

problemas específicos de la coordinación dimensional

F. AGUIRRE DE YRAOLA, Dr. Arquitecto

sinopsis

124 - 17

El presente artículo expone algunos ejemplos característicos de los problemas que surgen al aplicar la teoría de la coordinación modular a casos concretos de la edificación.

La elección de los diferentes parámetros que se manejan en las disciplinas dimensionales, así como las distintas posiciones de los elementos de la red modular, ilustran unos cuantos casos concretos de gran utilidad práctica.

En artículos anteriores hemos introducido conceptos generales básicos en las disciplinas de coordinación dimensional, subrayando la importancia de éstas en el desarrollo de la industrialización de la construcción.

El presente trabajo se refiere a los problemas específicos más frecuentes que surgen en el proyecto de construcciones sometidas a trazados y sistemas basados en la coordinación mo-

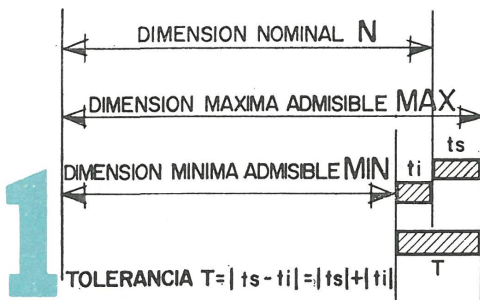
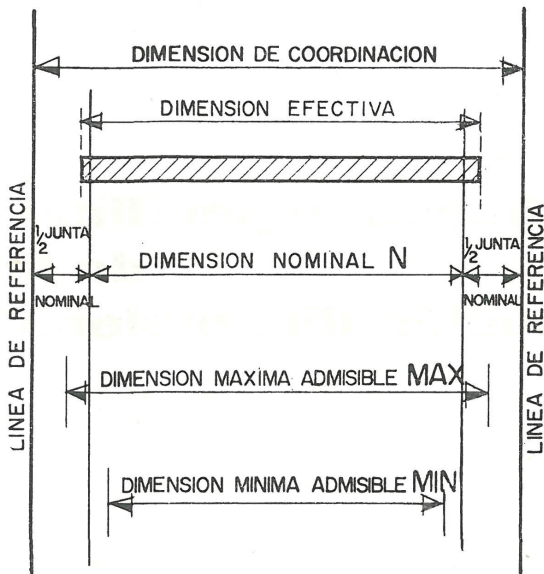
dular. Recoge conceptos expuestos y extracta algunos de los ejercicios y esquemas elaborados por los arquitectos M. Jacobsen y K. Blach, directores del curso especial, celebrado recientemente en Copenhague para postgraduados, en el que se trató el tema de la coordinación dimensional.

En primer lugar, consideremos el problema de las tolerancias aplicado al diseño de elementos constructivos, recomendando, antes de seguir adelante, la lectura de la terminología de dimensiones, errores y tolerancias incluida en las «Directrices para la coordinación dimensional» (Normas y Manuales), y del capítulo de Tolerancias de la monografía número 249, «Coordinación modular y normalización de elementos constructivos», publicadas ambas por el Instituto Eduardo Torroja.

Para fijar ideas, teníamos las siguientes definiciones:

- dimensión nominal: dimensión teórica de un elemento especificada en el proyecto o en una norma dimensional;
- dimensión efectiva: dimensión obtenida por medición directa sobre un objeto;
- dimensión de coordinación: dimensión determinante para la unión de un elemento con otros (Las dimensiones de coordinación son función, en cada caso, de la colocación en obra y de las dimensiones nominales de los elementos) (fig. 1).

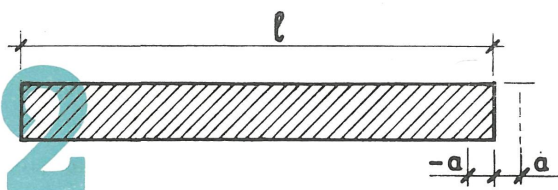
La tolerancia de un elemento dado es la diferencia entre la máxima y la mínima dimensión que puede adoptar.



que los posibles excesos en los límites de los errores resultantes de las medidas pueden ajustarse con procedimientos adecuados (tratamientos especiales de algunos componentes, empleo de materiales especiales en algunas de las juntas, etc.), la suma directa de las tolerancias puede reducirse.

El valor del factor de reducción que pueda emplearse en un caso dado no puede determinarse por medio del cálculo o por métodos estadísticos, sino que habrá de efectuarse un cómputo de las condiciones actuales basadas en la experiencia, que incluyen las consecuencias de los excesos en los límites de las tolerancias.

dimensiones de coordinación



Por definición, las dimensiones de coordinación de los conjuntos de obra y las de los elementos de construcción constituyen magnitudes teóricas, que no son forzosamente las dimensiones nominales de los elementos o conjuntos de obra, pero que están directa o indirectamente relacionados con ellos. En consecuencia, las dimensiones de coordinación se expresan siempre sin tolerancias.

Por el contrario, las dimensiones nominales correspondientes a elementos y conjuntos de obra vendrán, necesariamente, afectadas de tolerancias.

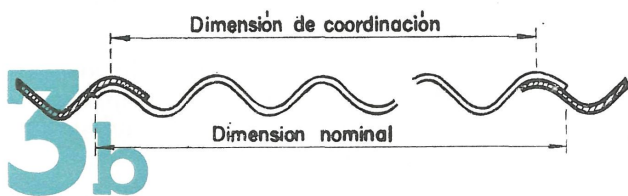
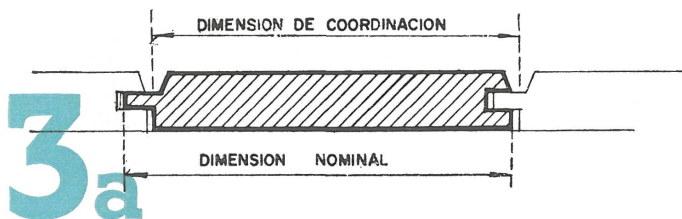
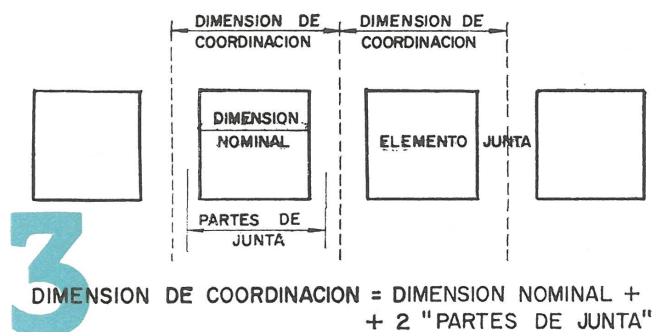
En la edificación, las tolerancias que implican un sistema constructivo más práctico son las que producen «simetría», es decir, desviaciones positivas y negativas iguales en relación a una medida básica (fig. 2).

La medida que resulta de la unión de varios componentes puede ser cualquiera comprendida entre la suma de las mínimas medidas toleradas y la suma de las máximas. Por definición, todas las magnitudes entre los mencionados límites cumplen los requisitos exigidos y son válidas. Y esta condición implica que las tolerancias de medidas consecutivas deben ser sumadas directamente.

La adición consecutiva de tolerancias para series numerosas de medidas adyacentes producirá diferencias considerables entre la mínima y la máxima medida resultante. En la práctica, sin embargo, ocurrirá muy raras veces que se produzcan dos o más errores dimensionales (*), simultáneamente con su máximo valor al mismo lado (es decir, sólo positivos o sólo negativos). Y considerando

La dimensión de coordinación puede definirse también como la medida que indica qué cantidad de espacio necesita un componente o elemento de obra para su unión con otro.

(*) Error dimensional es la diferencia algébrica, en más o en menos, entre una dimensión efectiva de un elemento o conjunto de obra y su correspondiente dimensión nominal.



En su forma más simple, la dimensión de coordinación incluirá la dimensión nominal más dos partes de junta (fig. 3).

Las juntas habrán de proyectarse en relación a las exigencias funcionales y variarán desde las juntas a tope a aquellas formadas por espacios suficientes para absorber amplias variaciones debidas a los cambios de temperatura y a los movimientos originados por retracciones, asientos y flexiones. Las solicitaciones funcionales determinan el orden de magnitud de la junta, y a funciones diferentes corresponden amplitudes de juntas también diferentes.

En ciertos casos, la dimensión de coordinación de varios elementos diferirá bastante de las dimensiones nominales de cada componente. Esto sucede, especialmente, con los elementos que se unen consecutivamente con ensambles tipo «a caja y espiga», o mediante solape, por ejemplo (figs. 3a y 3b).

Para el proyectista, constituye un hecho de la mayor importancia saber si la dimensión de coordinación es fija o variable. Si es fija, puede emplearse sin otro requisito, y los planos y diseños se facilitan considerablemente. Pero si es variable, será necesario en cada caso particular estudiar cuál ha de ser la dimensión de coordinación a emplear.

dimensiones de coordinación fijas

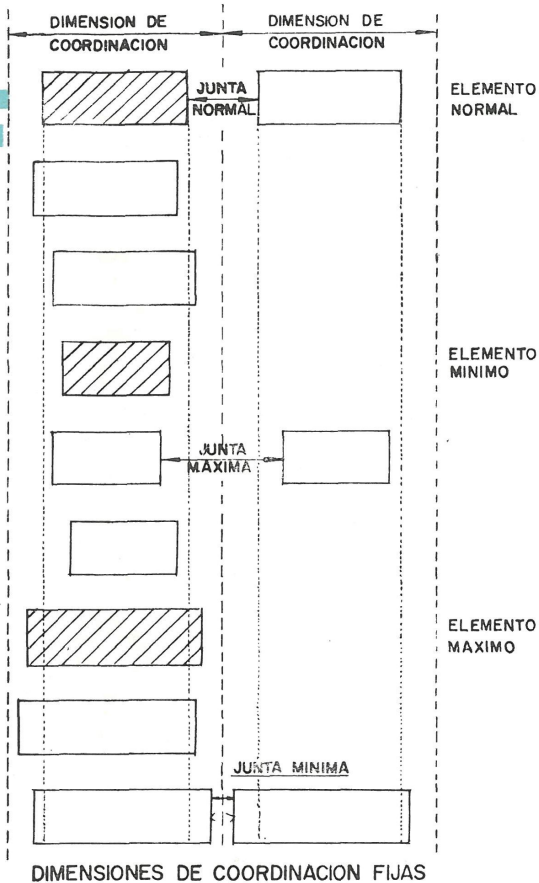
Cuando todos los errores aplicables a un componente (producción, almacenaje, instalación, etcétera) pueden ser absorbidos por las juntas adyacentes, será posible fijar las dimensiones de coordinación, ya que se evitarán la transferencia y la acumulación de errores, tanto para los componentes individuales como para la serie de esos elementos (fig. 4).

dimensiones de coordinación variables

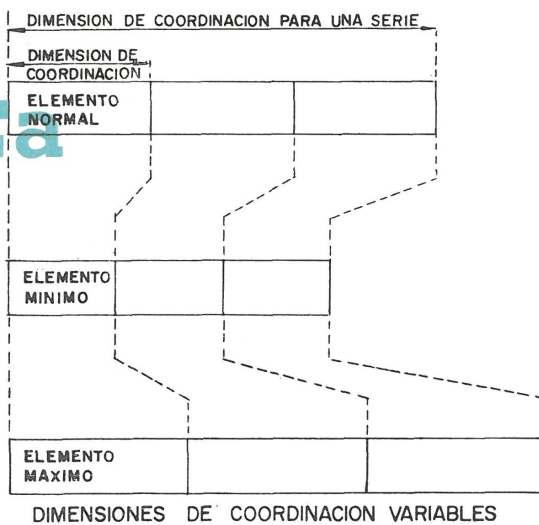
Cuando los errores de un componente son mayores que las posibles variaciones experimentadas por las juntas adyacentes, entonces las dimensiones de coordinación, tanto las de un componente suelto como las de una serie de elementos, pueden variar de manera que resulten incontrolables. Cuando los diversos errores y el número de los componentes son pequeños, el error acumulado puede mantenerse dentro de límites aceptables, aunque no pueda evitarse una cierta arbitrariedad (fig. 4a).

Esta arbitrariedad puede limitarse, sin embargo, con tal que las dimensiones nominales de los elementos se determinen en función de las características intrínsecas de éstos.

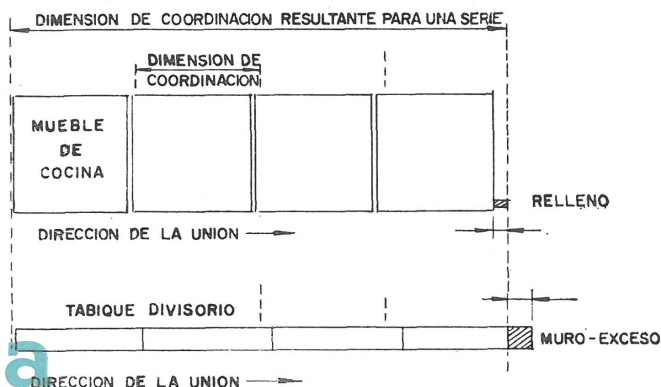
4



4a



5



Por ejemplo, las unidades de muebles de cocina que se unen mediante juntas a tope deberán fabricarse «por defecto», de manera que la acumulación de errores resulte negativa, ya que la índole de esos elementos no permite que éstos sean desbastados al realizarse el ensamble, y que, por otra parte, pueden unirse a otros componentes (por ejemplo, a un tabique o a un muro) por medio de elementos de relleno (fig. 5).

En cambio, si se trata de componentes de hormigón ligero encolados, deberán fabricarse «por exceso», de forma que la acumulación de errores resulte positiva, ya que el desbaste o recorte de los elementos es una operación relativamente sencilla, y el encolado de pequeños elementos de relleno no resulta fácil (fig. 5a).

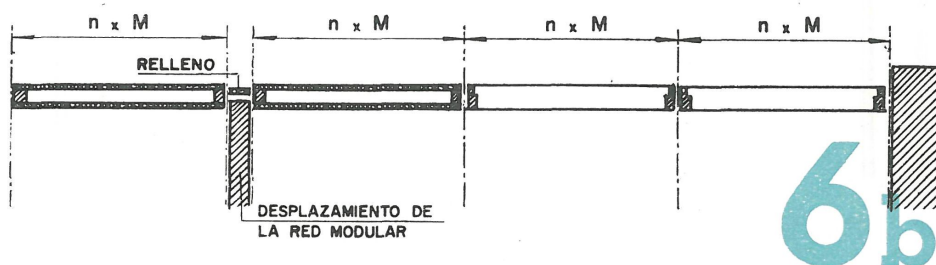
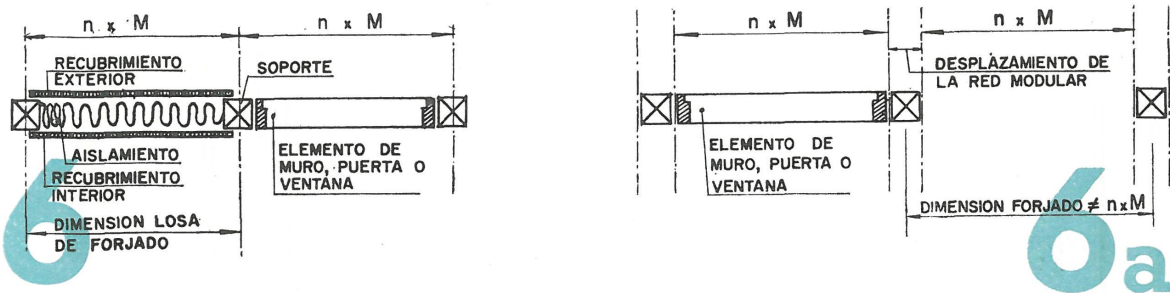
Expongamos ahora una serie de consideraciones que muestre la manera de proceder en la elección de la disposición de una red modular que facilite la tipificación de elementos, en función de las condiciones del proyecto, de los procedimientos constructivos, y de los materiales y unidades empleados.

La figura 6 muestra una disposición que corresponde a una distancia entre ejes de soportes, modulada, en una construcción entramada.

Esta disposición permite dotar de dimensiones modulares o multimodulares (*) a los componentes de forjado y a los paneles de recubrimiento. Los elementos normales incorporados, tales como entrepaños, puertas y ventanas, han de fabricarse con medidas menores que el módulo elegido en una magnitud igual al lado del soporte. Los rellenos de material aislante que constituyen el alma o núcleo de los paneles de recubrimiento, que se fabrican modulados, podrán comprimirse generalmente lo suficiente para ajustarse, sin deformar el panel, entre los soportes del entramado.

(*) Dimensión multimodular = longitud igual a un múltiplo entero de un multimódulo.

Multimódulo = múltiplo entero sencillo del módulo base. Se aceptan preferentemente los factores 2, 3 y 6.



Esta solución es frecuente en edificios de entramado, en los cuales la construcción del forjado se realiza o completa con paneles o losas (por ejemplo, de hormigón ligero), y donde se emplean predominantemente paneles de recubrimiento, con escasez de ventanas o puertas incorporadas.

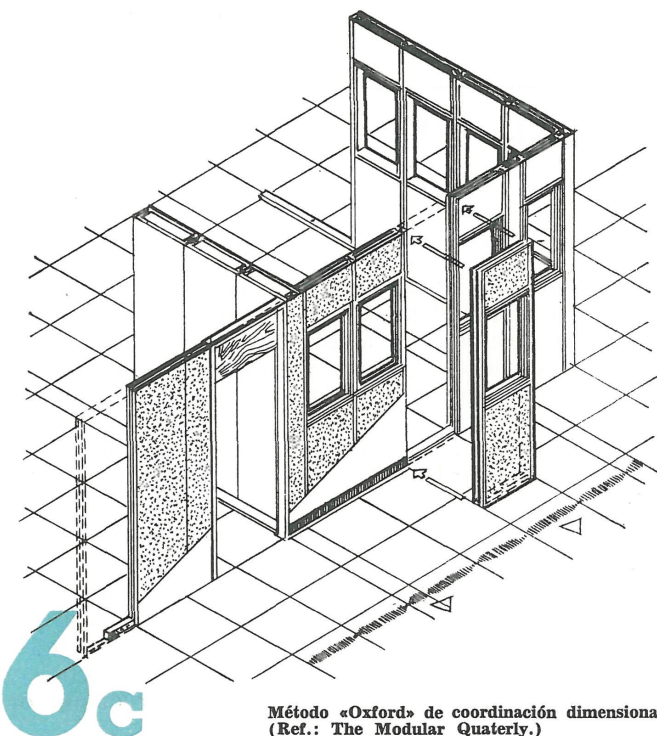
La figura 6a expresa la conveniencia de desplazar las rectas modulares, que en el caso anterior correspondían a los ejes de los soportes, de manera que coincidan con las caras de éstos.

En este caso, los componentes normales incorporados (elementos de muro y ventanas, así como las mantas de material aislante) pueden emplearse según medidas modulares.

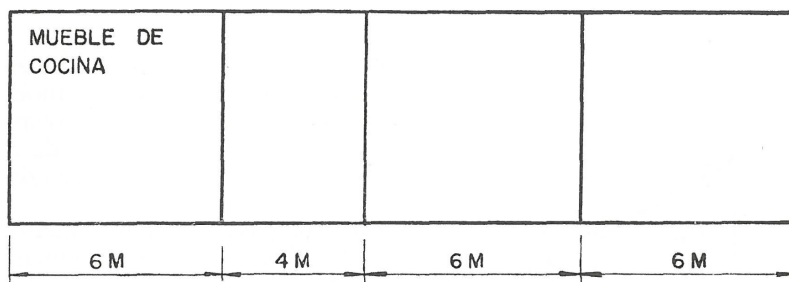
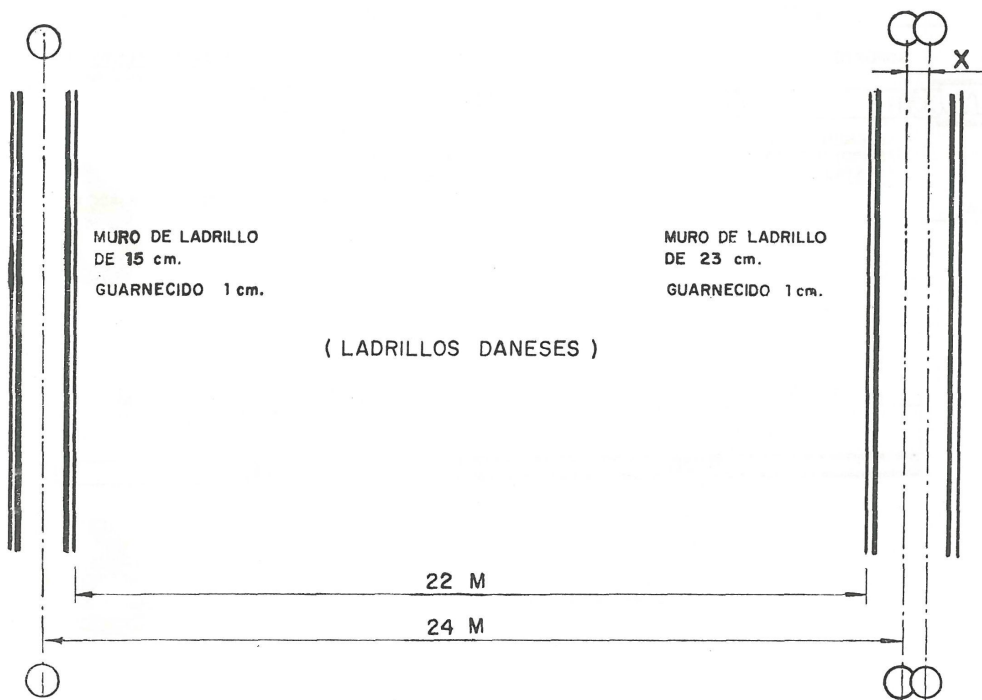
En cambio, las losas de forjado y los paneles de recubrimiento no serán, en general, modulares, a menos que se proyecten juntas especiales.

Esta solución será aceptable en construcciones entramadas en las que el piso esté constituido por vigería de madera, hormigón armado en losas o similares, y donde existe un empleo predominante de elementos de puerta y ventana modulares, pero un reducido número de paneles de recubrimiento.

En la práctica, frecuentemente se emplea una combinación de los dos principios anteriores.



Método «Oxford» de coordinación dimensional. (Ref.: The Modular Quarterly.)



7

La figura 6b ilustra una solución, empleada en un edificio de poca altura, en la que la red modular se aplica en lo posible, sin desfase, ya que el problema de recubrimiento de los paneles respecto de los componentes incorporados se resuelve haciendo que dos cercos de ventana ocupen la posición de un soporte. Cuando es necesario, por ejemplo, para que sea posible el acuerdo de la fachada exterior con la tabiquería interior, se recurre a un desplazamiento de la red modular. En algunos casos, este desplazamiento puede concentrarse en determinadas zonas, como las destinadas a cocina y aseos, donde los elementos derivados del funcionalismo de las instalaciones exigen medidas especiales (fig. 6c).

Veamos ahora un ejemplo práctico de coordinación dimensional, propuesto en el curso citado:

En el proyecto de una construcción industrializada se intenta adoptar como dimensión nominal, para la distancia libre entre los dos muros portantes de ladrillo revestidos de yeso que delimita la pieza destinada a cocina, la modular de 22 M (fig. 7). Esta dimensión resulta de introducir una recta modular en la sección del muro de 23 cm, de emplear una zona neutra X según se indica en la figura, y de considerar que la dimensión nominal entre la recta modular elegida y la coincidente con el eje del muro de 15 cm es de 24 M.

Se trata de estudiar la posibilidad de coordinar las tolerancias de forma que puedan emplearse dimensiones modulares para la instalación de la serie de muebles de cocina cuya planta se representa en la figura.

Tanteemos la amplitud de la zona neutra X , atribuyéndola el valor 6 cm. La dimensión nominal de la luz libre de la cocina será:

$$240 - (7,5 + 1 + 1 + 8,5) = 222 \text{ cm} .$$

Para calcular el valor de las tolerancias superior e inferior, habremos de fundarnos en consideraciones basadas en la observación de lo que sucede en la práctica.

No se estará en el terreno de la realidad si se exige una exactitud de colocación de la fábrica de ladrillo mayor de $\pm 1,5$ cm. Por lo tanto, la tolerancia de colocación será:

$$t_c = 3 \text{ cm } (\pm 1,5 \text{ cm}) .$$

La tolerancia de ejecución para el espesor total del muro terminado será:

$$t_e = 1 \text{ cm } (\pm 0,5 \text{ cm}) .$$

Para una colocación de los muros lo más cerrada posible (es decir, a distancia mínima entre sí), y un espesor máximo de ambos, tendremos como dimensión mínima admisible:

$$\text{MIN} = 222 - \left(1,5 + 1,5 + 2 \frac{0,5}{2} \right) = 218,5 \text{ cm} .$$

Análogamente, para una colocación de los muros lo más abierta posible (es decir, a máxima distancia entre sí), y un espesor mínimo de ambos muros, tendremos como dimensión máxima admisible:

$$\begin{aligned} \text{MAX} &= 222 + 1,5 + 1,5 + 2 \frac{0,5}{2} = \\ &= 225,5 \text{ cm} . \end{aligned}$$

El denominador 2 que aparece en el último término de las dos igualdades anteriores se justifica observando el esquema de la figura 8.

La tolerancia total será, pues,
 $225,5 - 218,5 = 7 \text{ cm} .$

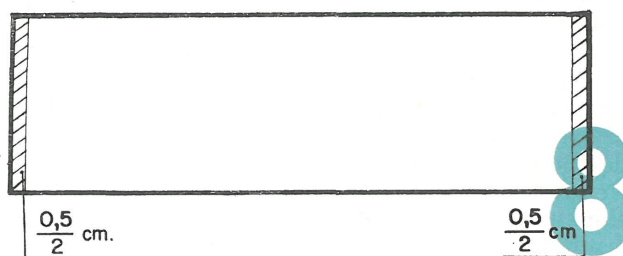
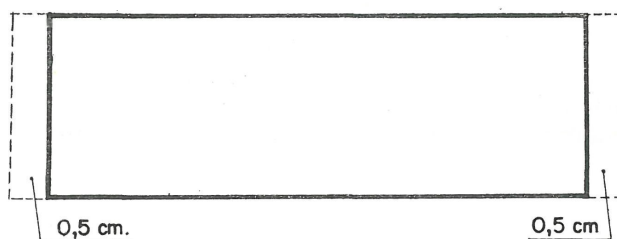
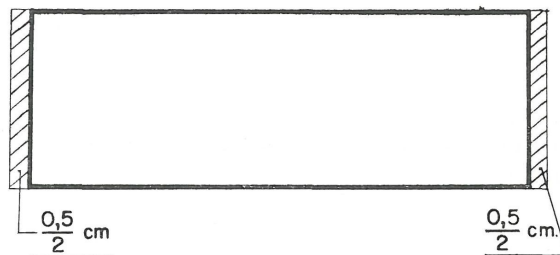
En teoría, puede calcularse la tolerancia, como demuestra este ejemplo, por:

$$T = 2t_c + t_e = 2 \times 3 + 1 = 7 \text{ cm} .$$

Las dimensiones nominales de las diferentes secciones de los muebles de cocina son:

$$598 \pm 1 \text{ mm}$$

$$\text{y } 398 \pm 1 \text{ mm} .$$



La serie representada en la figura tendrá las siguientes dimensiones:

dimensión modular	22 M ,
dimensión nominal	219,2 cm = (3 × 598 + 398 = 2.192 mm) ,
dimensión máxima admisible ...	219,6 cm = (3 × 598 + 3 + 398 + 1 = 2.196 mm) ,
dimensión mínima admisible ...	218,8 cm = (3 × 598 - 3 + 398 - 1 = 2.188 mm) .

El espacio necesario entre la serie de muebles y el muro es $2 (\pm 0,5)$ cm = ± 1 cm. Es decir, que el espacio que requiere esta serie en total puede variar de 220,8 cm a 221,6 centímetros.

Como hemos visto, la luz libre de la cocina puede experimentar en la práctica una variación de 7 cm (de 218,5 a 225,5 cm) empleando tolerancias basadas en la práctica.

Esta variación hace patente la imposibilidad de emplear la dimensión modular de 24 M elegida para el valor de la zona neutra X , considerada de 6 centímetros.

Puesto que debe respetarse el valor de la dimensión de coordinación 24 M multimodular, para una fácil modulación del proyecto, y siendo fijo el espesor de los muros, a base de ladrillos daneses en nuestro ejemplo, ensayemos otro valor, $X = 13$.

Tendremos ahora, para dimensión nominal de la luz libre de la cocina:

$$240 - \left(7,5 + 1 + 1 + \frac{23 - 13}{2} \right) = 225,5 \text{ cm} .$$

Siguiendo razonamientos análogos al caso anterior, tendremos para dimensión mínima admisible:

$$\text{MIN} = 225,5 - \left(1,5 + 1,5 + 2 \frac{0,5}{2} \right) = 222 \text{ cm} .$$

Del estudio de las tolerancias en los muebles de cocina, vemos que la dimensión máxima admisible es 2.196 mm, a la que hay que sumar $2 (\pm 0,5)$ cm = ± 1 cm para el espacio que se requiere entre la serie de muebles y los muros, resultando:

$$221,6 \text{ cm} < 22 \text{ cm} .$$

Luego el valor 13 cm nos hace posible el empleo de la dimensión de coordinación 24 M, quedando fijada así la posición de las rectas modulares.

El ejemplo y las consideraciones expuestas nos dan una idea de la dificultad que entraña un estudio sistemático de la coordinación dimensional de unidades constructivas, debida a la existencia de múltiples factores procedentes de razones basadas en exigencias funcionales de todo tipo (acústicas, higrotérmicas, estáticas, etc.). Creemos, por tanto, conveniente insistir, en números sucesivos, en el proceso de las técnicas de proyectos basados en la coordinación modular, conforme se realiza en los países que van adquiriendo experiencia en estas disciplinas.

Problèmes spécifiques de la coordination dimensionnelle

F. Aguirre de Yraola, Dr. architecte.

Cet article expose quelques exemples caractéristiques des problèmes que fait surgir l'application de la théorie de coordination modulaire à des cas concrets de l'édification.

Le choix des différents paramètres, ainsi que les positions distinctes des éléments du quadrillage modulaire illustrent quelques cas concrets de grande utilité pratique.

Problems that are specific of dimensional coordination

F. Aguirre de Yraola, Dr. architect.

This article describes two characteristic examples of the problems that arise when the theory of modular coordination is applied to concrete building instances.

The choice of various parameters which are used in the dimensional coordination technique, as well as the various positions of the elements of the modular pattern, serve to illustrate a few concrete instances which have considerable practical usefulness.

Spezifische Probleme der Dimensionalen Koordination

F. Aguirre de Yraola, Dr. Architekt.

Dieser Artikel behandelt einige charakteristische Beispiele von Problemen, die sich bei Anwendung der Modulkoordinations-theorie auf konkrete Fälle des Bauwesens ergeben.

Die Wahl der verschiedenen Parameter, die bei den dimensionalen Disziplinen angewendet werden, sowie die verschiedenen Positionen des Modulnetzes werden durch einige konkrete Fälle von grosser praktischer Bedeutung veranschaulicht.