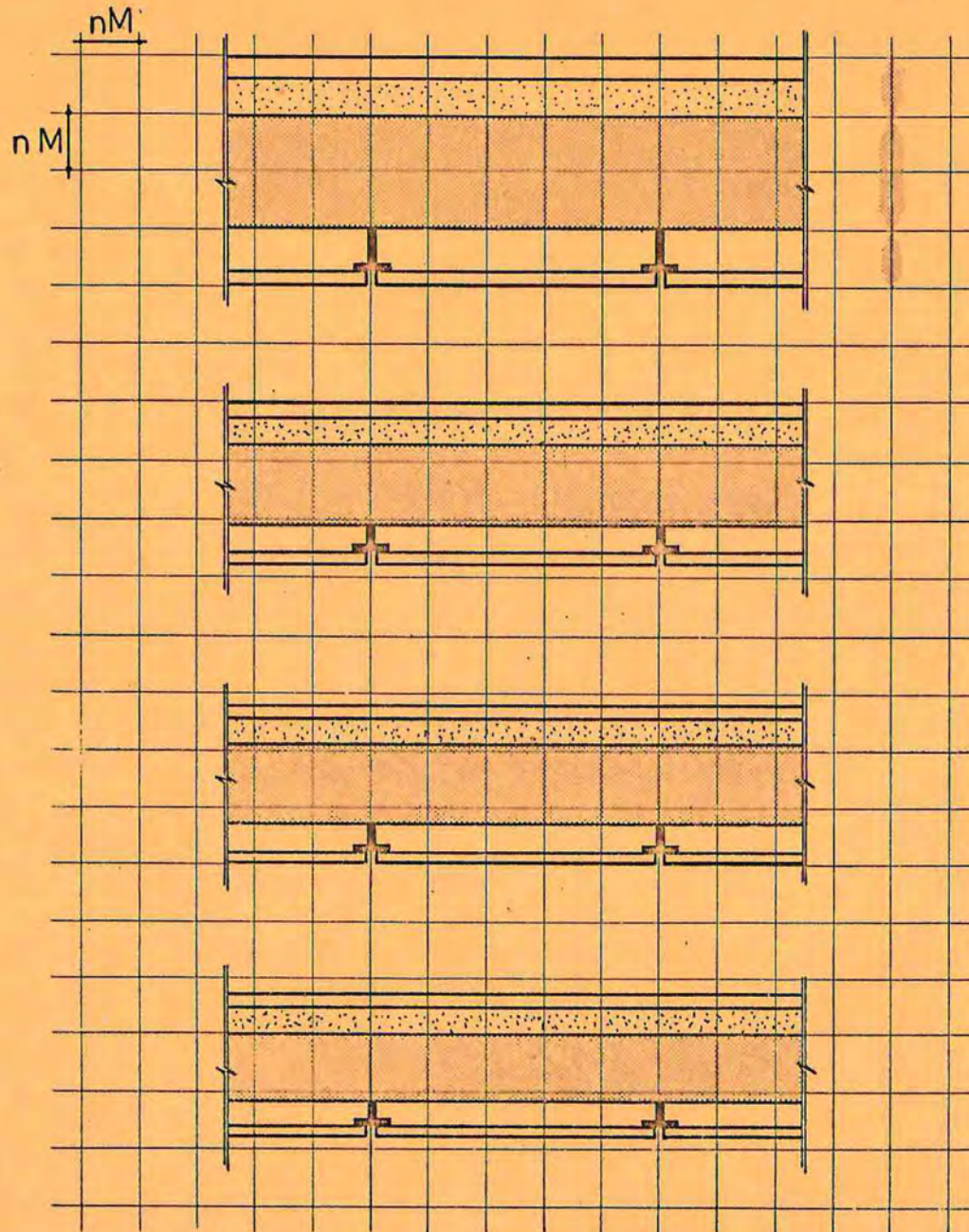
Por otra parte, también es conveniente que el cielorraso coincida con una línea modular, para que la altura entre el piso terminado y el cielorraso sea modular y permita trabajar con paneles o paredes divisorias modulares.

Una tercera consideración es referente a la estructura soportante. La estructura está dimensionada generalmente según sus necesidades funcionales. Sería de gran utilidad que sus dimensiones fueran modulares, y que conservaran una relación constante con los espesores de piso terminado.

Pero esto es muy difícil de lograrlo, ya que las terminaciones de piso pueden variar a menudo de espesor entre una y otra parte del mismo entrepiso. Esta diferencia de espesores es uno de los mayores problemas de modulación que existe en los entrepisos.

Esta misma variación de espesores puede afectar a los cielorrasos, por lo que el problema aumenta de magnitud. En todo caso, la solución dependerá del tipo del material a usarse, tanto en la terminación del piso como en el cielorraso (Ver gráfico 18a).

DETALLES DE POSICION entrepisos



ENTREPISO MODULAR

espesor de la terminación de piso, una
dimensión modular

espesor de la estructura, una dimensión
modular

espesor de la terminación del cielo raso,
una dimensión modular

ENTREPISOS NO MODULARES

el nivel superior de la terminación del piso
coincide con la línea de referencia

los espesores de los componentes varían

el nivel inferior del cielo raso coincide con
la línea de referencia

los espesores de los componentes varían

la parte superior de la estructura coincide
con la línea de referencia

los espesores de los componentes varían

4.2. Muros.

La relación entre un muro y las líneas de referencia dependerá del tipo de construcción del muro y de las terminaciones utilizadas.

Pueden haber tres posiciones para la ubicación de las líneas modulares:

- a. En la cara del muro terminado.
- b. Sobre la superficie del muro sin terminar.
- c. En el eje del muro.

Cuando las líneas modulares coinciden con la cara del muro terminado, y este tiene espesor modular, de hecho queda ubicado en un espacio modular, su espacio componente y por lo tanto, ubicado en una posición ideal.

Si el espesor no fuera modular, es aconsejable que la línea modular se coloque en las caras interiores de los muros, con el objeto de obtener espacios interiores modulares para la colocación de otros componentes.

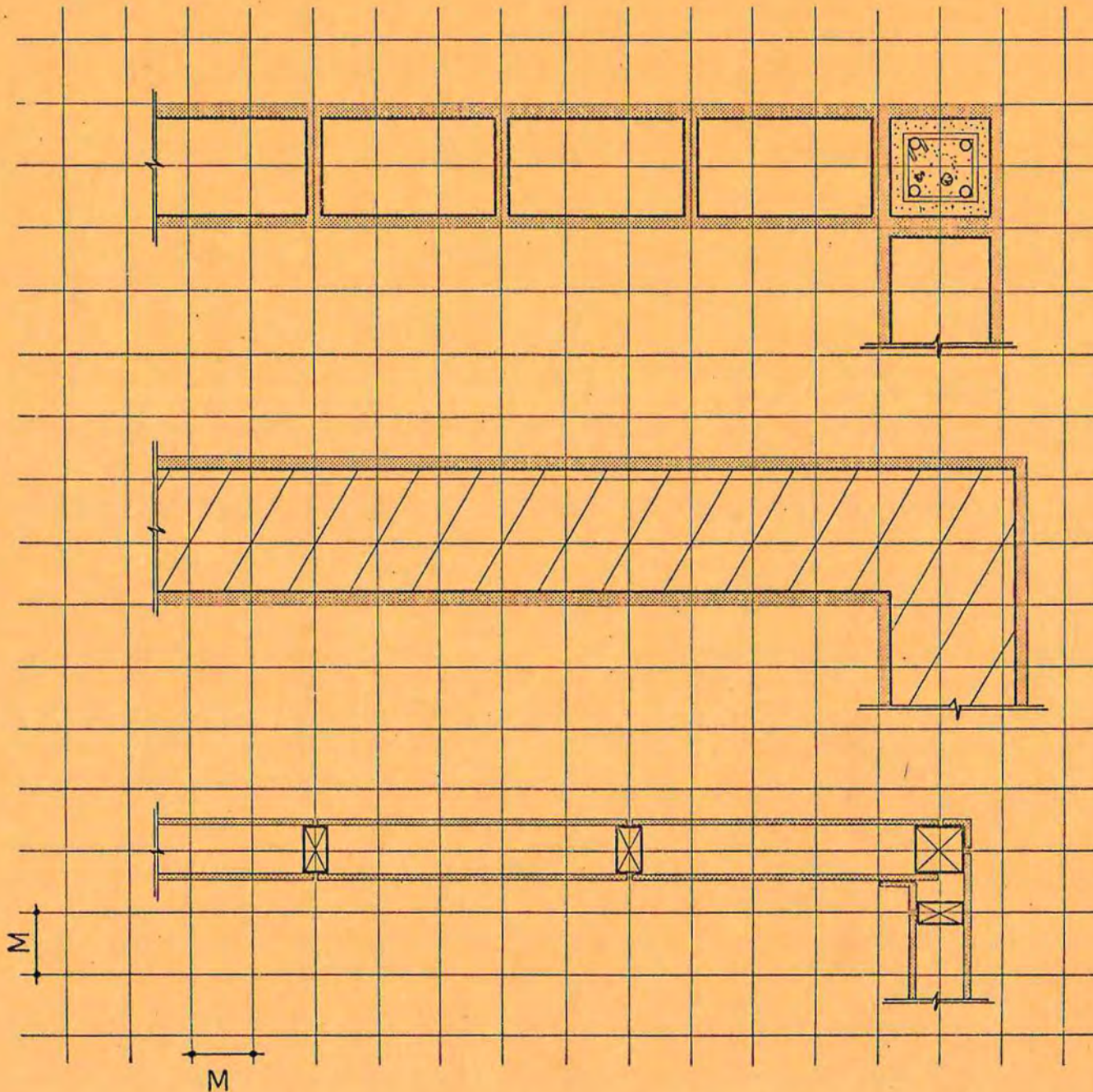
En general, estas sugerencias tienden a que, por lo menos, una de las caras del muro coincida con la línea de referencia, pero es el proyectista quién, en definitiva, decide la posición del muro dentro del reticulado. (ver gráfico 18b.).

4.3. Escaleras.

Este elemento complejo está diseñado de acuerdo a la función que debe

DETALLES DE POSICION

muros



MURO TERMINADO DE
ESPESOR MODULAR :
se ubica en su espacio
componente.

MURO TERMINADO DE
ESPESOR NO MODULAR :
es aconsejable que su cara
interior coincida con una
línea del reticulado.

TABIQUE DE MADERA
DE ESPESOR MODULAR:
el reticulado se ubica en
el eje del tabique, facilitando
el empleo de revestimientos
modulares.

cumplir. Por lo tanto, sería inútil recomendar que las huellas y contrahuellas tuvieran altos o anchos modulares. La recomendación para este caso, es que el conjunto sea modular en el plano y en altura, para facilitar su acoplamiento con otros componentes. (ver gráfico 18c.).

4.4. Puertas.

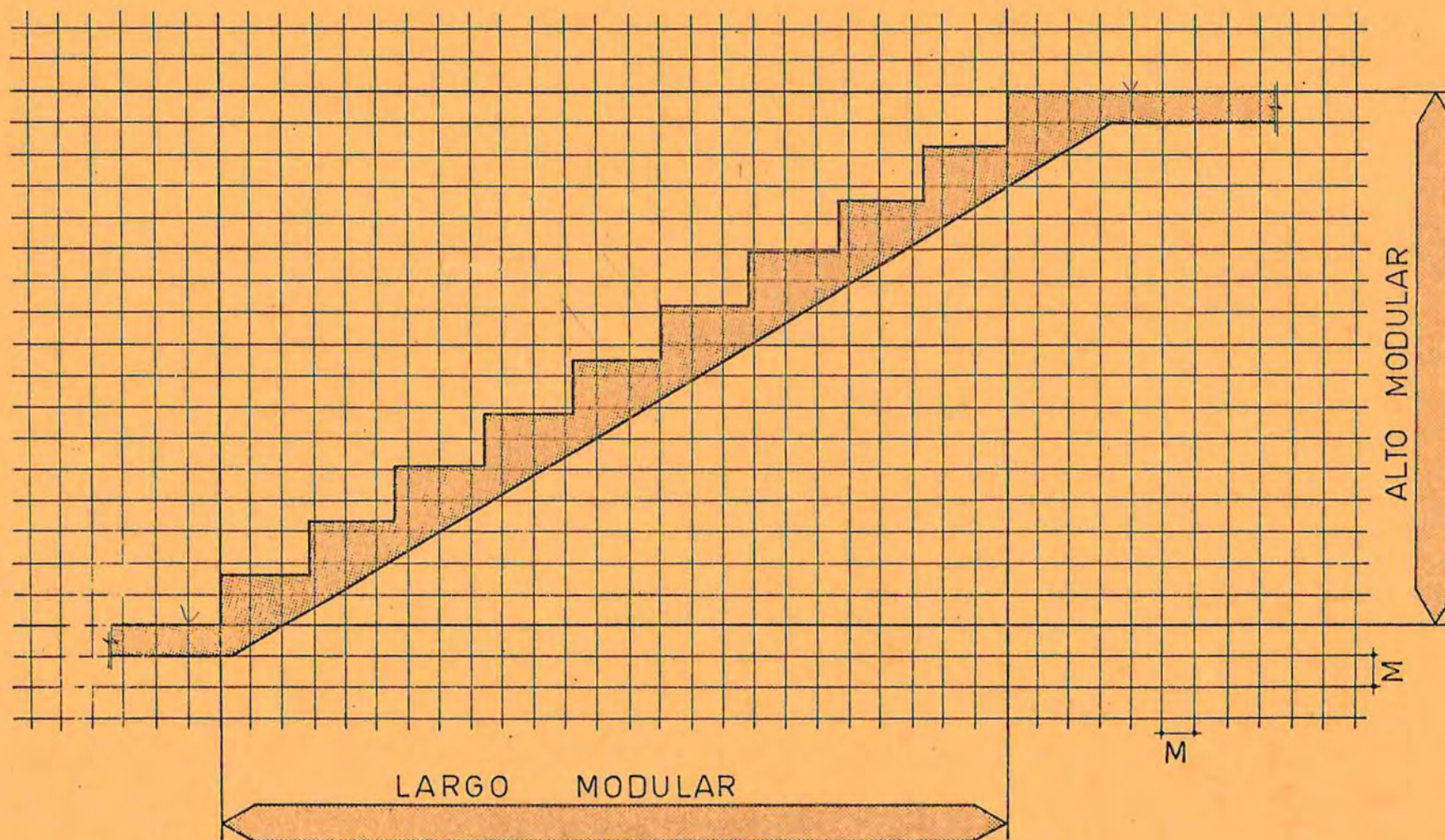
Considerando que el vano dejado para la puerta en el proyecto, es modular, evidentemente ella deberá incluir la puerta propiamente tal y el marco, por lo tanto, el marco deberá tener una dimensión modular. (ver gráfico 18d.).

Toda esta coordinación de componentes modulares se ve facilitada por la aplicación de un sistema de referencia desde las primeras etapas del diseño. Es indudable que no se podría conseguir el ensamble de elementos de distinta índole sin tener una herramienta de tanto valor como es el reticulado de referencia, el cual constituye una considerable ayuda para el arquitecto, sobre todo si el reticulado es tá confeccionado con dimensiones modulares, que rigen tanto para el diseño de componentes como para el montaje de ellos en obra.

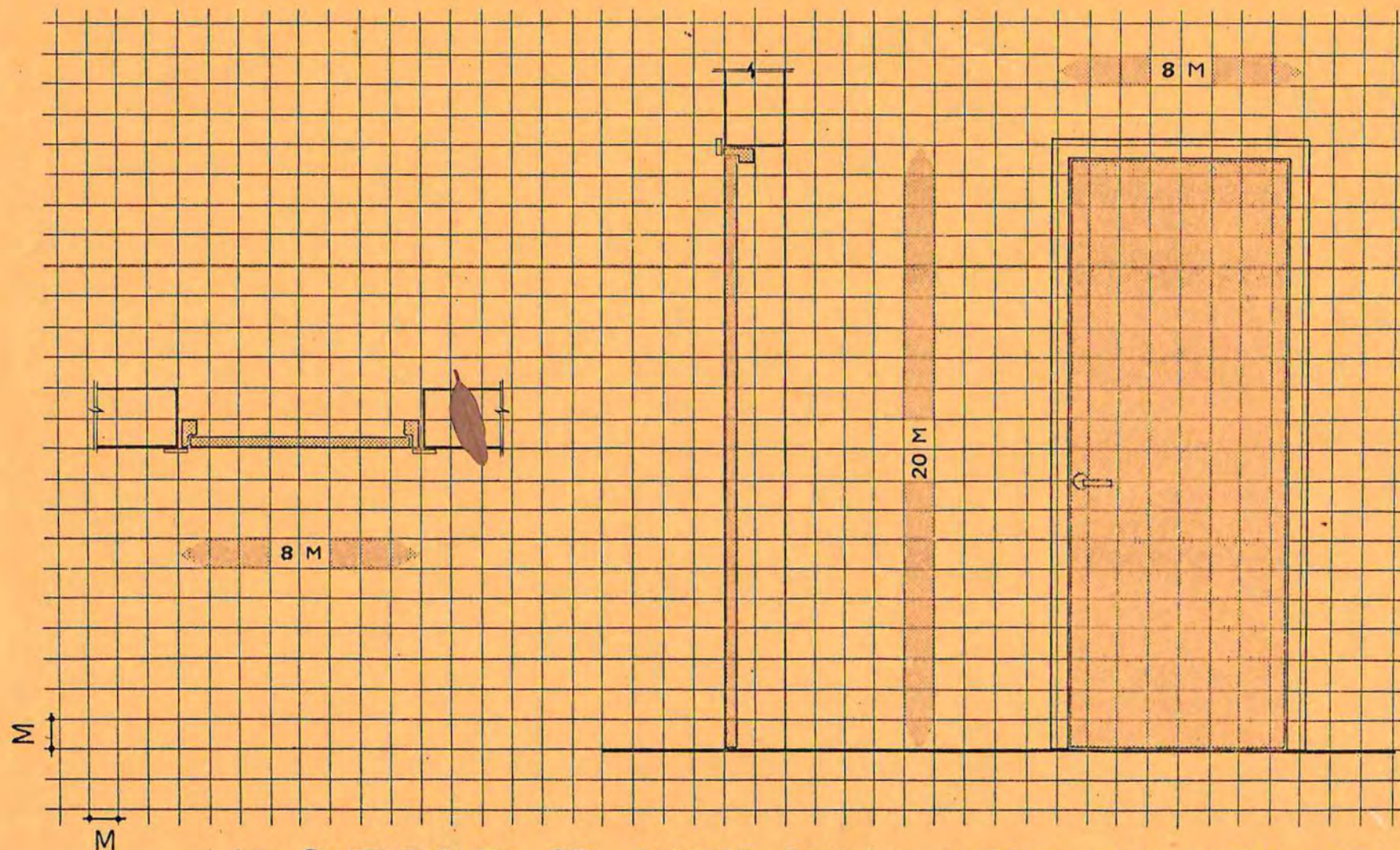
Referente a esto mismo, existen en nuestro país algunas disposiciones elaboradas por el "Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y de Normalización" (INDITECNOR) en forma de Norma Chilena en Consulta Pública (N.Ch. 744. c69), donde aparece definida la posición de los componentes estructurales de la construcción.

El texto de esta Norma, denominado "Coordinación Modular de la Construcción, Posición de los Componentes de la Construcción con respecto al Reticulado Modu

DETALLES DE POSICION escaleras



DETALLES DE POSICION puertas



LAS DIMENSIONES DEL MARCO CON LA PUERTA SON MODULARES
LA DIMENSION DE LA PUERTA NO ES MODULAR PERO
ESTA RELACIONADA A LA DIMENSION DEL MARCO

lar de Referencia", dice lo siguiente:

" 4. Posición de los componentes en relación a la red modular.

" La posición de los componentes de la construcción con respecto a una
" línea de referencia de la red modular podrá ser una de las indicadas
" en 4.1 a 4.4.

" 4.1. Posición simétrica: Aquella en que el componente está ubicado
" sobre la línea de referencia de la cuadrícula modular con su plano
" de simetría coincidente con ella. (ver gráfico 19a, fig. 1.).

" 4.2. Posición asimétrica: Aquella en que el componente está ubica-
" do sobre la línea de referencia de la red modular con una de sus ca-
" ras desplazada de ella a distancia modular. (ver gráfico 19a, fig.2).

" 4.3. Posición coincidente: Aquella en que la cara coordinante del
" componente coincide con la línea de referencia de la red modular.
" (ver gráfico 19a, fig.3.).

" 4.4. Posición externa: Aquella en que el componente está ubicado
" fuera de la línea de referencia de la red modular y a distancia modu-
" lar de ella. (ver gráfico 19a, fig.4.).

Estas definiciones, y el uso de las distintas posiciones aparecen ex-
plicados en el "Apéndice de la Norma", como una manera de facilitar la elección de
ubicación del reticulado modular durante el diseño y el montaje de los componentes.

POSICION DE LOS COMPONENTES EN RELACION AL RETICULADO MODULAR

figura 1



figura 3



figura 2



figura 4



" Apéndice.

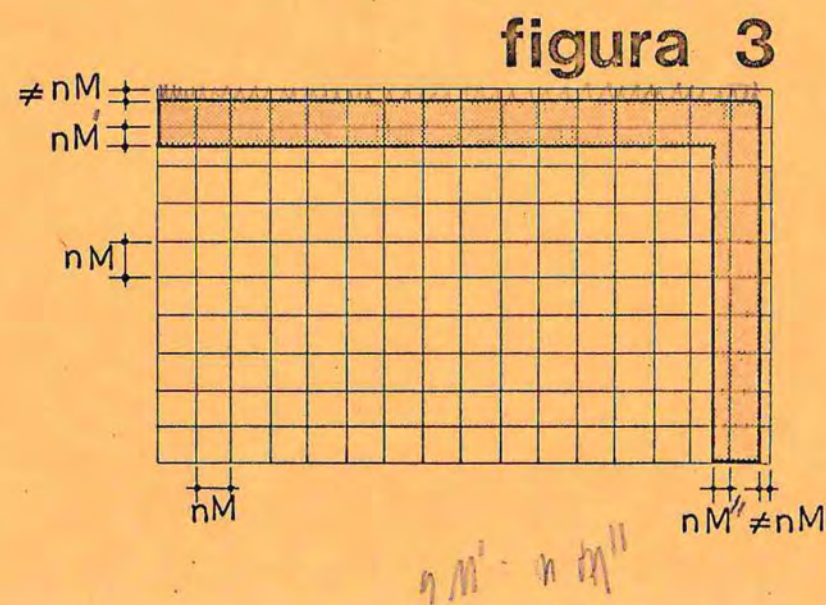
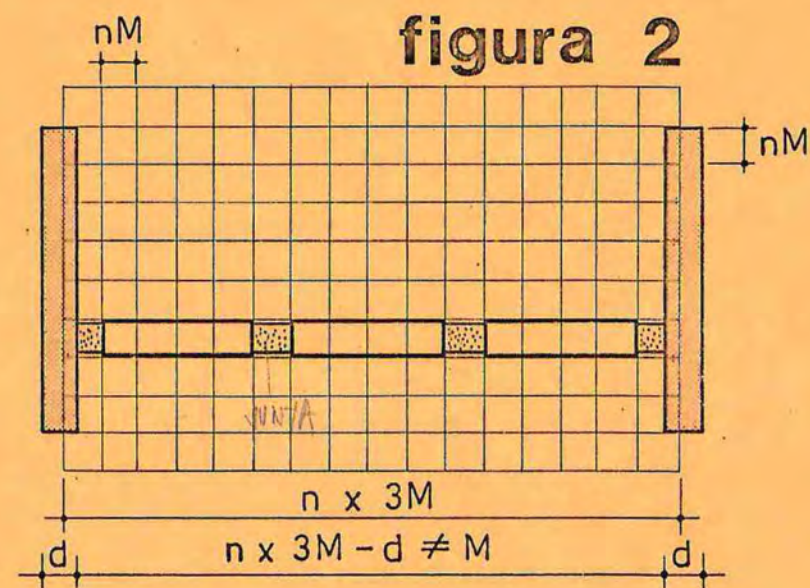
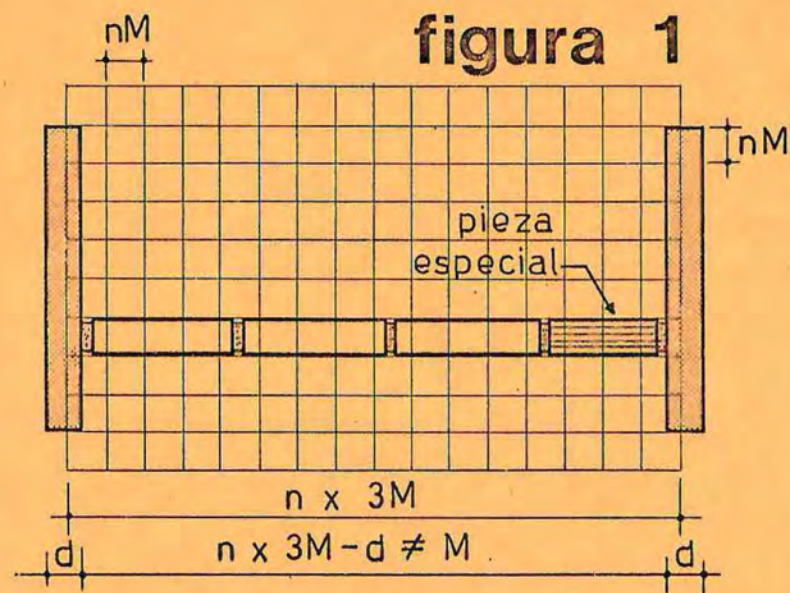
" A.4. Posición de los componentes estructurales.

" A.4.1. Posición simétrica.

" A.4.1.1. Cuando se desea obtener distancias modulares entre eje de
" componentes estructurales, tanto en el plano horizontal como en el
" vertical se adopta la posición simétrica. La utilización de esta
" posición permite materializar en la obra la red modular estructural
" (reticulado estructural) mediante el replanteo de los ejes de refe-
" rencia de los componentes estructurales, simplificando la erección
" de la estructura en la obra.

" A.4.1.2. El inconveniente que puede presentar la utilización de la
" posición simétrica se relaciona con los componentes que han de ser
" colocados entre las superficies perimetrales del local, ya que las
" distancias entre ellas pueden no ser modulares. La manera más prác-
" tica para solucionar este problema es usar, siempre que sea posible,
" componentes modulares, colocados a partir de una de estas superfi-
" cies perimetrales y completar el tamaño del local con piezas espe-
" ciales. (ver gráfico 19b, fig. 1.) El diseño y construcción de
" estas piezas dependerá de los componentes con los cuales deben unir
" se. Cuando el tipo de junta lo permita la pieza especial puede dise-
" ñarse como un cubrejunta y, si existe una gran cantidad de juntas,
" se puede evitar el uso de una pieza especial distribuyendo la irre-
" gularidad de dimensiones entre las juntas. (ver gráfico 19b, fig.2).

POSICION DE LOS COMPONENTES EN RELACION AL RETICULADO MODULAR



$M = 10 \text{ cm}$ $n = 1, 2, 3, 4, \dots$

REF: INDITECNOR NCh 744 . c 69

" A.4.1.3. Cuando los componentes estructurales verticales (por ejemplo: columnas, muros, cajas de escaleras, etc.) estén cargando excéntricamente o cuando la ubicación más favorable para la estructura vertical no coincida con la de la estructura horizontal, puede resultar inadecuada la elección de la posición simétrica.

" A.4.2. Posición asimétrica.

" Cuando se deseen obtener distancias iguales de la línea de referencia de la red al borde interior del muro (ver gráfico 19b, fig. 3), se adopta la posición asimétrica para componentes estructurales verticales de distinto espesor, particularmente muros resistentes exteriores. Debe tenerse presente que la adopción de la posición asimétrica para los muros resistentes puede provocar problemas de unión con los muros perimetrales exteriores.

" A.4.3. Posición Coincidente.

" Cuando es necesario obtener locales con medidas múltiplos del módulo de proyecto se adopta la posición coincidente para los componentes verticales estructurales o de cerramiento.

En el estudio de estas disposiciones, INDITECNOR ha tomado en consideración informes de la "Comisión Panamericana de Normas Técnicas" (COPANT), institución que recoge la experiencia internacional de los diversos países afiliados, a fin de elaborar la norma que en este momento está en consulta pública, es decir, recibiendo las observaciones de los diferentes organismos o personas interesadas en la aplicación de la coordinación modular.

Indudablemente ella se enriquecerá a medida que se desarrollen investi
gaciones y ensayos en nuestro medio, a fin de conocer experimentalmente las venta-
jas y defectos del sistema.

D.5. CONCLUSIONES.

Del estudio hecho sobre Coordinación Modular, enfocado como herramienta básica para la Industrialización de la construcción, podemos decir que la selección de componentes y dimensiones es una operación que involucra muchos factores tanto arquitectónicos y tecnológicos como económicos.

Dado el carácter altamente especializado que ella tiene, requerirá de profesionales calificados que puedan aprovechar las posibilidades de combinaciones dimensionales de componentes para convertir la Fabricación de Viviendas en Arquitectura de Viviendas, así resultará una determinación imprescindible de las formas y dimensiones de los componentes de la construcción para abaratar los costos y a la vez su buen uso no limitará la libertad del diseño creador.

Antes de aplicarla a la Industria de la Construcción y a la Arquitectura se deberán resolver todos los problemas técnicos y teóricos que ella plantea. En estos momentos a nivel latinoamericano las experiencias al respecto son escasas y demasiado teóricas lo que exigirá de programas de investigación y difusión. Será requisito entonces que las autoridades e instituciones competentes (Estado, Universidades, organismos interesados, etc.) tomen conciencia de lo que ella significa y aceleren la realización y materialización de programas nacionales.

Para que su aplicación cumpla con los fines que se ha propuesto y resulte efectiva, deberá ser aceptada y aplicada por la Industria de la Construcción, dependiendo además de toda la cooperación y aportes de los profesionales y técnicos que laboran en ella, para asegurar una buena calidad en la fabricación de los componentes y lograr

la productividad deseada. Pues una producción en serie exige una sistematización científica y técnica con un alto grado de mecanización en todas las operaciones, definiéndose una normalización fabril que hará bajar los precios de los productos, lo que compensará el encarecimiento debido a la mejor calidad conseguida.

Es importante señalar también en estas conclusiones, algunos aspectos que se refieren a los acuerdos internacionales que deben existir sobre la implantación de un Sistema de Coordinación Modular.

1. Acuerdo internacional en la elección del módulo base, la dimensión de éste debe ser igual en todos los países. En estos momentos existe un grupo de naciones afiliadas a la O.E.E.C. (Organización para la Cooperación Económica Europea) que ha fijado este módulo en 10 cm. = 1 decímetro, tratando de unificar las medidas métricas de cinales con la de pié-pulgada, al existir una equivalencia de 10 cm. $\approx$ 4 pulgadas. Pero existe una pequeña diferencia de medida puesto que 4" = 10,16 cm. Esto ha sido causa de numerosas controversias.

Las medidas métricas son ligeramente inferiores a las medidas de pié-pulgada y el Método de Coordinación Modular exige como regla fundamental que todo componente debe estar contenido en su espacio componente. Ahora el empleo simultáneo de las dos series de dimensiones generadas por este módulo es imposible en un reticulado de referencia.

Por otra parte Alemania ha elegido como valor para este módulo 12,5 cm. (unidad de crecimiento), que es la dimensión mínima que tiene el ladrillo hecho a máquina.

Estas discordancias entre las diferentes dimensiones que estos países le dan al mó-

dulo, ha disminuído las posibilidades de intercambios a nivel internacional, de materiales y elementos de construcción, una de las metas que se ha fijado la Normalización.

2. Acuerdo sobre la elección de dimensiones inferiores al módulo base (micromódulos : $M/2$, $M/3$, $M/4$, etc.) Al aplicar la Simplificación a las medidas de los diferentes componentes empleados en la construcción, nos encontramos con que existen medidas inferiores a él, ejemplo: perfiles, espesores de paneles y tabiques, cañerías, etc. Introduciendo micromódulos esta Simplificación disminuye. La condición básica de la teoría modular, es reducir esta variedad de dimensiones submodulares al máximo, dejando solamente aquellas indispensables requeridas por la producción, para poder aumentar la flexibilidad en el diseño.

Será importante considerar también el uso y aplicación de las Series de Dimensiones. Que estos estudios no sean esencialmente matemáticos y que satisfagan las necesidades de uso, y no se transformen solamente en una limitación de las dimensiones de los componentes.

Por último diremos que las conclusiones que se adopten de los trabajos realizados al respecto, sean traducidas en Normas, ya sean nacionales o internacionales que aseguren su permanencia.

C.8. A N E X O.

C.8.1. TERMINOLOGIA.

1. NORMALIZACION : Es el proceso de formular y explicar reglas de acceso ordenado a una actividad específica para el beneficio y con la cooperación de todos los intersados y en particular, para la formación de una economía óptima, teniendo en cuenta las condiciones funcionales y los requisitos de seguridad. Tiene como base los resultados consolidados de la ciencia, la técnica y la experiencia y dicta no solamente las partes del presente, sino también del desarrollo futuro debiendo mantenerse al ritmo del progreso.
2. SIMPLIFICACION : Es la reducción de la variedad de número, tipo o clase de materiales, productos, métodos, etc. a aquellos que son indispensables.
3. UNIFICACION : Es el proceso de obtención de una sola clase, tipo, dirección, método o sistema.
4. INTERCAMBIABILIDAD : Es una función que permite el reemplazo de un producto por otro con iguales características, o también referido a un componente, el cambio de una parte de éste por otro similar.

-
-
5. MECANIZACION : Aplicación extensiva de la máquina a la mayor cantidad de procesos de construcción.
6. RACIONALIZACION : Es la planificación lógica de todo, o parte de los procesos de una construcción.
7. MODULACION : Consiste en aplicar el sistema de coordinación modular, tanto en el diseño y fabricación de los materiales, como en las etapas de proyecto y ejecución de un edificio.
8. TIPIFICACION : Es una actividad que coordina, organiza e investiga para examinar y crear las condiciones de la repetición de elementos intercambiables y la ejecución de proyectos tipos que sirven para resolver situaciones semejantes. Asegura la eficiencia de la aplicación de los métodos de edificación y de diseño en la construcción industrializada.
9. ESTUDIO INTEGRAL DEL PROYECTO. : Estudio de los proyectos de tal forma que no se escape a ellos ni el mas mínimo detalle, sin dejar nada a iniciativa del constructor.
Planificación de las distintas etapas del proyecto en construcción y programación en el tiempo de las mismas.

10. PREFABRICACION : Consiste en el desplazamiento de los trabajos ejecutados en una obra a una fábrica que los elaborará con un adecuado control industrial.
11. PRODUCTIVIDAD : Es la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla. Se traduce en la siguiente ecuación:
- $$\text{Productividad} = \frac{\text{Resultados obtenidos}}{\text{recursos empleados}}$$
12. COORDINACION DIMENSIONAL : Elección conveniente de dimensiones, teniendo en cuenta su relación en la edificación.
13. COORDINACION MODULAR : Técnica de dimensionamiento basada en una serie de números uno de los cuales se convierte en una medida base (módulo), permitiendo coordinar las dimensiones de las diferentes partes y componentes de una obra, con las dimensiones empleadas en el diseño.
14. MODULO : Es el común denominador de las dimensiones y tamaños de todos los materiales de la construcción. Este término encierra dos conceptos: unidad de medida y coeficiente numérico.

-
-
- | | | | |
|-----|----------------------------|---|--|
| 15. | UNIDAD DE MEDIDA | : | Tipo de medida lineal conocido, por ejemplo, el <u>cen</u> tímetro, decímetro, pulgada, pié, etc. |
| 16. | COEFICIENTE NUMERICO | : | Número o cantidad conocida, usada como multiplicador de otros números. (razón constante). |
| 17. | MODULO NORMAL O BASE | : | Es el término o dimensión, base o patrón del cual son múltiplos o submúltiplos todos los demás términos de una Serie Normal de Dimensiones.
Su dimensión es 10 cm. y se designa por la letra M (INDITECNOR N.Ch. 346 of. 50). |
| 18. | MODULOS DERIVADOS | : | Son los términos que generan series de dimensiones. Se les llama también generadores. |
| 19. | MACROMODULO | : | Es el módulo derivado múltiplo del módulo normal. |
| 20. | MICROMODULO | : | Es el módulo derivado submúltiplo del módulo normal. |
| 21. | SERIE DE NUMEROS | : | Sucesión de números obtenidos empírica o <u>matemática</u> mente. |
| 22. | SERIE DE NUMEROS NATURALES | : | Secuencia regular de los números que comienza en <u>ce</u> ro y se extiende hasta el infinito por una adición de una unidad al número precedente. |

-
-
23. SERIE ARITMETICA : Serie numérica cuyos términos se obtienen por la adición o sustracción de una cantidad constante.
24. SERIE GEOMETRICA : Serie numérica cuyos términos se obtienen por medio de un multiplicador constante denominado razón de la serie.
25. MODULARIDAD : Es la propiedad que deben cumplir las series de dimensiones, que todos sus términos deben ser múltiplos o submúltiplos de uno base, llamado módulo.
26. FLEXIBILIDAD O DENSIDAD : Es la densidad de términos útiles en un intervalo cualquiera de dimensiones.
27. ADITIVIDAD : Es la condición que deben cumplir los términos de una serie de ser combinación lineal del módulo que genera la serie.
28. COMBINABILIDAD : Es una propiedad de las series de dimensiones. La posibilidad de obtener un máximo de dimensiones para ejecutar complejos constructivos de gran tamaño, empleando una mínima variedad de elementos básicos.
29. PARTIBILIDAD : Es la propiedad que se le exige a los términos de una serie, que cada uno de ellos tenga las máximas

posibilidades de descomponerse en todos aquellos que en esa serie son menores.

- 30. SERIE DE DIMENSIONES : Es una serie de números a cuyos términos obtenidos se le aplica una unidad de medida (módulo).
- 31. SERIE SIMPLE DE DIMENSIONES : Es aquella que se genera por un número, par o trío de números. Puede ser limitada o ilimitada.
- 32. SERIE COMPUESTA DE DIMENSIONES : Es aquella formada por dos o más series simples limitadas, de modo que el último término (número) de una es el primero de la siguiente. Es siempre limitada.
- 33. SERIE ESPECIFICA (SERIE TIPICA) : Es una serie simple o una compuesta con un fin específico, es decir, típica de una línea de componentes de edificación o de las medidas de ciertos espacios arquitectónicos.
- 34. SERIE TOTAL DE DIMENSIONES : Es la formada por el conjunto de todos los términos (números) de todas las series simples de una norma, expuestos en orden creciente, omitiéndose la repetición de términos iguales.
- 35. SERIE NORMAL DE DIMENSION : Es cualquier serie de dimensiones que por ley se constituye en Norma oficial de un país, estado, etc.

-
-
36. NUMERO CRITICO : Es un número entero y positivo, a partir del cual se obtienen dimensiones modulares consecutivas (números enteros, superiores al número crítico) por combinación lineal.
37. SISTEMA DE REFERENCIA : Sistema de líneas, puntos y planos desde los cuales pueden ser determinadas las dimensiones y las posiciones de los componentes de la edificación.
38. LINEA DE REFERENCIA : Línea que se puede tomar como referencia.
39. PUNTO DE REFERENCIA : Punto que se puede tomar como referencia. Está ubicado en la intersección de dos líneas de referencia.
40. RETICULADO DE REFERENCIA : Reticulado que se puede tomar como referencia. Sistema de líneas y puntos de referencia contenidos en un plano de referencia.
41. PLANO DE REFERENCIA : Plano que se puede tomar como referencia.
42. RETICULADO ESPACIAL DE REFERENCIA : Sistema tridimensional formado por planos de referencia.
43. PLANOS MODULARES : Sistema tridimensional de planos horizontales y verticales, ortogonales entre sí, ubicado a distancias

modulares de valor $n \times M$, siendo n número entero, positivo y distinto de cero.

- 44. LINEAS MODULARES : Líneas rectas, horizontales o verticales que limitan los planos modulares o que resultan de sus intersecciones.
- 45. PUNTO MODULAR : Punto formado por la intersección de dos líneas modulares.
- 46. RETICULADO MODULAR : Reticulado formado por un conjunto de líneas modulares. Podrá ser espacial, en planta o en altura y simple o compuesta.
- 47. RETICULADO MODULAR ESPACIAL : Conjunto de líneas originadas en la intersección de los planos modulares.
- 48. RETICULADO MODULAR EN PLANTA : Proyección del reticulado espacial sobre un plano horizontal.
- 49. RETICULADO MODULAR EN ALTURA : Proyección del reticulado espacial sobre un plano vertical.
- 50. RETICULADO MODULAR SIMPLE : Reticulado en planta o en altura formado por líneas modulares.

-
-
- | | | | |
|-----|--|---|---|
| 51. | RETICULADO MODULAR
COMPUESTO | : | Conjunto de reticulados simples separados entre sí por zonas neutras. |
| 52. | ZONA NEUTRA | : | Zona no modular comprendida entre reticulados modu
lares de referencia que, por razones constructivas
o funcionales, están separadas entre sí. |
| 53. | RETICULADO MODULAR DE
PROYECTO | : | Reticulado que se utiliza para ubicar y establecer
las dimensiones de los espacios arquitectónicos,
los componentes y conjuntos funcionales de edificios. |
| 54. | RETICULADO MODULAR DE
ESTRUCTURA RESISTENTE | : | Reticulado que se utiliza para ubicar y establecer
las dimensiones de los elementos estructurales re-
sistentes. |
| 55. | RETICULADO MODULAR DE
DETALLE | : | Reticulado que se emplea para diseñar y establecer
las dimensiones de los detalles modulares. |
| 56. | RETICULADO MODULAR
MULTIPLE | : | Conjunto de reticulados modulares simples que pueden
relacionarse de distinta forma, de acuerdo a las ne-
cesidades de proyecto. |
| 57. | RETICULADO MODULAR
NORMAL | : | Es el reticulado modular cuyas distancias entre lí-
neas modulares es igual al módulo normal. |

-
-
58. MATERIAL : Es el elemento de construcción que no tiene una forma geométrica definida, tales como cemento, yeso, asfalto, pinturas, etc.
59. COMPONENTE : Es el elemento de construcción fabricado de tal forma que ciertas dimensiones están especificadas. Los componentes pueden ser secciones, unidades o elementos simples, elementos complejos o ensambles.
60. SECCION : Son los materiales de construcción que han sido transformados en elementos de sección transversal simple. Su producción es, por lo general, un proceso continuo. Pueden ser perfiles, laminados, barras, tubos, cables, alambres, etc.
61. UNIDADES O ELEMENTOS SIMPLES : Es el componente de construcción producido en forma terminada y dimensiones específicas, y en cuya fabricación pueden haber intervenido materiales y secciones. Se caracterizan por sus dimensiones pequeñas, formas simples y uso limitado. Comprenden ladrillos, bloques, baldosas, elementos de unión, etc.
62. ELEMENTOS COMPLEJOS O ENSAMBLES : Los materiales, secciones y unidades se utilizan para producir una amplia variedad de componentes

con características funcionales definidas. Pueden ser puertas, ventanas, cerchas, artefactos sanitarios, eléctricos y de gas, armarios, closets, etc.

63. CONJUNTOS FUNCIONALES : Los componentes de edificación se agrupan formando conjuntos que tienen funciones específicas, como cimientos, techos, instalaciones de servicio, estructura soportante, etc.
64. PERFIL DE UN COMPONENTE : Es el contorno o superficie de unión de un componente.
65. SUPERFICIE DE COORDINACION : Es el perfil diseñado para relacionar un componente con otros.
66. SUPERFICIE FUNCIONAL : Es el perfil diseñado con destino a otros objetivos que no son los de la coordinación. (Por ejemplo la superficie de encaje de ventanas y marco, o de las tablas machimbradas, etc.).
67. DIMENSION : Longitud de una línea, volumen de un cuerpo o extensión de una superficie. Extensión de un objeto en dirección determinada.
68. MEDIDA : Expresión comparativa de las dimensiones o cantidades.

-
-
- | | | |
|-----|--------------------------------------|--|
| 69. | TAMAÑO | : Mayor o menor dimensión de una cosa. |
| 70. | DIMENSION DE
COORDINACION MODULAR | : Dimensión igual a un módulo o a un múltiplo entero del módulo. |
| 71. | DIMENSION NOMINAL | : Dimensión que se especifica para el proyecto de espacios y de elementos componentes y con la cual se le designa, ya sea en espesor, ancho o largo. |
| 72. | DIMENSION REAL | : Es la dimensión resultante de la fabricación. Se obtiene por medición directa del componente y es única para cada componente. |
| 73. | ESPACIO COMPONENTE | : Lugar asignado en el espacio a un componente modular, incluyendo la junta de unión. |
| 74. | TOLERANCIA | : Diferencia entre un límite superior y el inferior correspondiente. |
| 75. | TOLERANCIA DE
FABRICACION | : Diferencia máxima admisible entre la dimensión nominal y la dimensión real en la elaboración de componentes. |
| 76. | TOLERANCIA DE MONTAJE | : Variación máxima admisible de la junta entre dos componentes ensamblados. |

-
-
- | | | |
|-----|---------------------------|--|
| 77. | DISTANCIA MODULAR | : Distancia entre un componente y el plano modular más próximo. |
| 78. | DIMENSION LIMITE | : Límite entre los cuales una dimensión real puede variar debido a imprecisiones inevitables en la elaboración de componentes. |
| 79. | DIMENSION LIMITE SUPERIOR | : Es la mayor dimensión que puede tener la dimensión real de un componente. |
| 80. | DIMENSION LIMITE INFERIOR | : Es la menor dimensión que puede tener la dimensión real de un componente. |
| 81. | DEDUCCION MINIMA | : Es la cantidad que es preciso deducir de la dimensión de coordinación modular para obtener la <u>dimen</u> sión límite superior de un componente. Es igual a dos veces la distancia modular, más la tolerancia de montaje. |
| 82. | DEDUCCION MAXIMA | : Es la cantidad que es preciso deducir de la dimensión de coordinación modular para obtener la <u>dimen</u> sión límite inferior de un componente. Es igual a la deducción mínima más la tolerancia de fabricación. |
| 83. | DETALLES MODULARES | : Dibujo detallado que indica las medidas de posición |

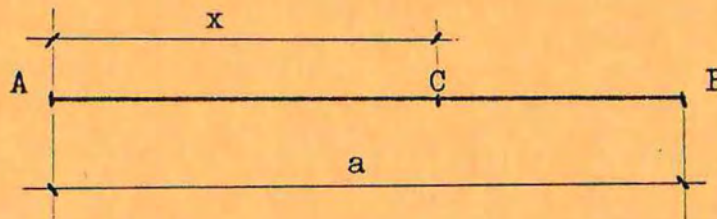
-
-
- y las dimensiones de un componente particular o de un conjunto de varios componentes, en relación con el reticulado modular.
84. JUNTA : a. Espacio entre dos componentes.
b. Material que puede ocupar ese espacio.
85. JUNTA NOMINAL : Distancia prevista en el proyecto entre los extremos adyacentes de dos componentes.
86. JUNTA REAL : Dimensión obtenida al medir la distancia entre los extremos adyacentes de dos componentes.
87. LINEA DE BASE : Línea de referencia principal, a la cual se refiere la posición de todos los componentes en el montaje de estos en obra.
88. POSICION DE LOS COMPONENTES. : Ubicación de los componentes de la construcción con respecto al reticulado modular de referencia.
89. POSICION SIMETRICA : Aquella en que el componente está ubicado sobre la línea de referencia del reticulado modular, con su plano de simetría coincidente con el.
90. POSICION ASIMETRICA : Aquella en que el componente está ubicado sobre la

línea de referencia del reticulado modular, con una de sus caras desplazadas de él a distancia modular.

91. POSICION COINCIDENTE : Aquella en que la cara coordinante del componente coincide con la línea de referencia del reticulado modular.
92. POSICION EXTERNA : Aquella en que el componente está ubicado fuera de la línea de referencia del reticulado modular, y a distancia modular de él.
93. UNION : Lugar de encuentro de dos componentes.

C.8.2. OBTENCION ALGEBRAICA DEL NUMERO FI (ϕ)

Sea AB un trazo dividido en sección áurea en el punto C



Siendo: $AB = a$
 $AC = x$
 $BC = (a-x)$

Se tiene por definición:

$$\frac{AC}{CB} = \frac{AB}{AC} = \phi$$

de donde resulta:

$$\frac{x^2}{AC} = \overline{AB} \times \overline{CB}$$

reemplazando:

$$x^2 = a \cdot (a-x)$$

$$x^2 = a^2 - ax$$

$$x^2 + ax - a^2 = 0$$

Aplicando la fórmula para ecuaciones de segundo grado de la forma:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

tenemos:

$$x = \frac{-a \pm \sqrt{a^2 + 4a^2}}{2}$$

$$x = \frac{-a \pm \sqrt{5a^2}}{2}$$

$$x = \frac{-a \pm a\sqrt{5}}{2}$$

sacando factor común a :

$$x = \frac{a (\pm \sqrt{5} - 1)}{2}$$

tomando el valor positivo de la raíz nos queda:

$$AC = x = \frac{a (+ \sqrt{5} - 1)}{2}$$

$$\phi = \frac{AB}{AC} = \frac{\cancel{a}}{\cancel{a} (\sqrt{5} - 1)} \cdot \frac{2}{2}$$

$$\phi = \frac{1}{(\sqrt{5} - 1)}$$

Racionalizamos por $2 (\sqrt{5} + 1)$

$$\phi = \frac{2 (\sqrt{5} + 1)}{\cancel{2} (5 + 1) \frac{(\sqrt{5} - 1)}{\cancel{2}}}$$

$$\phi = \frac{2 (\sqrt{5} + 1)}{(\sqrt{5} + 1) (\sqrt{5} - 1)}$$

$$\phi = \frac{2 (\sqrt{5} + 1)}{5 - 1}$$

$$\phi = \frac{\cancel{2} (\sqrt{5} + 1)}{\cancel{2}}$$

$$\boxed{\phi = \frac{\sqrt{5} + 1}{2} = 1,618\dots}$$

C.8.3. TRABAJO EXPERIMENTAL REALIZADO POR LA O.N.U.

El siguiente anexo tiene por objeto mostrar una experiencia en coordinación modular realizada por la Subdirección de Vivienda, Construcción y Planificación de la Secretaría de las Naciones Unidas para uso de los países que integran el Mercado Común Centroamericano; fue presentado en 1962 al Grupo de Trabajo sobre Coordinación Modular en San Salvador.

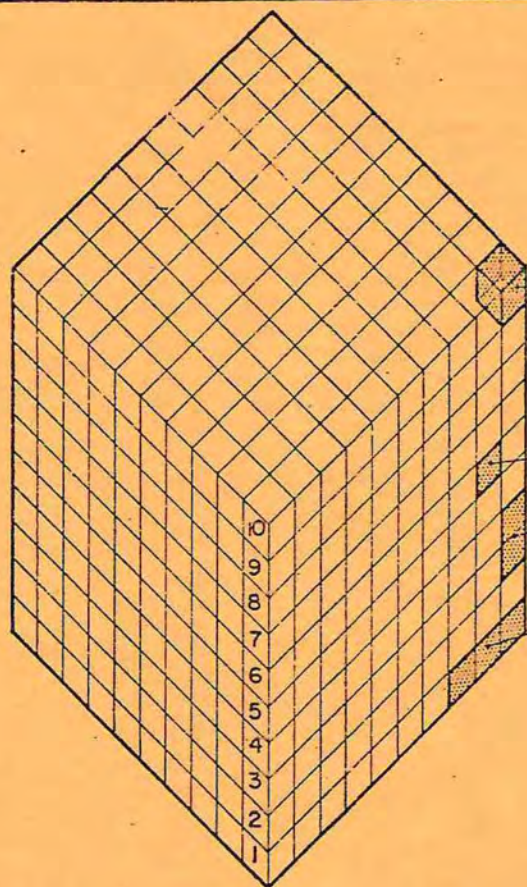
Este informe ha sido dividido en tres partes:

- a.- Introducción a Coordinación Modular, con un estudio al módulo y sus aplicaciones (gráficos: a1 al a3).
- b.- Normas de tamaño para los componentes de la vivienda, en las cuales se da una serie de recomendaciones para la determinación de los componentes específicos de las Viviendas, las cuales deberán ser ensayadas experimentalmente en los países centroamericanos. (gráficos: b4 al b15).
- c.- La Coordinación Modular en el diseño, donde se muestra un proyecto de Vivienda económica realizado en Coordinación Modular, la Vivienda experimental tipo Itsmo. (gráficos: C16 al C18).

EL MODULO DE DISEÑO
VARIA de tamaño, pero
siempre es un múltiplo del
MODULO BASICO

Medida nominal
modulada

2 M
3 M
5 M



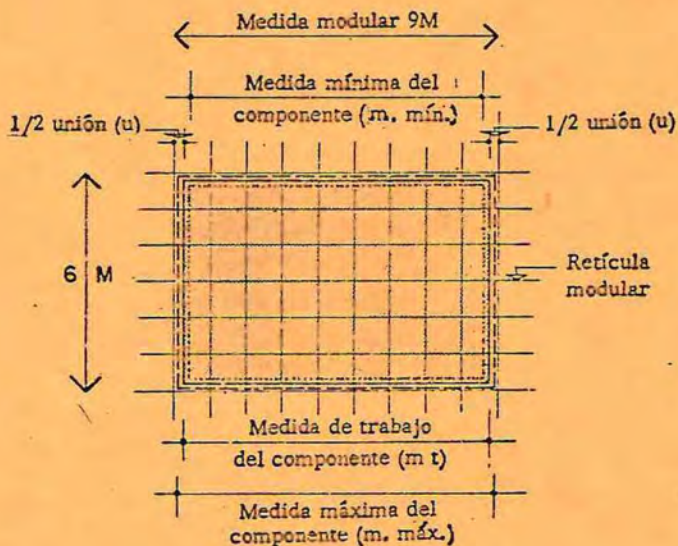
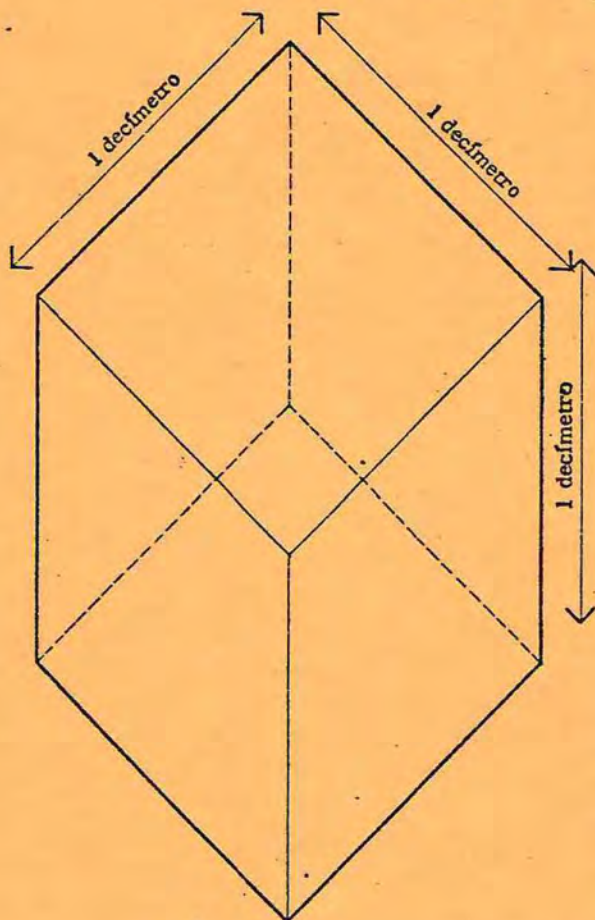
ESPACIO MODULAR 1x1x1 dm

Cuadrícula modular 1 x 1 dm

Módulo de diseño vertical 2 dm

Módulo de diseño horizontal 3 dm

MODULO BASICO = 1 DECIMETRO

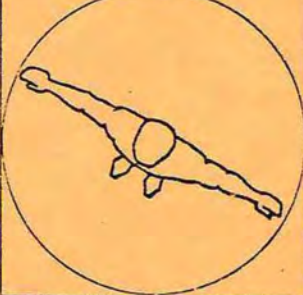


Medida máxima-medida mínima = tolerancia en la medida
de trabajo (m. máx.)-(m. mín.) = (T. t.)

Medida de trabajo más o menos tolerancias, más unión total

===== medida nominal modular.

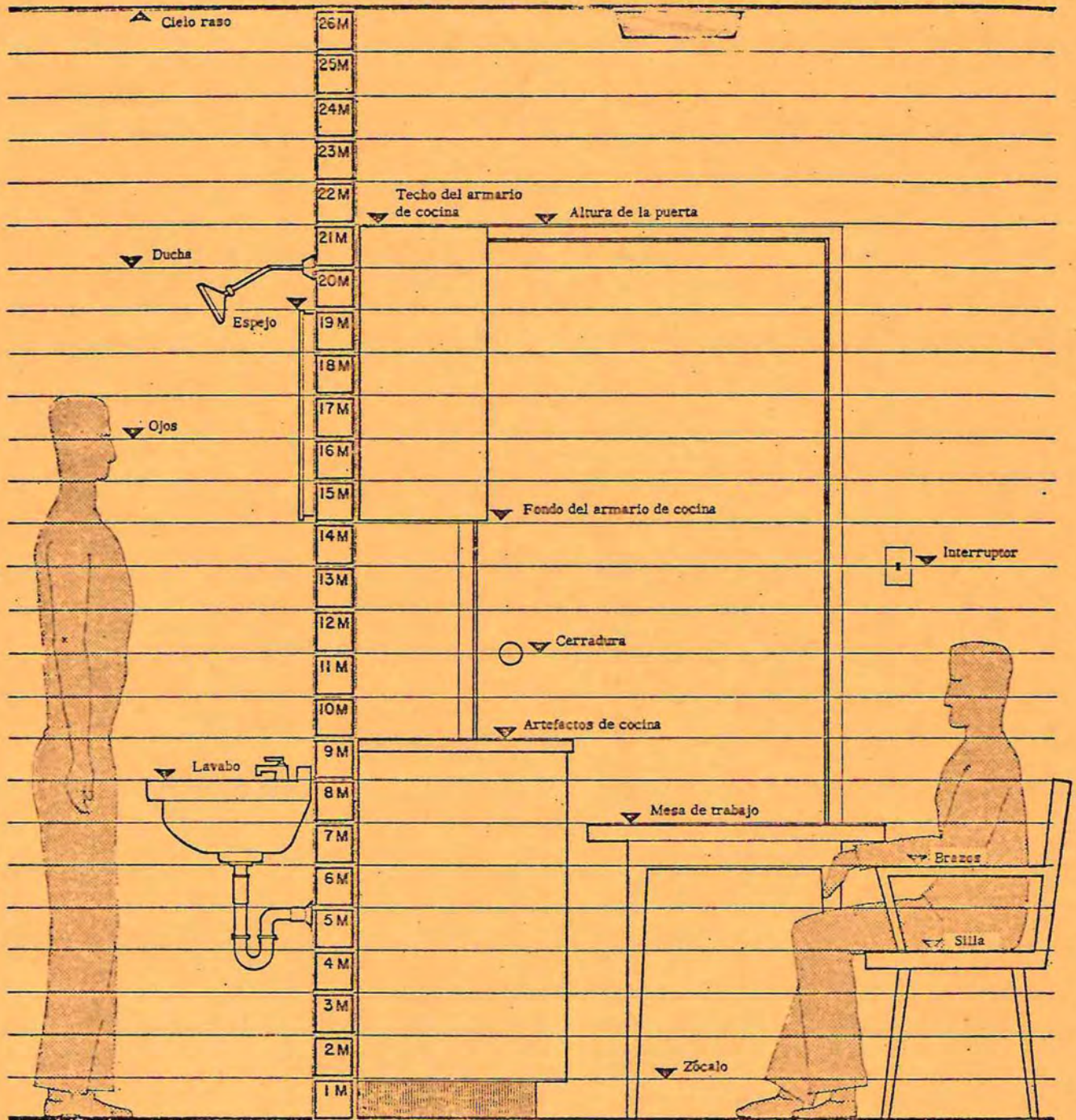
MEDIDAS MODULADAS EN RELACION CON EL CUERPO HUMANO

	4M	6M	8M	9M	12 M	18M	
							1 Hombre de pie
6M							2 Hombre sentado
8M							3 Hombre sentado en una butaca
9M							4 Hombre acostado en una meridiana
10M							5 Hombre de pie con las piernas separadas
12M							6 Hombre caminando
							7 Dos hombres de pie
18M							8 Dos hombres uno al lado del otro 9 Tres hombres uno al lado del otro
							10 Hombre sentado en un sofá
20M							11 Hombre de pie con los brazos abiertos
							12 Hombre en la cama

MODULO BASICO = 10 CENTIMETROS

FUENTE: BRUCE MARTIN - HOJAS INFORMATIVAS DE DISEÑO MODULAR.

MEDIDAS MODULARES FUNCIONALES



TAMAÑOS MODULADOS DE LADRILLOS DE ARCILLA

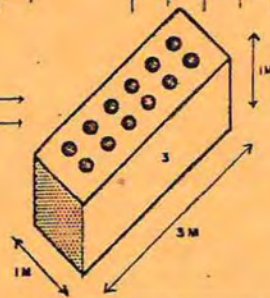
(Para uniones normalizadas de 10 mm = U normal)



$$3 \times 1 \times 1 = m.M \rightarrow$$

$$290 \times 90 \times 90 = m.T \rightarrow$$

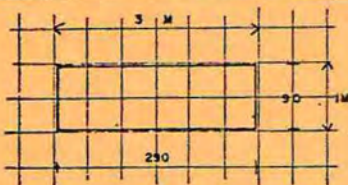
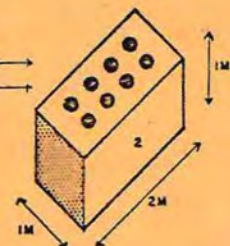
$$290 \left(\begin{smallmatrix} +2 \\ -2 \end{smallmatrix} \right) \times 90 \left(\begin{smallmatrix} +2 \\ -2 \end{smallmatrix} \right) \times 90 \left(\begin{smallmatrix} +2 \\ -2 \end{smallmatrix} \right) = T.T.$$



$$2 \times 1 \times 1 = m.M \rightarrow$$

$$190 \times 90 \times 90 = m.T \rightarrow$$

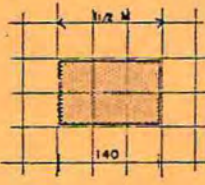
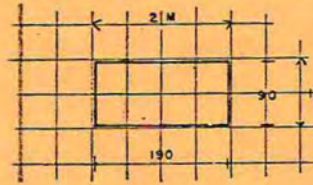
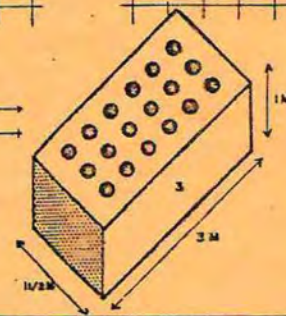
$$190 \left(\begin{smallmatrix} +2 \\ -2 \end{smallmatrix} \right) \times 90 \left(\begin{smallmatrix} +2 \\ -2 \end{smallmatrix} \right) \times 90 \left(\begin{smallmatrix} +2 \\ -2 \end{smallmatrix} \right) = T.T.$$



$$3 \times 1 \frac{1}{2} \times 1 = m.M \rightarrow$$

$$290 \times 140 \times 90 = m.T \rightarrow$$

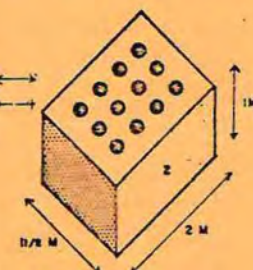
$$290 \left(\begin{smallmatrix} +2 \\ -2 \end{smallmatrix} \right) \times 140 \left(\begin{smallmatrix} +2 \\ -2 \end{smallmatrix} \right) \times 90 \left(\begin{smallmatrix} +2 \\ -2 \end{smallmatrix} \right) = T.T.$$



$$2 \times 1 \frac{1}{2} \times 1 = m.M \rightarrow$$

$$190 \times 140 \times 90 = m.T \rightarrow$$

$$190 \left(\begin{smallmatrix} +2 \\ -2 \end{smallmatrix} \right) \times 140 \left(\begin{smallmatrix} +2 \\ -2 \end{smallmatrix} \right) \times 90 \left(\begin{smallmatrix} +2 \\ -2 \end{smallmatrix} \right) = T.T.$$

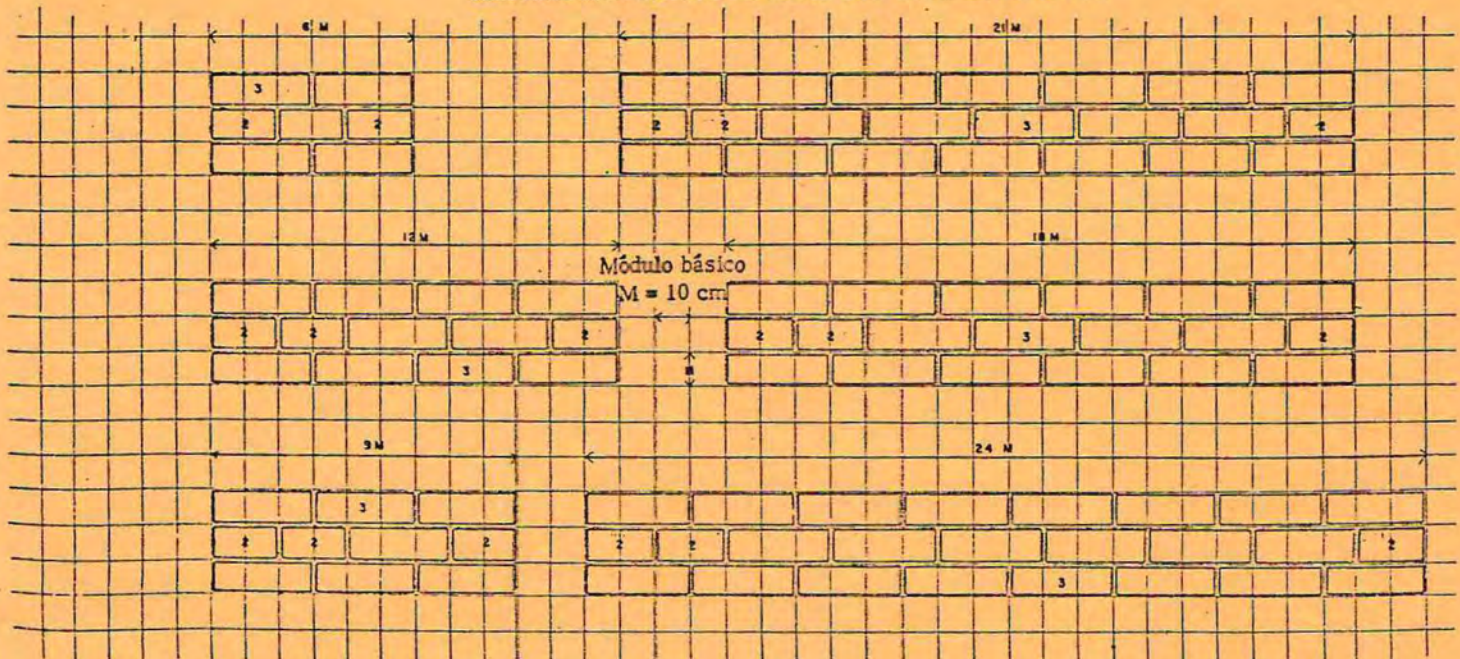


Nota: Todos estos tamaños se aplican a muros sin ningún enlucido. El espesor de 1 1/2 M se requiere para muros de 15 cm de espesor.

Símbolos: U = 10 mm = Unión
M = Módulo = 10 cm
mm = milímetro

T.T. = Tolerancia
m.M = Medida modular
m.T = Medida de trabajo

TAMAÑOS MODULADOS DE MURO CON UNIONES DE 10 MM

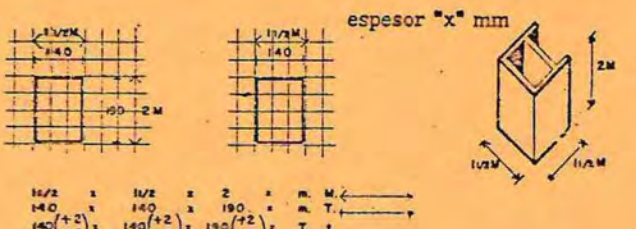
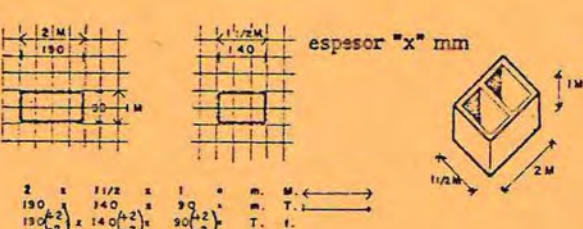
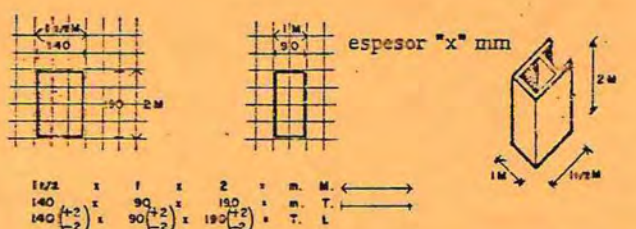
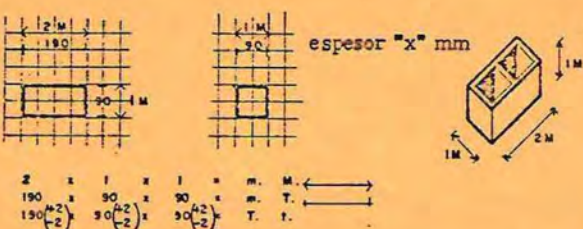
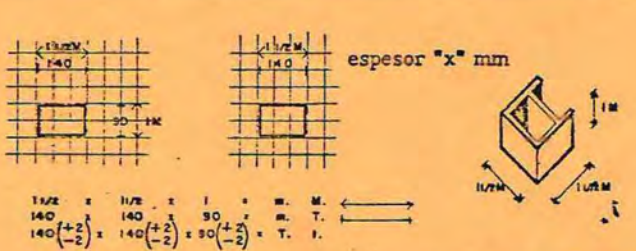
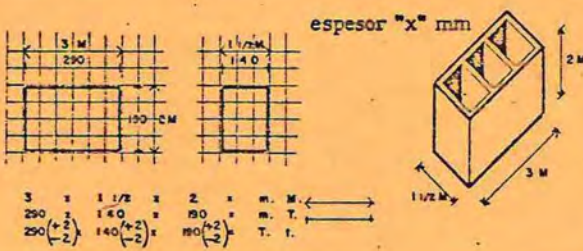
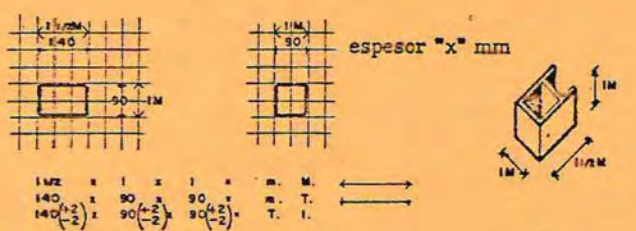
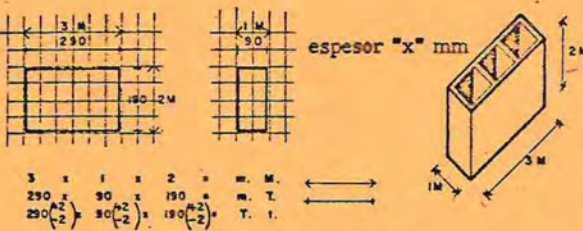
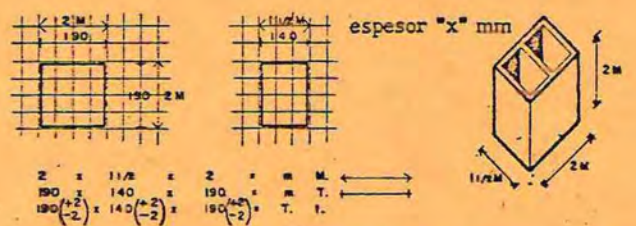
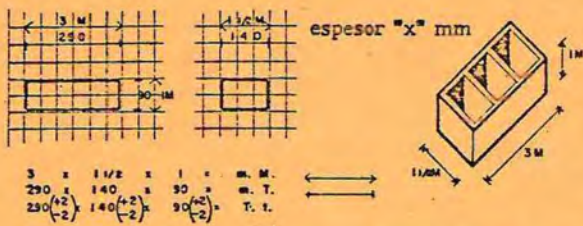
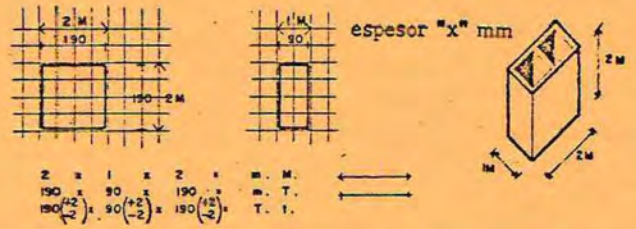
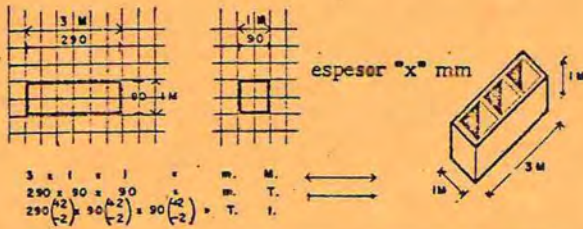


TAMAÑOS MODULADOS DE BLOQUES DE ARCILLA

Para uniones normalizadas de 10 mm = U normal

Símbolos:

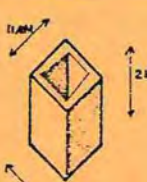
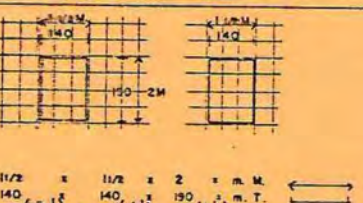
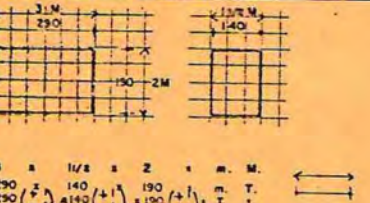
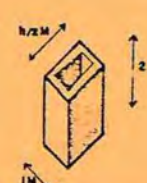
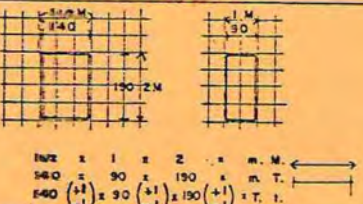
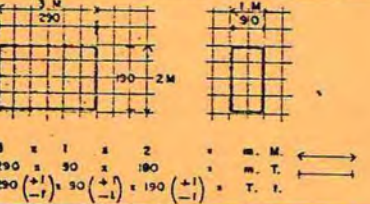
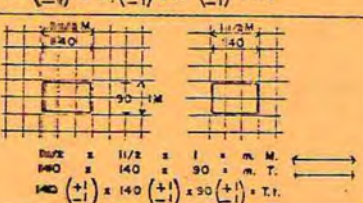
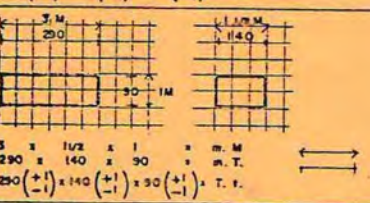
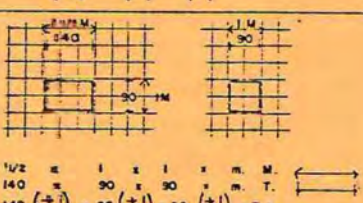
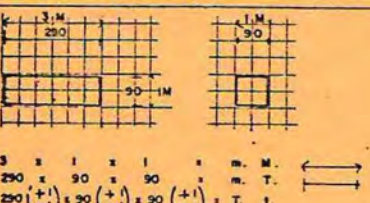
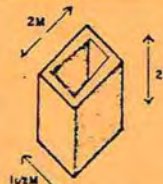
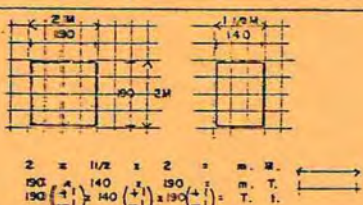
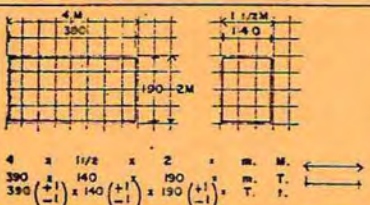
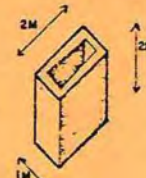
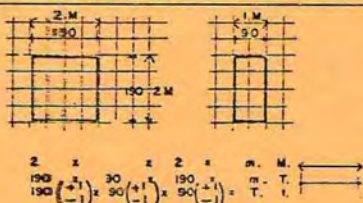
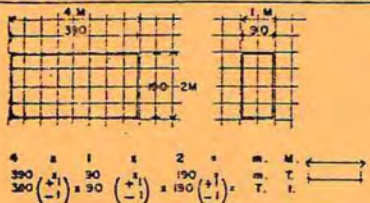
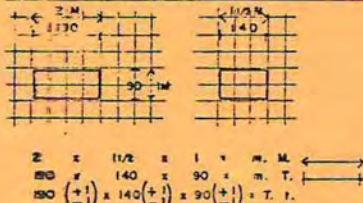
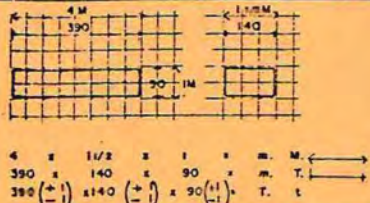
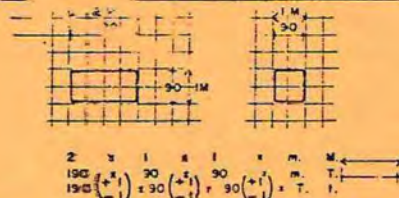
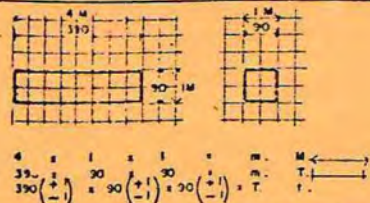
U = 10 mm = unión
m = módulo = 10 cm
mm = milímetro
T.t. = tolerancia
m.M = medida modular
m.T. = medida de trabajo



Para uniones normalizadas de 10 mm = "U" normal

U = 10 mm = Unión
M = módulo = 10 cm
mm = milímetro

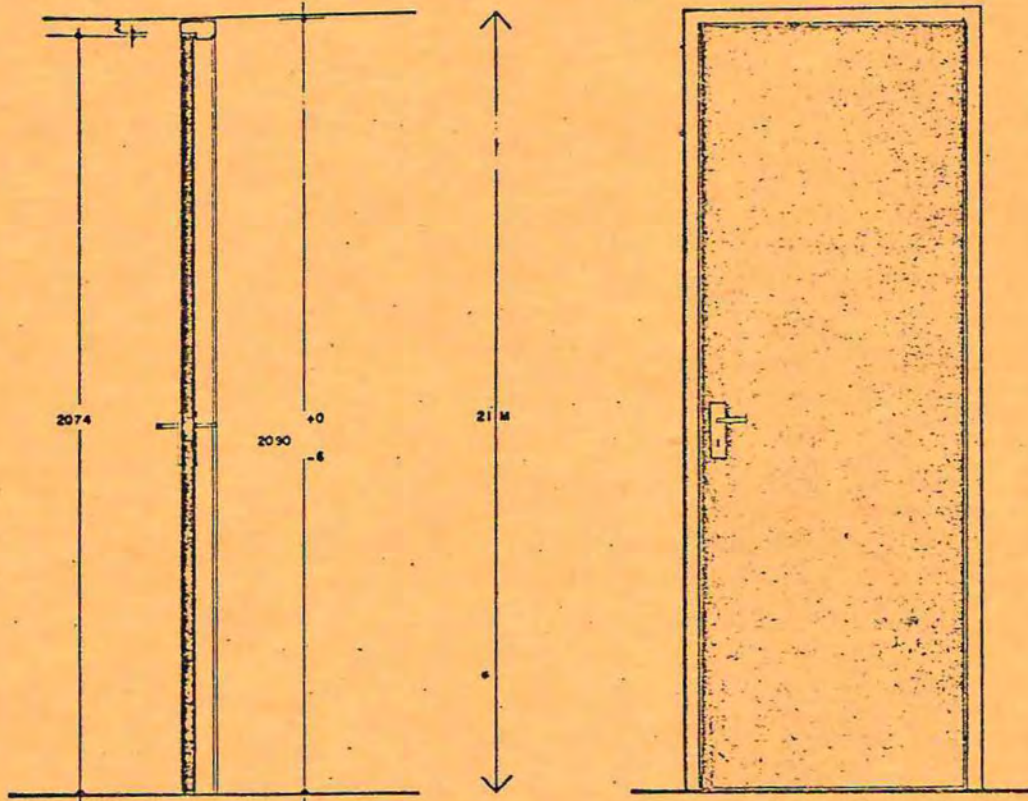
T.t. = tolerancia
m.M. = medida modular
m.T. = medida de trabajo



MODULO BASICO • 1 DECIMETRO

DINTELES DE HORMIGÓN PREFABRICADOS

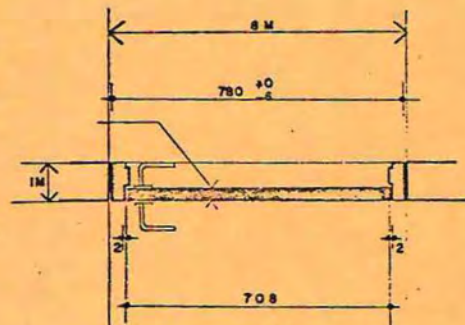
PUERTA MODULADA 1M x 8M x 21M



El espesor debe normalizarse a una sola medida para todas las puertas

$M = \text{módulo} = 10 \text{ cm}$

Nota: La hoja de la puerta no necesita ser modulada, pero el espacio para colocarla sí debe ser de medida modular



Se propone la introducción de un solo tamaño de puerta para la vivienda económica. Más adelante se podrán agregar otros anchos, pero conservando una sola altura

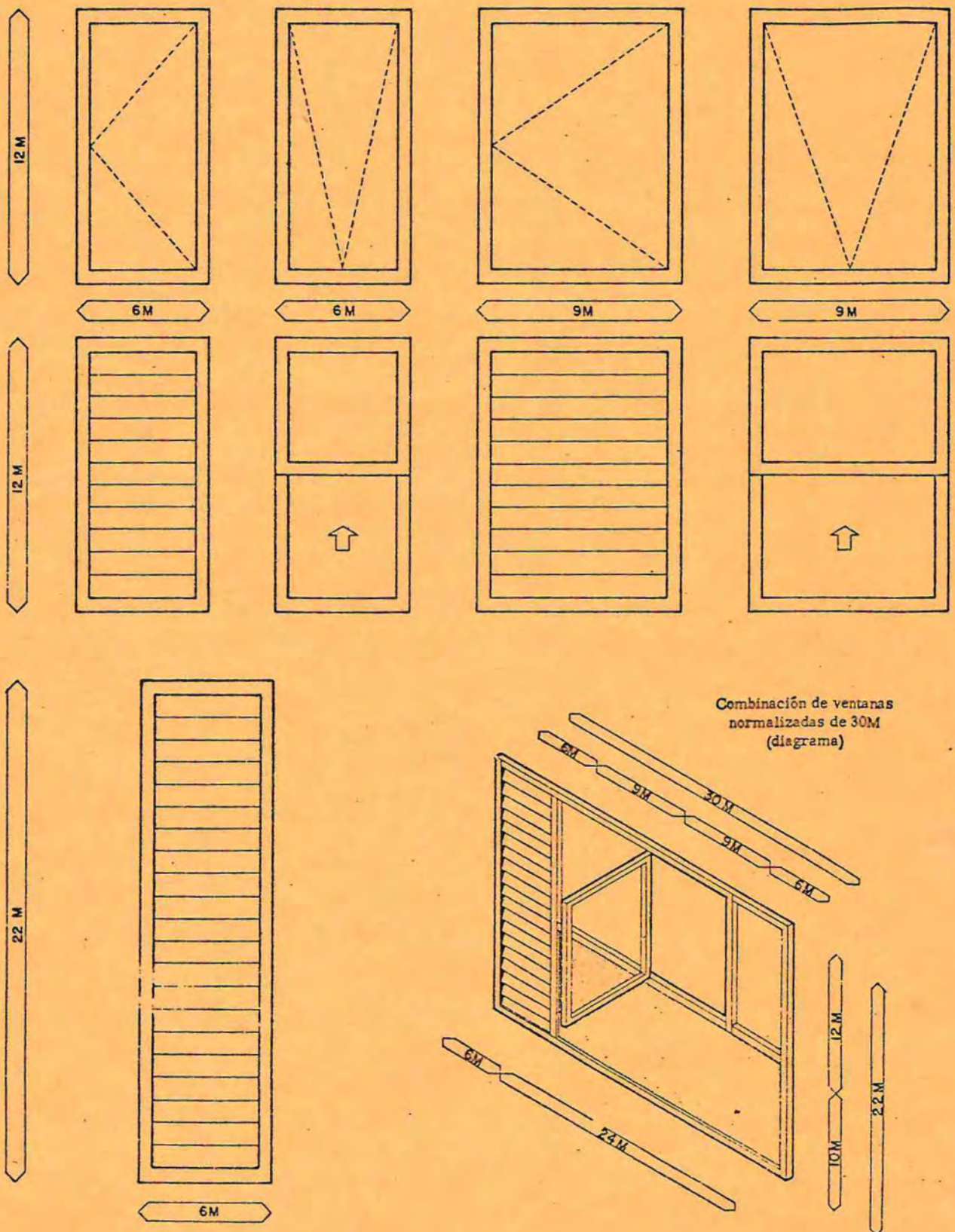
TAMAÑOS MODULADOS PARA VENTANAS DE 6M y 9M (7M en el futuro)

Acotaciones en módulos básicos

Módulo básico = 1M = 1 decímetro



En los tamaños modulares no están considerados el espacio de unión ni la tolerancia
(para obtener la medida de trabajo hay que restar el espacio de unión y la tolerancia)



NORMALIZACION DE ELEMENTOS PARA MUROS Y TABIQUES

Anotaciones en módulos básicos

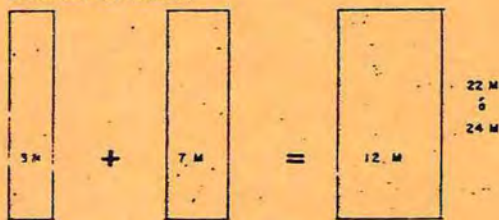
Módulo básico = 1M = 1 decímetro



Tabla de módulos

9	12	17	Número crítico
			24
7		19	25
	14	20	26
	15	21	27
10		22	28

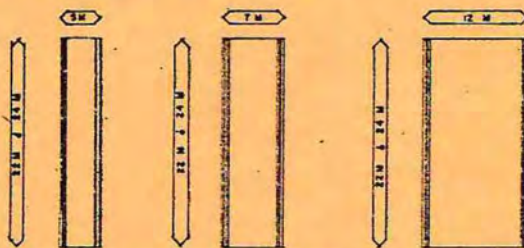
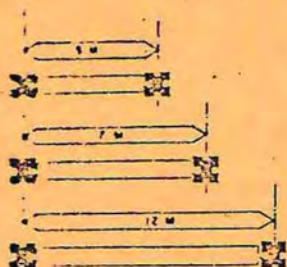
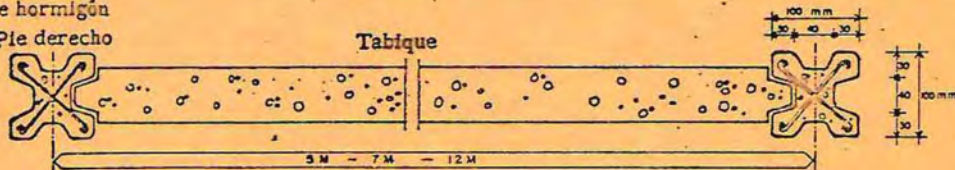
Paneles de diseño



Prefabricado de hormigón

Pie derecho

Tabique

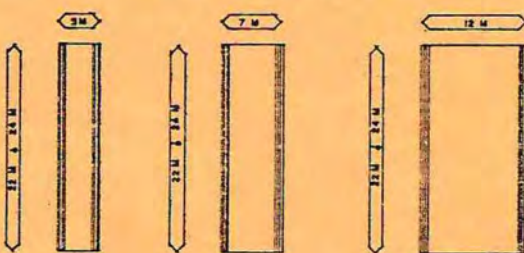
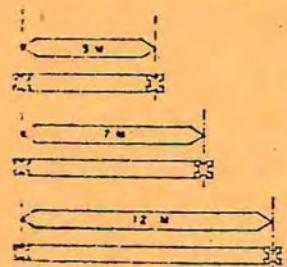


Prefabricados de metal

Pie derecho

Tabique

Chapa laminada en frío
Adhesivo antiacústico
Madera prensada de 3mm
Fibra de vidrio laminada
de 50mm



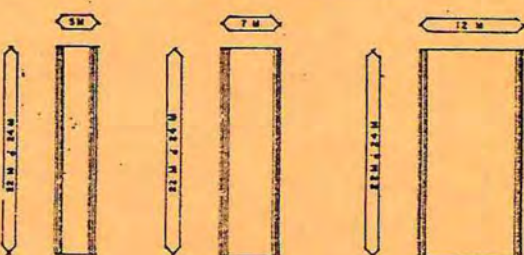
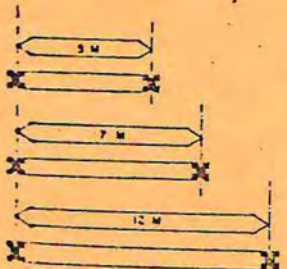
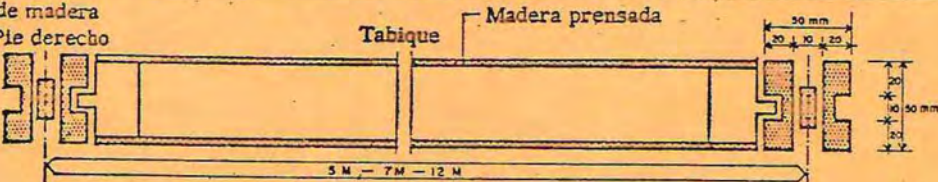
Nota: Los tabiques
pueden ser de:
Madera terciada
Madera prensada o
Asbesto

Prefabricados de madera

Pie derecho

Tabique

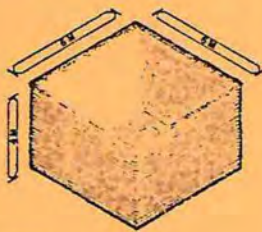
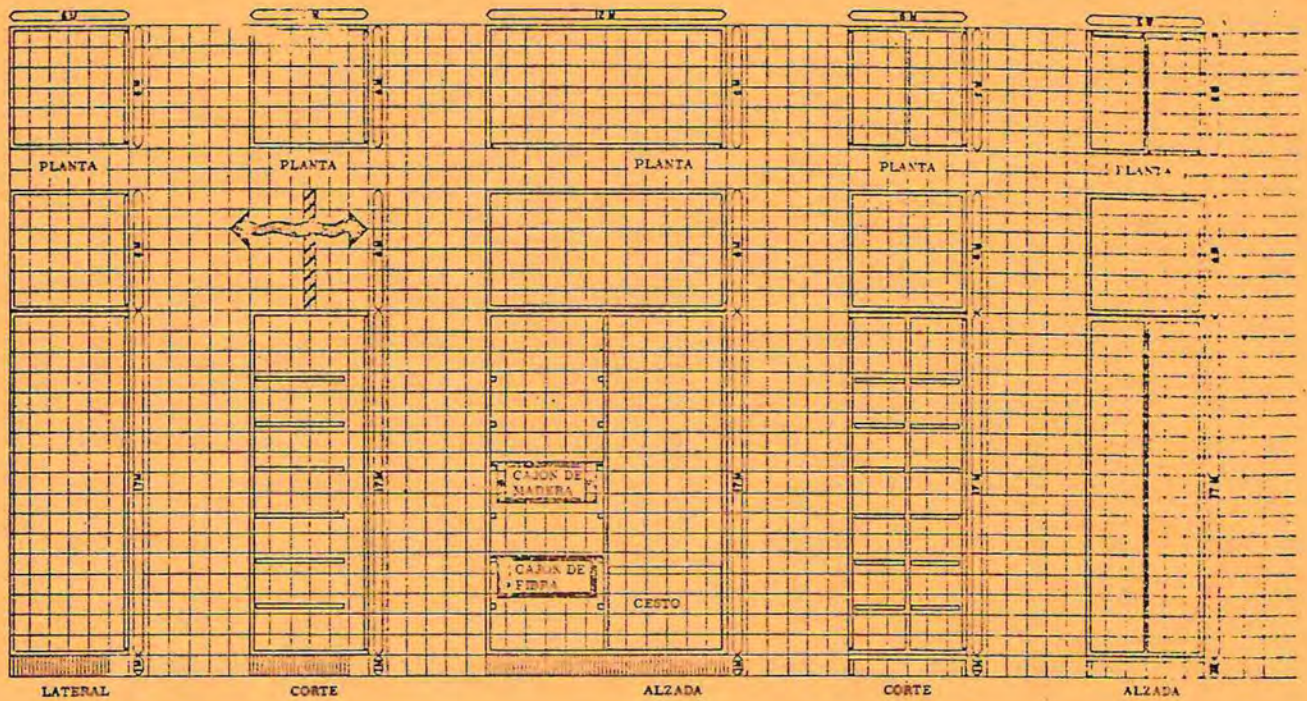
Madera prensada



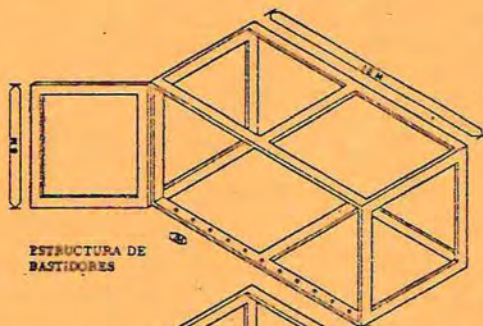
Nota: Los tabiques
pueden ser de:
Madera terciada
Madera prensada o
Asbesto

ARMARIOS EMPOTRADOS NORMALIZADOS

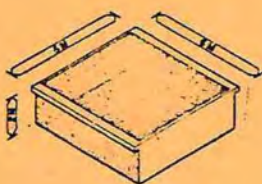
ACOTACIONES EN MODULOS BASICOS - MODULO BASICO = 1M = 1 DECIMETRO



CESTO



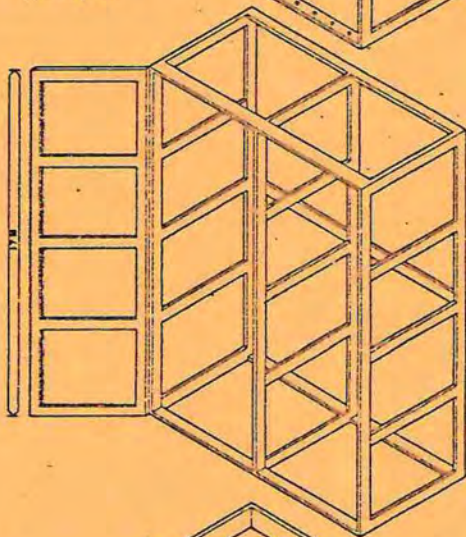
ESTRUCTURA DE BASTIDORES



CAJON DE MADERA



CAJON DE FIBRA



FIBRA VEGETAL



MADERA



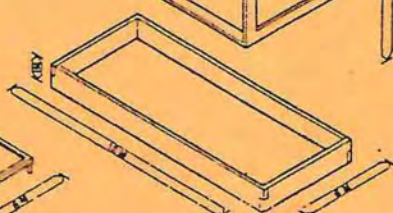
ASBESTO-CEMENTO



TEJIDO



BASE METALICA



BASE DE MADERA

PLACAS PARA REVESTIMIENTO

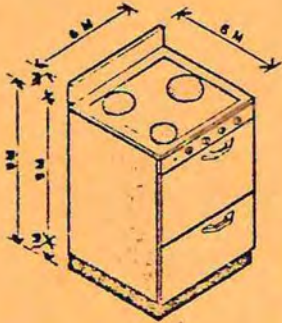
NORMALIZACION DE MUEBLES DE COCINA

ACOTACIONES EN MODULOS BASICOS

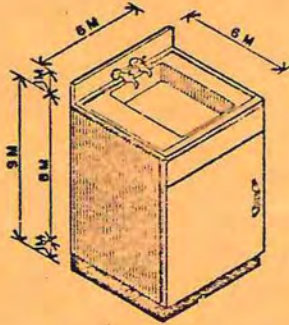
MODULO BASICO = 1M = 1 DECIMETRO



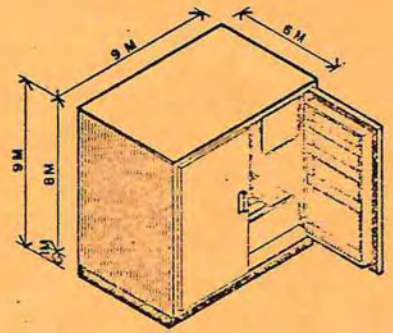
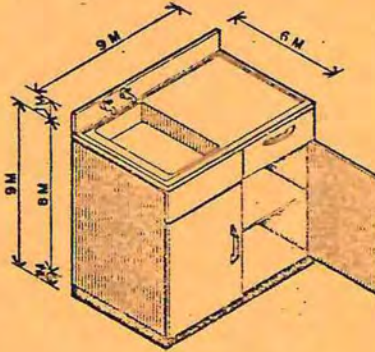
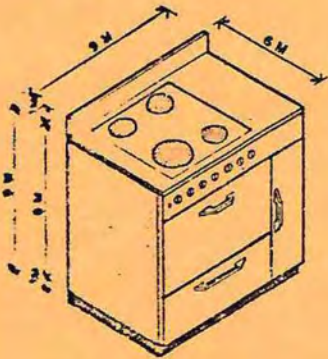
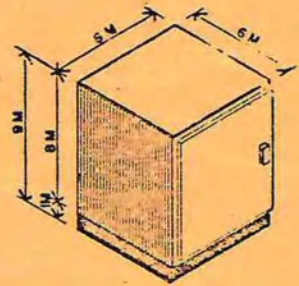
COCINILLAS



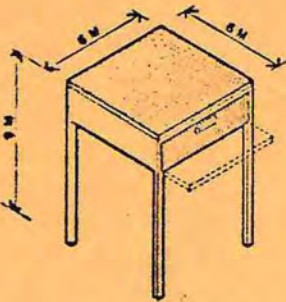
FREGADEROS



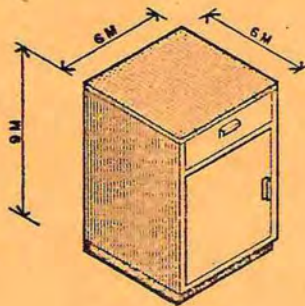
REFRIGERADORES



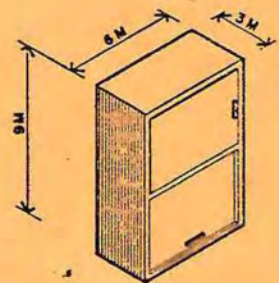
MESA DE COCINA CON CAJON



ARMARIO DE PISO



ARMARIO DE PARED



Nota: En una segunda etapa de la modulación se deberá incluir un tercer tamaño de 7M, para que se combine con los de 6M y 9M, permitiendo así una flexibilidad de 1M a partir de 18M

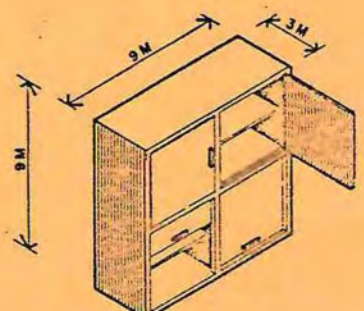
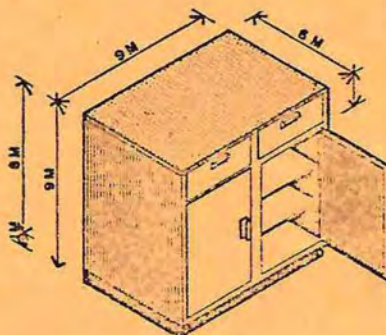
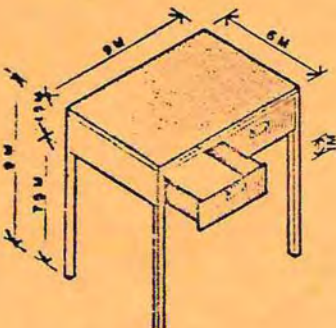
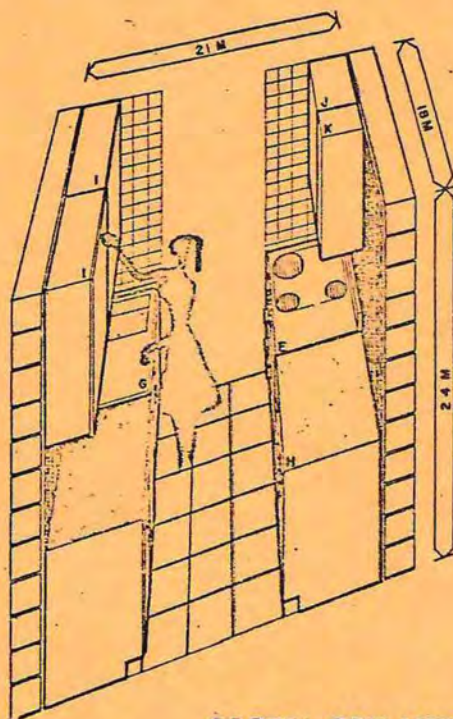


Diagrama de conexiones moduladas para
tallados de cocina empleando
muebles normalizados de 6M y 9M

Diagrama de planta de la cocina. Muestra una cocina rectangular con una entrada superior. A la izquierda hay un fregadero (G) y un refrigerador (F). En el centro hay un armario de piso (H) y un armario de pared (I). A la derecha hay un ventilador (J) y un calentador de agua (K). Las dimensiones son: 2.4 m de ancho y 6 m de largo. Las distancias entre los muebles son: 0.6 m entre G y F, 0.6 m entre F y H, 0.6 m entre H y I, 0.6 m entre I y J, 0.6 m entre J y K, y 0.6 m entre K y la pared lateral.

E - Cocinilla	0.6 m x 0.6 m
F - Refrigerador	0.6 m x 0.6 m
G - Fregadero	0.6 m x 0.6 m
H - Armario de piso	0.6 m x 0.6 m
I - Armario de pared	0.6 m x 0.6 m
J - Ventilador	0.6 m x 0.6 m
K - Calentador de agua	0.6 m x 0.6 m



- | | |
|------------------------|------------|
| E - Coccinilla | 6M 19M 19M |
| F - Refrigerador | 6M 19M 19M |
| G - Fregadero | 6M 19M 19M |
| H - Armario de piso | 6M 19M 19M |
| I - Armario de pared | 3M 19M 19M |
| J - Ventilador | 3M 16M 19M |
| K - Calentador de agua | 3M 13M 19M |

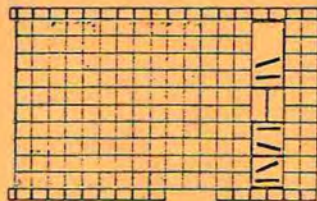
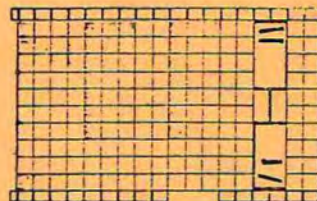
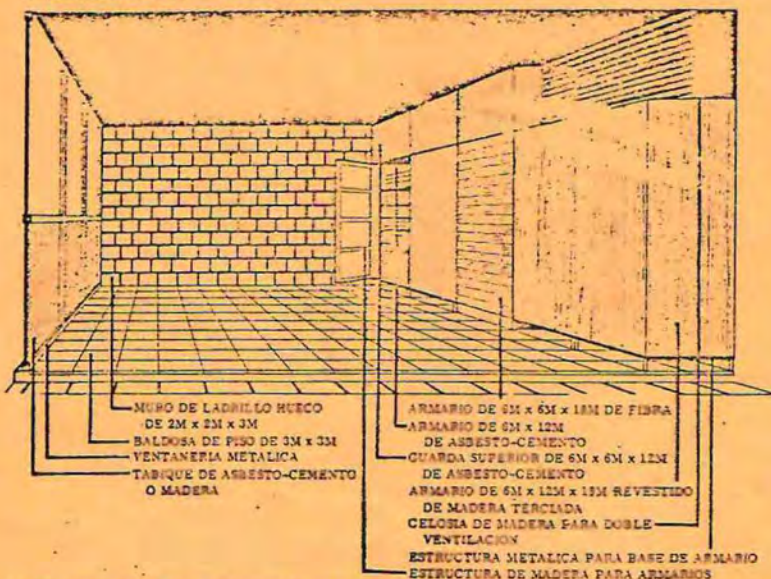
Diagrama de planta de un apartamento con las siguientes medidas y ubicación de muebles:

- Medidas generales:** 36 M (ancho total), 9 M (profundidad de la zona de entrada y sala).
- Medidas de zonas:** 9 M, 9 M, 9 M, 3 M.
- Ubicación de muebles:**
 - H Armario de piso:** 6 M x 9 M x 9 M.
 - K Calentador de agua:** 3 M x 6 M x 9 M.
 - J Ventilador:** 3 M x 3 M x 9 M.
 - E Armario de cocinilla:** 6 M x 9 M x 9 M.
 - Armario de pared:** 3 M x 9 M x 9 M.
 - I Fregadero:** 6 M x 9 M x 9 M.
 - G Refrigerador:** 6 M x 9 M x 9 M.
 - F Armario de pared:** 3 M x 9 M x 9 M.

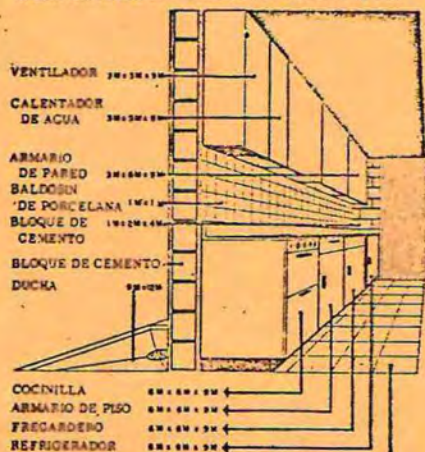
EJEMPLOS DE TAMAÑOS MODULADOS PARA DORMITORIOS, CUARTOS DE BAÑO Y COCINAS

ACOTACIONES EN MODULOS BASICOS - MODULO BASICO - 1M = 1 DECIMETRO

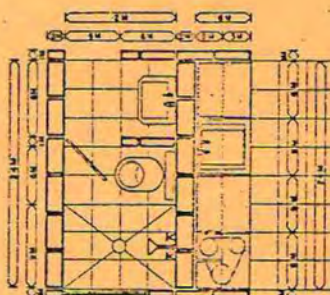
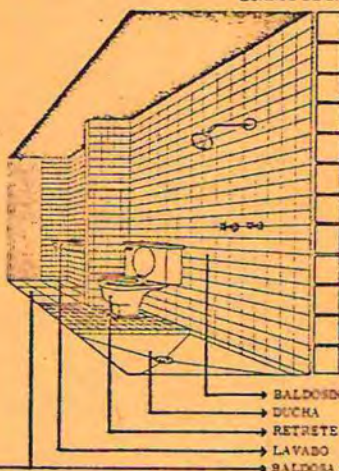
UNIDAD DORMITORIO Y ARMARIO EMPOTRADO



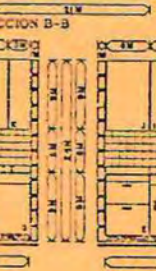
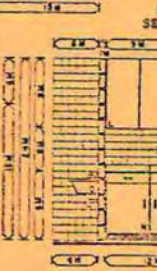
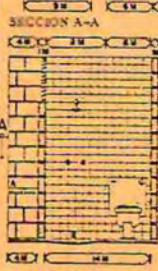
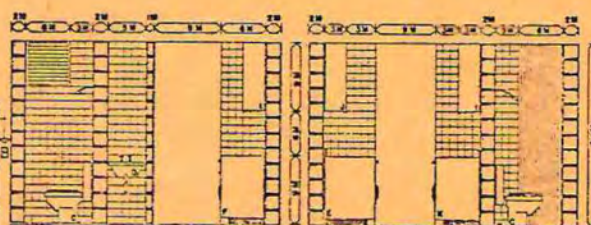
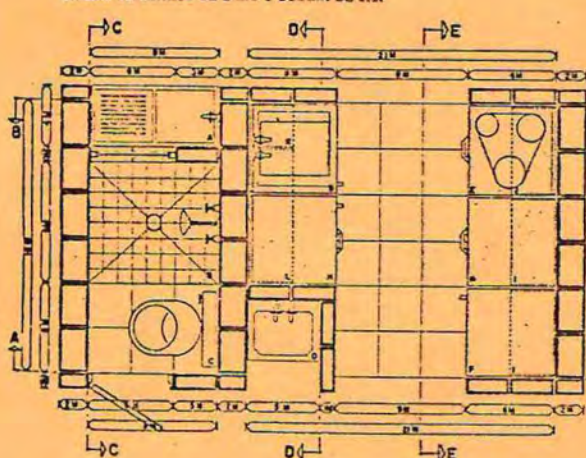
UNIDAD LINEAL DE CUARTOS DE BAÑO Y COCINA DE 2.4M



CUARTO DE BAÑO LINEAL DE 2.4M

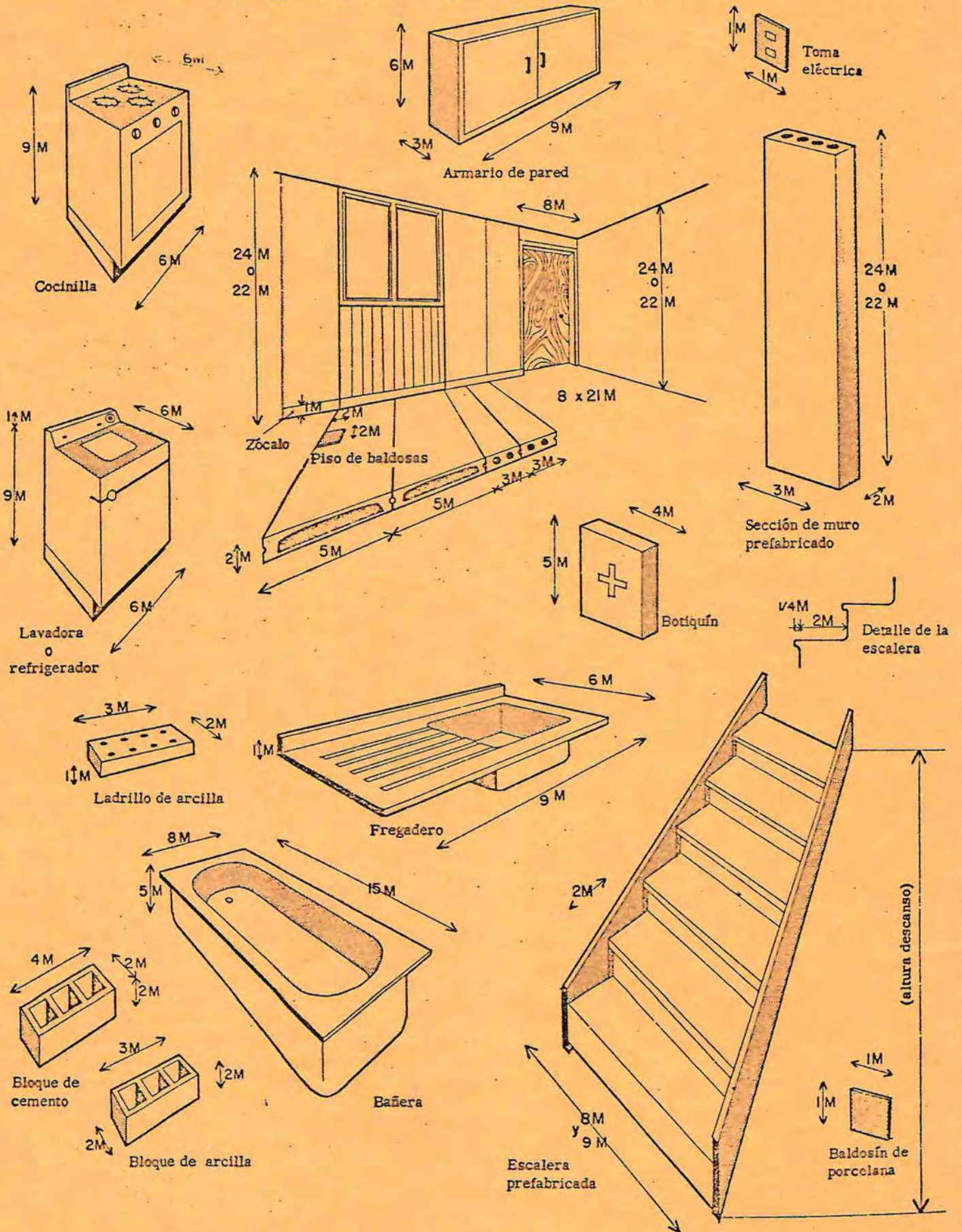


UNIDAD DE CUARTO DE BAÑO Y COCINA DE 1.8M



- A - LAVADERO 2M x 4M x 1.8M
- B - DUCHA 3M x 1.2M
- C - RETRETE 2M x 4M x 1.8M
- D - LAVADO 2M x 4M x 1.8M
- E - COCINILLA 2M x 3M x 1.8M
- F - REFRIGERADOR 2M x 3M x 1.8M
- G - FREGADERO 2M x 3M x 1.8M
- H - ARMARIO DE PISO 2M x 3M x 1.8M
- I - ARMARIO DE PARED 3M x 3M x 1.8M
- J - VENTILADOR 2M x 3M x 1.8M
- K - CALENTADOR DE AGUA 3M x 3M x 1.8M
- L - ARMARIO DE PARED 3M x 3M x 1.8M

COMPONENTES - medidas nominales sugeridas



FLEXIBILIDAD EN LAS COMBINACIONES
DE ELEMENTOS
NORMALIZADOS DE 3M, 6M, 9M, 12M y 15M

Acotaciones en módulos básicos - Módulo básico = 1M = 1 decímetro Módulo de diseño 3M

Combinaciones que se pueden obtener con los módulos de 3M, 6M, 9M, 12M y 15M para distintas longitudes (múltiplos de 3M)

LONGITUD	COMBINACIONES						TOTAL DE COMBINACIONES
	3W-6W-12W-15W	6W-9W-12W-15W	9W-12W-15W	12W-15W	15W		
1W	1					1	
6W	1	1				2	
9W			1			3	
12W		1		1		3	
15W	1	1			1	7	
18W		2	1			10	
21W	10	2	1			13	
24W	13	3	1	1		18	
27W	18	3	1	3		23	
30W	23	5	1	2	1	30	
33W	30	5	2			37	
36W	37	7	2	3		47	
39W	47	7	2	6		57	
42W	57	10	2	8		70	
45W	70	10	3		1	84	
48W	84	13	3	2		101	
51W	101	14	3	2		119	

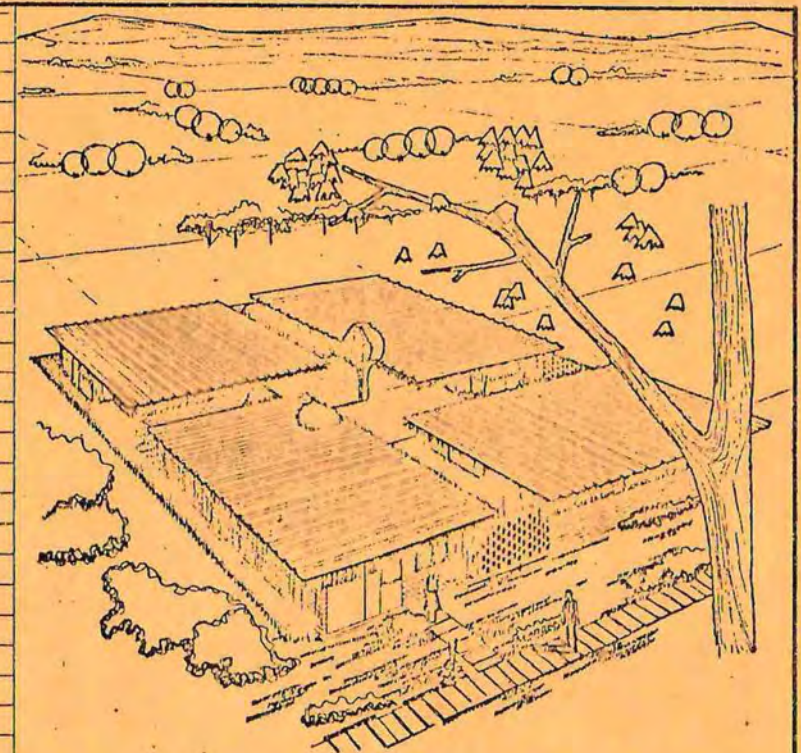
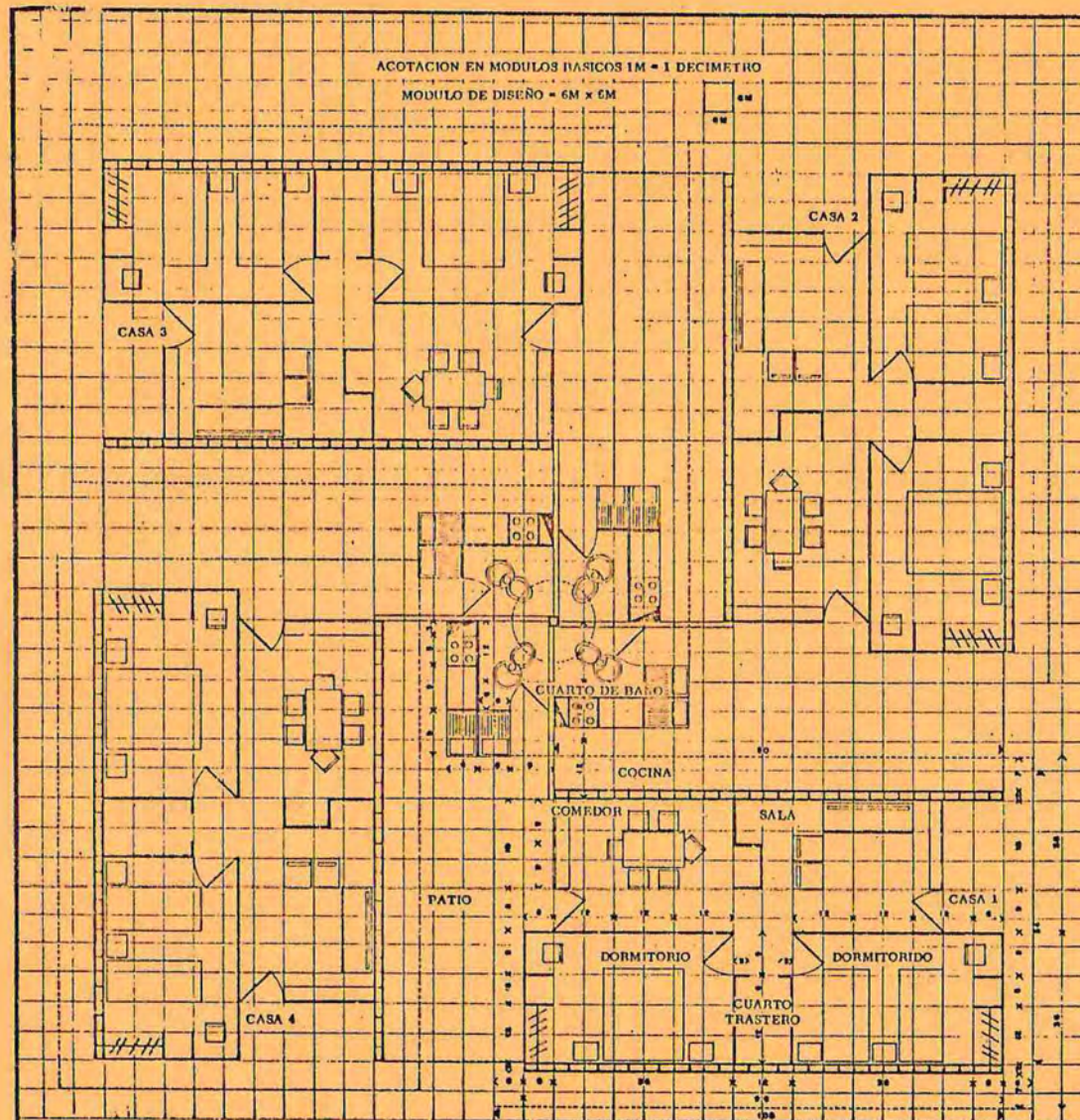
LARGITUD	COMBINACIONES					TOTAL DE COMBINACIONES
	3M-6M-9M-12M-15M	6M-9M-12M-15M	9M-12M-15M	12M-15M	15M	
54M	119	17	4	1	141	
57M	141	18	4	1	164	
60M	164	22	4	1	192	
63M	192	23	5	1	221	
66M	221	28	5	1	255	
69M	255	29	6	1	291	
72M	291	34	6	2	333	
75M	333	36	6	1	377	
78M	377	42	7	1	427	
81M	427	44	8	1	480	
84M	480	50	8	2	540	
87M	540	53	8	2	603	
90M	603	60	9	1	674	
93M	674	63	10	1	748	
96M	748	71	10	2	831	
99M	831	74	11	2	918	
102M	918	83	11	2	1004	

Dimensiones moduladas para la casa tipo "Istmo"; caso 54M

Dimensiones básicas - 3M, 6M, 9M, 12M y 15M

Escala modular métrica
 Diferença modular
 S.M. 221° 0' 10" = 173° 7' 56"
 Escala modular em graus

Ejemplo de modulación en 54M con módulo básico de 1 pie = 12 pulgadas



VISTA DE CUATRO CASAS (UNIDAD SANITARIA) TIPO "ISTMO"



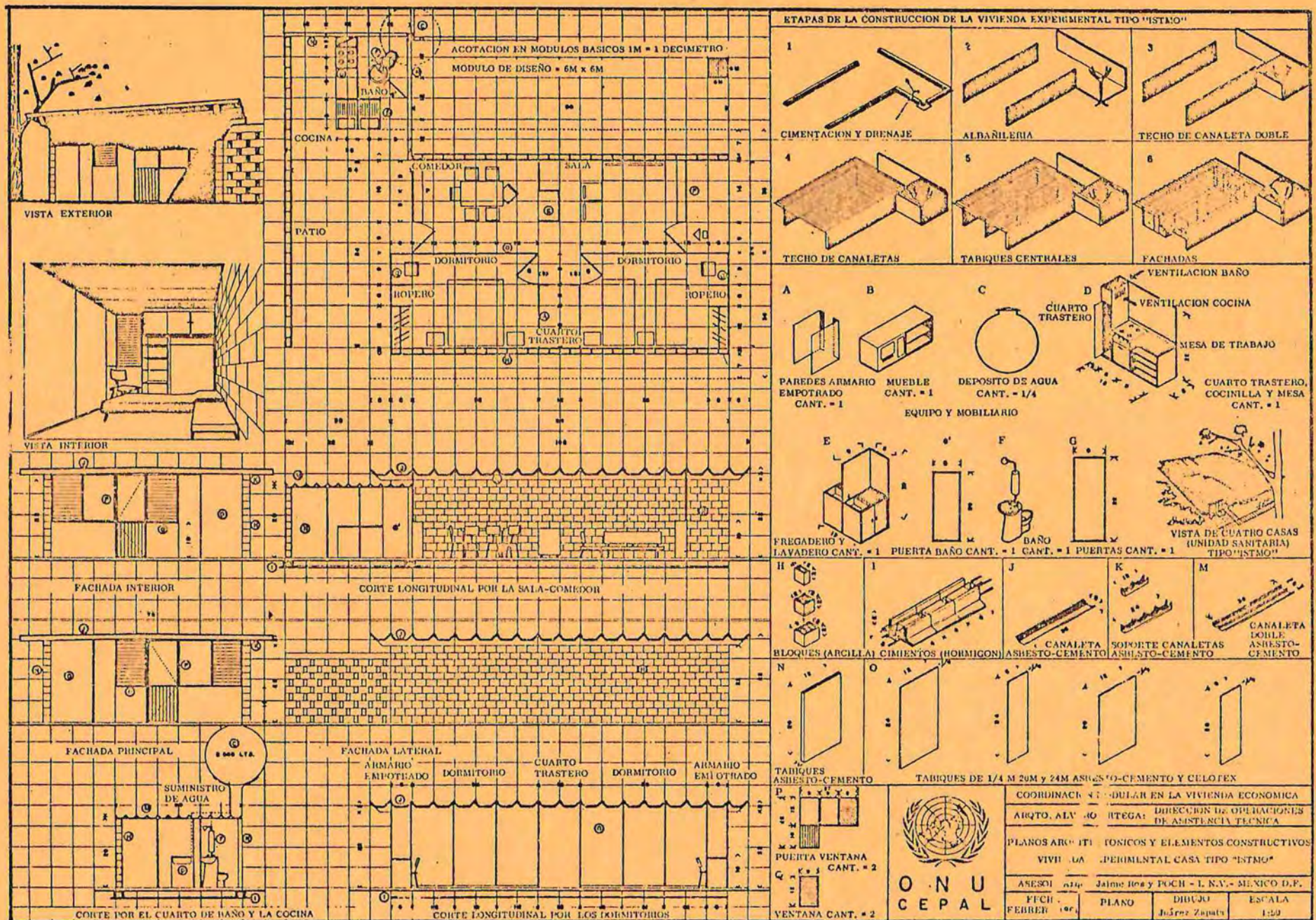
ONU
CEPAL

COORDINACION MODULAR EN LA VIVIENDA ECONOMICA
ARQTO. ALVARO ORTIGA - DIRECCION DE OPERACIONES
DE ASISTENCIA TECNICA

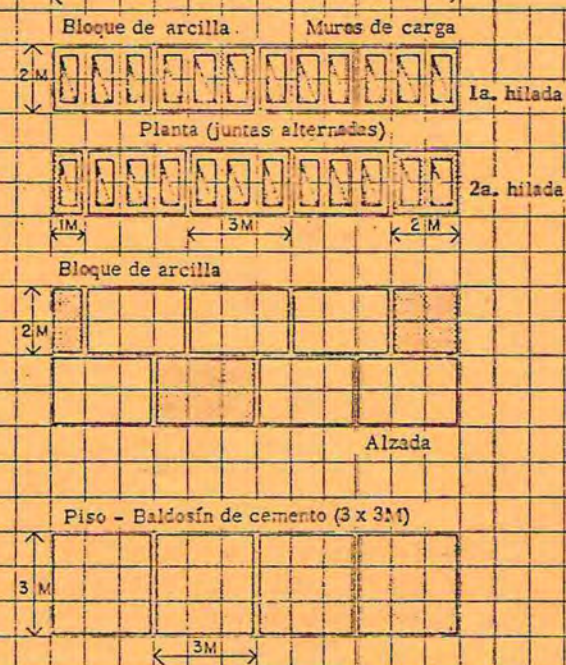
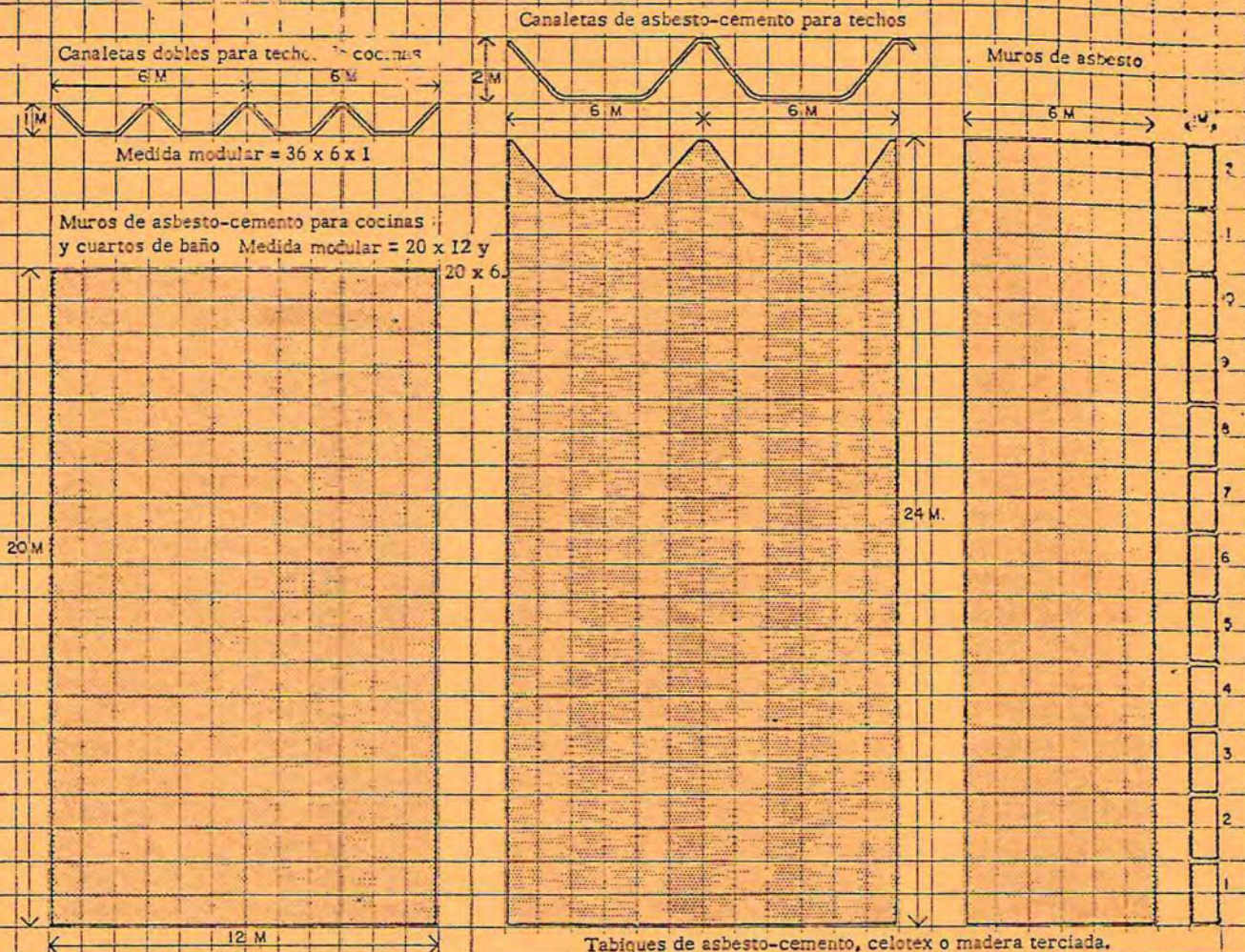
PLANOS ARQUITECTONICOS
VIVIENDA EXPERIMENTAL CASA TIPO "ISTMO"

ASESOR: ARQTO. JAIME DIAZ, ING. H. L. A. MEXICO, D.F.

FECHA	PLANO	APROBADO	EN ALA



ELEMENTOS MODULADOS PARA LA ESTRUCTURA DE LA VIVIENDA EXPERIMENTAL TIPO "ISTMO"



Tabiques de asbesto-cemento, celotex o madera terciada.
Medida modular = 24 x 12 y 24 x 6.

	Material	Tipo	Dimensión modular	Cantidad por casa
			3 x 2 x 2	694
Muros de carga	Arcilla	 	2 x 2 x 2 1 x 2 x 2	10 10
Tabiques	Asbesto- cemento		20 x 12	4
			20 x 6	2
			24 x 12	10
			24 x 6	4
Techo (canaleta)	Asbesto- cemento		36 x 6 x 1	36
Techo (cuarto de baño-cocina) (canaleta doble)	Asbesto- cemento		36 x 6 x 1	6
Pisos	Baldosín Cemento		3 x 3	456



**D. proposición de dimensiones
para componentes de pavimento**

D. PROPOSICION DE DIMENSIONES PARA COMPONENTES DE PAVIMENTO Y DETERMINACION DE UNA SERIE ESPECIFICA DE DIMENSIONES PARA RECINTOS DE LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL.

La Coordinación Modular es una técnica que está en desarrollo. Experiencias al respecto las encontramos en algunos países de economía desarrollada que han podido aplicarla en forma masiva, pudiendo resolver y verificar experiencias prácticas al respecto. En nuestro país la Coordinación Modular está en sus comienzos; se ha cumplido recién una primera etapa que es la confección de una serie normal de dimensiones (INDITECNOR NCh 685.n 70). La preocupación fundamental será ahora abordar y resolver problemas específicos que plantea la construcción modular (entrepisos, componentes de instalaciones, albañilerías, tabiquerías, pavimentos, etc.). Habrá que determinar entonces series de dimensiones que satisfagan estos fines específicos (serie específica de dimensiones) que permitan dimensionar los componentes respectivos modularmente, estudiar sus resultados prácticos y finalmente transformar estos estudios en normas oficiales que garanticen su aplicación.

El presente ejercicio tiene por objeto realizar un trabajo práctico académico de dimensionamiento para componentes de pavimento, determinando una serie específica de dimensiones que relacione estos componentes dimensionados modularmente con los espacios (recintos) arquitectónicos de la vivienda de interés social.

Se ha tomado como base de aplicación la vivienda de interés social (vivienda económica) por jugar ella un papel importante de índole económico, social y político en la realidad habitacional chilena y dada la tendencia actual que existe

de ser construída con un carácter repetitivo.

La complejidad que encierra la determinación de una serie específica de dimensiones ha obligado a centrar este ejercicio a límites bien precisos:

- a. Dimensionamiento de componentes de pavimento y determinación de una serie específica que relacione estas dimensiones con los recintos de la vivienda de interés social.
- b. Aplicación de los principios de la normalización y de la coordinación modular a esta serie específica de dimensiones.
- c. Aplicación de los componentes (pavimento) en planta de la vivienda de interés social.
- d. Estadísticas, encuestas, estudios y proposiciones a nivel regional.

Para la realización de este trabajo se han recogido experiencias hechas por INDITECNOR (INDITECNOR NCh 741p 70; NCh 742a 69; NCh 742p 70) y recomendaciones dadas por la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT 3-11-002) y en el trabajo "La Coordinación Modular" propiedades de las series de dimensiones, de los profesores Raúl Pellegrín, Flavio Gutiérrez y Carlos Martínez del cual sacamos los números a utilizar de la serie normal de dimensiones.

D.1. BASES PARA SU DETERMINACION.

La determinación de las dimensiones de un componente modular, está basada en los límites que se le fijarán para su fabricación; si se trata de un nuevo componente su dimensión se deriva de una dimensión modular, es un procedimiento exacto. Pero en el caso de modificar uno existente deberán considerarse sus ventajas que permitan adaptarlo a un reticulado modular de referencia.

Los componentes existentes pueden ser mayores o menores en relación a una dimensión modular escogida, el procedimiento para adaptarlo a un sistema modular consiste en estudiar la posibilidad de reducir sus dimensiones o aumentarlas hasta el tamaño modular escogido. Para modificar un componente no modular deberán estudiarse previamente la forma de fabricación, forma de trabajo, características y propiedades del material (dilataciones, contracciones, resistencia mecánica, etc.) que incidan en sus dimensiones y ver sus posibilidades de adaptación a un reticulado modular.

Un tipo dado de componente de construcción se hace con diferentes dimensiones, estas generan una serie de dimensiones. La variación de las dimensiones depende del tipo de componentes; pero generalmente éste necesita adaptarse o ajustarse a requisitos funcionales, (espacios arquitectónicos, relación con otros componentes, etc.)

Una serie de dimensiones de un componente puede ser diseñada para que se adapte a un edificio específico, en este caso se transforma en una serie específica de dimensiones, es diseñada para su posición en el edificio. Cuando se determina una serie de dimensiones específicas para un componente dado, los términos de estas series están dimensionalmente relacionados para cualquier límite de dimensiones.

Hecho este análisis de la forma de determinar las dimensiones de un componente y la necesidad de desarrollar una serie específica para él, fijamos condiciones y propiedades que deberá cumplir nuestro ejercicio.

- Determinación de dimensiones para componentes de pavimento y desarrollo de una serie específica de dimensiones modulares que relacione estos componentes con los recintos de la vivienda de interés social.
 - a. Unificación de las dimensiones de los pavimentos propuestos que permitan cubrir indistintamente cualquier superficie con cualquier material. Esta condición se da dado el hecho de que muchos recintos de la vivienda se pueden cubrir con diferentes pavimentos (ejemplo: el piso de una cocina puede ser cubierto con baldosas, pavimentos vinílicos o con madera).
 - b. La serie definida deberá cumplir los principios de la normalización: Simplificación, Unificación e Intercambiabilidad; y las propiedades que se les exige en la coordinación modular a la serie de dimensiones: modularidad, densidad, aditividad y combinabilidad.
 - c. Análisis estadístico de las encuestas a nivel regional, de componentes y espacios arquitectónicos de la vivienda de interés social, que permita fijar las dimensiones modulares de los componentes y los límites de la serie específica de dimensiones.
 - d. La serie elegida deberá contener todas las dimensiones de los componentes propuestos.

-
-
- e. La serie propuesta deberá ser modular, cuyo módulo base será 10 cms. (INDITECNOR NCh 346 of 50).
 - f. Los números obtenidos de ella deberán estar contenidos en la Serie Normal de Dimensiones (INDITECNOR NCh 685 n 70).
 - g. El sistema elegido deberá ser aditivo (serie aritmética), que dos o más dimensiones de él sumen otra de la serie. Debe ser así tratándose de componentes que por su colocación son aditivos.
 - h. Permitir que los componentes dimensionados sean colocados en obra sin desperdicios de cortes ni trabajos adicionales de colocación.
 - i. Empleo de pares de números como método apropiado para definir dimensiones de componentes, recomendación dada por los profesores Raúl Pellegrín, Flavio Gutiérrez y Carlos Martínez en su trabajo "Coordinación Modular. Propiedades de las series de dimensiones".
 - j. Los componentes y la serie propuesta serán aplicados a diseños en base a coordinación modular, vale decir, están incorporados a un sistema modular completo, que parte de una vivienda diseñada en base a coordinación modular. En esta forma podrán cumplirse todos los requisitos que hemos fijado.

D.2. ANALISIS DIMENSIONAL

Fijadas las bases de trabajo, fue necesario obtener los antecedentes que nos permitieran orientarnos para fijar posteriormente los límites numéricos de los componentes y de los recintos de la vivienda de interés social. Estos antecedentes fueron las encuestas y estadísticas de los espacios arquitectónicos en planta que iban a ser cubiertos por estos componentes (pavimentos) y las dimensiones existentes de los mismos.

Se realizó una encuesta a nivel regional, abocándose a los dos aspectos que nos interesaban.

1. Dimensiones de componentes existentes.
2. Dimensiones de los recintos arquitectónicos de la vivienda de interés social.

1. COMPONENTES.

Antes de realizar la encuesta a las fábricas de pavimentos de la zona, se hizo una clasificación general de los pavimentos usados en la vivienda de acuerdo a su material y a su forma, que la facilitaran.

- | | | |
|----|--------------------|---------------------|
| a. | Vinílicos | - parquet |
| | | - planchas |
| b. | Hormigón y mortero | - radieres afinados |
| | | - baldosas |

- c. Madera
 - tablas
 - parquet
 - laminoparquet

Hecha esta clasificación general se hizo la encuesta abocándose solamente a las dimensiones existentes en largo y en ancho, dada su aplicación en planta que van a tener los componentes. Se consideró el espesor incorporado al piso o entrepiso, esto daría origen a otro estudio que determinaría una nueva serie específica, que considere el espesor del pavimento. (Ver gráfico a)

No se graficaron los radieres ni las tablas de pisos, por ser los primeros fáciles de adaptar a un reticulado modular, al no tener dimensiones fijas; y los segundos por no encontrarse en las encuestas de vivienda, soluciones de este tipo. En todo caso se deja la posibilidad de ser incorporado a este esquema cumpliendo sus anchos y largos dimensiones modulares contenidas en la serie específica de dimensiones modulares propuestas.

2. RECINTOS ARQUITECTONICOS DE LA VIVIENDA.

Esta encuesta se realizó en dos sectores de la zona:

- a. Sector público. Corporación de la Vivienda y Corporación de Servicios Habitacionales.
- b. Sector privado. Sociedades de Ahorro y Préstamo y arquitectos particulares.

La clasificación de los recintos de la vivienda se hizo de acuerdo a su función en: estar-comedor, dormitorios, cocina y baño. Se tomaron las medidas en planta de ellos (largo y ancho). Las zonas de circulación y de guardado se consideraron incor

DIMENSIONES DE COMPONENTES EXISTENTES

COMPONENTES	LARGO EN M								ANCHO EN M										ESPESOR EN M/100														
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25		
SUPER FLEXIT fab. pizarreño		•		•						•		•								••		••											
PISOFLEX fab. pizarreño		•								•										•													
PLANSAFLEX fab. plansa				•								•								•••													
LINOLEUM																		•		••													
CHOLGUAN fab. cholguán		•								•											•												
BALDOSAS fab. el sol		•		•		•					•		•															••			•		
BALDOSAS fab. valdés		•		•						•	•		•															••					
BALDOSAS fab. emarca			•	•				•			•																				•••		
BALDOSAS fab. viñamarina		•		•							•																	••					
BALDOSAS fab. el rayo		•		•		•				•	•		•															••			•		
LAMINOPARQUET fab. cimsa	•									•																		•					
LAMINOPARQUET fab. coril	•	•								•	•																••						
LAMINOPARQUET fab. colcura	•									•																	•						
PARQUET fab. guzmán			•								•																				•		
PARQUET esp. fab. guzmán				•								•																			•		
PARQUET fab. fernandez			•								•																				•		
PARQUET fab. andes			•								•																				•		

M = 10 cm.

poradas al espacio adyacente (ejemplo: pasillos incorporados al estar-comedor, closets incorporados al dormitorio, etc.)

ANALISIS DE LAS ENCUESTAS

En los gráficos de densidades se pudo observar zonas de gran concentración de dimensiones, con pequeñas variaciones dimensionales. De acuerdo a esto se fijaron límites para cada uno de los recintos que cubrieran el máximo de dimensiones existentes, esta delimitación se hizo en líneas modulares que pudiesen ser cubiertas con componentes modulares (ver gráficos b,c,d y e). Estos límites nos indicaron cuales serían las dimensiones máximas y mínimas de los espacios arquitectónicos de la vivienda, con los cuales había que trabajar.

En el gráfico de componentes existente se comprobó que las dimensiones tanto en largo como en ancho eran iguales (es decir los componentes eran cuadrados) y existía una concentración de ellas en 2M y 3M (M=10 cm), fue de mucha importancia este dato dado el hecho de lo que pretendíamos era buscar dos o más números que permitieran dimensionarlos. Aquellos componentes que no estaban contenidos en estas dimensiones deberían acomodarse a ellas. Tratándose de pequeñas variaciones este acomodo es lógico, si lo que se pretende es una normalización de dimensiones.

Vimos también que en el caso de los laminoparquets, sus dimensiones tendían a 1M, por las características de este pavimento hecho con madera de despunte se fijó como dimensión modular 1M, adaptando a las dimensiones existentes a él.

GRAFICO DE DENSIDADES : ESTAR-COMEDOR

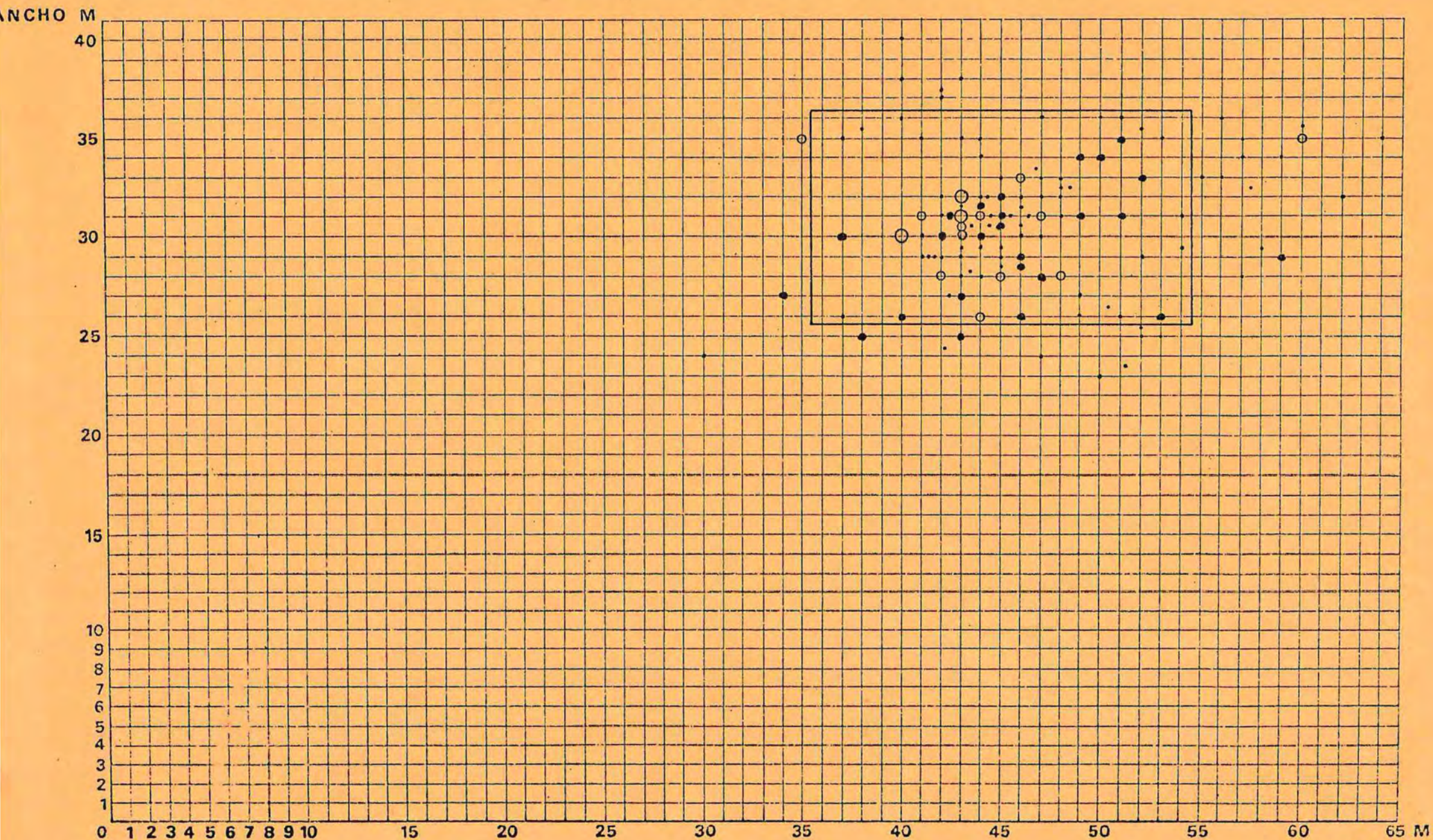


GRAFICO RESUMEN

SIMBOLOGIA :
 • 1 MUESTRA
 • 2 MUESTRAS
 o 3 MUESTRAS
 O+5 MUESTRAS

M = 10 CMS.

GRAFICO DE DENSIDADES : DORMITORIOS

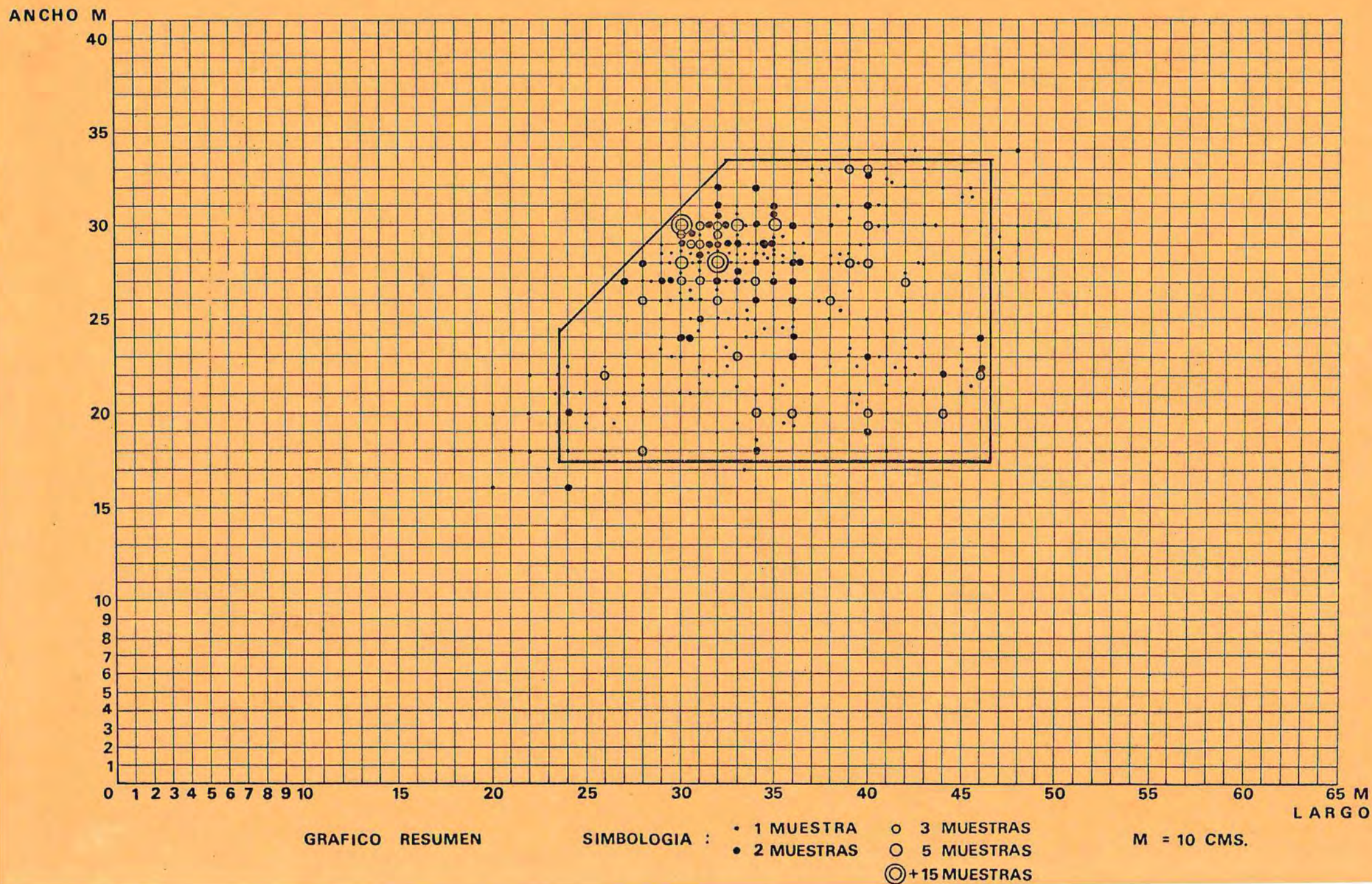


GRAFICO DE DENSIDADES : COCINAS

ANCHO M

40

35

30

25

20

15

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65 M

LARGO

GRAFICO RESUMEN

SIMBOLOGIA :

• 1 MUESTRA

• 2 MUESTRAS

○ 3 MUESTRAS

○ +5 MUESTRAS

M = 10 CMS.

GRAFICO DE DENSIDADES : BAÑOS

ANCHO M

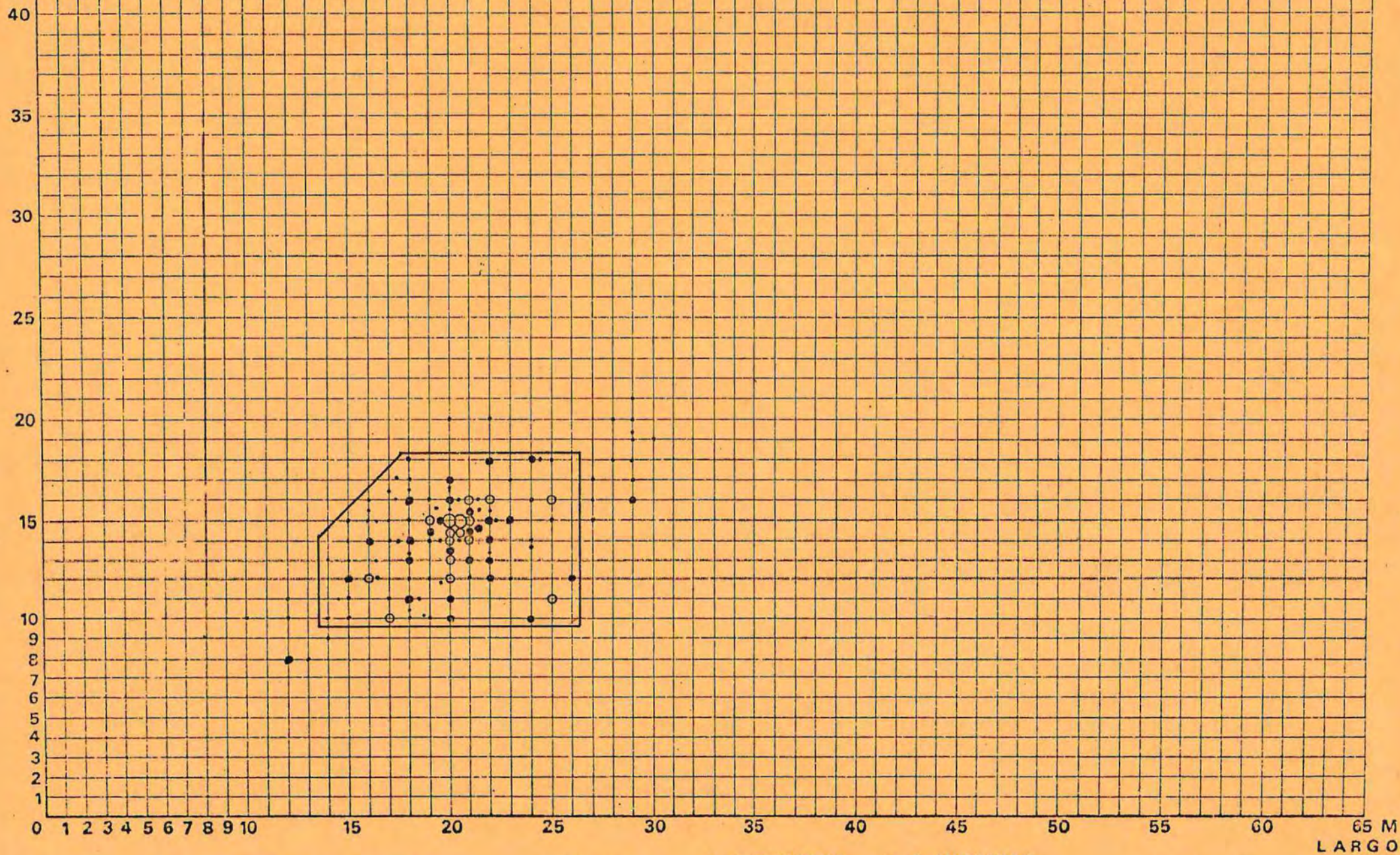


GRAFICO RESUMEN

SIMBOLOGIA :

- 1 MUESTRA
- 2 MUESTRAS
- 3 MUESTRAS
- + 5 MUESTRAS

M = 10 CMS.

D.3. ANALISIS MATEMATICO.

Con los límites fijados en los recintos de la vivienda (gráficos de densidades b,c,d,e) y la determinación de dos números (2 y 3) obtenidos del gráfico a de dimensiones de los componentes, se procedió a desarrollar una serie por combinación de ellos (ver pares de números página 37). Esto nos permitía saber cuales serían las dimensiones modulares que se podrían cubrir en los recintos antes limitados.

Desarrollo de la serie generada por el par 2,3 aplicando la fórmula
 $p \times m_1 + q \times m_2$ siendo:

$$m_1 = 2$$

$$m_2 = 3$$

p y q = números enteros positivos o nulos

Serie desarrollada: 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,....., 54.

Vemos en ella que a partir del número crítico 2 se hace consecutiva con un incremento = 1 (serie aritmética), con una gran combinabilidad.

Daba la impresión de que el problema podría estar resuelto ya que contábamos con los siguientes datos:

- a. Dimensiones de los componentes (2M x 2M y 3M x 3M) obtenidos de las encuestas.
- b. Obtención de una serie de dimensiones a partir de los números 2 y 3

(dimensiones de los componentes 2M x 2M y 3M x 3M), y que iba a ser consecutiva a partir de 2 con un incremento =1 (1M), con ella podríamos cubrir todas las dimensiones lineales modulares en los recintos limitados de la vivienda.

Como comprobación, se desarrolló un gráfico de coordenadas cartesianas, con los números obtenidos en la serie generada por el par 2,3, para poder apreciar si se cumplía esta cualidad tratándose de superficies (ver gráfico fl).

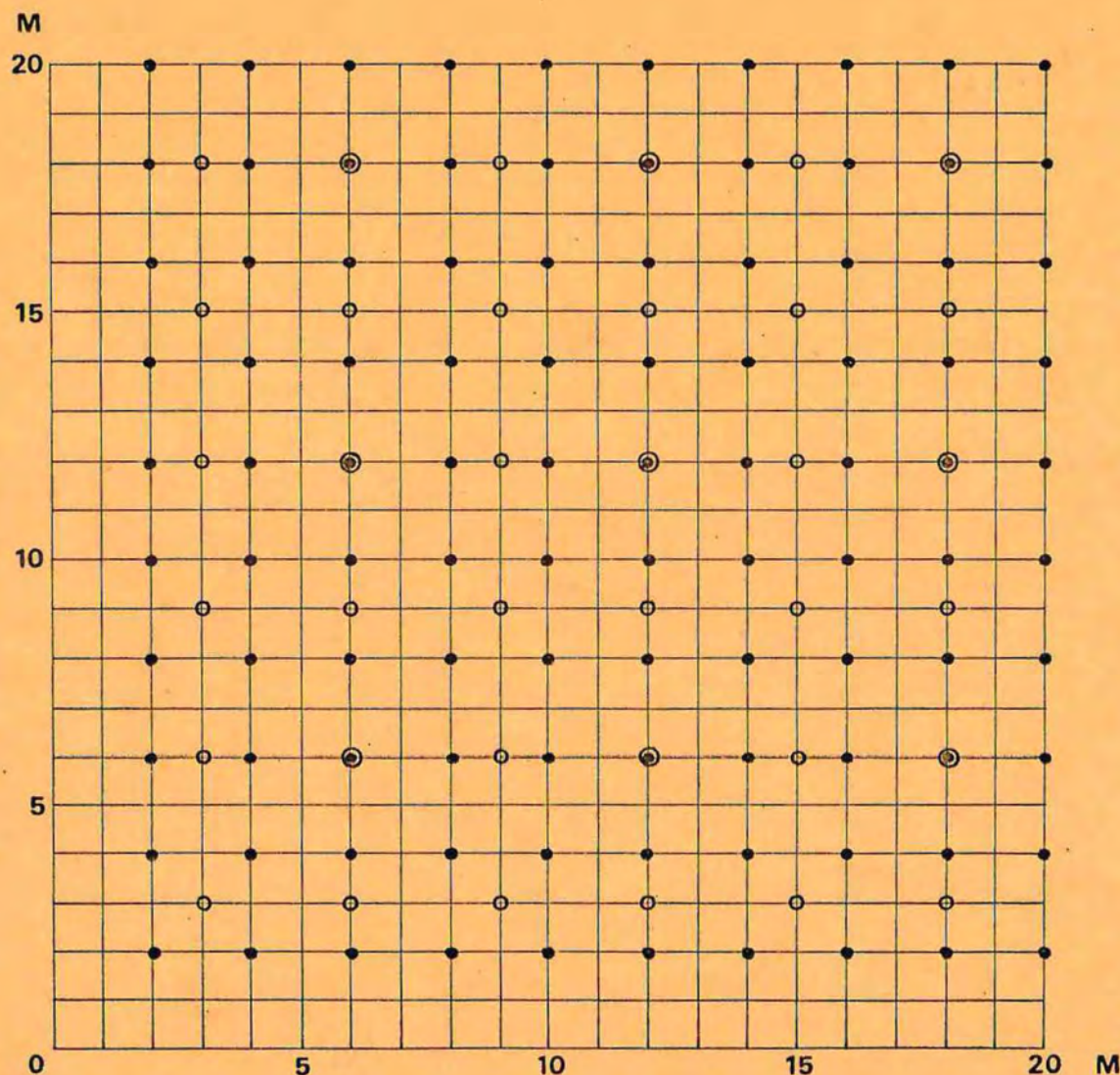
En este gráfico observamos que no todos los términos de la serie generada por el par 2,3 se podían combinar para formar superficies posibles de ser cubiertas con los componentes 2M x 2M y 3M x 3M. Solamente era posible hacerlo con los múltiplos de 2M y los múltiplos de 3M separadamente.

Se hizo un cálculo porcentual de las superficies que podían ser cubiertas con los componentes 2M x 2M y 3M x 3M y dio como resultado un 31,7% (ver gráfico fl).

Se estudió una nueva forma de trabajo, aplicando los mismos principios de los pares de números linealmente, ahora en superficies.

1. Supondremos, para este desarrollo, que la mayor superficie que se puede cubrir son 100 m^2 , es decir 10.000 módulos cuadrados ($100 \text{ m}^2 = 10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$, es decir $100\text{M} \times 100\text{M} = 10.000 \text{ M}^2$)
2. Empleando componentes de 2M x 2M, si el cubrimiento deseado tiene una superficie S, esta superficie debe ser de la forma $2p$ dimensiones de largo y $2q$ dimensiones de ancho, siendo p y q números naturales.

GRAFICO DE SUPERFICIES CUBIERTAS



SUPERFICIES CUBIERTAS POR
LOS COMPONENTES :

• 2M x 2M	25%
○ 3M x 3M	9%
⊙ por ambos	2,25%

PORCENTAJE FINAL 31,75 %

$$S = 2p \times 2q = 4pq$$

Vale decir que S debe ser un múltiplo de 4, resultando así para S el siguiente conjunto de superficies posibles de cubrir con componentes de $2M \times 2M$.

$$S = (4, 8, 12, 16, 20, \dots, 10.000)$$

3. Empleando componentes de $3M \times 3M$, por un razonamiento análogo, concluimos que las superficies que pueden cubrirse con componentes de $3M \times 3M$ deben ser múltiplos de 9, es decir:

$$S' = (9, 18, 27, 36, \dots, 9.999)$$

4. Se desarrolló una serie de dimensiones a partir del par 4 y 9, que permitirían emplear las superficies de S y S', generadas por los componentes $2M \times 2M$ y $3M \times 3M$.

Par 4-9

Número Crítico:

$$N_c = (m_1 - 1) (m_2 - 1)$$

$$\text{Siendo } m_1 = 4$$

$$m_2 = 9$$

$$N_c = (4 - 1) (9 - 1) = 24$$

La serie generada por este par es consecutiva con incremento = 1, a partir de 24. Bajo este término existen las siguientes dimensiones:

$$n = \frac{N_c}{2m} - 1$$

Siendo: n = números de términos bajo el número crítico

m = incremento

N_c = número crítico

$$n = \frac{24}{2} - 1 = 11$$

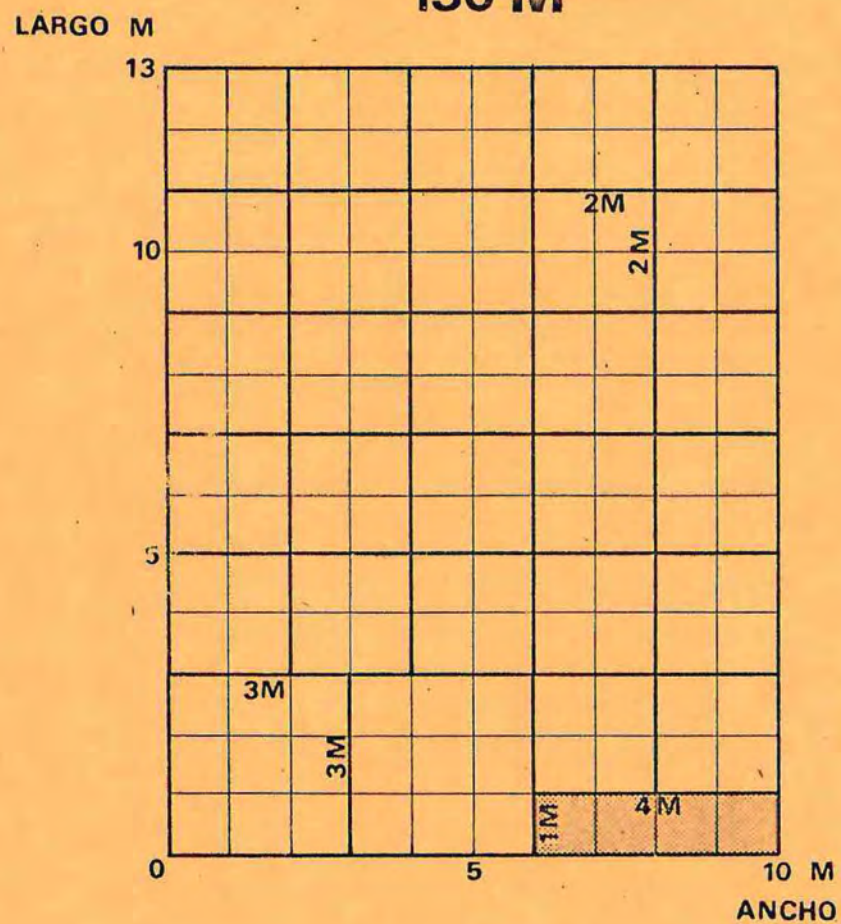
La serie generada sería la siguiente:

4, 8, 9, 12, 13, 16, 17, 18, 20, 21, 22, ②4, 25, 26, 27, 28,, 10.000

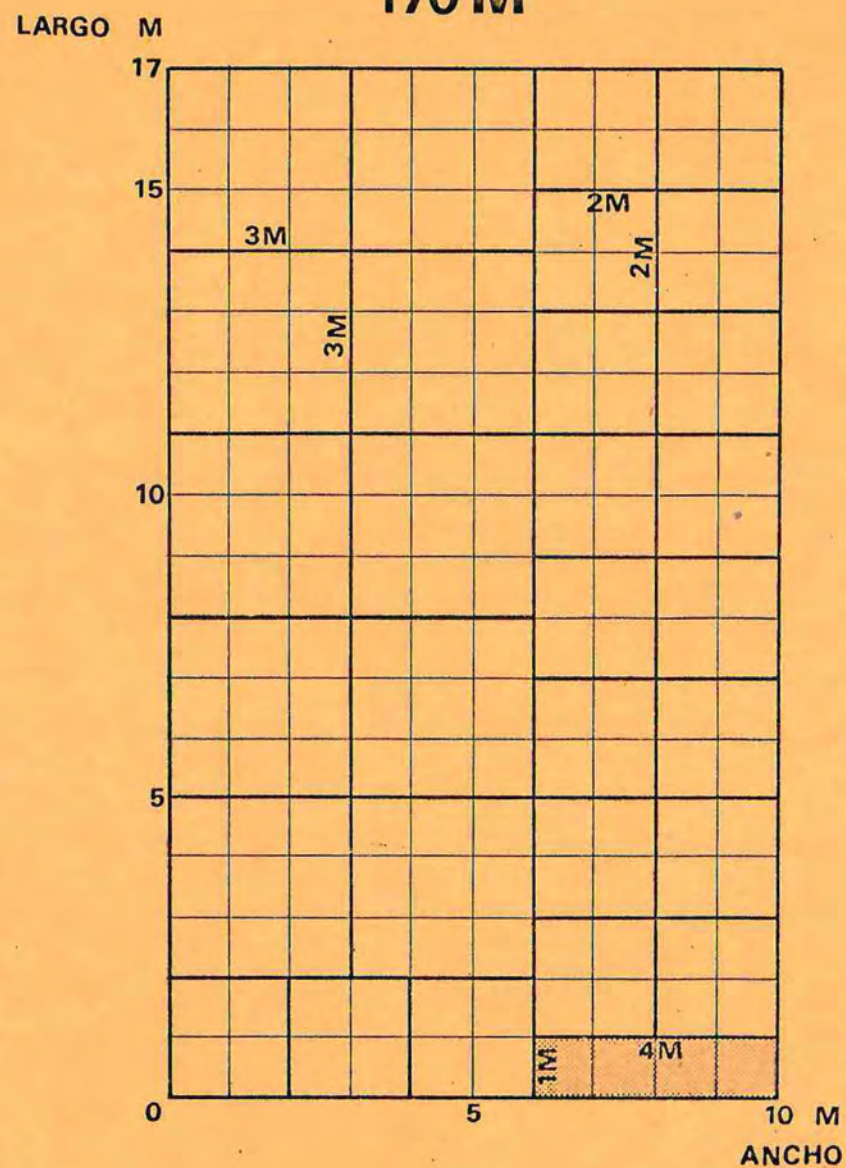
5. Se procedió a comprobar si realmente la serie nos permitía cubrir todas las superficies a partir del término 24. Para tal efecto se eligieron dos términos de la serie, que tuvieran en uno de sus factores (largo o ancho) un número primo, los términos fueron 130 (13M x 10M) y 170 (17M x 10M). Al hacer el desarrollo gráfico pudimos observar que no es posible cubrir estas superficies con los componentes 2M x 2M y 3M x 3M. En este ejemplo, la superficie del componente 2M x 2M ($4M^2$) fue formada por un componente de 1M x 4M ($4M^2$), es decir, se distorsionó las dimensiones de componente para cubrir totalmente la superficie. (ver gráfico h)

CUBRIMIENTO DE SUPERFICIES

130 M²



170 M²



6. Nuestro siguiente paso, ya que no era posible cubrir todas las superficies generadas por el par 4 -9, fue calcular que porcentaje de esas superficies se podían cubrir con los componentes de 2M x 2M ($4M^2$) y 3M x 3M ($9M^2$), separadamente, dentro de los $100 m^2$ ($10.000 M^2$)

- a. Número de términos que pueden cubrirse con el componente 2M x 2M ($4M^2$)

$$n_4 = \frac{10.000 - 4}{4} + 1 = 2.500$$

- b. Número de términos que pueden cubrirse con el componente 3M x 3M ($9M^2$)

$$n_9 = \frac{9.999 - 9}{9} + 1 = 1.111$$

Nota: 9.999 es el mayor elemento de 9

Para el componente 2M x 2M existen 2.500 posibilidades de un total de 10.000. Porcentaje 25%. Para el componente 3M x 3M existen 1.111 posibilidades de un total de 10.000. Porcentaje 11,11%.

Sumando n_4 y n_9 tendremos todas las superficies comprendidas entre 0 y 10.000 que pueden cubrirse con los dos componentes separadamente. A esta suma se le deberá descontar las dimensiones que se repiten tanto para 4 como para 9. Estas son todos los múltiplos de 36.

$$n_{36} = \frac{9972 - 36}{36} + 1 = 277$$

Nota: 9972 es el mayor elemento de 36.

n_4	= 2.500	25%
n_9	= 1.111	11,11%
$n(4+9)$	= 3.611	36,11%
n_{36}	= 277	2,77%
n	= 3.334	33.34%

Este resultado es similar al obtenido gráficamente (ver gráfico fl) con términos del par 2-3.

Como simplificación del problema, se procedió a determinar dos series aritméticas simples, cuyos primeros términos fueran 2 y 3 y sus incrementos 2 y 3 respectivamente (2,4,6,8,.....) (3,6,9,12,.....) que contuvieran todas las dimensiones modulares (en este caso largo y ancho del o de los recintos de la vivienda) que sirvieran



para generar superficies posibles de ser cubiertas con los componentes generadores (2M x 2M y 3M x 3M) separadamente.

Desarrolladas las series se vió que habían términos comunes a las dos, y las superficies que ellos generaban podían cubrirse indistintamente con los dos componentes (2M x 2M y 3M x 3M). Estos términos son el 6 y sus múltiplos (ver gráfico i).

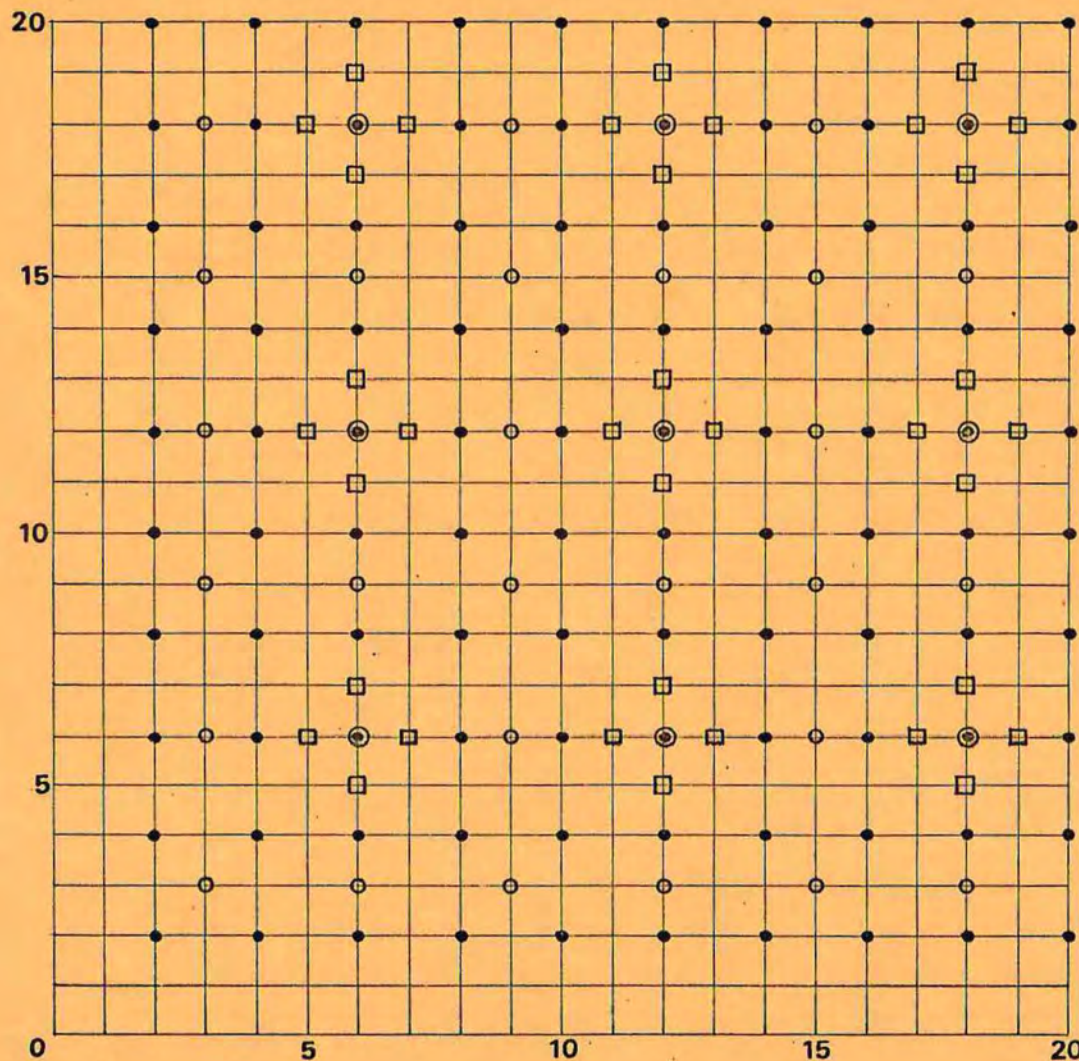
Además se comprobó que si una de las dimensiones del recinto era 6 o múltiplo de 6, la otra dimensión podría ser cualquier término contenido en la serie generada por el par 2 - 3 (ver gráficos f2-j). Esto permitía usar los dos componentes combinados aumentando el porcentaje de superficies cubiertos por ellos, de un 31,75% a un 40,75% , porcentaje aceptable y con una gran simplificación.

Aplicando el mismo criterio dentro de los límites fijados para los recintos de la vivienda estos porcentajes fueron los siguientes:

Superficies cubiertas por 2M x 2M y 3M x 3M separadamente	36,5%
Superficies cubiertas por los componentes combinados	11,2%
Superficie cubierta total	47,7%
(ver gráfico g)	

Con estos antecedentes se procedió a la elaboración final de la serie específica de dimensiones para la vivienda de interés social.

GRAFICO DE SUPERFICIES CUBIERTAS



SUPERFICIES CUBIERTAS POR
LOS COMPONENTES :
(2 M x 2 M y 3 M x 3 M)

●○ cada uno separadamente	31,75 %
□ combinados	9,00 %

PORCENTAJE TOTAL 40,75 %

SUPERFICIES CUBIERTAS, ENTRE LIMITES

ANCHO M

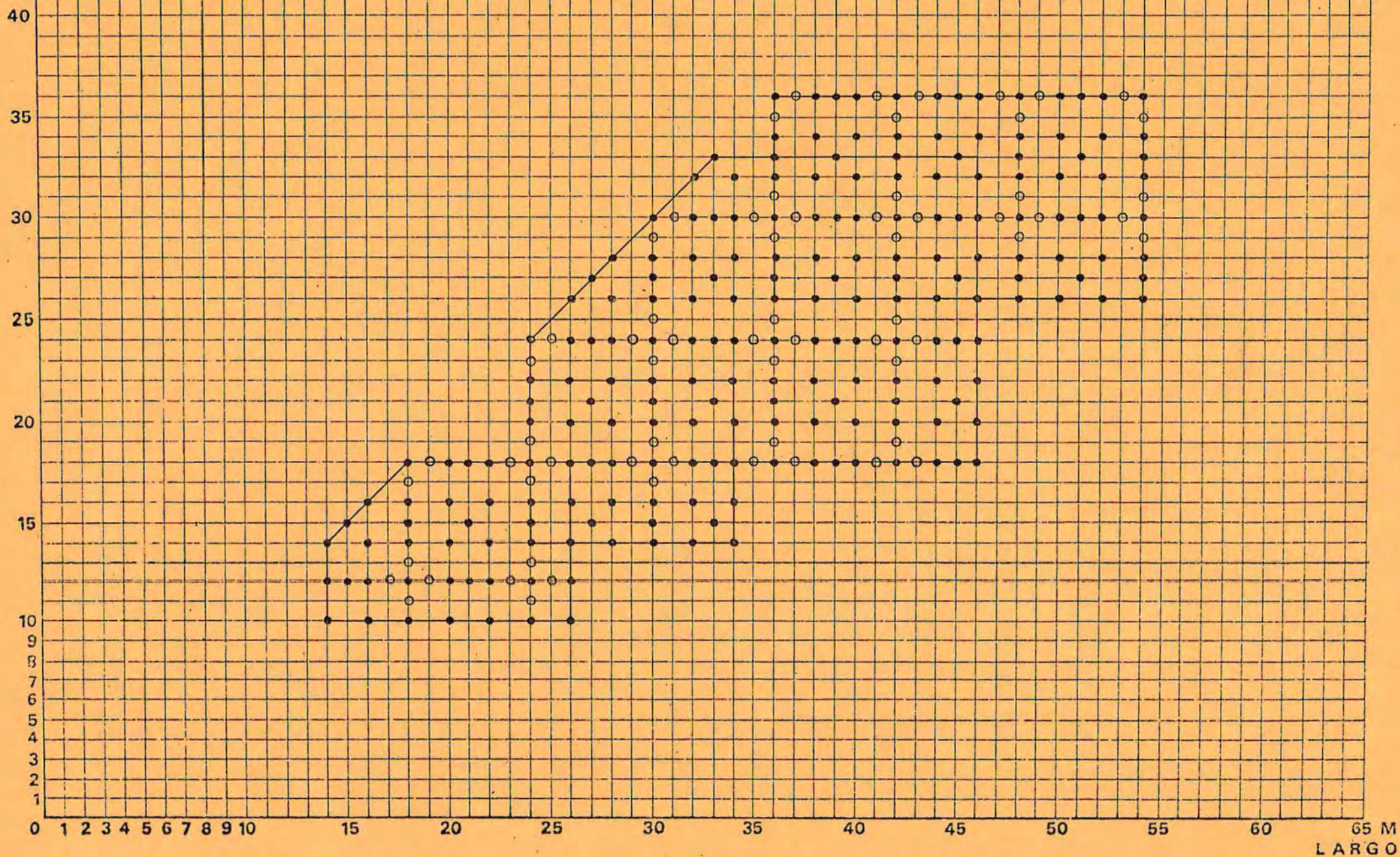
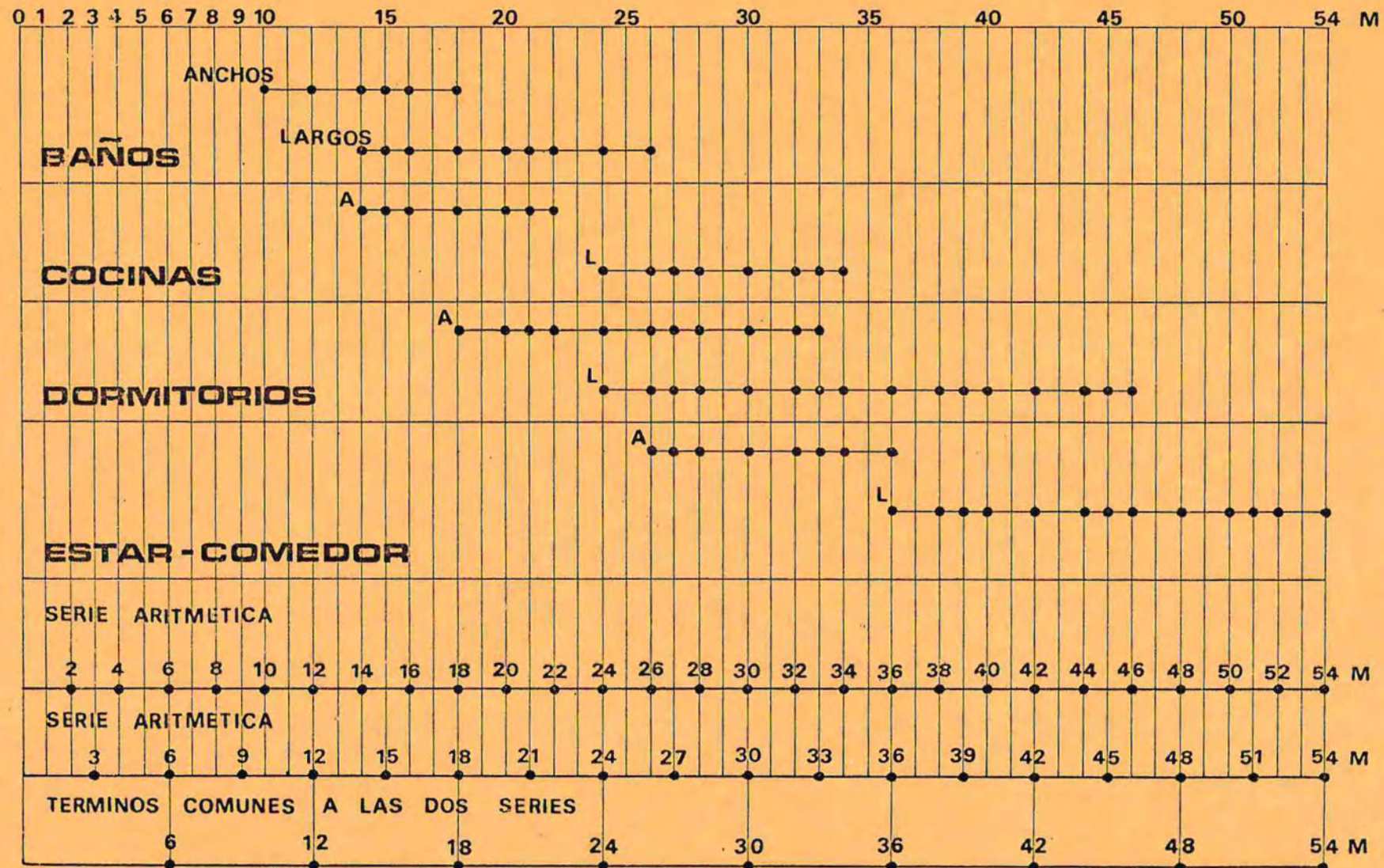


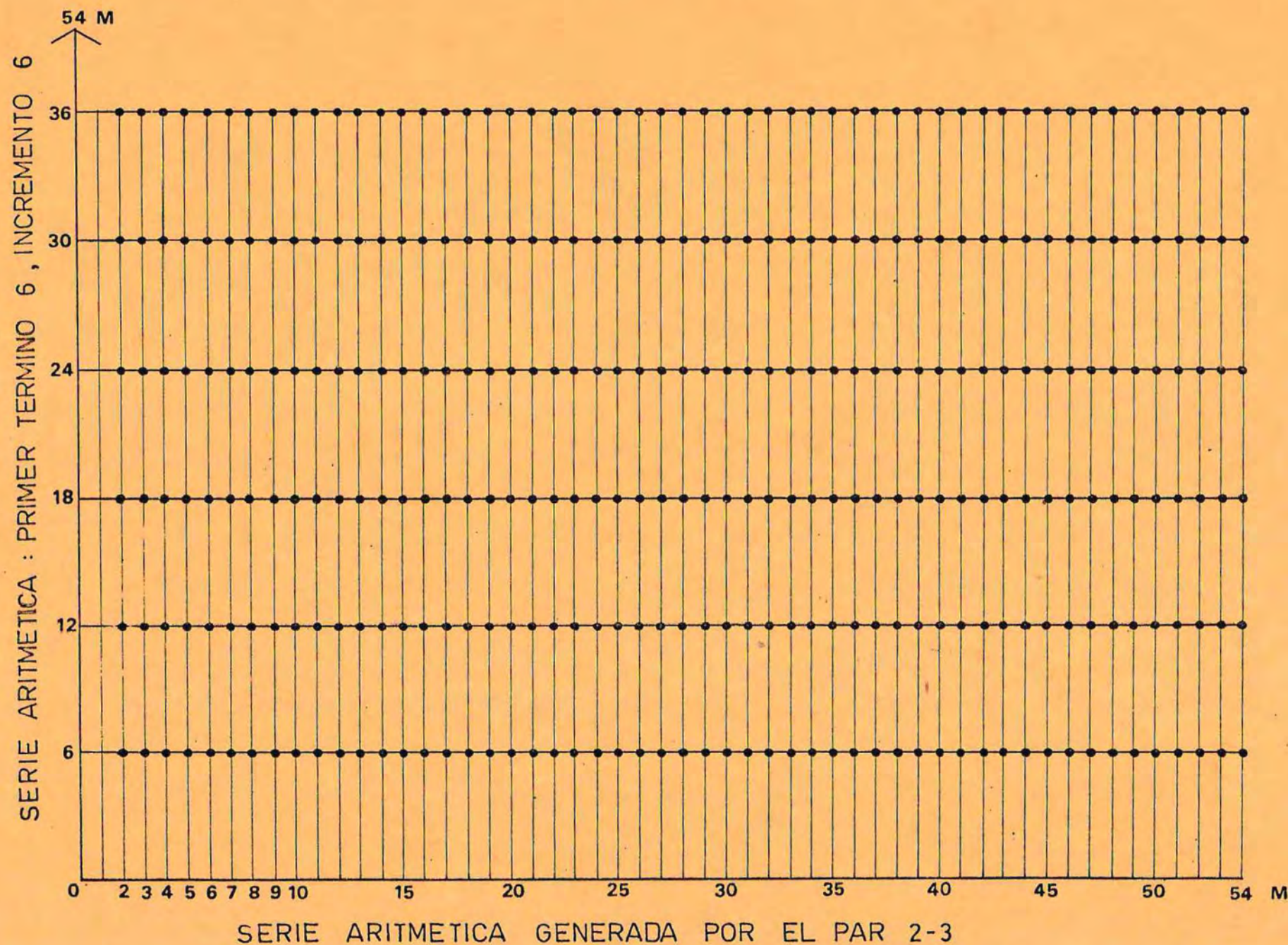
GRAFICO RESUMEN
M = 10 CMS

SIMBOLOGIA : ● SUPERFICIES MODULARES CUBIERTAS
POR LOS COMPONENTES (2M X 2M - 3M X 3M) SEPARADAMENTE
○ COMBINADOS

GENERACION DE LA SERIE PROPUESTA



SUPERFICIES CUBIERTAS POR LA SERIE COMPUESTA



D.4. PROPOSICION.

1. DIMENSIONES DE COMPONENTES.

Del estudio hecho anteriormente sobre combinaciones de un par de dimensiones para cubrir una superficie, se procedió a definir las dimensiones finales de los componentes. Nuestra meta era reducir la variedad de dimensiones existentes de estos componentes al máximo, con el objeto de simplificar el diseño, la fabricación y la construcción.

Como conclusión final se sacaron las dos dimensiones con que se trabajó (2M x 2M y 3M x 3M) dada su gran combinabilidad y que respondían a las dimensiones existentes. Se vió que aquellas dimensiones que no estaban contenidas en ellas se podrían modificar y su adaptación no ofrecía mayores problemas. Se le dieron estas dimensiones a todos los componentes de pavimento que se iban a utilizar en la vivienda (parquets de madera y vinílicos y baldosas). Se dejó una dimensión de 1M x 1M al láminoparquet, por las características de su fabricación (hecho de madera de despunte) y cuyas dimensiones existentes se acercaban a él.

Finalmente se propuso un último componente de 1M x 1M para todo tipo de pavimento que se iba a utilizar en un espacio dado, para cubrir vanos modulares que no estuviesen contenidos en la serie de dimensiones propuesta. Este componente surgió como resultado de una encuesta que se hizo a las puertas de baños y cocinas y que dio como medida media 7M (dimensión no contenida en la serie), además el espesor del muro en que

iba a estar contenida la puerta, podría variar de 2M (muro estructural) a 1M (tabique divisorio), cuya última dimensión tampoco se encuentra en la serie.

Así se evitará cualquier corte o retoque en obra, que se realiza en la actualidad para adaptar un componente que no está contenido en una superficie dada. Su uso estará limitado solamente a vanos de puerta. Su empleo en otro tipo de superficies atentará contra la simplificación antes lograda.

DIMENSIONES PROPUESTAS.

Siguiendo la clasificación hecha al principio según su forma y material proponemos:

- | | |
|-----------|---|
| VINILICOS | <ul style="list-style-type: none"> - PARQUET DE 2M x 2M - PARQUET DE 3M x 3M - PARQUET ESPECIAL PARA VANOS DE PUERTAS DE 1M x 1M |
| MADERAS | <ul style="list-style-type: none"> - PARQUET DE 2M x 2M
Formado por 4 palmetas de M/2 x 2M - PARQUET DE 3M x 3M
Formado por 6 palmetas de M/2 x 3M - PARQUET ESPECIAL PARA VANOS DE PUERTAS DE 1M x 1M
Formado por 2 palmetas de M/2 x 1M - LAMINOPARQUET DE 1M x 1M
Formado por 4 palmetas de M/4 x 1M |

- MORTERO DE CEMENTO - BALDOSA DE 2M x 2M
 - BALDOSA DE 3M x 3M
 - BALDOSA ESPECIAL PARA VANO DE PUERTA DE 1M x 1M

Siendo $M = 1$ decímetro = 10 cm.

2. SERIE ESPECIFICA DE DIMENSIONES MODULARES DE COMPONENTES DE PAVIMENTO PARA LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL.

Del análisis matemático y estadístico, esta serie específica quedó compuesta finalmente por: 2 series aritméticas simples (a y b) y una serie aritmética compuesta en dos dimensiones (c)

- a. SERIE ARITMETICA SIMPLE $n \times 2M$ desde 2M hasta 54M
- b. SERIE ARITMETICA SIMPLE $n \times 3M$ desde 3M hasta 54M
- c. SERIE ARITMETICA COMPUESTA EN 2 DIMENSIONES (superficie)
 - c.1. En el eje de las ordenadas. Serie aritmética simple $n \times 6M$ desde 6M hasta 54M.
 - c.2. En el eje de las abscisas. Serie aritmética simple $(n \times 2M) + (n \times 3M)$ desde 2M hasta 54M.

En estos casos $M = 1$ decímetro = 10 cm y $n = 1$ número entero positivo y diferente a cero.

Las series que resultan son las siguientes:

- a. 2M, 4M, 6M, 8M, 10M, 12M, 14M, 54M
- b. 3M, 6M, 9M, 12M, 15M, 18M, 21M, 54M
- c.1. 6M, 12M, 18M, 24M, 30M, 36M, 42M 54M
- c.2. 2M, 3M, 4M, 5M, 6M, 7M, 8M, 9M 54M

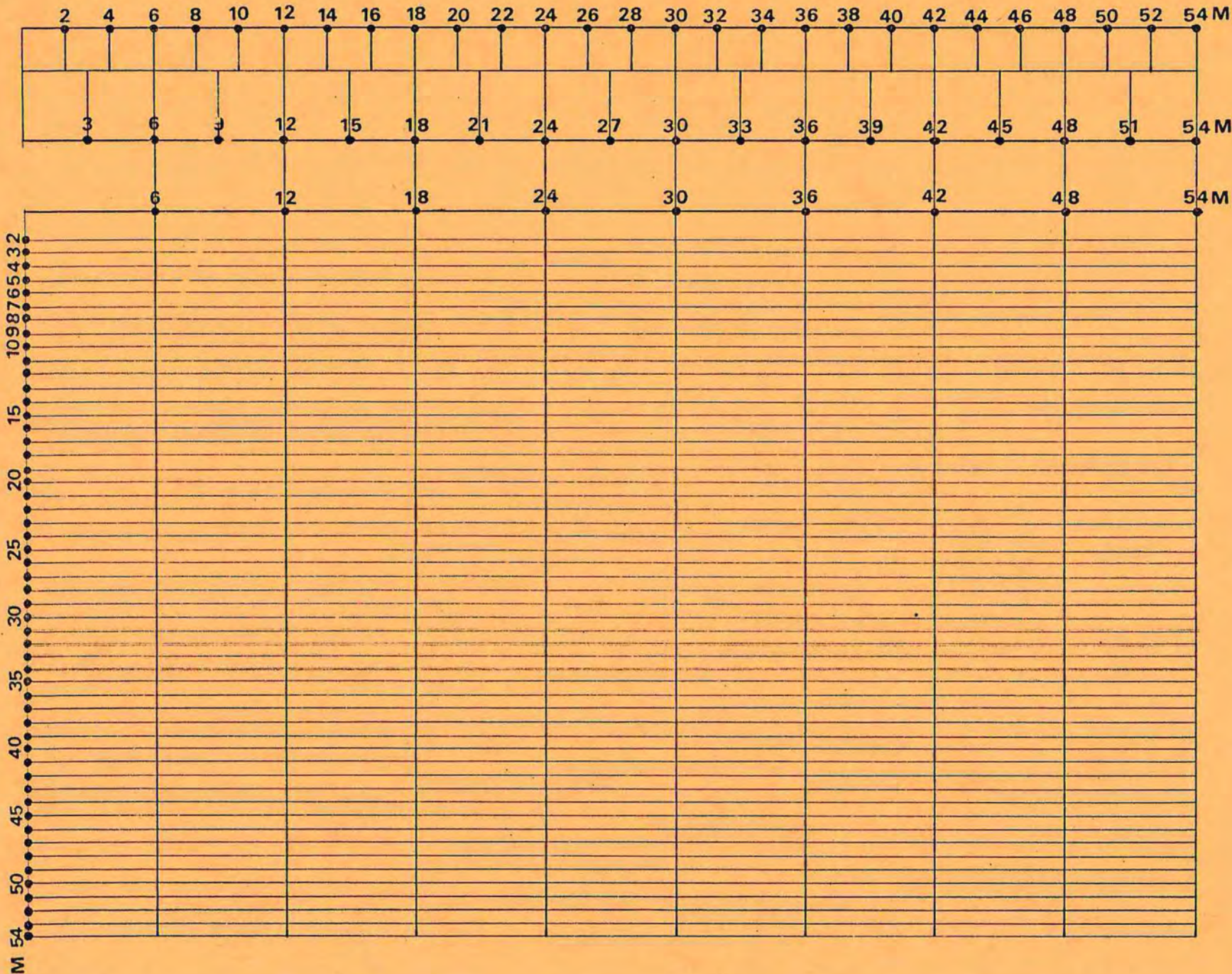
(ver gráfico 1)

La serie específica propuesta tiene la siguiente característica, para un rango de magnitudes (de cero a 54M) , se puede trabajar en dos formas, simple o combinadamente con los componentes 2M x 2M y 3M x 3M.

1. Las series a y b, se usarán independientemente para cubrir un recinto con un solo componente (2M x 2M o 3M x 3M)
2. La serie c (c1 y c2), se usará por combinación de los dos componentes (2M x 2M y 3M x 3M)
3. VERIFICACION DE LAS PROPIEDADES QUE DEBE CUMPLIR LA SERIE ESPECIFICA DE DIMENSIONES PROPUESTA.

Verificamos aquí las propiedades que en coordinación modular deben cumplir

SERIE PROPUESTA



A.
SERIE ARITMETICA SIMPLE
 $N \times 2M$

B.
SERIE ARITMETICA SIMPLE
 $N \times 3M$

C.1.
SERIE ARITMETICA SIMPLE
 $N \times 6M$

C.
SERIE ARITMETICA COMPUESTA
EN DOS DIMENSIONES

las series de dimensiones, condición que se le exigió al comienzo del trabajo.

a. Modularidad.

La serie es modular, siendo el módulo $M = 1$ decímetro = 10 cm.

b. Densidad.

Una serie aritmética presenta una buena densidad, siendo la mayor $n \times M =$ densidad 1,0, la que aumenta a medida que el incremento de la serie aumenta. Verificaremos la densidad en las diferentes series aritméticas simples que componen nuestra serie específica.

Para ello aplicamos la fórmula: $D = \frac{N-1}{l_i - l_o}$

Siendo:

$D =$ densidad

$N =$ número de términos de la serie

$l =$ longitud del intervalo

$l_i =$ la dimensión mayor

$l_o =$ la dimensión menor

Serie a

$$D = \frac{27 - 1}{42 - 2} = \frac{26}{52} = 0,5$$

Serie b

$$D = \frac{18 - 1}{54 - 3} = \frac{17}{51} = 0,33$$

Serie c_1

$$D = \frac{9 - 1}{54 - 6} = \frac{8}{48} = 0,16$$

Serie c_2

$$D = \frac{53 - 1}{54 - 2} = \frac{52}{52} = 1$$

c. Aditividad.

La serie está formada por series aritméticas, generadas por combinación lineal de números, con ello se cumplen las dos propiedades de la aditividad en cualquiera de ellas:

- Dos términos cualquiera de la serie suman otro de ella: $4 + 16 = 20$, este ejemplo corresponde a dos términos de la serie a.
- Dos o más términos de la serie suman otro término de ella. Con esto se cumpliría la propiedad de cierre.

d. Combinabilidad.

La combinabilidad de una serie es mayor, cuando el módulo elegido es menor. En este caso la combinabilidad de la serie simple va aumentando a medida que aumenta el módulo generador M , $2M$, $3M$, $6M$. (Serie de dimensiones específica propuesta)

Finalmente diremos, que en los componentes propuestos se ha reducido la cantidad de dimensiones existentes a aquellas que son realmente indispensables, unificando sus dimensiones para los diferentes tipos, permitiéndose con ello una intercambiabilidad tanto en recintos arquitectónicos como en tipos de componentes.

Su aplicación a la vivienda de interés social estará dada por la serie específica de dimensiones modulares propuesta para este efecto. Lográndose una adecuada simplificación al problema.

Creemos con esto haber cumplido las metas que nos fijamos al comienzo del presente ejercicio.

D.5. CONCLUSIONES.

Esta experiencia práctica de dimensionamiento de un componente y la generación de una serie específica de dimensiones, nos permitió introducirnos en el campo práctico de la Coordinación Modular, pudiendo constatar el estado en que se encuentran los estudios a nivel nacional. De ello sacamos algunos aspectos que son de interés señalar.

1. Aumentar el campo de aplicación del diseño en Coordinación Modular.
Hasta el momento existen estudios que se limitan a diseños ortogonales, forma fácil de transformar las series de dimensiones obtenidas en un reticulado modular de referencia, base del diseño, elaboración de componentes y construcción.
2. Estudio de la Coordinación Modular en dos dimensiones.
Se vió que aquellas series generadas por combinación lineal de números, son las que presentan mayores ventajas para su empleo. Estas series así generadas tienen buena combinabilidad, aditividad, densidad y partibilidad, tratándose solamente de componentes lineales. Aplicando este mismo esquema en un sistema de dos dimensiones (superficie), estas ventajas se ven limitadas, lo que obliga a aplicar otro criterio de generación.
3. Los resultados obtenidos demostraron la necesidad de resolver a nivel nacional y en forma integral todos aquellos aspectos constructivos, que hasta el momento se han enfocado solamente como recomendaciones. Su estudio determinará finalmente conclusiones matemáticas y prácticas que aceleren su aplicación y faciliten su uso.

B I B L I O G R A F I A .

1. AUCA. REVISTA N° 4.
2. AGUIRRE DE IRAOLA.
" Factores de la Industrialización de la Construcción". Monografías 248 y 249. Instituto Torroja España.
3. BRAVO HEITMAN, LUIS.
" Casas Experimentales Corvi 1959-1962". Instituto de la Vivienda. Facultadde Arquitectura, Universidad Católica de Chile. 1965.
4. CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION.
"Catálogo Chileno de la Construcción"
5. COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. (COPANT).
"Coordinación Modular de la Construcción. Serie Normal de Medidas". Informe 3:11-002 Argentina 1969.
6. COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. (COPANT).
"Coordinación Modular de la Construcción. Vanos y sus cerramientos". Informe 3:11-006. Argentina 1969.
7. DELPIANO, RAMON.
"Elementos de Coordinación Modular y Normalización". Monografía Omnia. Chile 1966.

-
-
8. DUSTONE, P. H.
"Combination of Numbers in Building". London. The Estates Gazette Limited, 1965.
 9. EDEM, J. F.
"Metrology and the Module". Building Research Station. B.R.S. Current papers 1967.
 10. EUROPEAN PRODUCTIVITY AGENCY E.P.A.
"Modular Coordination in Building". París 1956.
 11. EUROPEAN PRODUCTIVITY AGENCY E.P.A.
"La Coordinación Modular en la Edificación". Buenos Aires 1962.
 12. FAURE Y RODRÍGUEZ.
"La Coordinación Modular en la Construcción". Servicio de Cooperación Técnica.
CORFO. Chile 1963.
 13. FRIEDMAN, JUDITH.
"Normalización, Coordinación Modular, Tipificación". Tesis de título. F.A.U.
Universidad de Chile, 1966.
 14. GUTIERREZ, FLAVIO.
"Axiomática del Modulo". Publicación del Centro de Investigaciones. Universidad de
Chile Valparaíso. 1966.
 15. GUTIERREZ, FLAVIO.
"Sucesión Aurea y Sucesión de Fibonacci". Revista del Pacífico N°3. Universidad de
Chile Valparaíso. 1964.

-
-
16. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS Y NORMALIZACION (INDITECNOR) CHILE
- "Módulo Normal". INDITECNOR 53-2Ch, 1955.
 - "Colocación del Parquet sobre mortero de cemento". INDITECNOR 53-3 6d, 1961.
 - "Parquet". INDITECNOR 53-35 Ch, 1962.
 - "Coordinación Modular. Terminología y Representación Gráfica". NCh 684 p. 69, 1969.
 - "Arquitectura y Construcción. Coordinación Modular. Serie Normal de Dimensiones". NCh 685 n 70, 1970.
 - "Maderas. Unidades empleadas. Dimensiones y Perfiles". INDITECNOR 30-101 Ch, 1961.
 - "Coordinación Modular de la Construcción. Albañilería Modular". NCh 741 p70, 1970.
 - "Coordinación Modular de la Construcción. Bloques Modulares huecos de Hormigón, dimensiones". NCh 742 c.69, 1970.
 - "Coordinación Modular de la Construcción. Módulos de Proyecto". NCh 743 c.69, 1970.
 - "Coordinación Modular de la Construcción. Módulos de Proyecto". NCh 743 p.70, 1970.
 - "Coordinación Modular de la Construcción. Posición de los componentes de la Construcción con respecto a la red modular de referencia". NCh 744 c.69, 1970.
17. INTERNACIONAL COUNCIL FOR BUILDING. RESEARCH STUDIES AND DOCUMENTACION CIB.
- "Towards Industrialised Building". Congreso de Copenhagen, 1965.
18. LE CORBUSIER.
- "El Modulor 1". Buenos Aires, 1953.
- "El Modulor 2". Buenos Aires, 1961.
19. NACIONES UNIDAS.
- "Informe del Grupo de trabajo sobre Coordinación Modular en Vivienda". El Salvador 1963

- =====
20. NEUFERT, ERNST..
"Industrialización de las construcciones". Editorial Gustavo Gili. España.
 21. ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL TRABAJO. (OIT)
"Introducción al Estudio del Trabajo". Ginebra 1966.
 22. PELLEGRIN, RAUL. GUTIERREZ, FLAVIO. MARTINEZ, CARLOS.
"Coordinación Modular. Propiedades de las series de dimensiones. Proposición de Normas para Chile. 1969.
 23. WITTKOWER, RUDOLF.
"La Arquitectura en la Edad del Humanismo". Editorial Nueva Visión, 1958.