

MEMORIAS DE CÁLCULO: CONTENIDOS MÍNIMOS

Preparado por Ramón Montecinos C.

1- VISIÓN

La memoria de cálculo debe ser más que el conjunto de las hojas donde el ingeniero realiza sus cálculos.

Para que cumpla cabalmente su objeto debe ser el testimonio completo e inteligible del diseño.

En ella se debe encontrar el resumen de las hipótesis de trabajo, las definiciones de materiales y en general debe contener todo el material necesario para que puedan ser revisadas de manera rápida y en el futuro servir para que un ingeniero desconocido pueda entender la estructura y eventualmente modificarla.

La realidad actual es que poco o nada de ello se cumple.

El objeto de este documento es entregar algunas ideas que contribuyan a superar algunas malas prácticas y definir los contenidos mínimos de éstos documentos.

2- PROBLEMAS DETECTADOS

Partiremos por una revisión de los problemas que se detectan actualmente en las memorias de cálculo.

Es notable que ellos reflejen en su texto y estructura los problemas actuales del diseño.

a- Falta de cuerpo

Muchas de las memorias actuales son documentos poco estructurados que parecen recopilación de cálculos parciales reunidos artificialmente antes que el resultado de un proceso de trabajo hilado y ordenado.

Pareciera que los ingenieros trabajan el diseño como una concatenación de cálculos parciales sin tener en cuenta la totalidad de la estructura: cálculos estáticos de vigas sin vinculación con el diseño sísmico, cálculo de columnas como entidades aisladas, etc.

Y en ninguna parte se encuentra la visión integrada del conjunto.

b- Poco texto

Sin duda existe una deformación errada al recalcar en exceso que el ingeniero “habla por sus números”, ya que los números sin palabras quedan en el limbo de la incomprendibilidad.

En general las memorias que uno encuentra carecen de suficiente texto que permita ir entendiendo la intención de diseño del ingeniero: sus hipótesis, lo que asume, sus simplificaciones, etc.

c- Ausencia de croquis

Durante muchos años se ha recalcado (inútilmente al parecer), que la mejor forma de comunicarse con la que cuenta el ingeniero es el dibujo.

Hoy las memorias tienen pocos (y en general, malos) croquis.

Ello desnuda un problema serio si partimos del hecho cierto que sólo puede haber comprensión estructural si previamente hay comprensión geométrica.

O sea, sólo puedo entender una estructura en cuanto a tal en la medida que primero la entiendo en cuanto a cuerpo geométrico.

Vale decir, usando la contrarrecíproca: si no entiendo la estructura en cuanto a su geometría, no puedo entenderla en cuanto a estructura.

Y la única forma (o al menos, la mejor) de entender la geometría es dibujarla.

Por otro lado, el uso de programas de dibujo si bien representa una ayuda, tiene la limitación física de no mostrar el conjunto, o si lo hace, es a una escala muy pequeña.

Recalco otra vez: sin comprensión de la totalidad de la estructura, no es posible un buen diseño

d- Descuido en la preparación de las primeras 5 páginas.

Cuando un ingeniero inicia una memoria, parece que su proceso mental exige llegar pronto al número, al análisis y olvida preparar a conciencia las páginas iniciales que contienen el fundamento de su posterior trabajo y las bases de diseño, la parte de pensamiento y reflexión inicial queda reducida a un mínimo.

f- Tratamiento excesivamente liviano de las cargas

Sin cargas no hay esfuerzos y con cargas mal evaluadas, sólo se obtienen esfuerzos mal estimados.

Parece que muchos ingenieros piensan que las cargas son obvias y no merecen un instante de reflexión. Sería para ellos una pérdida de tiempo.

Es frecuente encontrar memorias y cálculos completísimos con cargas insuficientes, con cargas que no corresponden a las de diseño o sin contemplar las cargas realmente críticas.

g- Exceso de listados computacionales

Partamos de una gran verdad: nadie (o casi nadie), mira una larga lista de números con interés: si alguien revisa una memoria, las hojas de listados computacionales son una carga inútil.

Es preferible anexarlos como archivos pdf en un CD al final de la memoria.

Si se hace ese ejercicio, se verá que muchas veces la memoria es muy delgada, casi esquelética.

Si es así, es preciso complementarla para obtener un documento lógico al que el listado anexo complementa: Si la memoria sin listados es incomprensible, es una mala memoria de cálculo.

h- Uso riesgoso de planillas MATHCAD o similares

El uso de planillas tiene dos riesgos: el primero es que normalmente se trata de aportes anónimos realizados con buena intención pero a veces con errores y casi siempre sin revisión.

Lo anterior genera un ambiente de incertidumbre que no es aceptable y debe ser corregido: sólo se deben usar planillas aprobadas.

Un segundo problema es que existen planillas sólo para algunos aspectos del cálculo y muchas veces las memorias se limitan al uso de esas planillas.

O sea contienen el cálculo detallado sólo de los elementos de cuyas planillas se disponga.

He visto memorias con cálculo detallado de las placas base (planillas disponibles y muy completas), sin la verificación de las columnas, ya que el ingeniero aparentemente no disponía de la planilla para columnas.

3- RECOMENDACIONES

3.1- Objetivo de las memorias de cálculo

La memoria se realiza no sólo para tener los cálculos ordenados y poderlos revisar, sino también para que alguien, otro ingeniero, pueda en varios años más revisar o complementar los cálculos y pueda entender nuestro trabajo.

Por ello la memoria debe ser autoexplicativa, ordenada, clara y contener suficientes textos para permitir su comprensión para otra persona, no familiarizada con el trabajo.

Es muy importante tener presente que la memoria no es nuestro borrador de cálculo, que sólo nosotros leeremos, sino que se escribe siempre para otro, desconocido, que deberá ser capaz de leerla y entenderla.

El uso de tablas, cuadros, explicaciones, referencias a libros, manuales o catálogos, son procedimientos recomendados.

Una parte importante del diseño consiste en el dimensionamiento de los elementos, trabajo que necesariamente implica tantear secciones hasta obtener el diseño económico buscado.

Es una buena práctica, realizar esa búsqueda en una hoja de borrador, escribiendo en la memoria sólo la verificación final del perfil seleccionado, evitando de esta manera extender demasiado el texto.

No es recomendable hacer la memoria en borrador y posteriormente pasarla en limpio, ya que normalmente los plazos no permiten hacerlo y finalmente queda sólo el borrador.

En relación a la precisión numérica, no está demás repetir aquí que un exceso de cifras significativas no mejora la calidad de los resultados.

En general resultados con tres dígitos son más que suficientes y tienen un error numérico para operaciones manuales mucho menor que los intrínsecos del modelo idealizado o de las propiedades de los materiales.

3.2- Estructura de las memorias de cálculo

Toda memoria de cálculo debe tener las siguientes partes:

- Índice
- Descripción general de la obra a calcular
- Bases de Diseño (puede ser un resumen del documento)
- Cuerpo de la memoria
- Anexos:
 - Listados de computación con sus entradas de datos
 - Figuras

Las memorias de cálculo deben ser revisadas, hoja por hoja, por un ingeniero de mayor experiencia que el que la confeccionó. Esta práctica es obligatoria en los proyectos de envergadura y recomendable para todos.

Finalmente, la memoria de cálculo se entrega, junto con los planos para la revisión y aprobación del cliente.

3.3- Dibujos y esquemas

No es posible comenzar a calcular una estructura sin antes haberla dibujado a escala y con detalles.

Ningún ingeniero que calcula puede prescindir del dibujo.

Al dibujar una estructura que se pretende calcular, se consigue lo siguiente:

- Tenerla completamente definida desde el punto de vista geométrico. Si falta algo por definir, no es posible dibujarla y viceversa.
- Entender la forma y dimensiones de la estructura, visualizar el orden de magnitud y las proporciones de la obra.
- Visualizar los detalles, especialmente dificultades de montaje, de construcción, etc.

Los dibujos y esquemas, que deben formar parte de la memoria de cálculo, se deben realizar en hojas tamaño carta, preferentemente de las usadas para el resto de la memoria.

Los dibujos se deben realizar siempre a escala, eligiendo la más pequeña de las que permiten mostrar toda la información, no pretendiendo usar la mayor que quepa en la página.

Lo anterior es muy importante de tener siempre presente, ya que es la clave para elegir escalas:

La mejor escala es la más pequeña que permite mostrar todo lo necesario.

Las reglas generales descritas siguen con la misma validez, ya sea que se dibuje a mano o con algún programa de dibujo.

4- CONSEJOS

4.1- Listado de debería

- Valore el trabajo de hacer una buena memoria y descubra cómo entretenerse haciéndolo.
- Estructure su memoria como un cuerpo consistente. Casi como un libro.
- Escriba encabezamiento en todas las hojas.
- Numere todas las hojas. Si hay que intercalar hojas, renumere.
- Siempre parta por una descripción de la obra y por un resumen de las bases de diseño.
- Escriba mucho: explique, justifique, diga lo que va a hacer.
- Incluya muchos y buenos croquis. Parta por ellos.

- Una vez terminados los croquis, parta por un prediseño manual.
- Incluya cubicaciones simplificadas
- Use letra imprenta clara y números claros.
- La memoria debe incluir la verificación detallada (ojala manual) de los elementos principales: columnas, vigas, diagonales, etc.
- Parta por el diseño estático de los elementos (vigas, etc.) y luego haga el diseño sísmico.
- Haga tablas y gráficos para resumir información.
- Coloque la información de los equipos en anexos.
- Marque con claridad cuál sección es la elegida para cada elemento de la estructura.
- Use mucho modelo simplificado: Vigas con carga uniforme, análisis sísmico estático, etc.
- Haga grandes verificaciones: Peso total del edificio, corte sísmico total, etc.
- Si hay cambios grandes, no “salve” la memoria: hágala de nuevo.
- Respete los márgenes de las hojas. Subraye, destaque, no use color.
- Buena letra. Buena letra. Buena letra
- Buenos croquis. Buenos croquis. Buenos croquis.
- Pida que le revisen la memoria.

4.2- Listado de no debería

- Nunca haga memorias en borrador
- Nunca llene la memoria de listados o salidas computacionales.
- No use planillas MATHCAD o EXCEL que no estén certificadas debidamente.
- No llene la memoria de estados de carga inútiles que no son críticos.
- Nunca entregue la memoria en original: fotocopie siempre.

- No es necesario que la memoria parta por un capítulo descriptivo de la ubicación y objeto de la planta.
- Sea concreto: Para calcular el chancador primario, no es necesario incluir 10 páginas con la descripción completa del proyecto ni hablar de las 500 KTPD de la planta.
- Nunca deje de hacer una verificación manual de los elementos principales: La verificación como opción del programa de diseño es sólo una ayuda.
- No use elementos finitos a menos que sean imprescindibles. Igual que los antibióticos.
- Evite los gigantomodelos. Si para analizar una estructura, el modelo tarda más de 5 minutos en correr, simplifíquelo.
- Evite armar los elementos bidimensionales a partir de las acuarelas de salida de los programas de análisis.