

PROYECTO EJECUTIVO Y DE INSTALACIONES DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR SISMO-RESISTENTE

AUTOR: MARIA LUISA PEREA IBÁÑEZ

**TUTORES: PERE ROCA FABREGAT
VICENC TORRA FERRÉ
ETSECCPB; PFC; FEBR. 2011**

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente documento es un proyecto de final de carrera de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, catalogado como “proyecto especial”, debido a, por una parte, los objetivos que pretende cubrir, los cuales se mencionan a continuación y, por otra parte, a la forma en que está estructurado (descrito en el siguiente apartado, “Contenido del proyecto”). Los objetivos del proyecto son los siguientes:

- 1) Plantear un Proyecto Básico de una vivienda unifamiliar sismo-resistente (documentos mínimos según Código Técnico de la Edificación, CTE).
- 2) Describir una alternativa estructural adecuada y mejorarla, a posteriori, mediante la inclusión de amortiguadores pasivos de histéresis fabricados con aleaciones con memoria de forma (*Shape Memory Alloys*, SMA).
- 3) Comentar las propiedades fundamentales de estos materiales, y varios ensayos realizados en laboratorio (en los cuales el autor de este proyecto ha participado activamente) a fin de conocer mejor el comportamiento de los mismos.

El punto número tres se desarrolla en la PARTE I del documento y los puntos uno y dos en la PARTE II.

Una alternativa estructural consiste en el diseño mediante pórticos metálicos de sección en “doble te” para vigas y pilares, reforzados mediante la disposición de amortiguadores como contravientos en los pórticos estructurales. El cálculo, según esta alternativa considerada, se lleva a cabo teniendo en cuenta estos dispositivos y aplicando la norma sismo-resistente, NCSE-02.

CONTENIDO DEL PROYECTO

La PARTE I consta de cinco apartados diferenciados:

- Un primer apartado, en el que se describen los sistemas de control de estructuras ante acciones sísmicas, así como las bases fundamentales del comportamiento de estas aleaciones especiales, centrándonos en dos de ellas, concretamente: CuAlBe y NiTi.
- Un segundo apartado en el que se describe, por un lado, un ensayo realizado en laboratorio a amortiguadores de SMA (un amortiguador de CuAlBe y otro de NiTi) y, por otro lado, una simulación en el programa ANSYS con objeto de comparar las histéresis generadas por esas dos aleaciones en igualdad de condiciones.
- Un tercer apartado en el que se explican cálculos realizados en el programa de elementos finitos ANSYS, con el fin de observar la efectividad de estos materiales en relación con la disipación de energía sísmica (simulación de pórtico estructural).
- Una cuarta parte, muy importante, en que se describe un ensayo realizado en el laboratorio de estructuras de la UPC (edificio C1), a escala real.
- Un apartado de conclusiones.
- Cálculo de la estructura, según la alternativa considerada.

La PARTE II, que constituye el Proyecto Básico de la vivienda unifamiliar sismo-resistente, consta de los apartados:

- Memoria descriptiva: descripción del proyecto, prestaciones del edificio, información de partida y agentes que intervienen en su creación.
- Memoria constructiva: breve descripción de los apartados más relevantes del proyecto básico (urbanismo, geología y geotecnia, red de aguas pluviales, red de saneamiento, cerramientos, revisión de precios, etc.).
- Anejos a la memoria: se adjuntan, en este apartado, los anejos de urbanismo, geología y geotecnia, cálculo de la estructura (también contenido en la PARTE I), red de aguas pluviales, red de saneamiento, red de suministro de gas, cerramientos, red de suministro eléctrico y plan de obra.
- Cumplimiento del CTE: se explicitan las exigencias mínimas de seguridad en caso de incendio, según CTE.
- Estudio Básico de Seguridad y Salud
- Estudio de Impacto Ambiental

PARTE I

COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL: CuAlBe, NiTi

Las aleaciones de CuAlBe y NiTi tienen unas propiedades especiales derivadas de su comportamiento peculiar a nivel atómico, de manera que se pueden usar como disipadores pasivos de energía sísmica aplicadas en amortiguadores de histéresis (fig.1). Dicho comportamiento especial subyace en una transformación adifusiva consistente en un mecanismo de cizalla, a partir del cual los átomos del material se desplazan conservando sus posiciones relativas entre ellos y sin que ello represente un cambio en la composición química (sí cambian, no obstante, la estructura cristalina). Dicho proceso es conocido como “Transformación Martensítica”.

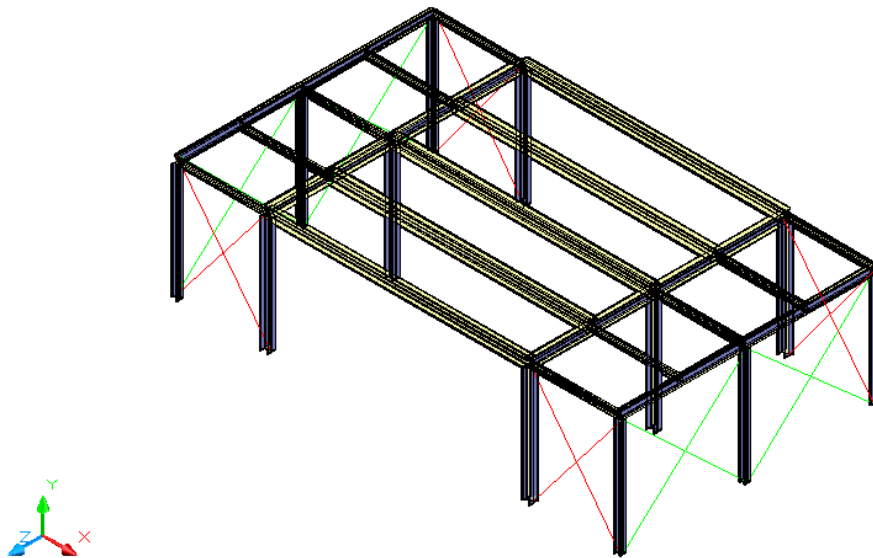


Fig.1: Estructura con amortiguadores en las diagonales

El comportamiento de estos materiales especiales se explica, más ampliamente, en la tesina titulada “Estudi d’una casa unifamiliar sismo-resistent”, del mismo autor del presente documento. No obstante, dada la importancia del comportamiento que rige estos materiales y, en relación con una posible mejora de la alternativa planteada, se resumen aquí los puntos principales del mismo. Nos centraremos, concretamente, en la descripción de dos aleaciones con memoria de forma: CuAlBe y NiTi.

Hay dos formas posibles de afrontar la acción sísmica. Una es aplicar la norma sismo-resistente del país en el que esté ubicada la estructura y la otra es incluir en la estructura algún mecanismo de control de vibraciones. Los mecanismos de control de vibraciones se clasifican en: sistemas pasivos, sistemas semiactivos, sistemas activos y sistemas híbridos.

Los sistemas pasivos son elementos que reaccionan ante el movimiento de la estructura a la cual están conectados, no necesitan energía externa para funcionar. Hay, por ejemplo, el grupo de los mecanismos de aislamiento de base, que desacoplan parcialmente la estructura del suelo para disminuir el input energético que le llega. Por otra parte, los sistemas disipativos disipan energía a base de transformar energía mecánica en calor.

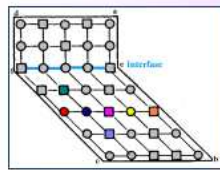
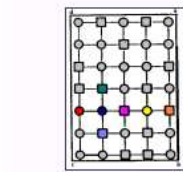
Otro grupo lo forman los sistemas semiactivos, que se basan en modificar alguna de las propiedades dinámicas de la estructura, como el amortiguamiento y la viscosidad. Un ejemplo de este tipo de mecanismos es el pistón magnetoreológico de la casa LORD (fig.2), que pertenece al grupo de los llamados sistemas magnetoreológicos. El pistón dispone de una cámara de paso de un fluido que está formado por un aceite mineral y limaduras de hierro en suspensión. Ante la presencia de un campo magnético, las partículas se orientan de tal forma que varían el valor de su viscosidad, de tal manera que, si esta disminuye, el líquido pasa de un lado de la cámara a otro y el pistón aplica una fuerza y al revés. Por otro lado, los sistemas activos aplican fuerzas de la misma dirección y sentido que la acción sísmica, pero de sentido contrario a la vibración, de forma que la contrarrestan. En la figura 2 se ve un esquema muy básico de su funcionamiento. Hay unos sensores conectados a la estructura que, en cada instante, detectan la magnitud de la acción sísmica y transmiten la información a un actuador que aplica la fuerza necesaria. Son mecanismos que necesitan de una potencia constante, dada la aleatoriedad del sismo, lo que los convierte en excesivamente caros para aplicaciones en estructuras de gran envergadura, como pueden ser una casa o un puente. Finalmente existen los sistemas híbridos, que trabajan como sistemas pasivos, pero disponen de una parte activa. En la figura 2 se aprecia un edificio con un sistema de aislamiento de base ("aislamiento activo") y un pistón conectado a la estructura de manera que, después de cada evento, este aplica una fuerza de la magnitud necesaria para restituir la estructura a su posición inicial.



Fig.2: Sistemas de control estructural frente a sismo

Los materiales con memoria de forma tienen unas propiedades especiales, como la pseudoelasticidad o superelasticidad, la memoria de forma simple o el doble efecto de memoria de forma. Estas propiedades se explican a partir del comportamiento a nivel atómico, según el cual, bajo ciertas circunstancias, se da una transformación de fase de sólido a sólido, entre dos estados metaestables, que se llama "transformación martensítica". Es una transformación en que no hay cambios en la composición química del material, pero sí en la estructura cristalina. Es una transformación regida por un mecanismo de cizalla (fig.3), en el cual los átomos conservan sus posiciones relativas.

Comportamiento del material, SMA (1)



EL ÁTOMO CONSERVA LOS MISMOS VECINOS

EXISTE CORRESPONDENCIA ENTRE LOS ÁTOMOS DE LOS ESTADOS INICIAL Y FINAL DEL PROCESO

EL MECANISMO CONSISTE EN UN CIZALLAMIENTO COORDINADO DE LA RED CRISTALINA.

EL DESPLAZAMIENTO ATÓMICO ES MENOR QUE LA DISTANCIA INTERATÓMICA. NO HAY CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA, PERO SI EN LA ESTRUCTURA CRISTALINA

PROPIEDADES:

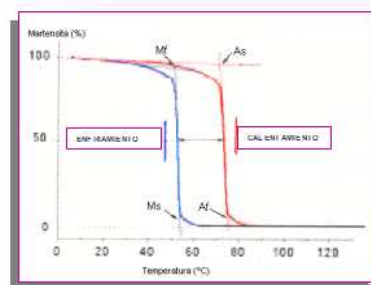
- PSEUDOELASTICIDAD/ SUPERELASTICIDAD
- MEMORIA DE FORMA SIMPLE (SME, "Shape Memory Effect")
- DOBLE EFECTO DE MEMORIA DE FORMA

Fig.3: Mecanismo de la transformación martensítica

La transformación martensítica se puede dar de dos formas: por disminución de temperatura o por medio de la aplicación de una fuerza de tracción en el material de la aleación.

En el primer caso, la transformación se da entre dos estados: una fase inicial llamada austenita, metaestable a alta temperatura y una fase final, martensita, de baja temperatura. Se enfría el material hasta un valor de temperatura, M_s , llamado temperatura de inicio de la transformación directa, a partir del cual se inicia la transformación. A continuación, van apareciendo núcleos de martensita que van creciendo a costa de la fase madre o austenítica. Existe la posibilidad de devolver el material a la fase inicial calentando, proceso llamado "transformación martensítica inversa" (fig.4).

HISTÉRESIS DE LA TRANSFORMACIÓN



M_s : Temperatura de inicio de la transformación directa (austenita \rightarrow martensita)

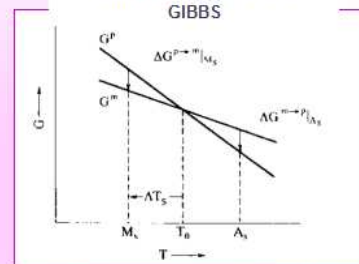
M_f : Temperatura del final de la transformación directa

A_s : Temperatura de inicio de la transformación inversa (martensita \rightarrow austenita)

A_f : Temperatura del final de la transformación inversa

Comportamiento del material, SMA (2)

GRÁFICO ENERGÉTICO DE GIBBS



$$\Delta G_{m-\beta} = G_m - G_\beta = 0 \text{ a } T = T_0$$

$$T_0 = \frac{M_s + A_f}{2}$$

Fig.4: A la izda. histéresis de la transformación mediante variación de temperatura; a la dcha. gráfico principal de la teoría de Gibbs.

La otra forma de inducir la transformación martensítica es mediante la aplicación de una fuerza de tracción. Si se fabrican muestras cilíndricas de, por ejemplo, CuAlBe, y se les aplica ciclos de carga de tracción uniaxial, se observa una primera zona de comportamiento elástico; a continuación, el material continua deformándose con coexistencia de austenita y martensita y, cuando se descarga, se cierra el bucle de histéresis (fig.5). El área encerrada en el bucle representa la energía disipada en el proceso.

Por otra parte, hay un dominio óptimo de trabajo para el material, que se llama “ventana pseudoelástica” (fig.5), en la que el comportamiento viene regido por la ley de “Clausius Clapeyron”, según la cual si se da un incremento de temperatura en el material, se ha de aumentar en un cierto valor la tensión aplicada para que la aleación continúe transformando. Así, cada material y, más concretamente, cada composición de material tiene asociado un coeficiente de Clausius Clapeyron. Para el NiTi el coeficiente de Clausius Clapeyron es de 6,3 Mpa/K y para el CuAlBe es de 2,2 Mpa/K. Así, se ve que, para la misma variación de temperatura en ambas aleaciones, es necesario aumentar la tensión aplicada tres veces más en el CuAlBe para que continúe transformando.

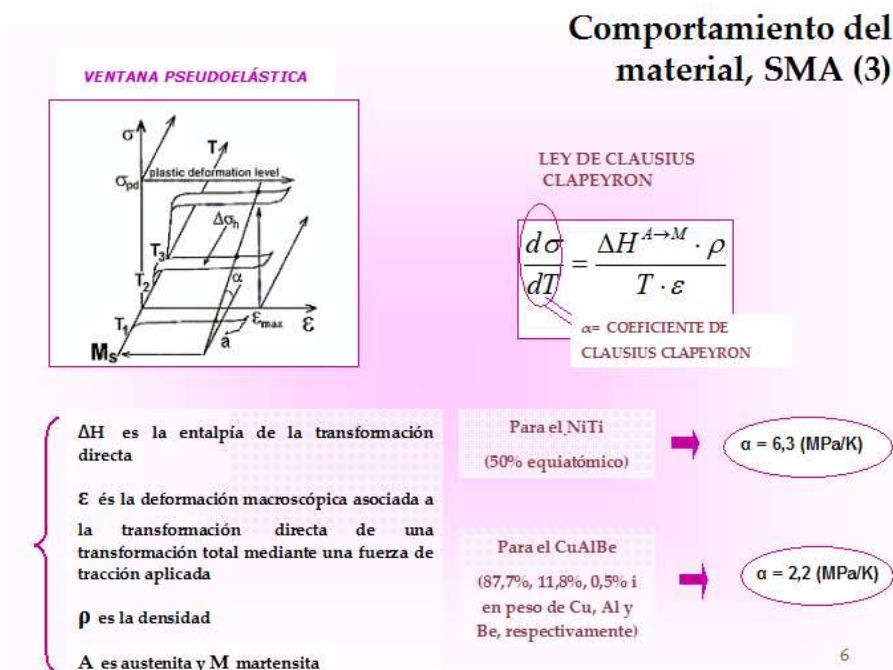


Fig.5: Dominio óptimo de trabajo de los SMA, Ley de Clausius Clapeyron

No obstante, hay ciertos aspectos que se han de tener en cuenta para asegurar que el material trabaja en el rango de la ventana pseudoelástica. Un primer aspecto que se ha de tener en cuenta en este tipo de materiales es el autocalentamiento. Con el ciclado progresivo en muestras de CuAlBe o NiTi se observa que el material se calienta. Esto es debido a varios motivos: el cambio de fase que se da de austenita a martensita, el calor liberado tras la realización de un trabajo y también es debido a las características del mecanismo de transformación: si este se da como un proceso localizado (com en el caso del NiTi) o distribuido (com en el caso del CuAlBe).

En la figura 6 se pretende comparar el autocalentamiento en dos materiales: CuAlBe y NiTi. Se observa que, para igual frecuencia de 0.25 Hz y deformación del 3,2 %, el autocalentamiento es mayor en el NiTi que en el CuAlBe.

Comportamiento del material, SMA (4)

EFFECTOS DEL CICLADO:

AUTOCALENTAMIENTO DEBIDO A:

- CAMBIO DE FASE DE AUSTENITA A MARTENSITA
- HISTÉRESIS (CALOR LIBERADA POR HABER REALIZADO UN TRABAJO)
- MECANISMO DE TRANSFORMACIÓN (LOCALIZADO, CASO DEL NiTi, O DISTRIBUIDO, CASO DEL CuAlBe).

similar ??

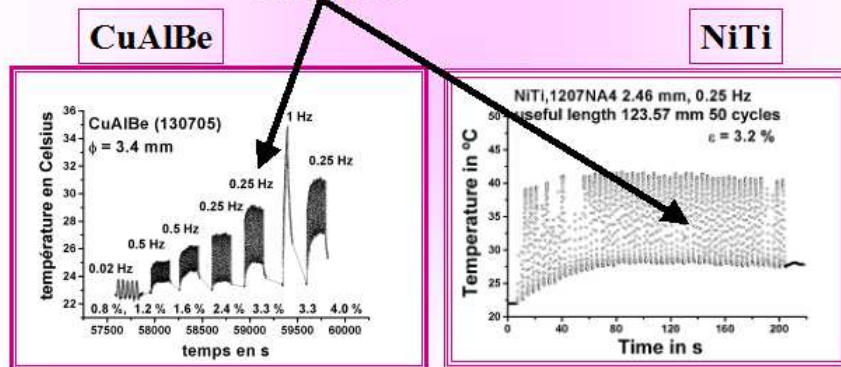


Fig.6: Calentamiento de los SMA con el ciclado progresivo

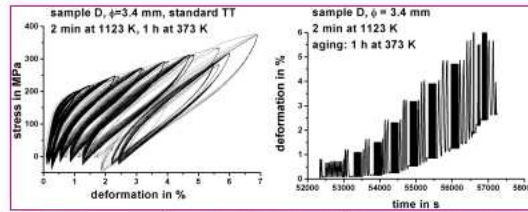
Otro aspecto importante es la deformación permanente o "creep". Si se aplican ciclos de carga de tracción a muestras cilíndricas fabricadas con CuAlBe, se observa que aparece una deformación permanente. Esta se puede minimizar aplicando un tratamiento térmico al material, previo al ciclado. Un primer tratamiento térmico encaminado a reducir el "creep" consiste en calentar las muestras durante dos minutos a 1123 K, a continuación enfriar súbitamente en agua y envejecerlas durante 1 h a 373 K (fig.7). Después de hacer esto, se ve que, con el ciclado, el creep se ha reducido al 2,5%.

Posteriormente, se halló un tercer tratamiento térmico más efectivo, consistente en calentar las muestras a 850°C durante 40 minutos, realizar el enfriamiento en agua y, acto seguido, un envejecimiento a 100 °C y 50°C. De esta forma se reduce el creep hasta el 0,5%.

Existe un tercer tratamiento térmico que es óptimo respecto de los dos anteriores, consistente en calentar las muestras durante 10 minutos a 1103 K, enfriarlas súbitamente en agua y envejecerlas durante 1 o 2 meses a 373 K (y, eventualmente, 1 mes más a 333 K). Todo ello queda resumido en la figura 7.

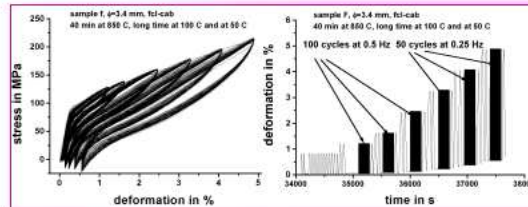
Comportamiento del material, SMA (5)

PROBLEMA CLÁSICO
CREEP EN CuAlBe

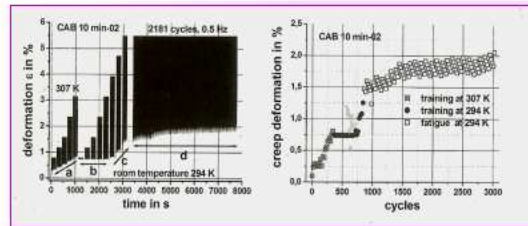


IZQUIERDA: TENSIÓN VERSUS DEFORMACIÓN

DERECHA: DEFORMACIÓN VERSUS TIEMPO, POR SERIES DE CICLOS



"2004"
Longitud útil:
Aprox. 4 %



10 min. a $T=1103\text{ K}$, enfriamiento
súbito en agua, 1-2 meses a $T=373\text{ K}$
(y, eventualmente, 1 mes a
 $T=333\text{ K}$)

8

Fig.7: Tratamientos térmicos conocidos para minimizar la deformación permanente o "creep"

El comportamiento de los SMA también se puede explicar desde el punto de vista energético, mediante el gráfico energético de Gibbs. A un cierto valor de temperatura llamada temperatura de equilibrio, T_0 , existe un equilibrio termodinámico entre las fases de alta y baja temperatura, austenita y martensita. A partir de aquí, si se enfría hasta el valor de M_s , correspondiente a la temperatura de inicio de la transformación directa, comienza la transformación. Análogamente, si lo que se hace es calentar hasta un cierto valor de temperatura, A_s , se inicia el proceso de transformación inversa. Este incremento de temperatura es necesario de aplicar con objeto de vencer defectos que pudieran haber a nivel atómico.

En el caso que nos ocupa, la exigencia sísmica supone 200 ciclos de trabajo, y se ve que son posibles más de mil ciclos, con una deformación neta próxima al 3% (fig.8).

Comportamiento del material, SMA (6)

EXIGENCIA SÍSMICA: 200 CICLOS

CICLOS POSIBLES: MÁS DE 1000, CON DEFORMACIÓN

NETA PRÓXIMA AL 3%

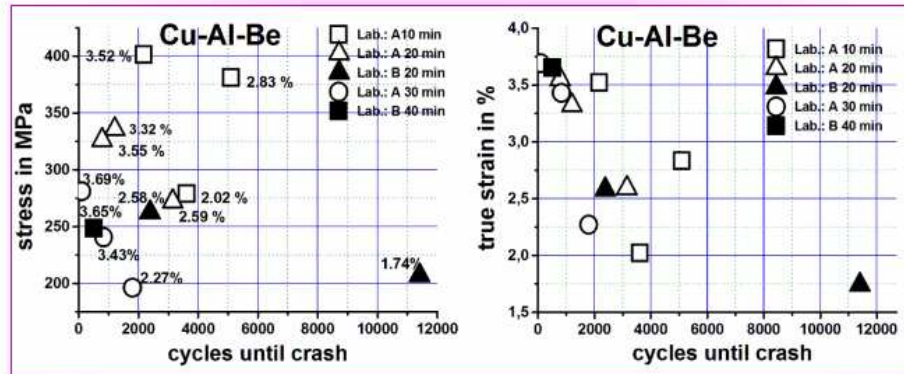


Fig.8: Ensayo, hasta rotura, de muestras de CuAlBe sometidas a ciclos de tracción uniaxial

A continuación, se presenta una comparativa entre dos aleaciones: el CuAlBe y el NiTi. Mientras el CuAlBe tiene un bajo coste de fabricación, el NiTi tiene un coste más elevado. Por otro lado, en el CuAlBe la transformación martensítica se da como un proceso de crecimiento de núcleos de martensita que aparecen aleatoriamente en la fase madre o austenítica. En el NiTi los gérmenes de martensita aparecen también aleatoriamente en la fase madre, pero el crecimiento avanza a partir de estos núcleos en la misma dirección de la fuerza aplicada, de manera que se observan en el microscopio unas bandas alargadas de martensita conocidas como “bandas de Luders”.

Finalmente, el CuAlBe es apto para amortiguar oscilaciones sísmicas (hasta 2000 ciclos para 200-300 MPa) y el NiTi es más adecuado para amortiguar oscilaciones horizontales en cables de puentes colgantes (un millón de ciclos para 200 MPa). Estos aspectos de la comparativa se resumen en la figura 9.

CuAlBe VERSUS NiTi (1)



10

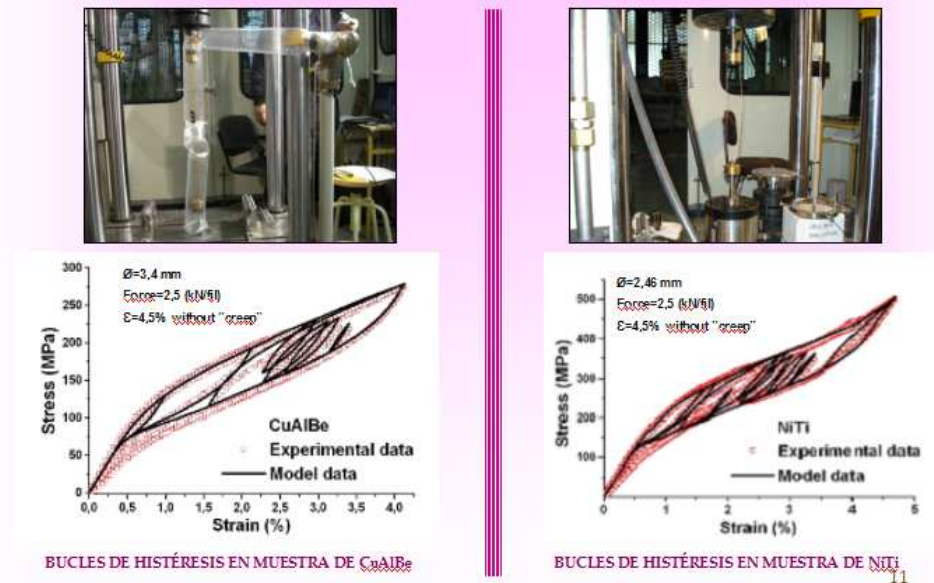
Fig.9: Comparativa entre dos aleaciones con memoria de forma: CuAlBe y NiTi (1)

ENSAYO, EN LABORATORIO DE LA UPC, DE AMORTIGUADORES DE CuAlBe Y DE NiTi; RESULTADOS DE SIMULACIÓN EN ANSYS DE LA HISTÉRESIS GENERADA POR AMBOS AMORTIGUADORES

Continuamos con la comparativa entre las dos aleaciones. En la parte superior de la figura 10, vemos dos fotografías de ensayos realizados en el laboratorio de estructuras, C1, de la UPC. Se fabricaron amortiguadores con muestras cilíndricas de CuAlBe y de NiTi y se aplicaron ciclos de carga de tracción uniaxial con la prensa INSTRON. En el caso del CuAlBe, se calentaron las muestras con un secador de pelo, con objeto de partir con todo el material en fase austenítica y en las mismas condiciones que el NiTi. Se aplicó una fuerza de 2,5 kN por muestra y se obtuvo una deformación, en ambos casos, de 4,5% sin "creep".

El objetivo de este experimento era doble: por un lado, comprobar las diferencias o similitudes entre la histéresis generada con muestras de CuAlBe y NiTi y, por otro lado, ver si un modelo multilíneal formado por 7 modelos lineales se ajustaba a los datos experimentales. Se observa en la fig.10 que, tanto la histéresis generada por las dos aleaciones como los resultados de la simulación por ordenador y los datos experimentales son similares.

CuAlBe VERSUS NiTi (2)



Si se quieren usar estas aleaciones en la construcción de amortiguadores pasivos, hay ciertos condicionantes que se han de tener en cuenta. En primer lugar, se han de evaluar los requerimientos de la acción sísmica. Esta es muy exigente, en el sentido de que las estructuras pueden estar sin ninguna acción sísmica de 10 a 20 años y, de repente, en un minuto, tener que resistir aproximadamente cien ciclos de trabajo más las réplicas asociadas a un evento. Es necesario que los amortiguadores resistan unos dos mil ciclos de trabajo.

Además, hay unos requerimientos estructurales. Es muy conveniente disponer estructuras simétricas, dada la aleatoriedad del sismo, y no sólo a nivel de sección transversal de las vigas o pilares, que sean simétricos, sino también a nivel de particiones, escaleras, etc., globalmente. Por otro lado, se han de mantener la longitud de las muestras de la aleación durante el ciclado, ya que si se alargasen demasiado, dejarían de ser funcionales y los amortiguadores no serían efectivos.

Finalmente, hay las condiciones relativas a los SMA. Se han de tener en cuenta el autocalentamiento, los defectos a nivel atómico que puedan haber y las variaciones de temperatura (una variación de T de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el CuAlBe implica tener que aumentar la tensión en 40 MPa para que continúe transformando), fig.11.

APLICACIÓN DE SMA EN AMORTIGUADORES PASIVOS

REQUERIMIENTOS EN AMORTIGUADORES PARA ESTRUCTURAS:

1) Requerimientos de la acción sísmica:

- 10 a 20 años sin acciones y, de repente:
1min, aproximadamente 100 ciclos de trabajo a 1 Hz + réplicas
- Es necesario que los amortiguadores resistan, en total, 2000 ciclos de trabajo

2) Requerimientos de la estructura:

- mantener la longitud de los hilos de SMA durante el ciclado (ausencia de "creep")
- simetría

3) Condiciones relativas a los SMA:

- temperatura verano-invierno (una variación de T de 20°C para el CuAlBe implica 40 MPa de tensión), autocalentamiento, efectos atómicos



12

Fig.11: Resumen de los requerimientos de amortiguadores sísmicos

CÁLCULOS REALIZADOS MEDIANTE SOFTWARE ESPECÍFICO: ANSYS,V.8.1

Un caso que ejemplifica bien las aplicaciones que se pretenden cubrir con estos materiales se presenta a continuación. Se parte de una casa unifamiliar formada por estructura metálica, tanto en vigas como en pilares y que consta de cuatro módulos o partes simétricas, tal como se observa en la figura 12. Se podría estudiar una casuística, con simulación por ordenador en un programa de elementos finitos, con el fin de determinar cual es la situación óptima sismo-resistente. Así, se podría simular por ordenador, mediante el programa de elementos finitos ANSYS, el terremoto de "El Centro" aplicado al módulo 1 de la casa en las siguientes condiciones:

- Con pilares de sección transversal en HEB y sin amortiguadores.
- En la misma situación anterior, pero con amortiguadores insertados en la estructura, en las diagonales de los pórticos.
- Con pilares de sección transversal circular y sin amortiguadores.
- Y en la misma situación anterior, pero con amortiguadores.

Al hacer esto, se tratarían de comparar los desplazamientos de los nudos superiores de la estructura, a fin de ver en qué caso da la situación óptima de diseño, que sería la que se correspondiera con los desplazamientos más pequeños de los nudos superiores.

En la figura 12 se aprecia un detalle de un amortiguador de CuAlBe. Se ven las ramas de la aleación, las cuales, ante una fuerza de compresión deslizan respecto de unos agujeros y no presentan reacción, mientras que, ante fuerzas de tracción, el amortiguador se puede movilizar y disipar energía.

APLICACIÓN A UN CASO CONCRETO: CASA UNIFAMILIAR CON AMORTIGUADORES PASIVOS

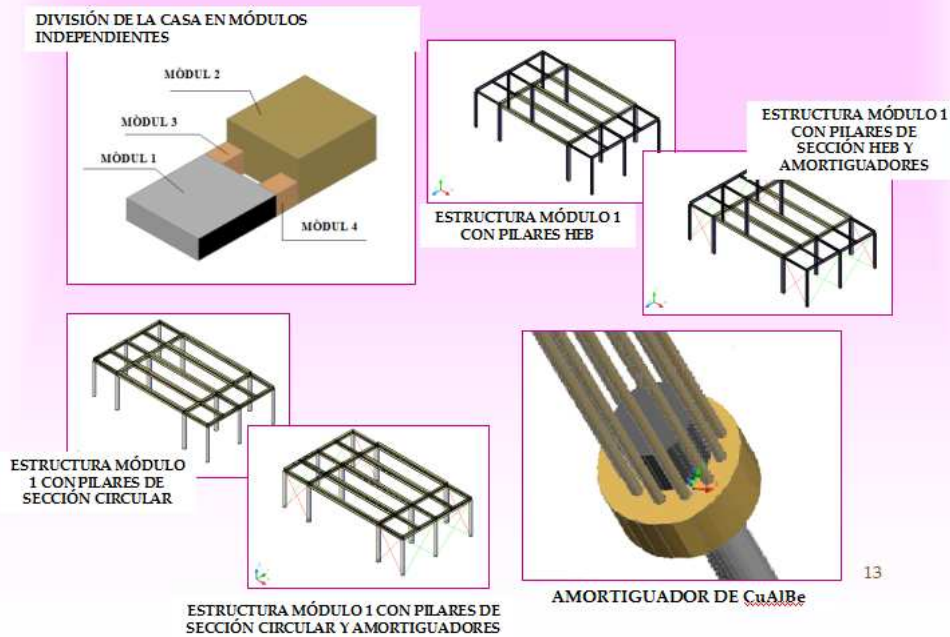


Fig.12: Casuística estructural con y sin amortiguadores pasivos de histéresis con SMA

Se realizó la simulación de un pórtico metálico de tres vanos con una carga vertical aplicada de 3910 (Kg/ml) y las aceleraciones del famoso terremoto de “El Centro”, según la componente en la dirección x (fig.13). Se llevó a cabo la simulación en dos casos particulares de la estructura: con y sin amortiguadores de CuAlBe en las diagonales de los marcos extremos y se compararon los desplazamientos de los nudos superiores de la estructura en ambos casos.

APLICACIÓN A UN PÓRTICO DE LA CASA DEL TERREMOTO DE “EL CENTRO”; SIMULACIÓN EN EL PROGRAMA ANSYS, v. 8.1

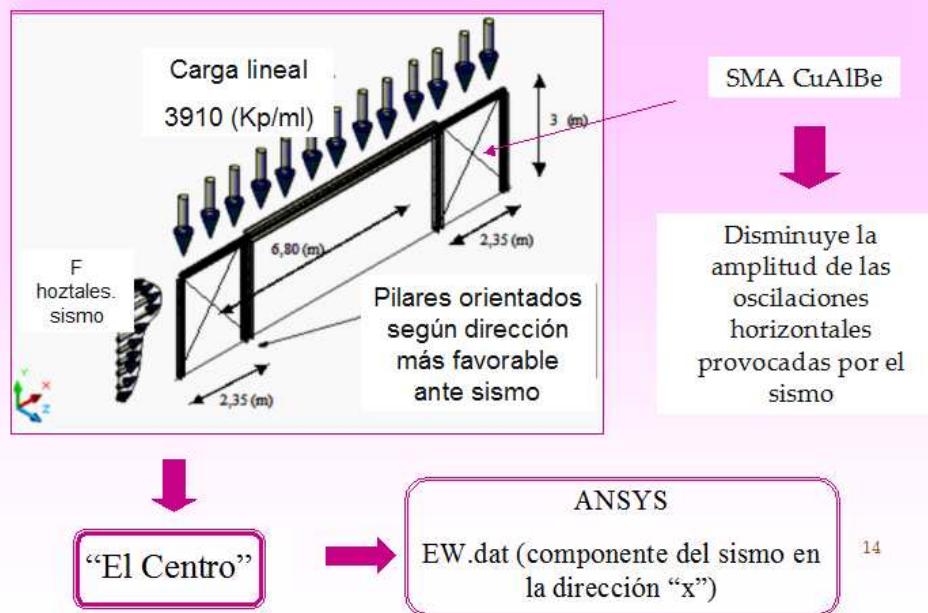


Fig.13: Estructura objeto de la simulación en ANSYS

La simulación se llevó a cabo mediante el programa de elementos finitos ANSYS, en su versión 8.1. Los resultados en desplazamientos son los siguientes (fig.14): se obtuvo un desplazamiento máximo de 7 cm en el caso del pórtico sin amortiguadores y un desplazamiento máximo de 3,5 cm en el caso con amortiguadores. Por tanto, hay una reducción de los desplazamientos de los nudos superiores de la mitad, por lo que se podría pensar que los amortiguadores son realmente efectivos.



Fig.14: Estructura con amortiguadores en las diagonales

ENSAYO DE UN PÓRTICO REAL EN LABORATORIO DE LA UPC

Un caso más real que se llevó a cabo consiste en un pórtico metálico simulado en el laboratorio de estructuras del edificio C1, en la UPC. Se trata de un pórtico metálico de sección transversal en HEB tanto para la viga, dintel, como para los pilares, de un solo vano, de tres metros y medio de altura por cuatro de ancho y estabilizado mediante una estructura perimetral, tal como se ve en la figura 18. El pórtico consta, en la base, de unas ruedas de poliamida que están simplemente apoyadas en unas guías formadas por vigas UPN.

A parte de eso, se colocó una estructura indeformable con forma de V invertida en medio del pórtico, de manera que en la parte superior se situó un sensor LVDT que recogió los desplazamientos relativos existentes entre las partes superior e inferior del pórtico, fig.18 (el LVDT estaba conectado por la parte superior a la banda inferior de la viga del pórtico, que es móvil y por la parte inferior estaba conectada a la parte fija de la estructura).

Un ejemplo real de aplicación: pórtico de estructura de acero, con y sin amortiguadores, ensayado en laboratorio (1)

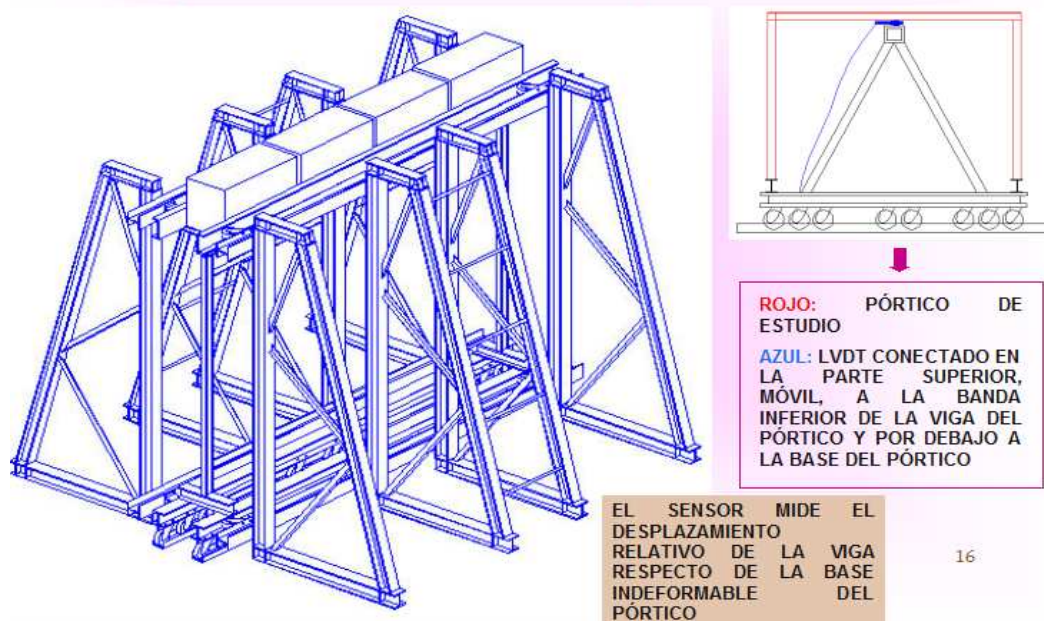


Fig.18: Estructura completa con pórtico central ensayado

Se aplicó carga con un pistón situado en la parte inferior del pórtico y conectado a un muro de reacción (fig.19), que estaba formado por bloques de hormigón pretensados unidos al suelo del laboratorio mediante unos pasadores.

Un ejemplo real de aplicación: pórtico de estructura de acero, con y sin amortiguadores, ensayado en laboratorio (2)

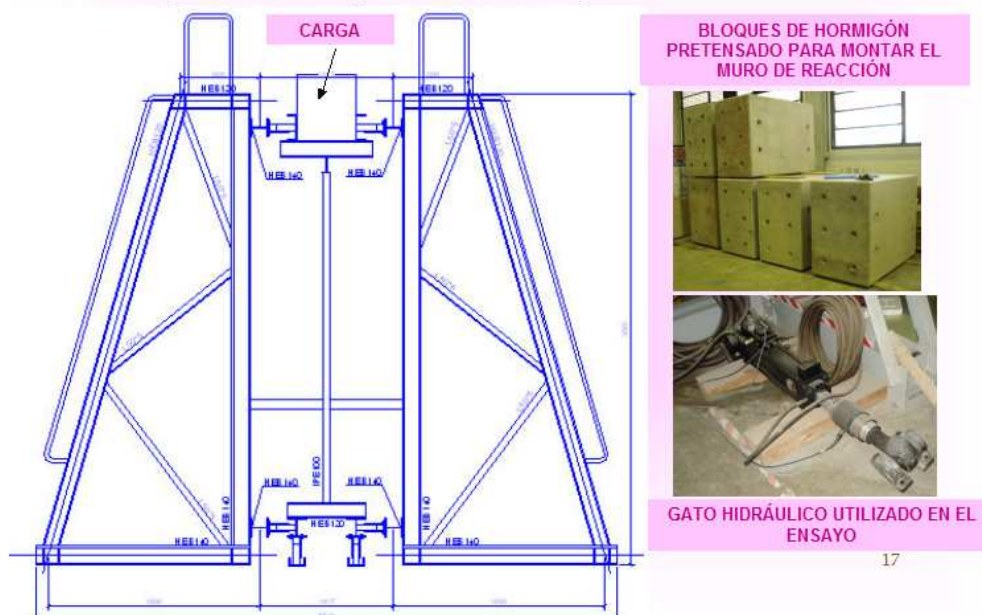


Fig.19: Perfil de la estructura; a la derecha, gato hidráulico y bloques del muro de reacción usados en el ensayo

Se ensayó el mismo pórtico con y sin amortiguadores de CuAlBe en las diagonales y, en ambos casos, la carga aplicada por el pistón fue la misma (y con idéntica frecuencia de 1 Hz) para poder comparar los resultados. Los amortiguadores, cabe decir, se han

de dimensionar para cada caso concreto de estructura. Esto consiste en determinar la longitud efectiva de las ramas de la aleación, por un lado y, por otro lado, en decidir adecuadamente el número de ramas. En el ensayo realizado se dispusieron dos ramas de CuAlBe de longitud 75 cm (en cada rama la fuerza aplicada era de 1,13 a 2 kN). En las fotografías de la figura 20 se pueden apreciar el amortiguador, colocado en la diagonal del pórtico, las viguetas sobre las cuales se apoya la carga estática de las cajas, la cual se materializó llenándolas con trozos de barras de acero corrugado, la estructura en forma de V invertida con el LVDT y la estructura perimetral y de protección (escaleras con barandillas para acceder a la parte superior).

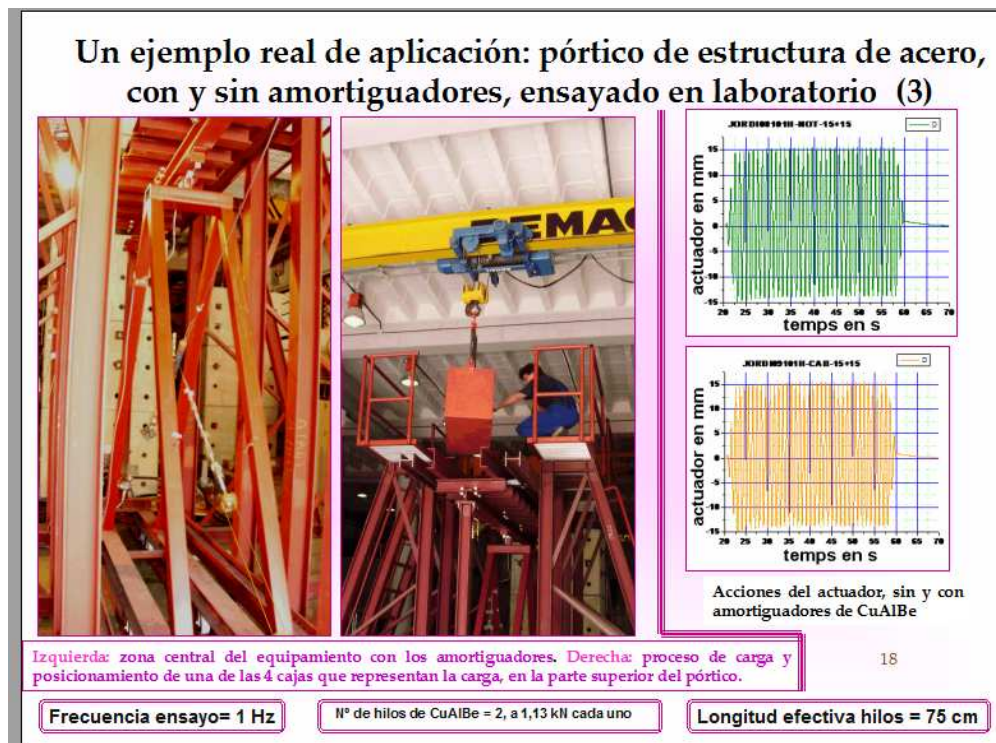


Fig.20: Fotografías de la estructura; a la derecha, acciones del actuador con y sin amortiguador (iguales en ambos casos)

Concretamente, las fases de ensayo que se realizaron con el pórtico provisto de amortiguadores son las siguientes:

- Sin carga vertical aplicada y con una amplitud “pico a pico” de 10 mm.
- Sin carga vertical aplicada y con una amplitud “pico a pico” de 30 mm.
- Con carga vertical aplicada de 1400 kg y una amplitud “pico a pico” de 10 mm.
- Con carga vertical aplicada de 1400 kg y una amplitud “pico a pico” de 30 mm.

Un ejemplo real de aplicación: pórtico de estructura de acero, con y sin amortiguadores, ensayado en laboratorio (4)

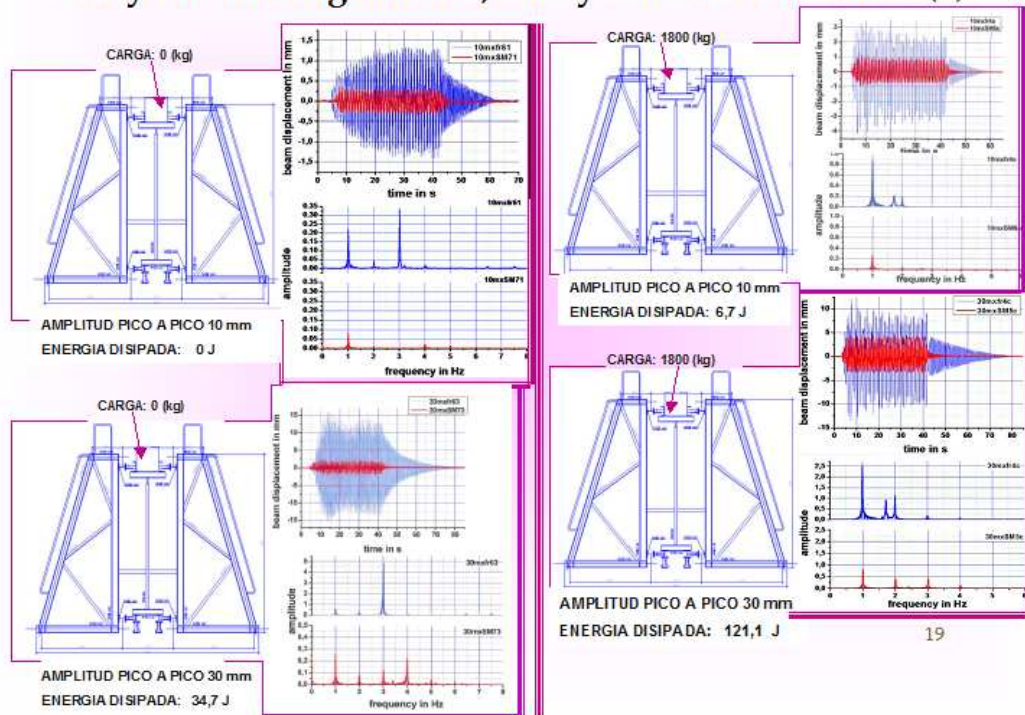


Fig.21: Descripción y resultados de los casos ensayados en laboratorio

- Se observa, en primer lugar que, en todos los casos, la colocación de amortiguadores en la estructura es favorable, ya que reduce las amplitudes de las oscilaciones y de las frecuencias (en azul, fig.21, se observan los desplazamientos y frecuencias sin amortiguadores y, en rojo, con los amortiguadores; se observa una notable reducción en todos los casos).
- Por otra parte, también se observa que, a mayor carga vertical, los amortiguadores disipan más energía.

Si analizamos con mayor detalle uno de estos gráficos, por ejemplo el correspondiente al pórtico con carga vertical de 1400 kg con y sin amortiguadores, se observan dos efectos importantes (fig.22):

Un ejemplo real de aplicación: pórtico de estructura de acero, con y sin amortiguadores, ensayado en laboratorio (5)

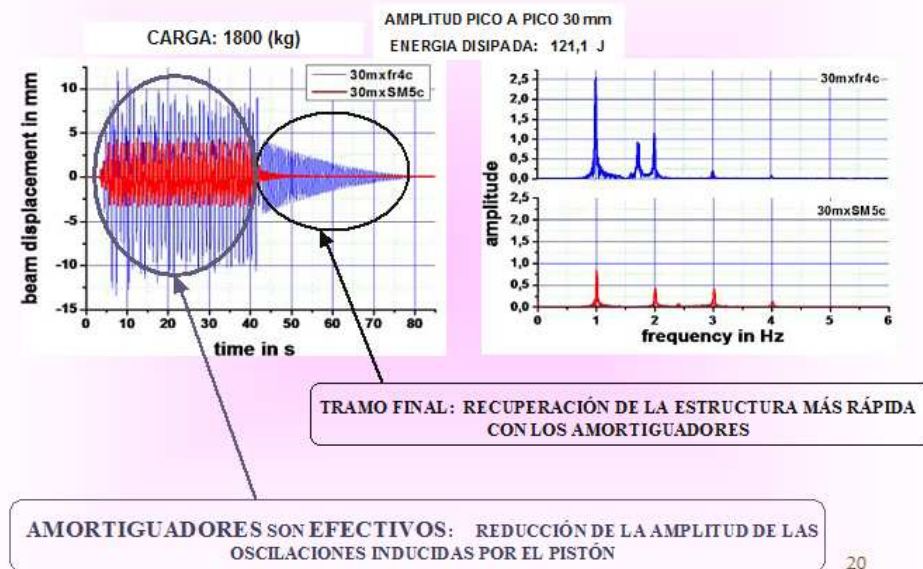


Fig.22: Resultados en desplazamientos y frecuencia del pórtico con carga 1800 Kg y amplitud pico de 30 mm

- Con los amortiguadores se da una reducción efectiva de los desplazamientos de los nudos superiores de la estructura.
- Por otra parte, los amortiguadores permiten la recuperación final más rápida de la estructura. En color rojo (fig.22) se observa que la recuperación se da en cuestión de unos segundos, con amortiguadores mientras que, sin ellos, la recuperación se daría en unos cuarenta segundos.
- En cuanto a las frecuencias, los amortiguadores reducen las amplitudes de las frecuencias presentes, aunque pueden aparecer otras diferentes, pero de amplitud reducida (se observa una frecuencia entre 1 y 2 Hz en la figura con amortiguadores que en la figura sin amortiguadores no se ve).

CONCLUSIONES

Finalmente, como conclusiones respecto al comportamiento observado en estos materiales, se pueden citar las siguientes:

- Tanto el CuAlBe como el NiTi son aleaciones efectivas para realizar con ellos aplicaciones sismo-resistentes en estructuras.
- Es conveniente realizar tratamientos termomecánicos en las aleaciones de SMA para minimizar el fenómeno del "creep" o deformación permanente.
- Se han de tener en cuenta los aspectos básicos que afectan al comportamiento de estos materiales, como son el autocalentamiento, efectos a nivel atómico y variaciones de temperatura (recordemos el coeficiente de Clausius Clapeyron: mientras que para el CuAlBe toma un valor de 2,2 Mpa/K, para el NiTi es de 6,3 Mpa/K).
- De la simulación del pórtico en el programa de elementos finitos ANSYS se obtiene que los amortiguadores reducen las amplitudes de las oscilaciones debidas a la acción sísmica hasta la mitad.
- Del caso experimental del pórtico ensayado en laboratorio se observa que a carga nula o baja, el amortiguador colocado en las diagonales rigidiza, comportándose de manera similar al acero. Con carga de 1800 kg el amortiguador absorbe y disipa energía por transformación martensítica.

CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

A continuación, se adjuntan los cálculos relativos a la estructura realizados mediante la aplicación de la norma sismo-resistente española, NCSE-02.

Normativas aplicadas

Para el diseño y comprobación de la estructura se han seguido las consideraciones expresadas por las siguientes normativas:

-EAE-08, para los cálculos relativos a elementos realizados en acero. Se es consciente de que dicha norma ya es obsoleta, pero el software de cálculo que se ha utilizado se rige por ésta y se considera que este hecho no resta validez al objeto principal de este documento (constituir un ejemplo de la aplicación de la norma NCSE 02).

-EHE, Instrucción de Hormigón Estructural, para los elementos de hormigón

-CTE, Código Técnico de la Edificación. En especial en este apartado se van a seguir las directrices del Documento Básico SE-AE relativo a las Acciones en la edificación.

- NCSE-02, Norma de Construcción Sismo-resistente.

Cargas a considerar

De acuerdo con el Documento Básico SE-AE referente a la Seguridad Estructural y a las Acciones en la Edificación y a la norma NCSE-02, a continuación se detallan las acciones, en función de la situación en la vivienda, a tener en cuenta en el cálculo de la estructura:

PLANTA BAJA Y ESCALERA

Peso Propio* 1,96 kN/m²

Tabiquería 1 kN/m²

Solado 1 kN/m²

Sobrecarga de Uso 2 kN/m²

CUBIERTA (ACCESIBLE SOLAMENTE PARA CONSERVACIÓN)

Peso Propio *1,96 kN/m²

Solado 1 kN/m²

Sobrecarga de Uso 1 kN/m²

Nieve ** 0,5 kN/m²

*El peso propio es el correspondiente a la chapa colaborante y a la capa de compresión de hormigón, que se justifica en apartados posteriores.

**El valor de la sobrecarga de nieve se obtiene del Art. 3.5 de SE-AE considerando $m=1$ y $s_k=0,5$ (Granada), considerando $q_n=m \cdot s_k$ el valor de la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal.

VIENTO

Para la consideración de las acciones de viento se han seguido las disposiciones del documento referente a las acciones en su Art. 3.3. La formulación a emplear ha sido la siguiente:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot (c_p \text{ o } c_s)$$

donde

-la presión dinámica del viento $q_b=0,42 \text{ kN/m}^2$

-coeficiente de exposición (edificio urbano de hasta 8 plantas) $c_e=2$

-coeficiente eólico o de presión (en función de la esbeltez del edificio en el plano paralelo al viento, se tienen varios valores en función de si el viento sopla en la dirección **x** o **y** de la estructura y de si se trata de presión o de succión).

Dirección x		Dirección y	
Esbeltez=0,73		Esbeltez=0,85	
Presión	Succión	Presión	Succión
C_p	C_s	C_p	C_s
0,8	-0,4	0,8	-0,5
q_e	q_e	q_e	q_e
0,672	-0,336	0,672	-0,42

Tabla 2: Coeficientes de presión y succión

SISMO

La determinación de las acciones producidas por el sismo requiere un cálculo más complejo que se detallará en apartados posteriores, cuando se explique el análisis que se ha realizado a tal efecto.

Coeficientes de mayoración de acciones y flechas admitidas

Para la comprobación de los estados límites últimos y de servicio de la estructura se han tenido en cuenta el valor de los siguientes coeficientes de mayoración de acciones:

Coeficientes	Acciones	Permanentes	Variables	Accidentales
ELU	Efecto favorable	1,00	0,00	1,00
	Efecto desfavorable	1,35	1,50	1,00
ELS	Efecto favorable	1	0	
	Efecto desfavorable	1	1	

Tabla 3: Coeficientes de mayoración de acciones

Para validar la estructura en estado límite de servicio se han limitado los valores de las flechas (teniendo en cuenta la norma EAE, capítulo X) a los siguientes, según el elemento estructural a estudiar (L =longitud del elemento, H =altura total, H_i =altura de la planta):

FLECHAS VERTICALES ADMISIBLES (ELS):

Cubiertas (accesibles sólo para mantenimiento): $L_i/250$

L_i menor de los perfiles de cubierta (se tiene en cuenta la menor longitud de perfil para quedar del lado de la seguridad)

Vigas y forjados (en ausencia de elementos frágiles susceptibles de deterioro): $L_i/300$

L_i menor (se tiene en cuenta la longitud del perfil más corto para quedar del lado de la seguridad)

FLECHAS HORIZONTALES ADMISIBLES (ELS):

EDIFICIOS DE VARIAS PLANTAS

-Total de la estructura: $u < H/500 = 700/500 = 1,4$ cm

-En cada planta con tabiques, cerramientos o solados frágiles: $u_i < H_i/500$, con $H_i = 3,5$ m para ambas plantas (primera y segunda planta).

ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN ESTRUCTURAL ADOPTADA

La vivienda se compone de cuatro módulos independientes. Solamente uno está formado por dos plantas y a su vez es el de mayores dimensiones en planta. Se ha realizado el cálculo estructural correspondiente al módulo A, que es el más complejo. El resultado se ha hecho extensivo al resto de la estructura (procedimiento muy usual en la práctica ingenieril).

Módulo A

Tal y como se ha comentado, este módulo es el único que dispone de dos plantas y por lo tanto de dos forjados metálicos. La altura de las plantas es de 3,5 m y tiene un hueco en el techo de la planta baja correspondiente a la escalera de acceso a la planta superior. Los pilares son tuberías metálicas circulares cuyas dimensiones se han obtenido con el cálculo. Para las jácenas y vigas de forjado se han escogido perfiles laminados de la serie HEB. Así como en el

caso de los pilares, sus dimensiones se han obtenido mediante el programa utilizado para el cálculo (Eswin Estructuras Tridimensionales versión 1.1.4.8).

Los forjados se han considerado mixtos de hormigón y acero. No es objeto de esta monografía el cálculo detallado del sistema mixto chapa colaborante-losa de hormigón, pero dado que no se puede comprobar la estructura resistente sin tener en cuenta las características de estos elementos, se ha recurrido a un catálogo de chapas donde ya vienen especificadas las características de las chapas y de los espesores de hormigón necesarios. La elección de las cargas determina los espesores de chapa y capa de hormigón. En dicho catálogo ya se especifican las dimensiones de los redondos a colocar en la losa de hormigón. La única información que va a ser utilizada en el análisis de la estructura, que se comentará en apartados posteriores, es el peso propio de estos elementos. A su debido tiempo, se comentará cómo se han tenido en cuenta sus efectos en la estructura a estudio.

Las características de la chapa y del forjado mixto se muestran a continuación:

ACERO

Espesor de la chapa: **0,7mm**

Límite elástico: **240 N/mm²**

HORMIGÓN

Hormigón: **HA- 25**

Espesor de la losa: **4 cm**

Densidad: **25 KN/m³**

MALLAZO: 200 x 300 x 4

NEGATIVOS

Separación de negativos: **250 mm**

Diámetro de negativos: **8 mm**

Recubrimiento de hormigón: **30 mm**

La disposición esquemática de los pilares en planta es la que se muestra a continuación:

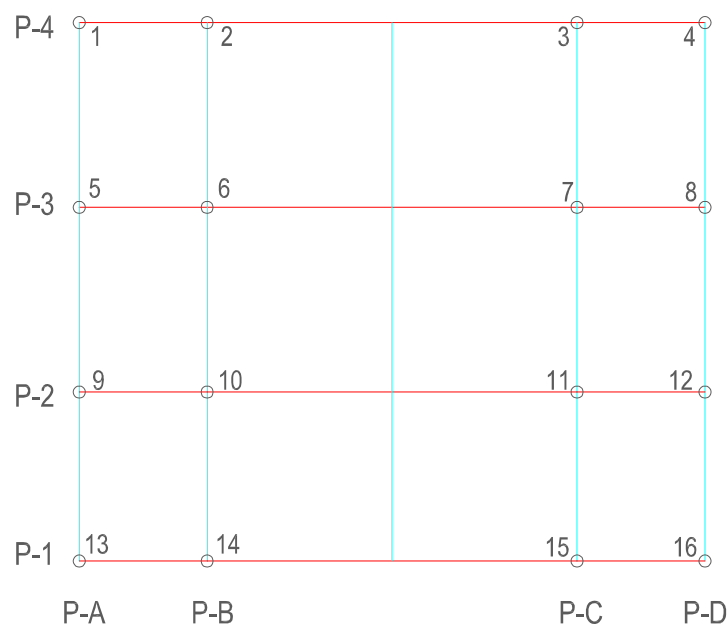


Fig.7: Esquema de la distribución en planta de los pilares.

La estructura puede entenderse como la unión de 8 pórticos: cuatro pórticos en sentido longitudinal P-A, P-B, P-C y P-D, y cuatro en sentido transversal, P-1, P-2, P-3 y P-4. A continuación del pórtico P-1 seguiría el módulo B. Estos últimos están formados por pilares metálicos circulares sobre los cuales se sustentan las jácnas de los forjados de la serie HEB. Estas jácnas son las que soportan las vigas de forjado en la dirección perpendicular, sobre las que descansa la chapa metálica. Estas vigas, también de la serie HEB, junto con los pilares, forman los pórticos P-A, P-B, P-C y P-D en el sentido longitudinal. Se han dispuesto unas vigas adicionales, que no descansan directamente sobre pilares, en el centro de la planta para reducir la luz que debe salvar la chapa, reduciéndola de 6 a 3m. La dirección de los nervios de la chapa es según los pórticos transversales.

En alzado se han dispuesto una serie de arriostramientos con la finalidad de controlar el movimiento horizontal de la estructura. Se han utilizado a tal efecto diagonales formadas por redondos, colocadas de tal manera que no comprometan la entrada de luz a la vivienda ni el paso a través de los distintos módulos. Su disposición es tal y como se muestra a continuación:

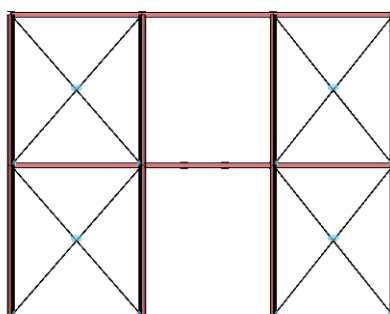


Fig.8: Pórticos A y D

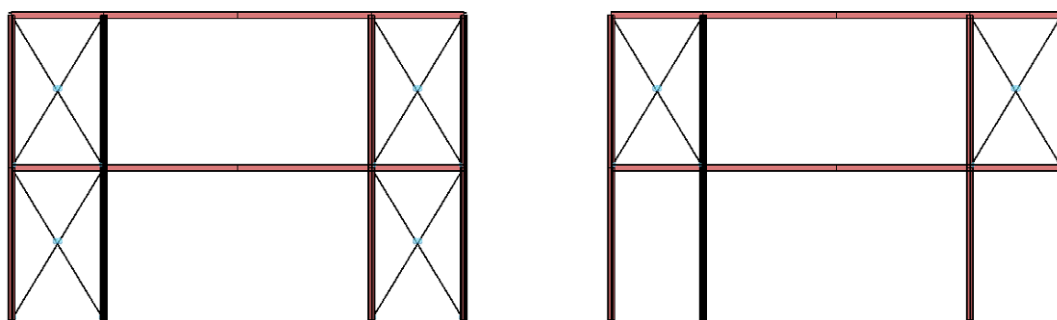


Fig.9: Pórticos P-4. y P-1

El hecho de que el pórtico P-1, no esté arriostrado en su parte inferior introduce una falta de simetría. Este hecho provoca una distribución de tensiones asimétrica, en detrimento de este pórtico, cuyos pilares están más tensionados que los del pórtico P-4.

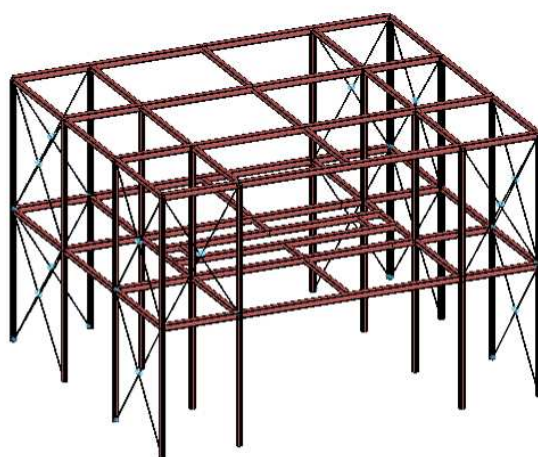


Fig.10: Vista general del módulo calculado

Esquema general del módulo A

Una vez se ha definido la geometría de la estructura, cuyas dimensiones se pueden apreciar en el apartado de planos adjuntos (Tomo II: Planos), se ha procedido a aplicar las cargas consideradas.

Dado que el programa no permite introducir directamente como forjado unidireccional el formado por las chapas metálicas, se ha considerado su efecto sobre las vigas de forjado como una carga permanente. Se ha considerado el ámbito de carga de cada conjunto de vigas (correspondientes a los pórticos A, B, C y D) y se ha aplicado sobre ellas una carga lineal equivalente al peso propio de la chapa y capa de compresión. En este reparto de cargas, a pesar de ser una aproximación, el error cometido no es grave, puesto que las rigideces de los pilares son todas iguales, así como las de vigas y jácnas y se espera un reparto uniforme y proporcional a luces adyacentes. Esto, no obstante, no es exactamente así en los tramos extremos (sin continuidad). Del mismo modo, es decir, teniendo en cuenta las áreas tributarias de cada viga, se han ido aplicando las cargas verticales de tabiquería, solado, sobrecarga de uso, nieve, etc. Para las cargas horizontales de viento, se han tenido en cuenta también las áreas tributarias (en este caso verticales) y se han aplicado sobre las vigas o jácnas, según su caso, como cargas repartidas sobre barras horizontales. Se ha tenido en cuenta la presión y succión simultáneas, adoptando los valores de C_p o C_s según la dirección transversal del viento (x) o la longitudinal (y).

El esquema de las cargas aplicadas es el siguiente:

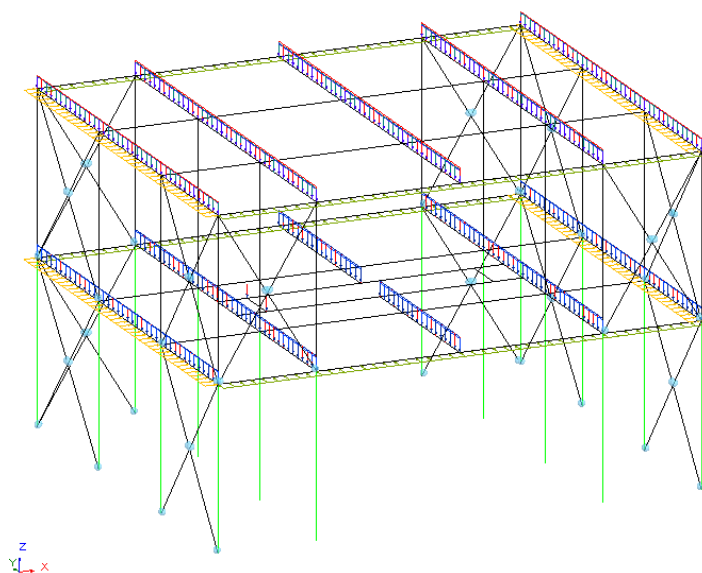


Fig.11: Esquema de cargas aplicadas

Resultados y análisis de los cálculos realizados mediante el programa ESWIN

Una vez introducida la geometría del módulo A y las cargas comentadas anteriormente, se dimensiona la estructura. Se ha realizado el cálculo convencional de la estructura separadamente del cálculo sísmico, con la finalidad de comparar las dimensiones de los elementos estructurales antes y después de tener en cuenta el sismo, y ver así la influencia que dicha situación implica en la estructura. Los elementos que cumplen con las condiciones necesarias para la verificación de los estados límites últimos y de servicio son:

- Vigas de forjado HEB 120
- Jácnas HEB 160
- Pilares $\Phi 155.6$ en la planta baja y $\Phi 155.5$ en la planta superior.

El programa permite obtener rendimientos de los diferentes elementos, mediante los llamados “Índices de utilización” de pilares y vigas. Estos rendimientos atienden tanto a la capacidad resistente de la pieza (ELU, y se obtienen comparando el valor del mayor esfuerzo generado por el elemento, viga o pilar, con el valor límite admisible de dicho esfuerzo) como al estado límite de servicio, ELS. Para este estado, ELS, se procede de forma análoga comparando las deformaciones que experimenta cada elemento, viga o pilar, con el valor de flecha máxima admisible correspondiente. En este sentido, se comprueban movimientos horizontales relativos a la altura del elemento y a la altura total del edificio. En el caso de movimientos verticales, éstos se comparan con la flecha vertical admisible relativa a la longitud del elemento de estudio (movimiento relativo) y también teniendo en cuenta el movimiento de los nudos o extremos de la pieza (movimiento absoluto). Las tablas de resultados, en lo que a rendimiento se refiere, se muestran a continuación:

Índice de utilización PILARES PB				Índice de utilización PILARES P1			
Barra	Agotamiento (%)	Def.H.Tot. (%)	Def.H.Pla. (%)	Barra	Agotamiento (%)	Def.H.Tot. (%)	Def.H.Pla. (%)
05-48	14,6	15,6	9,4	27-05	14,2	13,3	6,6
06-46	29	77,9	46,8	26-06	12,5	48,1	10,9
19-50	30,1	86,8	52,1	24-19	13,4	56,6	15,8
20-51	28,9	85,4	51,2	25-20	11,1	46,1	5,1
18-47	41,8	61,8	37,1	23-18	38,4	36	6,5
17-45	59,8	77,8	46,7	21-17	66	48	10,9
15-49	57,5	86,7	52	22-15	62,6	56,6	15,9
16-52	31,7	85,4	51,2	36-16	31,9	46	6,4
14-44	43	61,8	37,1	35-14	38,4	36	6,2
13-42	77	77,8	46,7	34-13	67,2	47,8	10,8
11-39	77,3	86,7	52	32-11	65,8	56,4	15,7
12-37	48,7	85,7	51,4	33-12	31,8	45,8	6,4
07-43	14,7	15,9	9,5	28-07	14,2	13	6,1
08-41	24,8	77,8	46,7	29-08	10,2	47,9	10,8
09-40	28	86,7	52	30-09	10,2	56,4	15,7
10-38	27,7	85,8	51,5	31-10	11,1	45,8	5,1

Tabla 4: Índices de utilización de pilares

PILARES:

Los pilares de la planta baja presentan un aprovechamiento bastante variable, alcanzando valores que oscilan desde el 14,6% el más bajo al 77,3% el más alto. Como era de esperar, los más solicitados son aquellos próximos al hueco de la escalera, puesto que es en este punto donde el área contributiva es superior. Los menos solicitados son los correspondientes a las esquinas del módulo. Se podría pensar en disponer pilares de diferente espesor, o incluso de diferente diámetro, según el aprovechamiento que presenten, pero por razones relativas a los criterios constructivos frente a acciones sísmicas, a saber, uniformidad de rigideces, etc. se cree oportuno forzar el mismo tipo de perfil para toda la planta, con la finalidad de poder comparar los resultados obtenidos en la hipótesis de sismo. Por otro lado, los altos valores de los rendimientos de flechas horizontales inducen a pensar que la estructura no cumpliría los estados límites de servicio en caso de disminuir el espesor o el diámetro. En el caso de los pilares de la planta superior ocurre algo similar, siendo los aprovechamientos de todo tipo, algo inferiores.

VIGAS:

Los aprovechamientos tensionales de las vigas de la planta baja son también variables y oscilan entre valores bajos del orden del 20%, hasta llegar al 96% en algunos casos. Estas vigas más solicitadas son las que corresponden al hueco de la escalera (en el centro del edificio). En este caso se podrían disminuir

las dimensiones del resto de piezas sin que ello comprometiera la simetría del módulo, pero para quedarnos del lado de la seguridad, no se van a realizar más ajustes en este sentido. En el caso de las vigas de cubierta el comportamiento es cualitativamente similar a las de la planta baja, pero cuantitativamente inferior. Esto es debido a que las dimensiones de las piezas son las mismas, pero las solicitaciones a las que están sometidas son menores (véase estado de cargas de la cubierta).

Índice de utilización VIGAS COB				Índice de utilización VIGAS PB			
Barra	Agotamiento (%)	Flecha +N (%)	Flecha -N (%)	Barra	Agotamiento (%)	Flecha +N (%)	Flecha -N (%)
59-60	40,9	71,7	23,7	64-65	26,3	-	2,8
58-59	54,2	67,8	52,4	63-64	70,6	-	94,7
60-62	38,6	62,6	39,1	67-68	56,4	-	69,2
27-26	31,1	22,6	11,4	66-67	27,5	-	2,1
28-29	31,2	22,5	10,4	17-69	96,1	23,5	11
23-21	53,5	23,2	25,4	69-94	42,2	25,6	19,7
21-22	51,3	27,1	12,5	96-11	71,1	22,8	5,8
24-25	30,4	26,7	8,5	95-96	31,8	23,2	14,6
26-24	29,6	27,1	7,7	13-95	84,7	21,7	10
30-31	30,3	26,6	8,4	94-15	82,6	24,8	6,6
29-30	29,6	26,6	6,4	07-08	35,7	18,3	12,5
32-33	49,3	27	18,5	05-06	43	18,4	15,1
34-32	50,8	27	13,3	09-10	36,7	21,7	9,5
35-34	53,9	23,1	24,8	08-09	35,6	21,4	9,3
22-36	48,7	27,1	19,1	11-12	68,3	21,8	20,4
				14-13	69,3	18,6	25,7
				15-16	72,6	21,5	18,3
				18-17	74,7	18,6	23,1
				19-20	36,7	22,7	11,2
				01-06	38,5	22,7	11,9
				01-02	21,4	-	1,5
				04-03	21,3	-	1,5

Tabla 5: Índices de utilización de vigas

Índice de utilización JÁCENAS CUB				Índice de utilización JÁCENAS PB			
Barra	Agotamiento (%)	Flecha +N (%)	Flecha -N (%)	Barra	Agotamiento (%)	Flecha +N (%)	Flecha -N (%)
34-59	79,3	56,8	21	64-54	74,2	49,2	24,2
59-21	79,3	56,8	21	56-64	74,2	49,2	23,6
58-35	33,3	30,7	9,8	18-63	44,1	32	11,5
23-58	33,3	30,7	9,8	63-14	44,2	32	11,5
62-33	29,8	29,7	9,6	16-68	39,3	31	11,5
36-62	29,8	29,7	9,6	68-12	39,3	31	11,5
60-32	74,9	53,9	19,6	55-67	74,5	48,6	23,6
22-60	74,9	53,9	19,7	67-57	74,5	48,6	23,1
21-26	49,5	20	16,4	66-1	37,4	67,5	16,4
29-34	49,7	19,9	16,5	03-66	37,4	67,5	13,5
27-23	20,4	14,7	6,4	02-69	10,9	41,4	1,7
35-28	20,4	14,7	6,7	65-4	28,2	57,6	10,8
25-36	18,3	18,7	5,8	02-65	28,2	57,7	13,8
33-31	18,3	18,6	5,9	15-55	54,7	20,7	10,4
24-22	48,1	23,4	15,4	54-17	55,3	19,3	10,7
32-30	48,2	23,3	15,5	13-56	58,9	18,9	11,2
				57-11	55	20,2	10,9
				01-94	14,4	45,3	2,1
				03-96	8,9	40,9	1,6
				04-95	9,6	37,5	1,3
				08-13	49,5	16	13
				17-06	49,3	16,1	12,9
				14-07	27,2	12,6	8,3
				01-05	27,3	12,6	8,2
				12-10	21,3	17,4	7,4
				20-16	26,5	17,4	7,3
				11-09	48,2	17,8	12,7
				19-15	48,1	17,8	12,6

Tabla 6: Índices de utilización de jácnas

JÁCENAS:

De los valores mostrados en la tabla precedente se pueden distinguir varios resultados. En el caso de la cubierta, existen cuatro vigas que presentan unos rendimientos elevados. Estas vigas corresponden a las vigas interiores que, por un lado, presentan mayor luz y a la vez más área contributiva. Sus rendimientos,

tanto en capacidad resistente como deformacional, son cuantitativamente superiores al resto de vigas. En la planta inferior sucede algo parecido. Las vigas que presentan mayor luz y más área contributiva tienen rendimientos más altos, siendo algo menores que en la cubierta debido a que el hueco de la escalera disminuye la carga en esta zona.

Visto este análisis, a continuación se adjuntan algunos gráficos obtenidos con el programa, y la nomenclatura de los nudos que, sin duda, ayudará a la comprensión de los resultados anteriores.

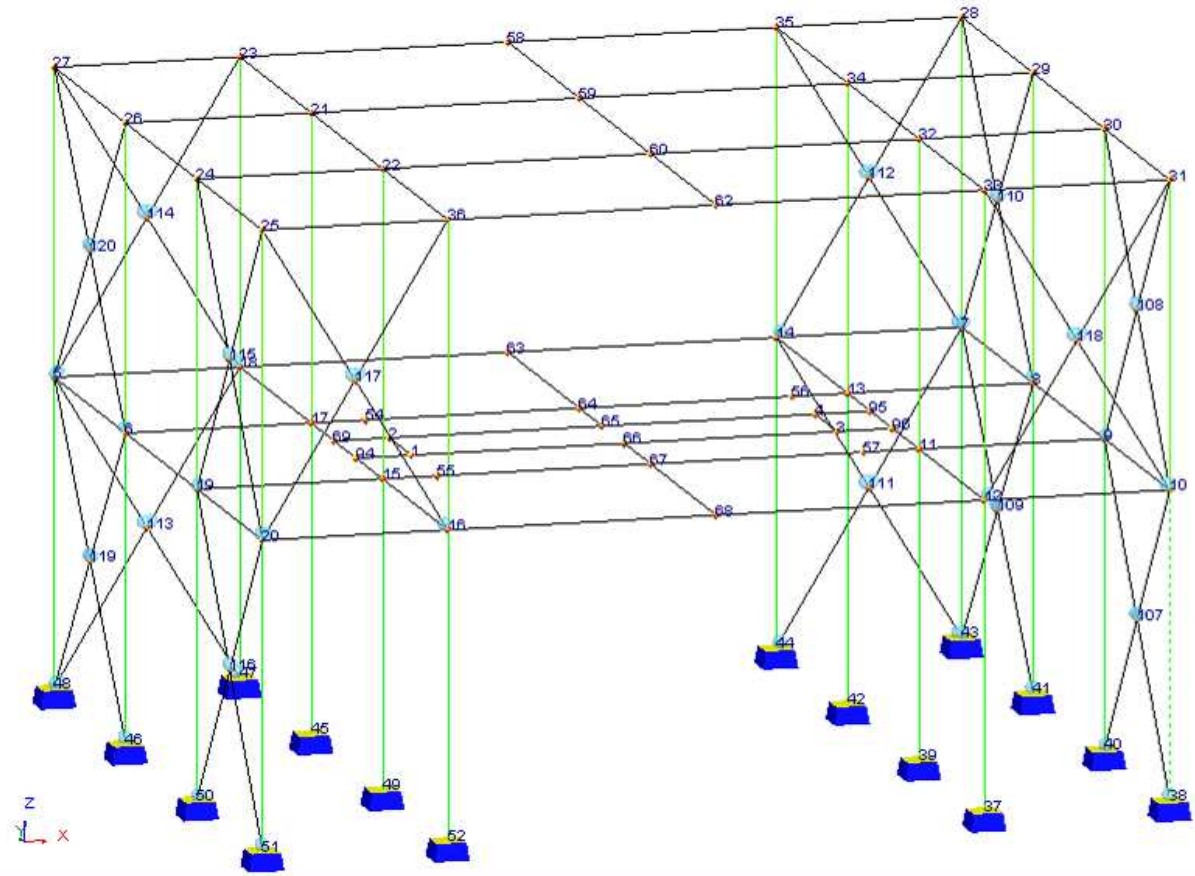


Fig.12: Esquema de nudos y barras del módulo A

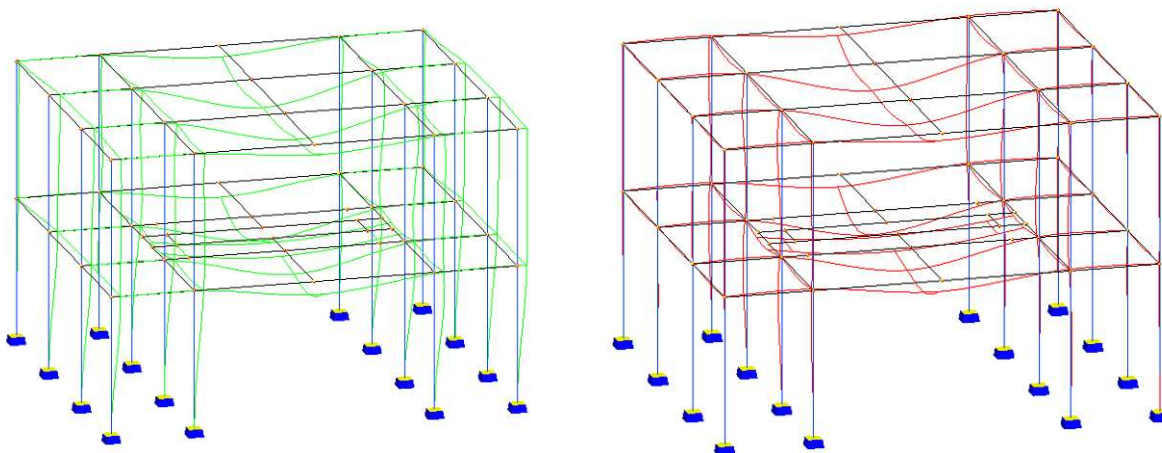


Fig.13: Deformada en ELS con viento en dir.x y deformada en ELS con viento en dir. y

Como puede observarse, la falta de arriostramientos en la planta baja en dirección x del pórtico P-1 provoca un movimiento en cabeza superior de este pórtico respecto al P-4 que se halla arriostrado en toda su altura. En la deformada en dirección y este hecho no provoca ningún efecto, puesto que el arriostramiento sólo es eficiente en la dirección del viento, y en este caso los pórticos P-A y P-B son idénticos.

ANÁLISIS SÍSMICO

A partir de las consideraciones establecidas por la norma NCSE-02, se van a realizar los cálculos correspondientes para tener en cuenta el efecto de las acciones sísmicas. Para la comprobación definitiva se partirá de los resultados obtenidos anteriormente y se introducirán las acciones sísmicas a tener en cuenta. Posteriormente, se realizará un análisis de los resultados obtenidos y se compararán con los que se acaban de comentar.

El objeto del cálculo sismo-resistente es verificar la seguridad de las construcciones ante las acciones sísmicas que puedan actuar sobre ellas durante su período de vida útil. A tal efecto, se comprobarán los estados límite últimos con las combinaciones de acciones, incluyendo la acción sísmica, que fijen las diferentes instrucciones.

APLICACIÓN DE LA NORMA

Nuestra estructura está situada en la ciudad de Granada (provincia de Granada). Al ser un edificio tal que su probabilidad de destrucción debida al terremoto y causa de víctimas es despreciable, o que pueda interrumpir un servicio primario o producir daños económicos significativos a terceros, se clasifica como "de importancia moderada" (Artículo 1.2.2. NCSE-02). Sin embargo, y dada que esta consideración exime del cálculo sísmico, se va a considerar de "importancia normal" en lo que sigue, con el fin de poder realizar el cálculo sísmico.

INFORMACIÓN SÍSMICA

Según el mapa de peligrosidad sísmica y visto el lugar donde se ubicará la estructura, se elige una aceleración sísmica básica igual a $a_b=0,23g$ (y un coeficiente de contribución $k=1$).

La aceleración sísmica de cálculo a_c se define como:

$$a_c=S \cdot r \cdot a_b=1,34 \cdot 1 \cdot 0,23g=3,02 \text{ m/s}^2$$

siendo r el coeficiente adimensional de riesgo que para una construcción de importancia normal se toma $r=1,0$.

-S: el coeficiente de amplificación del terreno que para $0,1g < r \cdot a_b < 0,4g$, resulta:

$$S = \frac{C}{1,25} + 3,33(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1)(1 - \frac{C}{1,25})$$

donde C es el coeficiente del terreno que se considera C=2 dado que el terreno es de tipo IV (suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando)

- a_b la aceleración sísmica básica

Se calculan además los períodos característicos del espectro de respuesta como:

$$T_A = k \cdot C / 10 = 0,2$$

$$T_B = k \cdot C / 2,5 = 0,8$$

Masas que intervienen en el cálculo

A efectos de los cálculos de las solicitaciones debidas al sismo, se considerarán las masas correspondientes a la propia estructura, las masas permanentes y una fracción de las restantes masas, siempre que éstas tengan un efecto desfavorable sobre la estructura. Para sobrecargas de uso para viviendas se considerará un factor 0,5; para la nieve, puesto que ésta no permanecerá más de 30 días al año, se tomará 0.

El cálculo de las masas a tener en cuenta en el cálculo se muestra a continuación:

	Pp (kg)		Tabiquería (kg)		Solado (kg)		Sobrecarga (kg)		Nieve (kg)		Superficie	Masa total (kg)
	valor	f	valor	f	valor	f	valor	f		f		
Cubierta	199,80	1		1	101,94	1	101,94	0,5	50,97	0	92,32	32561,39
PB	199,80	1	101,94	1	101,94	1	203,87	0,5		0	87,70	44341,69

Tabla 7: Masas que intervienen en el cálculo

En el capítulo 4 de la citada normativa, relativa a las reglas de diseño y prescripciones constructivas en edificaciones, en su apartado referente a las masas del edificio, se establece que en aquellos casos en que $a_c > 0,12g$, la masa total de una planta no debe exceder en más del 15% a la masa de las plantas contiguas, ni en más del 50% a la masa media de todas ellas. Tal y como puede observarse en el cuadro superior, la masa de la cubierta es inferior en más de un 15% a la masa de la planta inferior. Dado que no se puede controlar el uso que se va a dar a la cubierta ni reducir las masas de la planta inferior, y dado que la normativa no establece qué hacer en estos casos, se ha considerado oportuno obviar esta consideración, puesto que se entiende que los daños producidos en un fallo de la cubierta no comprometerán la seguridad de la estructura.

Método simplificado de cálculo

Dado que la estructura cumple todas las condiciones del epígrafe 3.5.1 de la norma, se puede asimilar a un modelo unidimensional constituido por un oscilador múltiple con un solo grado de libertad de desplazamiento por planta. El análisis se realiza en este caso a partir de un sistema de fuerzas horizontales equivalente al de los terremotos, que se calcula como se muestra a continuación.

MODOS DE VIBRACIÓN:

Con la finalidad de saber los modos de vibración a considerar, es necesario saber el período fundamental de la construcción, T_F . En edificios de pórticos de acero laminado con planos triangulados resistentes, como es nuestro caso, T_F se calcula como sigue:

$$T_F = 0,085 \cdot n \sqrt{H / (B + H)}$$

Siendo

H la altura de la edificación, sobre rasante, en metros H=7m

n el número de plantas sobre rasante n=2

B dimensión de las pantallas rigidizadoras, o de los planos triangulados, en el sentido de la oscilación

Es necesario calcular, entonces, el valor de T_F en las dos direcciones principales del módulo, **x** e **y**

$$(T_F)_x=0,134s \quad (T_F)_y=0,127s$$

En ambos casos estos períodos fundamentales son inferiores a 0,75s, motivo por el cual solamente es necesario considerar el primer modo de vibración.

Cálculo de las fuerzas sísmicas:

La fuerza sísmica estática equivalente se calcula según la siguiente expresión:

$$F_{ik} = s_{ik} \cdot P_k$$

donde:

P_k = peso correspondiente a la masa m_k de la planta k

S_{ik} = coeficiente sísmico adimensional correspondiente a la planta k en el modo i, de valor:

$$s_{ik} = (a_c / g) \cdot \alpha_i \cdot \beta \cdot \eta_{ik}$$

siendo:

β = coeficiente de respuesta

$\alpha_i = 2,5$ (porque $T_1 = 0,134s$ y $T_1=0,127s$ es inferior a $T_B = 0,8s$)

η_{ik} = factor de distribución correspondiente a la planta k, en el modo i, igual a:

$$\eta_{ik} = \phi_{ik} \frac{\sum_{k=1}^n m_k \phi_{ik}}{\sum_{k=1}^n m_k \phi_{ik}^2}$$

donde: n = numero de plantas

m_k = masa de la planta k

ϕ_{ik} = coeficiente de forma de la planta k en el modo i: $\phi_{ik} = \text{sen}[(2i-1)\pi \cdot h_k / 2H]$, donde h_k

= altura sobre rasante de la planta k, H = altura total de la estructura del edificio.

El cálculo del coeficiente β se lleva a cabo según lo estipulado en el artículo 3.7.3.1; sin embargo, en el capítulo 4.6 sobre el tratamiento de las estructuras de acero, se establece que en el caso de plantearse el proyecto de la estructura en el rango lineal deberá considerarse la estructura sin ductilidad ($\eta=1$), lo que implica para un valor del amortiguamiento del 5%, $\beta=1$. Nótese que en el caso de considerar mecanismos plásticos de disipación o rangos no lineales, este coeficiente, según la tabla 3.1, podría reducirse a 0,33. Dado que el valor de la fuerza provocada por el sismo depende lineal y directamente del factor β , este hecho conduce a multiplicar por tres el valor de la fuerza ejercida por el sismo, haciendo un tratamiento lineal de la estructura en vez de uno plástico. Más consideraciones sobre este punto se realizarán más adelante.

Se muestran, a continuación, los valores de cálculo para las dos direcciones de los factores anteriormente comentados (no hay diferenciación entre las direcciones **x** e **y**, puesto que los valores son iguales en los dos sentidos):

Factor de distribución:

n	m_k (kg)	ϕ_{ik}	h_k	H	η_{ik}
1	44389,80	0,707	3,5	7	0,824
2	33226,53	1,000	7	7	1,166

Tabla 8: Cálculo del factor de utilización

Coefficiente sísmico adimensional:

n	a _c	α _i	β	η _{ik}	S _{ik}
1	3,02	2,5	1	0,824	0,635
2				1,166	0,898

Tabla 9: Cálculo de los coeficientes sísmicos S_{ik}

Fuerza sísmica estática equivalente:

n	P _{ik} (kN)	F _{ik} (kN)
1	435,02	276,22
2	325,62	292,51

Tabla 10: Cálculo de las fuerzas sísmicas estáticas equivalentes

SISTEMA DE FUERZAS ESTÁTICAS EQUIVALENTE:

Llegado este punto, queda pendiente repartir las fuerzas sísmicas entre los diferentes pórticos según la dirección considerada. Este reparto se hace en función de las rigideces de los elementos resistentes frente a la acción sísmica: los pilares que, en nuestro caso, son los únicos resistentes. Según las disposiciones de proyecto de la norma en su punto 4.2.3, se establece que “debe procurarse una distribución uniforme y simétrica de rigideces en planta y una variación gradual de rigideces a lo largo de la altura. Ningún elemento estructural debe cambiar bruscamente de rigidez.” Por este motivo y por simplicidad en el cálculo* se decide disponer pilares idénticos y por consiguiente el reparto de la fuerza, en lo que a rigideces se refiere, se reduce a dividir la fuerza por planta entre 4, que es el número de pórticos en cada dirección.

*En el caso de considerar diferentes rigideces en los pilares, ésta sólo dependería de la inercia de los mismos, ya que E (módulo de elasticidad) y h (altura del elemento) serían los mismos, lo cual no resultaría muy complicado.

Además del reparto según las rigideces, hay que tener en cuenta también los efectos de la rotación la cual, en el caso de edificios con una distribución homogénea de soportes y masas, se puede tener en cuenta multiplicando la fuerza en cada pórtico por una excentricidad adicional que se calcula como:

$$\gamma_a = 1 + 0,6 \frac{x}{L_e}$$

Siendo x la distancia del elemento que se considera al centro del edificio, medida perpendicularmente a la dirección de la acción sísmica considerada.

L_e es la distancia entre los dos elementos resistentes más extremos, medida de la misma forma.

Los valores de las excentricidades obtenidos para cada dirección se detallan a continuación:

x	Pórtico 1	Pórtico 2	Pórtico 3	Pórtico 4
L_e	8,92	8,92	8,92	8,92
x	4,46	1,66	1,40	4,46
g	1,30	1,11	1,09	1,30

Tabla 11: Cálculo de las excentricidades en dirección x

y	Pórtico A	Pórtico B	Pórtico C	Pórtico D
L_e	10,35	10,35	10,35	10,35
x	5,18	3,06	3,06	5,18
g	1,30	1,18	1,18	1,30

Tabla 12: Cálculo de las excentricidades en dirección y

Finalmente, las fuerzas a aplicar en cada pórtico son como siguen:

En dirección x

n	F_{ik} (kN)	F/pórtico1 (kN)	F/pórtico2 (kN)	F/pórtico3 (kN)	F/pórtico4 (kN)
1	276,218	89,77	76,76	75,56	89,77
2	292,510	95,07	81,29	80,01	95,07

Tabla 13: Fuerzas a aplicar en dirección x

En dirección y

n	F_{ik} (kN)	F/pórtico A (kN)	F/pórtico B (kN)	F/pórtico C (kN)	F/pórtico D (kN)
1	276,218	89,77	81,30	81,30	89,77
2	292,510	95,07	86,10	86,10	95,07

Tabla 14: Fuerzas a aplicar en dirección y

COMPROBACIÓN FRENTE A SISMO

Con los resultados del cálculo de las acciones que a efectos del sismo deben considerarse, se ha realizado, finalmente, el ajuste de las dimensiones de los perfiles necesarios para que la vivienda tenga un comportamiento correcto frente al sismo. Se han aplicado las cargas arriba justificadas en la cabeza del pilar de cada pórtico, representadas por una fuerza estática equivalente horizontal. En cada dirección donde se ha analizado el efecto del sismo se ha tenido en cuenta simultáneamente el 30% de la fuerza sísmica de la otra dirección. La hipótesis de cálculo empleada para la consideración del sismo es tal como sigue:

donde:

$$\Sigma \gamma_G \cdot G_k + \Sigma 0,8 \cdot \gamma_Q \cdot Q_k + \gamma_A \cdot A$$

γ_G = Coeficiente de acciones permanentes ($\gamma_G = 1$)

γ_Q = Coeficiente de acciones variables ($\gamma_Q = 1$)

γ_A = Coeficiente de acciones sísmicas ($\gamma_A = 1$)

G_k = Valor característico de las acciones permanentes

Q_k = Valor característico de las acciones variables

A = Valor característico de las acciones sísmicas horizontales encontradas en el apartado anterior

Los perfiles obtenidos se muestran tabulados a continuación, junto a los anteriormente calculados (sin la acción sísmica):

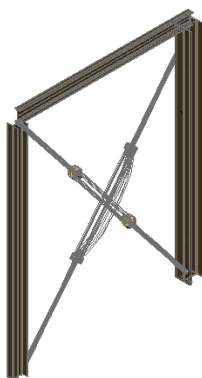
	Pilares		Jácnas		Vigas	
	normal	sismo	normal	sismo	normal	sismo
CUB	CIR 155.5	CIR 200.6	HEB 160	HEB 180	HEB 120	HEB 140
PB	CIR 155.6	CIR 250.11	HEB 160	HEB 180	HEB 120	HEB 140

Tabla 15: Perfiles obtenidos para pilares, jácnas y vigas

MEJORA ESTRUCTURAL MEDIANTE AMORTIGUADORES PASIVOS DE CuAlBe

Los amortiguadores de CuAlBe se han de dimensionar, tal y como se había comentado anteriormente, específicamente para cada estructura. Esto quiere decir que existen unas variables a determinar en el diseño de estos mecanismos sismo-resistentes, que son el número de hilos del amortiguador y el diámetro del mismo.

En el caso particular de amortiguadores incorporados en estructuras de edificios, se les exige que no se alarguen durante el ciclado (que no haya una deformación permanente o “creep” elevado) ya que, de ser así, dejarían de ser funcionales. En estas condiciones, si la frecuencia de vibración es muy alta (1 Hz) se da una degradación del mecanismo asociada a fenómenos de autocalentamiento. Así, en estas condiciones, disipa menos energía, volviéndose progresivamente poco efectivo.



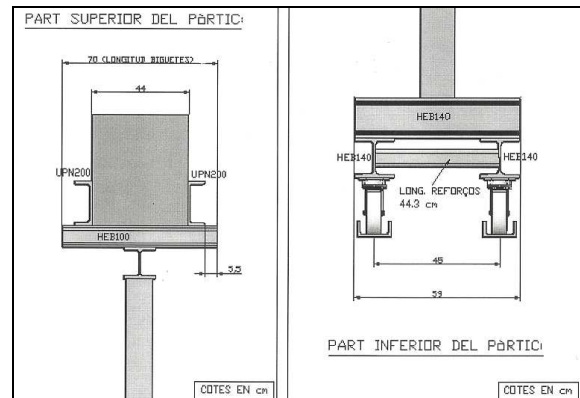
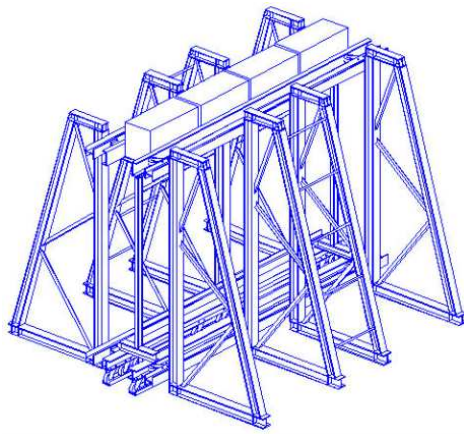
Amortiguador inutilizado por fatiga de la aleación (se aprecia el alargamiento de los hilos)

Cabe decir que cada estructura se diseña en base a una fuerza sísmica concreta y definida. Este tipo de amortiguadores puede disipar energía sísmica en un 30% del valor máximo de esta, para un terremoto de magnitud 7 en la escala Richter (lo cual supone, frente al evento de “El Centro”, que cada hilo de la aleación tendrá aplicados del orden de unos 4.5 kN).

Una forma de determinar el número de amortiguadores necesarios es ensayar un pórtico real y colocar uno de ellos en las diagonales. En esas condiciones, se observará si los alambres o ramas de la aleación no llegan a rotura antes de lo esperado.

Esta prueba se realizó a un pórtico metálico en el laboratorio de estructuras, C1, de la UPC (ETSECCPB, Cataluña). Los resultados, explicados en apartados anteriores, revelaron que una longitud de 75 cm es efectiva para amortiguadores reales, en las condiciones de uso indicadas. Se utilizaron dos alambres de CuAlBe en la prueba.

Las siguientes figuras muestran la estructura a la que se hace referencia:



Estructura ensayada en laboratorio y detalles de las partes superior e inferior del pórtico, respectivamente

Los resultados indicaron que los amortiguadores ensayados son efectivos para reducir las oscilaciones sísmicas de dos formas básicas:

- A carga vertical estática decreciente (caso de carga 0 kg, en este caso) el amortiguador no disipa energía en base a un comportamiento a nivel atómico (transformación martensítica). El amortiguador se comporta de manera similar al acero convencional.
- A mayores cargas verticales, más se moviliza el fenómeno de transformación martensítica del material de la aleación, disipando energía en valor hasta 121,1 J, en el caso de este ensayo realizado en laboratorio.

PROYECTO EJECUTIVO Y DE INSTALACIONES DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR SISMO-RESISTENTE

PARTE II

TOMO I: MEMORIA

AUTOR: MARIA LUISA PEREA IBÁÑEZ

**TUTORES: PERE ROCA FABREGAT
VICENC TORRA FERRÉ
ETSECCPB; PFC; FEBR. 2011**

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	38
2. RESUMEN.....	38
3. CONTENIDO DEL PROYECTO	39
4. MEMORIA	40
4.1. MEMORIA DESCRIPTIVA	40
4.1.1. AGENTES	40
4.1.2. INFORMACIÓN PREVIA	40
4.1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	40
4.1.4. PRESTACIONES DEL EDIFICIO	41
4.2. MEMORIA CONSTRUCTIVA	41
4.2.1. SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO	41
4.2.2. URBANISMO	41
4.2.3. GEOLOGIA Y GEOTECNIA.....	42
4.2.4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	42
4.2.5. RED DE SANEAMIENTO	46
4.2.6. RED DE AGUAS PLUVIALES	46
4.2.7. DISEÑO DE LOS CERRAMIENTOS.....	46
4.2.8. RED DE SUMINISTRO DE GAS NATURAL	46
4.2.9. RED DE SUMINISTRO ELÉCTRICO	46
4.2.10. REVISIÓN DE PRECIOS.....	46
4.2.11. VALORACIÓN DE LAS ACTUACIONES DEL PROYECTO	47
4.2.12. PLAZO DE EJECUCIÓN.....	47
4.2.13. CONCLUSIONES Y PROPUESTA DE APROBACIÓN.....	48
5.ANEJOS A LA MEMORIA	49
5.1. URBANISMO	50
5.2. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.....	52
5.3. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA.....	55
5.3.1. DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA CONSIDERADA	55
5.4. RED DE SANEAMIENTO	71
5.5. RED DE AGUAS PLUVIALES	77
5.6. DISEÑO DE LOS CERRAMIENTOS.....	80
5.7. RED DE SUMINISTRO DE GAS NATURAL.....	82
5.8. RED DE SUMINISTRO ELÉCTRICO	84
5.9. PLAN DE OBRA	94
6. CUMPLIMIENTO DEL CTE	96
6.1. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO	96

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente documento es un proyecto básico de construcción de una casa unifamiliar de dos plantas, primera y segunda planta, la cual se va a situar en una zona sísmica, Granada. Estará sometida, por tanto, a la acción del terremoto, por lo que será necesario tenerla en cuenta en el cálculo de la estructura, dotándola de alguna manera de sismo-resistencia. Para ello, se calculará la estructura a partir de la norma sismo-resistente española, NCSE 02.

Los objetivos que se pretenden cubrir con este documento son, básicamente, los siguientes:

- ❑ Ejecución de los documentos necesarios relativos a la casa sismo-resistente a construir con el detalle suficiente para obtener los permisos y licencias de obras (este es el objeto principal del proyecto básico), por parte de la administración competente (ayuntamientos y otras entidades de la administración implicadas en la posible construcción de la casa).
- ❑ Cálculo de la estructura siguiendo la normativa española NCSE 02.
- ❑ Plantear los detalles constructivos que se han de tratar especialmente durante la ejecución de la casa para garantizar tanto la funcionalidad sismo-resistente como la durabilidad de la estructura. Si bien se tiene en cuenta que esto es un proyecto básico enfocado a formar parte, probablemente, de un proyecto constructivo en una fase posterior, se citan una serie de detalles constructivos que se consideran muy importantes a tener en cuenta desde el punto de vista de la ejecución. Se trata de detalles que se han de cuidar especialmente para optimizar las posibilidades de sismo-resistencia de la estructura.

2. RESUMEN

En este proyecto básico se diseña y calcula, de manera muy básica y con objeto de obtener las licencias de obra por parte de las administraciones competentes, una casa unifamiliar de dos plantas situada en zona sísmica (Granada, España). Para ello, se tiene en cuenta en el cálculo la norma sismo-resistente del país, la NCSE-02. Se aplicará esta norma explicitando cada paso concreto, pretendiendo contribuir, con este proyecto, a su comprensión, despejando las posibles dudas que puedan surgir a la hora de su utilización, mediante la aplicación de un ejemplo concreto.

Se utilizan, en el diseño de esta vivienda, disposiciones simétricas de la estructura y particiones, hecho que favorece mucho el comportamiento de la misma, dada la aleatoriedad de la acción sísmica. A parte de la simetría, se afronta la acción sísmica aplicando la norma sismo-resistente española, según la cual, si la aceleración básica es superior a $0,04\text{ g}$ se ha de considerar dicha acción en fase de diseño. Al ser Granada, lugar escogido para el emplazamiento de la vivienda, zona sísmica (a básica superior a $0,04\text{ g}$) se calcula la estructura aplicando el espectro de la norma. Otra opción de sismo-resistencia que este proyecto plantea como alternativa (en el apartado relativo al cálculo de la estructura) es la inclusión, en la estructura, de amortiguadores de histéresis. Estos dispositivos se diseñan para cada estructura y nivel sísmico específicos y tienen la capacidad demostrada de reducir las amplitudes de las oscilaciones sísmicas. Es, por tanto, una alternativa de gran interés que se tiene en cuenta en segundo lugar debido, de momento, a que no son de uso muy extendido. No obstante, para aplicaciones puntuales y en casos en que el presupuesto no sea muy restrictivo, son de muy interesante uso. Los amortiguadores que se presentan como mejora de la alternativa estructural desarrollada en este proyecto son de cobre-aluminio-berilio (CuAlBe) y son relativamente más económicos en cuanto a proceso de fabricación que los también conocidos de NiTi (níquel-titanio).

De cara a dar un ejemplo de su efectividad e introducir un poco la alternativa considerada, se incluye un ejemplo real de uso de estos dispositivos en una estructura consistente en un pórtico metálico de un vano en el cual se han colocado amortiguadores de histéresis en las diagonales. A continuación, se aplica carga con un pistón hidráulico a una frecuencia de 1 Hz y se recogen datos de desplazamientos de los nudos superiores del pórtico, en relación con sus nudos inferiores (movimiento relativo de las partes superior e inferior del pórtico dado por un LVDT colocado, con ese objeto, en la parte inferior de la viga del pórtico).

Finalmente, se ha de hacer inciso en la importancia de dotar de simetría a las estructuras situadas en entornos sísmicos. En general, ante cualquier acción aleatoria la simetría juega un papel favorable, ya que permite la descomposición de las fuerzas que actúan sobre la estructura según las dos direcciones principales. Es, por tanto, conveniente que no solamente la estructura sea simétrica, sino también los elementos de particiones y la cimentación. Un aspecto muy

importante durante la construcción (y también previamente, a nivel de proyecto) es dotar a los forjados de monolitismo, de tal manera que todos sus elementos (tanto viguetas, jácenas como bovedillas en caso de forjados unidireccionales, por ejemplo) trabajen conjuntamente, como una sola pieza. Esto se consigue colocando en obra una capa de compresión que una entre sí todo el conjunto, consiguiendo este efecto de deformar solidariamente.

También a nivel de fachada hemos de procurar un tratamiento similar, de manera que no sea esta una estructura independiente que pueda desprenderse al estar sometida a las acciones de los terremotos.

Vista, por tanto, la situación en que se ha de diseñar la vivienda que es objeto de este proyecto, así como el contexto de acciones que actuarán sobre ella, se desarrolla el proyecto básico a continuación.

3. CONTENIDO DEL PROYECTO

Al tratarse este documento de un proyecto básico, los apartados que debe contener obligatoriamente, como mínimo, (según el Anejo 1: "Contenido del Proyecto" del "Código Técnico de la Edificación", CTE) son los siguientes:

- Memoria:
 - Memoria descriptiva:
 - Agentes: se describen las principales figuras que intervienen en el proceso de contratación y construcción de la obra: proyectista, promotor, otros técnicos.
 - Información previa: antecedentes y condicionantes de partida, datos del emplazamiento de las obras, entorno físico, normativa urbanística, etc.
 - Descripción del proyecto: descripción general del edificio, uso característico del edificio, relación con el entorno; cumplimiento del CTE y otras normativas específicas, tales como normas de disciplina urbanística, ordenanzas municipales, edificabilidad, funcionalidad, etc (fichas de suelo); descripción de la geometría del edificio; descripción general de los parámetros que determinan las previsiones técnicas a considerar en el proyecto respecto al sistema estructural: cimentación, compartimentación, sistema de acondicionamiento ambiental.
 - Prestaciones del edificio: Se limitará el uso del edificio en su conjunto.
 - Memoria constructiva:
 - Descripción de las soluciones adoptadas, sustentación del edificio: se describen las características del suelo y los parámetros a considerar para el cálculo de la parte del sistema estructural correspondiente a la cimentación.
 - Cumplimiento del CTE:
 - Seguridad en caso de incendio: se describen los requisitos básicos en materia de seguridad ante incendios, en relación con el documento básico correspondiente del CTE.
- Planos:
 - Planos de situación y emplazamiento: el plano/s de situación se refiere al planeamiento vigente, hace referencia a puntos localizables y se indica en él/ellos el norte geográfico.
 - Plano de urbanización: en él se grafían la red viaria, acometidas, etc.
 - Plantas generales: en estos planos se reflejan los elementos fijos y los de mobiliario cuando es necesario para comprobar la funcionalidad de los espacios; se acotan y se indican en ellas los usos.
 - Planos de cubiertas: planos de recogida de aguas pluviales, indicando las pendientes y los puntos de recogida de agua.
 - Alzados y secciones: en ellos se definen las alturas de las plantas, espesores de forjados, etc.
- Presupuesto: se realiza una valoración aproximada de la ejecución material de la obra.

Además de estas partes de obligado cumplimiento, se ha complementado este proyecto básico con algunos apartados más que se consideran muy importantes, básicos, desde el punto de vista del autor y que son:

- Geología y Geotecnia
- Cálculo de la estructura según NCSE 02.
- Estudio de Seguridad y Salud
- Estudio de Impacto Ambiental

- Conclusiones: se explican las conclusiones fundamentales enfocadas, principalmente, al cálculo sismo-resistente realizado.

4. MEMORIA

4.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

4.1.1. AGENTES

Los agentes relacionados con la elaboración y gestión del siguiente proyecto básico son los siguientes:

- Promotor: particular
- Administración competente: Ayuntamiento de Granada
- Projectista: M^a Luisa Perea Ibáñez

4.1.2. INFORMACIÓN PREVIA

Se dispone de la siguiente información de partida:

- Características geológico-geotécnicas de la zona de estudio.
- Planos de emplazamiento de la vivienda.
- Ficha de características del suelo.

4.1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En un entorno sísmico como es la ciudad de Granada, se quiere construir una casa unifamiliar sismo-resistente. Para ello, se tiene en cuenta la norma sismo-resistente del país, NCSE 02. Se considera una práctica necesaria dada la sismicidad de esa zona y el presente proyecto contempla el cálculo de la estructura en base a ello. Por otra parte, una alternativa es la introducción, en la estructura, de amortiguadores de histéresis, formados por alambres de CuAlBe. Ello se comentará como alternativa constructiva, no explicándose en extensión, ya que la que se desarrolla es, como ya se ha comentado, la aplicación de la norma, NCSE 02, la cual constituye la alternativa escogida. Se dota a este documento de las partes más importantes, las cuales son de obligatorio cumplimiento según el artículo 6 del Anejo 1 del CTE, que forman parte de un proyecto constructivo: Memoria, Planos y Presupuesto. El Pliego de Prescripciones Técnicas, el cual no es de obligatorio cumplimiento, no se incluye en este documento, quedando pendiente de redacción en una fase posterior, de proyecto constructivo.

La vivienda consta de dos plantas, primera y segunda planta. Tiene una forma en planta rectangular y unas dimensiones de 21 (m) x 12,5 (m), aproximadamente (ver apartado de Planos, en Tomo II). Su estructura está formada por pórticos de estructura metálica, de nudos rígidos. Dicha estructura se estabiliza con contravientos situados en determinados marcos y dispuestos como diagonales en los mismos.

Podemos dividir, a efectos visuales, la casa en cuatro partes o módulos: un primer módulo formado sólo por una planta (módulo 1), otro formado por primera y segunda planta (módulo 2) y dos módulos más formados sólo por una planta y dispuestos simétricamente respecto el eje longitudinal de la casa (módulos 3 y 4). A continuación, se representan dichos módulos en la figura 1.

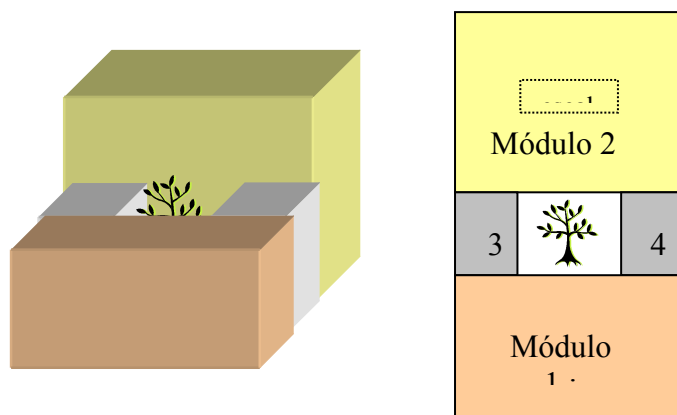


Figura 1: Los cuatro módulos de la casa

Así, la casa está organizada según cuatro módulos independientes, cada uno simétrico respecto de dos ejes perpendiculares. El módulo 2, con primera y segunda planta, abarca más superficie que el módulo 1 y aloja una escalera justo en medio, a fin de respetar la simetría general. Aproximadamente en el centro de la construcción, según vista en

planta, hay situada una obertura rectangular (patio interior), tanto a nivel de planta baja como de planta piso, en la cual se ubicará un gran árbol que sobresale cierta altura del forjado superior de la planta baja el que, además, constituye una zona ajardinada, dando un aspecto reconfortante y de tranquilidad al conjunto. Hay que decir, por tanto, que la casa tiene un gran efecto visual que se manifiesta en toda su plenitud situándose un observador en la primera planta, mirando desde la parte superior del módulo 2.

En lo que respecta al otro módulo (módulo 1), se le ha asignado el uso de zona lúdica. Así, en una esquina hay una habitación destinada a ser de invitados, y el resto de espacio de este módulo se ha repartido convenientemente entre un gran sofá con una pantalla de televisión enfrente, un armario y otra habitación con un tatami para meditar. Dentro de la biblioteca, cabe decir, hay otra entrada a la casa, que constituye, asimismo, el acceso a un pequeño jardín externo a la misma. Un aspecto importante es la separación entre la zona lúdica y el hueco del árbol, el cual materializaremos, para evitar los efectos de las inclemencias del tiempo, cuando las haya, con una ventana corredera que nos permitirá observar la zona del árbol directamente o a través de ella. En cuanto a la planta superior, hay una habitación destinada a ser ocupada por los niños de la casa y, justo enfrente y separada por el hueco de las escaleras de acceso a dicha planta, se halla la habitación de matrimonio. Dentro de ambas habitaciones hay lavabos, y entre ambos y aprovechando así el hueco de las escaleras, hay situada una pequeña estancia con un jacuzzi. Dentro de la habitación de matrimonio hay una visual muy buena del árbol y zona ajardinada de la primera planta, que se aprovecha situando un sofá frente a la fachada acristalada desde la que se observa la misma. Es esta una situación que convierte esta casa en una residencia de lujo para quien la habite y que, además, tiene garantizados unos mínimos de resistencia frente a eventos sísmicos.

La superficie de la casa está repartida como sigue:

SUPERFICIE TOTAL: 374 m²	BAÑOS: 2
HABITACIONES: 5	PLANTAS: 2
HUECO ÁRBOL: 17 m²	HABITACIÓN 2: 44.21 m²
LAVANDERÍA Y DESPENSA: 8,20 m²	HABITACIÓN 3: 44,21 m²
SALÓN-COMEDOR: 56.14 m²	HABITACIÓN 4: 49,3 m²
COCINA: 32.72 m²	HABITACIÓN 5: 13 m²
BAÑO 1: 8.77 m²	HUECO ESCALERA: 7 m²
BAÑO 2: 19,06 m²	
ESPACIOS MUERTOS: 54,32 m²	
HABITACIÓN 1: 20.07 m²	

Tabla 1: Áreas de distribución de la casa

Dada la proximidad de la excavación a los distintos edificios colindantes a la traza, se prevé la instalación de una serie de dispositivos de auscultación, como son regletas e hitos de nivelación, así como una serie de peritajes en las edificaciones colindantes más antiguas. La definición de la instrumentación a colocar se describirá en una fase posterior, en el proyecto constructivo (en el cual se recogerá el Plan de Auscultación).

4.1.4. PRESTACIONES DEL EDIFICIO

La construcción que es objeto del presente proyecto básico es una vivienda unifamiliar. El uso se define como exclusivamente residencial.

4.2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

4.2.1. SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO

Previamente a la ejecución de las obras, se aprovechó una campaña geotécnica realizada entorno de la edificación colindante, en el año 2008, para caracterizar el terreno. En base a ello, se analiza la litología en la zona de construcción, la posición del nivel piezométrico y otros parámetros de especial interés (permeabilidad, expansividad, hundimiento). Todo ello está recogido en el apartado 5.2.

4.2.2. URBANISMO

Teniendo en cuenta que la casa se emplazará en zona urbana, se describen en este apartado los principales condicionantes en cuanto a servicios afectados existentes en las zonas adyacentes a la parcela, teniendo esta

información en cuenta a la hora de diseñar y construir los diferentes sistemas de instalaciones: saneamiento, sistema de recogida de aguas pluviales, gas, electricidad, etc. Además, se adjunta la ficha de suelo con datos urbanísticos del sector en el que se incluye la parcela, explicitando en ella los datos de edificabilidad y demás permisiones urbanísticas por parte de la administración. Todo esto, junto con la mencionada ficha de suelo, se incluye en el apartado 5.1 "Urbanismo".

4.2.3. GEOLOGIA Y GEOTECNIA

Los materiales predominantes en la zona de estudio son conglomerados del Oligoceno y también pelitas, limos y arcillas. Son materiales, en general, de baja capacidad portante (0.75 Kp/cm^2), lo cual se ha de tener en cuenta a la hora de escoger el tipo de cimentación. Por otra parte, no se prevén afecciones, tanto en fase de diseño como constructiva, debidas a la existencia de nivel piezométrico superficial. La profundidad media a que se encuentra este es de 22.45 m. Esta información queda desarrollada en el apartado 5.2.

4.2.4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ALTERNATIVA 1: DISPOSICIÓN, COMO CONTRAVIENTOS EN LA ESTRUCTURA, DE AMORTIGUADORES DE CuAlBe

Una alternativa estructural consiste en el diseño mediante pórticos metálicos de sección en "doble te" para vigas y pilares, reforzados mediante la disposición de amortiguadores histeréticos de CuAlBe (cobre-aluminio-berilio) dispuestos como contravientos. El forjado sería de tipo "slim floor", forjado sanitario ventilado. El cálculo, según esta alternativa, se llevaría a cabo teniendo en cuenta estos dispositivos y aplicando la norma sismo-resistente, NCSE-02.

La aleación de CuAlBe tiene unas propiedades especiales derivadas de su comportamiento peculiar a nivel atómico, de manera que se pueden usar como disipadores de energía sísmica aplicados en amortiguadores de histéresis. Dicho comportamiento especial subyace en una transformación adifusiva consistente en un mecanismo de cizalla, a partir del cual los átomos del material se desplazan conservando sus posiciones relativas entre ellos y sin que ello represente un cambio en la composición química (sí cambian, no obstante, la estructura cristalina). Dicho proceso es conocido como "Transformación Martensítica".

Estos amortiguadores se disponen en las diagonales de los pórticos extremos, como sigue (fig.14), reforzando las características de disipación obtenidas mediante la simple aplicación de la norma NCSE 02..

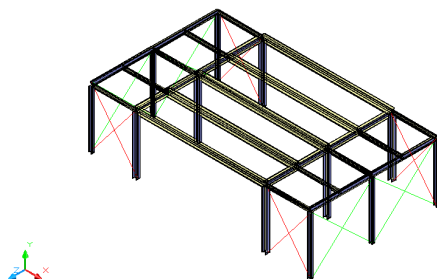


Fig.14: Estructura con amortiguadores en las diagonales

Los amortiguadores de CuAlBe se han de dimensionar específicamente para cada estructura. Esto quiere decir que existen unas variables a determinar en el diseño de estos mecanismos sismo-resistentes, que son el número de hilos del amortiguador y el diámetro del mismo.

En el caso particular de amortiguadores incorporados en estructuras de edificios, se les exige que no se alarguen durante el ciclado (que no haya una deformación permanente o "creep" elevado) ya que, de ser así, dejarían de ser funcionales (fig.15). En estas condiciones, si la frecuencia de vibración es muy alta (1 Hz) se da una degradación del mecanismo asociada a fenómenos de autocalentamiento. Así, en estas condiciones, disipa menos energía, volviéndose progresivamente poco efectivo.

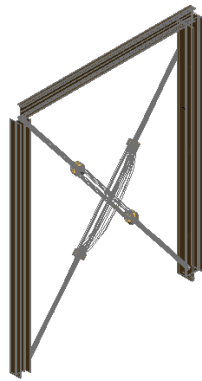


Fig.15: Amortiguador inutilizado por fatiga de la aleación (se aprecia el alargamiento de los hilos)

Cabe decir que cada estructura se diseña en base a una fuerza sísmica concreta y definida. Este tipo de amortiguadores puede disipar energía sísmica en un 30% del valor máximo de esta, para un terremoto de magnitud 7 en la escala Richter (lo cual supone que cada hilo de la aleación tendrá aplicados del orden de unos 4.5 kN).

Una forma de determinar el número de amortiguadores necesarios es ensayar un pórtico real y colocar uno de ellos en las diagonales. En esas condiciones, se observará si los alambres no llegan a rotura antes de lo esperado.

Esta prueba se realizó a un pórtico metálico en el laboratorio de estructuras, C1, de la UPC (ETSECCPB, Cataluña. Los resultados revelaron que una longitud de 75 cm es efectiva para amortiguadores reales, en las condiciones de uso indicadas. Se utilizaron dos alambres de CuAlBe en la prueba.

Las siguientes figuras muestran la estructura construida, un pórtico de estructura metálica que se ha estabilizado por medio de una estructura auxiliar perimetral.

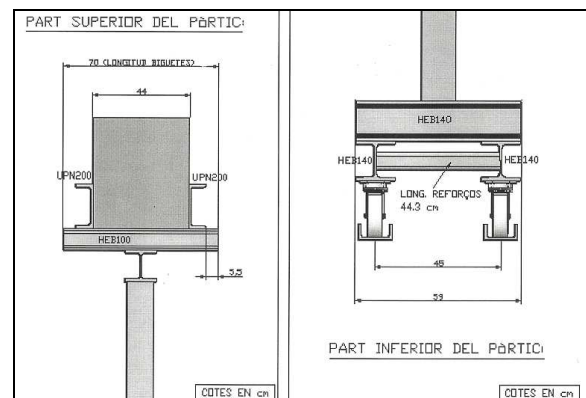
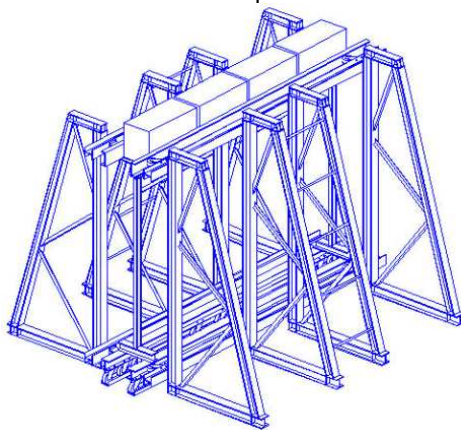


Fig.16: Estructura ensayada en laboratorio y detalles de las partes superior e inferior del pórtico, respectivamente



Fig.17: Estructura real ensayada en laboratorio

En la parte superior de la estructura, se situó un sensor LVDT que recogió valores de desplazamiento relativo entre las partes superior e inferior del pórtico.

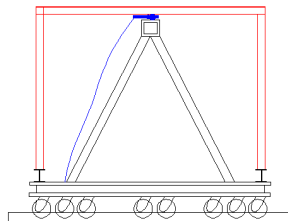


Fig.18: Estructura auxiliar en forma de "V invertida", con sensor LVDT para medir desplazamientos

Se realizaron varias fases de ensayo. Una primera fase con carga vertical estática nula y otra fase posterior con una carga de 1400 kg. Todas las fases se llevaron a cabo a una frecuencia de 1 Hz.

Los resultados observados (y los obtenidos mediante aplicación de la transformada de Fourier) fueron los siguientes:

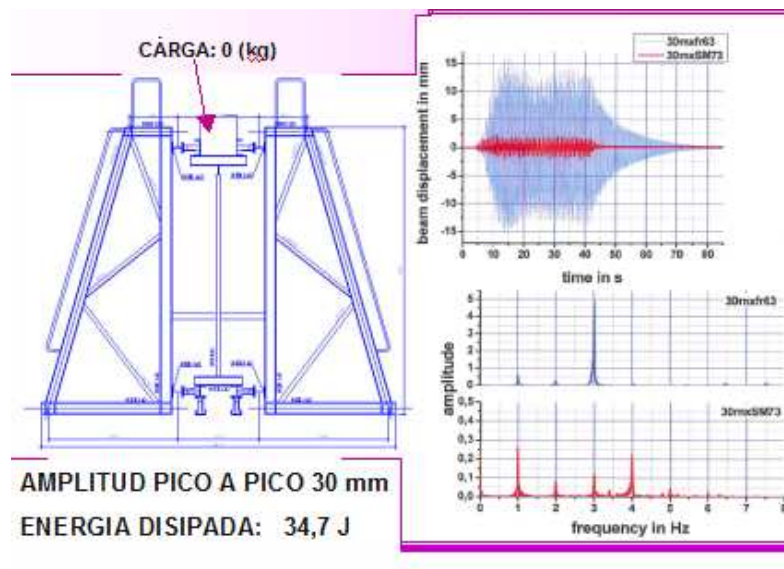


Fig.19: Resultados en desplazamientos y en frecuencias del pórtico ensayado sin carga estática vertical

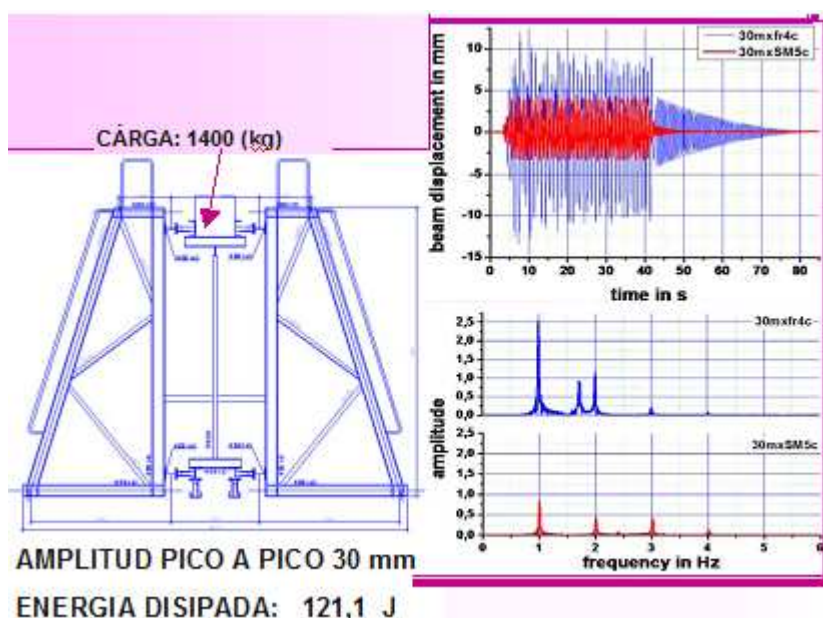


Fig.20: Resultados en desplazamientos y en frecuencias del pórtico ensayado con carga estática vertical de 1,4 tn

Los resultados indican que los amortiguadores ensayados son efectivos para reducir las oscilaciones sísmicas de dos formas básicas:

- A carga vertical estática decreciente (caso de carga 0kg, en este caso) el amortiguador no disipa energía en base a un comportamiento a nivel atómico (transformación martensítica). El amortiguador se comporta de manera similar al acero convencional.
- A mayores cargas verticales, más se moviliza el fenómeno de transformación martensítica del material de la aleación, disipando energía en valor hasta 121,1 J, en el caso de este ensayo.

ALTERNATIVA 2: ESTRUCTURA METÁLICA RIGIDIZADA CON CONTRAVIENTOS DE ACERO CONVENCIONAL

Esta alternativa consiste en una estructura formada por un entramado de pórticos metálicos consistentes en pilares de sección circular metálicos (sección transversal tubular) y dinteles de la serie HEB. Además, se disponen barras de acero convencional como contravientos en algunos pórticos de la estructura. Se calcula el conjunto teniendo en cuenta la norma sismo-resistente del país, la NCSE-02. La elección del número de refuerzos en las diagonales se ha tenido en

cuenta en base a la distribución de las habitaciones, de manera que se obstaculice el acceso entre habitaciones lo mínimo posible. Se resumen los cálculos realizados en el anejo 5.3 de la memoria.

ALTERNATIVA 3: ESTRUCTURA DE HORMIGÓN

La alternativa tres consiste en una estructura formada por pilares de hormigón armado, de sección rectangular y forjados reticulares de hormigón armado. Todo el conjunto se calcula teniendo en cuenta la norma sismo-resistente del país, de obligado cumplimiento para la zona de estudio.

4.2.5. RED DE SANEAMIENTO

La red de distribución de saneamiento está formada por tuberías verticales, de las cuales parten derivaciones hacia ambas plantas.

La conexión en particular prevé:

- Tuberías
- Válvulas
- Contador
- Sistemas de interrupción de corrientes parásitas
- Grifo para eventual toma de muestras de análisis de la calidad del agua
- Alimentación directa a la presión del conducto público.

El sistema se describe en el apartado 5.4.

4.2.6. RED DE AGUAS PLUVIALES

El sistema de recogida de aguas pluviales implantado en la casa se ha diseñado conforme a la normativa vigente y CTE. Está formado por un conjunto de tuberías y bajantes que conducen el agua de cubierta hasta el alcantarillado. Las tuberías de recogida de aguas pluviales del edificio son de PVC y están en el exterior, bajando aéreamente a conectar con tuberías principales. El sistema se describe en el apartado 5.5.

4.2.7. DISEÑO DE LOS CERRAMIENTOS

Formando parte del sistema protector, se ha escogido una sección tipo de cerramiento formada por una doble capa de ladrillos huecos separados por varios centímetros de poliestireno expandido, siendo el espesor total del conjunto de 25 cm. La comprobación del correcto comportamiento del cerramiento se realiza según norma NBE CT-79, en el apartado 5.6.

4.2.8. RED DE SUMINISTRO DE GAS NATURAL

El dimensionamiento del sistema de gas natural se ha llevado a cabo según las disposiciones del CTE. De su aplicación se deducen unos valores mínimos de diámetros para las conducciones, tal y como se explica en el apartado 5.7.

4.2.9. RED DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

El sistema de electrificación de la vivienda se ha calculado teniendo en cuenta la norma ITC-BT-25 (apartado 5.8.), según la cual el valor de la intensidad de corriente prevista en cada circuito se determinará a partir de la fórmula:

$$I = N \cdot I_a \cdot F_s \cdot F_u$$

N = número de tomas o receptores

I_a = Intensidad prevista por toma o receptor (A)

F_s = Factor de simultaneidad (receptores colocados simultáneamente sobre el total)

F_u = Factor de utilización (factor medio de utilización de la potencia máxima del receptor).

Se han calculado las caídas de tensión en los circuitos de la vivienda: alumbrado, tomas de corriente, cocina, etc. También se deben tener en cuenta protecciones contra contactos directos, indirectos, sobretensiones y sistema de puesta a tierra.

4.2.10. REVISIÓN DE PRECIOS

Se establece una fórmula polinómica del cuadro de fórmulas tipo recogido en el Decreto 3650/70, de 19 de diciembre, para cada una de las clases de obra que componen el Proyecto, relacionándolas y haciendo la distinción de capítulos completos del Presupuesto o agrupación de aquellos que por su naturaleza sean homogéneos o revistan menor importancia estableciendo la relación básica de los mismos, con importe y porcentaje en tanto por ciento que representa el presupuesto de cada capítulo sobre el Presupuesto de Ejecución Material del total del Proyecto.

Los materiales básicos a incluir con carácter general en las fórmulas de revisión de precios de los contratos sujetos a dicha forma de revisión, y los símbolos que representan sus respectivos índices de precios en dichas fórmulas, serán los siguientes:

SÍMBOLO	MATERIAL
A	ALUMINIO
B	MATERIALES BITUMINOSOS
C	CEMENTO
E	ENERGÍA
F	FOCOS Y LUMINARIAS
L	MATERIALES CERÁMICOS
M	MADERA
O	PLANTAS
P	PRODUCTOS PLÁSTICOS
Q	PRODUCTOS QUÍMICOS
R	ÁRIDOS Y ROCAS
S	MATERIALES SIDERÚRGICOS
T	MATERIALES ELECTRÓNICOS
U	COBRE
V	VIDRIO
X	MATERIALES EXPLOSIVOS

Fig.2: materiales a tener en cuenta en la formulación de revisión de precios

FORMULA Nº 23. Obras de edificación general.

$$K_t = 0,04 A_t/A_0 + 0,01 B_t/B_0 + 0,08 C_t/C_0 + 0,01 E_t/E_0 + 0,02 F_t/F_0 + 0,03 L_t/L_0 + 0,08 M_t/M_0 + 0,04 P_t/P_0 + 0,01 Q_t/Q_0 + 0,06 R_t/R_0 + 0,15 S_t/S_0 + 0,02 T_t/T_0 + 0,02 U_t/U_0 + 0,01 V_t/V_0 + 0,42$$

4.2.11. VALORACIÓN DE LAS ACTUACIONES DEL PROYECTO

A continuación, se presenta el presupuesto estimado, por capítulos, de las actuaciones propuestas para el proyecto de construcción de la vivienda (cuadro resumen).

	PARTICIÓN DEL PRESUPUESTO (€)
MOVIMIENTO DE TIERRAS	55.000,00
CIMENTACIONES Y ESTRUCTURAS	101.315,20
CUBIERTAS	15.000,00
ALBAÑILERÍA / CERRAMIENTOS	99.000,00
ACABADOS	37.684,80
INSTALACIONES	42.000,00

Fig.3: cuadro resumen

4.2.12. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución de la obra es de 7 meses a contar desde la fecha de la adjudicación, según plan de obra (Gantt) incluido en el apartado 5.9. Dicho plazo es relativamente corto, debido al grado de especialización de los trabajadores y técnicos asignados para la ejecución de los trabajos y se ha estimado teniendo en cuenta, por un lado, su experiencia previa y, por otro lado, la urgencia presentada por el cliente para la finalización de la obra.

4.2.13. CONCLUSIONES Y PROPUESTA DE APROBACIÓN

Se hace constar que el presente Proyecto Básico es una obra completa y suficiente para obtener permiso y aprobación, por parte de la administración competente (Ayuntamiento de Granada) de la actuación a realizar. No obstante, es necesario elaborar un proyecto constructivo en el cual se detallen con mayor precisión y definición los cálculos, detalles constructivos y materiales a utilizar. Dicho documento será el válido para construir.

OCTUBRE de 2010

El Ingeniero Autor del Proyecto:
M^a Luisa Perea Ibáñez
INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

5.ANEJOS A LA MEMORIA

5.1. URBANISMO

Debido al emplazamiento de la futura vivienda en zona urbana, se han de considerar una serie de criterios contemplados en el Plan Parcial correspondiente, disponible para consulta pública por parte de la administración competente (Ayuntamiento de Granada). Así, dichas disposiciones y consideraciones se comentan a continuación:

- **Disposiciones del Plan Parcial, ficha de suelo**

El Plan Parcial asociado al sector en que se ubica la parcela que es objeto del presente proyecto básico explicita unos parámetros y variables que han de cumplir las diferentes zonas del sector, como son, por ejemplo, los valores de edificabilidad, las superficies útiles, los espacios libres, etc. Tras consulta en la base de datos del Ayuntamiento de Granada, se adjunta la ficha de suelo correspondiente a la parcela de estudio, en la cual se recogen las exigencias correspondientes.

- **Afecciones por actuaciones futuras**

Tras consultar los planes urbanísticos relacionados con la parcela (Plan Territorial General, Plan Parcial, PEIN) se ha observado que estos documentos no contemplan ninguna actuación futura que le pudiera afectar, por lo que se confirma que no existe ningún obstáculo para realizar las obras, desde el punto de vista de la normativa urbanística vigente.

- **Entorno urbanístico**

La parcela pertenece a un sector caracterizado, tal como se describe en el Plan Parcial correspondiente, por un uso residencial mediante viviendas unifamiliares. La vivienda a construir tendrá uso exclusivo residencial. Por otra parte, existen unas disposiciones estéticas que se han de considerar a fin de armonizar las nuevas construcciones con las existentes y con el entorno urbano. Dichas disposiciones se consultarán y tendrán en cuenta en fase de proyecto constructivo y de ejecución. Se demolerá parte de la acera afectada por las obras de cara, básicamente, a habilitar acometidas de instalaciones de la vivienda con las redes urbanas existentes. Al reponer los tramos afectados, se tendrán en cuenta las disposiciones urbanísticas necesarias: colocación de modelos de bancos determinados, papeleras, tipo de bordillo, etc.

- **Conexiones con las redes de instalaciones existentes**

La parcela en la cual se ubicará la vivienda dispone, como toda parcela, de agua, electricidad y saneamiento. No obstante, cuando se construya, será necesario habilitar las acometidas correspondientes con las instalaciones de la vivienda. Tras la consulta de los planos disponibles por la Administración, se ha observado que no existen instalaciones afectadas, en la zona cercana a la parcela, por las obras a realizar. No obstante, se realizarán nuevas consultas en fase de elaboración del proyecto constructivo y en fase de construcción, de cara a disponer de información actualizada del estado de las actuaciones realizadas y en proceso de ejecución relativas a instalaciones. Así, únicamente existen:

- Un colector central bajo calzada de calle Poeta Gracián, al cual se conectará la red de saneamiento de la vivienda (colector de 2 x 3 m).
- Una tubería de DN1000 situada bajo calzada de calle Poeta Gracián, más cercana a acera de fachada de la vivienda, a la que se conectará un conducto de la instalación de recogida de aguas pluviales a realizar.
- Cables de baja tensión bajo acera existente, la cual se demolerá en la zona afectada y se llevará a cabo la conexión eléctrica de la vivienda.
- Una tubería de gas, en la cual se conectará la instalación de gas habilitada en la vivienda.

5.2. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

LITOESTRATIGRAFÍA

Los materiales predominantes en la zona de estudio son conglomerados del Oligoceno y también pelitas, limos y arcillas.

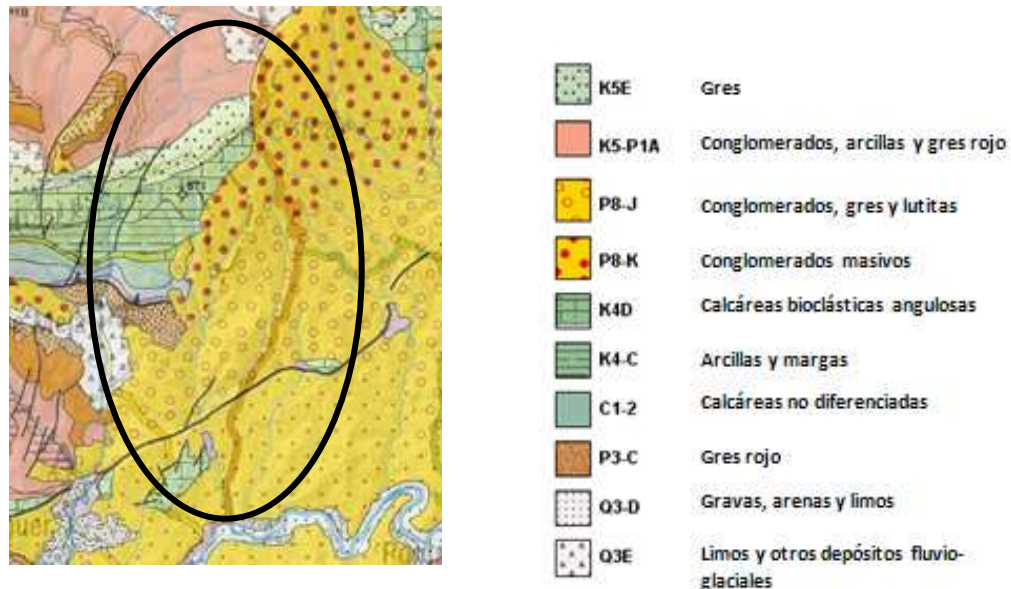


Fig.4: Geología y leyenda de materiales de la zona de estudio (datos obtenidos del Ayuntamiento de Granada)

CUATERNARIO:

“Terraza alta”:

- **Q_a**: Material aluvial formado por arcillas, arena, gravas y bolos.
- **Q_{ta}**: Conjunto formado por arenas y gravas grano-sostenidas, con clastos redondeados y bolos eventuales de 20 cm de diámetro.

“Terraza baja”:

- Gravas arenosas y arenas con bastantes clastos poligénicos; eventualmente, se presentan intercalaciones limo-arenosas.
- Capas de material coluvial muy variado, con granos poligénicos.
- **Q_{fv}** (Fondo del Valle Fluvial): se trata de limos arenosos y, eventualmente, gravas de naturaleza calcárea.
- **Q_{ac}**: Material aluvio-coluvial formado por limos y arenas, con presencia de gravas.
- **Q_{ec}**: Material eluvio-coluvial, formado por una disposición caótica de limos y arcillas, con presencia de gravas.
- **Q_g** (“Glacis”): Limos y arcillas con indicios de gravas, que constituye un depósito heterogéneo sobre una superficie erosionada.
- **Q_{md}**: Disposición caótica de limos, arenas y gravas de poco espesor.

TERCIARIO:

- **T₀₁**: Conglomerados poligénicos formados por una matriz arcillosa-arenosa y cemento calcáreo, muy compactos y con tamaño de los granos de decímetro.
- **T₀₂**: Alternanza irregular de limos y arcillas, con margas.
- **CM-1**: Arcillas, margas y limos con posibles lentejones de arena y/o conglomerados con catos de cuarcita de decímetro.
- **CM-2**: pelitas, limos y calcáreas; margas n tramos de margas más calcáreas. Hacia el oeste, las margas son más duras y fosilíferas.
- **CM-3**: Alternanza regular de limos, calcarenitas y calcáreas margas de hasta un metro de espesor, compactas y duras.

GEOMORFOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

En la zona de estudio hay unidades estructurales formadas, principalmente, por fallas y cabalgamiento de materiales. Granada es muy susceptible desde el punto de vista de la sismicidad, principalmente debido a la proximidad entre las placas continentales Euroasiática y Africana. La interacción de ambas, entre otros motivos, genera grandes liberaciones de energía mediante eventos sísmicos. A continuación, se adjunta una imagen de las formaciones tectónicas existentes entorno a la zona de estudio, a nivel global, e imágenes de tipos de falla usuales en la zona.



Fig.5: Plano de emplazamiento de las placas tectónicas existentes



Fig.6: Imágenes de tipos de fallas existentes en Granada

ESTUDIO GEOTÉCNICO

En el entorno geológico local, los materiales de la zona de estudio se consideran, principalmente, de la edad Cuaternaria (asociado a las terrazas) y Terciaria, correspondientes a sedimentos detríticos formados por arenas con la presencia esporádica de cantos dispersos, depositados. Hidrogeológicamente, los materiales de la parcela de estudio se consideran con comportamiento de capas permeables debido a su naturaleza granular.

RIESGO POR HUNDIMIENTO:

En la zona de estudio el riesgo de hundimiento está asociado a los materiales de origen antrópico y materiales de edad reciente (sedimentos aluviales flojos). Son materiales contemporáneos de naturaleza incoherente con poca consistencia y compacidad baja, debido a su bajo grado de consolidación.

Existe un tramo superior de materiales de compactación baja de origen antrópico. Estos materiales, debido a su baja capacidad de carga y su poca consolidación, permiten que el apoyo de cualquier material sobre ellos pueda originar hundimientos o asentamientos por encima de los permitidos. Estos materiales se encuentran superficialmente en la parcela en que se sitúa la vivienda y habrá que retirarlos previamente a la construcción de la cimentación.

RIESGO POR EXPANSIVIDAD:

El peligro que conlleva la expansividad afecta exclusivamente a suelos cohesivos de naturaleza arcillosa, cuando su textura se ve alterada por diferencias en la concentración de humedad. Para el actual proyecto, el riesgo de expansividad de los suelos se considera bajo, por el carácter eminentemente granular de las litologías.

NIVEL PIEZOMÉTRICO:

El nivel piezométrico se sitúa a una profundidad media de 20,45 m, por lo que no se prevén afecciones derivadas de ello.

PERMEABILIDAD:

Los materiales de la traza son permeables debido a su textura granular. En los niveles donde la proporción de finos aumenta, el carácter permeable disminuye.

Se considera $K = 10^{-5} - 10^{-3}$ (cm/s)

Los parámetros geotécnicos estimados para estos materiales son los que se exponen a continuación (datos de sondeos realizados en parcelas adyacentes, disponibles por la administración):

Cohesión, $c=0$ (Kp/cm²)

Ángulo de rozamiento, $\phi=26-43^\circ$

Densidad aparente, $\delta=1,70-1,90$ (t/m³)

Módulo de Young, $E=50-180$ (Kp/cm²)

Coefficiente de Poisson, $\nu=0,35$

Coefficiente de balasto, $K_0=0,70-1,80$ (Kp/cm²)

Desde el punto de vista geotécnico, estos materiales no se consideran aptos para el apoyo directo y soporte de las cargas de cimentación (capacidad portante aproximada de 0.75 Kp/cm²). Se prevé diseñar esta mediante una losa de hormigón armado.

5.3. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto trata de verificar la concepción estructural de una vivienda unifamiliar de dos plantas atendiendo a los requerimientos de la norma NCSE-02 de construcción sismo-resistente española. La estructura está situada en la ciudad de Granada. Este hecho condicionará el estudio sísmico, así como la elección de los materiales y la determinación de las distintas acciones a tener en cuenta en el cálculo.

El proyecto de vivienda unifamiliar que se propone está formado por un conjunto de cuatro módulos estructurales (dos de ellos iguales) que, a efectos de cálculo, se considerarán como independientes (fig.1). El motivo de esta división estructural subyace en las recomendaciones constructivas y de diseño de estructuras frente a sismo que, hoy día, se dan por válidos ante una experiencia constatada (Barbat Barbat, Alex H.; Bozzo Rotondo, Luis Miguel, "Diseño sismo-resistente de edificios", ed. Reverté, ISBN: 8429120114 ISBN-13: 9788429120110, 1999).

Así, la irregularidad en las disposiciones en planta, así como la diferencia entre las rigideces de los distintos elementos, contribuyen a un mal comportamiento estructural. Es por este motivo que se ha dividido el edificio en tres módulos independientes: A, B (módulos 3 y 4 de fig.12) y C, que son prácticamente simétricos respecto a dos ejes perpendiculares. Asimismo, los elementos que contribuyen a la irregularidad o falta de simetría, tales como escaleras, ascensores, etc. de la estructura, se han dispuesto de tal manera que minimicen sus efectos en el comportamiento sísmico. Así, la única escalera presente en la estructura se halla centrada en el módulo A. Los tres módulos independientes y diferentes entre sí de la estructura tendrán continuidad entre ellos gracias a unas bandas de neopreno que se prevén en el proyecto. El módulo A está formado por una planta baja y una planta piso. La planta baja alberga la cocina, baños y comedor. La planta superior consta de dos dormitorios y baños, tal y como se refleja en los planos adjuntos. El módulo B lo forman, únicamente, los dos pasillos que comunican los módulos A y C, así como el patio interior que condiciona la ordenación de toda la vivienda. El módulo C, finalmente, está formado por el salón, la biblioteca y la sala de invitados.

5.3.1. DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA CONSIDERADA

Un requisito establecido por el cliente es la aplicación práctica del diseño estructural recogido en este apartado. No obstante, si bien no lo explicita el CTE como requisito obligatorio para incluir en un proyecto básico, se introduce una alternativa estructural sismo-resistente que se explica en el apartado 4.2.2.

Tipología estructural

PILARES Y VIGAS

El sistema estructural resistente se ha concebido en acero estructural. Se ha planteado un entramado de pilares a base de perfiles de sección transversal tubular circular separados algo más de dos metros de eje a eje de pilar en los laterales, mientras que, en la zona central, la luz entre ellos supera los 6 m. Las vigas estructurales son perfiles metálicos de la serie HEB, que se han dimensionado de acuerdo a las acciones consideradas.

La elección de pilares tubulares circulares se ha realizado en base a:

- Los perfiles tubulares disponen de poco peso, lo que confiere al conjunto de mayor ligereza, hecho favorable ante la presencia de cargas sísmicas.
- El carácter urgente con que se ha planteado la obra por parte del promotor.

Los forjados se materializarán con chapa grecada y hormigón colaborante, consistente en una chapa metálica de pequeño espesor que se utiliza a modo de encofrado perdido y que constituye el elemento resistente frente a momentos negativos, aunque también se pueden colocar redondos de refuerzo en caso de ser necesarios. Esta chapa se complementa con una capa de hormigón que da rigidez al conjunto y constituye el forjado. La buena adherencia entre los dos materiales, hormigón y acero, determina el comportamiento del conjunto como una pieza mixta. Se han concebido con chapa colaborante el techo de la planta baja de los módulos A, B y C, así como la cubierta de todos ellos.

FORJADOS Y CIMENTACION

Se ha resuelto la cimentación mediante un conjunto de unidades estructurales formado por un enchachado de gravas que aísla la estructura del terreno natural, una capa de hormigón pobre para regularizar la base y sobre esta capa, unos casetones tipo iglú que permiten alcanzar la cota de la planta. Finalmente, se corona el conjunto con una losa de hormigón que constituye el firme de la planta. El forjado de la segunda planta está formado por perfiles metálicos, unidos mediante casetones perdidos y hormigonado-solidarizado del conjunto.

Materiales

Acero

Acero estructural

El tipo de acero a utilizar se define en función de los distintos elementos. Así, para los perfiles circulares a modo de pilares y los perfiles laminados que constituyen las jácenas y vigas de los forjados se usará el acero S275JR (límite elástico $\sigma_e = 260 \text{ N/mm}^2$). Para la chapa colaborante se usará un acero con un límite elástico de $\sigma_e = 240 \text{ N/mm}^2$. Para las placas base de los pilares se usará el mismo acero S275JR.

Acero para armadura pasiva

El tipo de acero a utilizar para las armaduras pasivas de los forjados mixtos así como para las zapatas y los elementos de arriostramiento de la cimentación, será B 400S.

Hormigón

La clase general de exposición es de tipo I (EHE Art. 8.2.2). Según la norma, la resistencia mínima del hormigón será de 25 N/mm^2 . La norma también fija la máxima relación agua-cemento ($a/c=0,65$) y el mínimo contenido de cemento (250 kg/m^3). El recubrimiento, teniendo en cuenta que el control de ejecución es normal, será de 30 mm . Con todo esto y teniendo en cuenta la docilidad del hormigón (consistencia blanda) se utilizará un hormigón HA-25/B/20/I. Se podrían considerar diferentes tipos de hormigón según el elemento que constituyan o la función que desempeñen dentro de la estructura. Así, el hormigón pobre que se coloca bajo las zapatas podría no alcanzar la resistencia antes citada, pero esto no supondría ningún problema, puesto que este hormigón de limpieza no se tiene en cuenta en el cálculo. Para el resto de elementos (hormigón de la chapa colaborante, de las zapatas y riostras) se considerará el hormigón antes citado, utilizándose también éste debajo de zapatas y riostras y para el forjado de iglús, con la finalidad de simplificar el proceso de construcción.

Normativas aplicadas

Para el diseño y comprobación de la estructura se han seguido las consideraciones expresadas por las siguientes normativas:

-EAE-08, para los cálculos relativos a elementos realizados en acero. Se es consciente de que dicha norma ya es obsoleta, pero el software de cálculo que se ha utilizado se rige por ésta y se considera que este hecho no resta validez al objeto principal de este documento (constituir un ejemplo de la aplicación de la norma NCSE 02).

-EHE, Instrucción de Hormigón Estructural, para los elementos de hormigón

-CTE, Código Técnico de la Edificación. En especial en este apartado se van a seguir las directrices del Documento Básico SE-AE relativo a las Acciones en la edificación.

- NCSE-02, Norma de Construcción Sismo-resistente.

Cargas a considerar

De acuerdo con el Documento Básico SE-AE referente a la Seguridad Estructural y a las Acciones en la Edificación y a la norma NCSE-02, a continuación se detallan las acciones, en función de la situación en la vivienda, a tener en cuenta en el cálculo de la estructura:

PLANTA BAJA Y ESCALERA

Peso Propio* $1,96 \text{ kN/m}^2$

Tabiquería 1 kN/m^2

Solado 1 kN/m^2

Sobrecarga de Uso 2 kN/m^2

Peso Propio *1,96 kN/m²

Solado 1 kN/m²

Sobrecarga de Uso 1 kN/m²

Nieve ** 0,5 kN/m²

*El peso propio es el correspondiente a la chapa colaborante y a la capa de compresión de hormigón, que se justifica en apartados posteriores.

**El valor de la sobrecarga de nieve se obtiene del Art. 3.5 de SE-AE considerando $m=1$ y $s_k=0,5$ (Granada), considerando $q_n=m \cdot s_k$ el valor de la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal.

VIENTO

Para la consideración de las acciones de viento se han seguido las disposiciones del documento referente a las acciones en su Art. 3.3. La formulación a emplear ha sido la siguiente:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot (c_p \text{ o } c_s)$$

donde

-la presión dinámica del viento $q_b=0,42$ kN/m²

-coeficiente de exposición (edificio urbano de hasta 8 plantas) $c_e=2$

-coeficiente eólico o de presión (en función de la esbeltez del edificio en el plano paralelo al viento, se tienen varios valores en función de si el viento sopla en la dirección **x** o **y** de la estructura y de si se trata de presión o de succión.

Dirección x		Dirección y	
Esbeltez=0,73		Esbeltez=0,85	
Presión	Succión	Presión	Succión
C_p	C_s	C_p	C_s
0,8	-0,4	0,8	-0,5
q_e	q_e	q_e	q_e
0,672	-0,336	0,672	-0,42

Tabla 2: Coeficientes de presión y succión

SISMO

La determinación de las acciones producidas por el sismo requiere un cálculo más complejo que se detallará en apartados posteriores, cuando se explique el análisis que se ha realizado a tal efecto.

Coeficientes de mayoración de acciones y flechas admitidas

Para la comprobación de los estados límites últimos y de servicio de la estructura se han tenido en cuenta el valor de los siguientes coeficientes de mayoración de acciones:

Coeficientes	Acciones	Permanentes	Variables	Accidentales
ELU	Efecto favorable	1,00	0,00	1,00
	Efecto desfavorable	1,35	1,50	1,00
ELS	Efecto favorable	1	0	
	Efecto desfavorable	1	1	

Tabla 3: Coeficientes de mayoración de acciones

Para validar la estructura en estado límite de servicio se han limitado los valores de las flechas (teniendo en cuenta la norma EAE, capítulo X) a los siguientes, según el elemento estructural a estudiar (L =longitud del elemento, H =altura total, H_i =altura de la planta):

FLECHAS VERTICALES ADMISIBLES (ELS):

Cubiertas (accesibles sólo para mantenimiento): $L_i/250$

L_i menor de los perfiles de cubierta (se tiene en cuenta la menor longitud de perfil para quedar del lado de la seguridad)

Vigas y forjados (en ausencia de elementos frágiles susceptibles de deterioro): $L_i/300$

L_i menor (se tiene en cuenta la longitud del perfil más corto para quedar del lado de la seguridad)

FLECHAS HORIZONTALES ADMISIBLES (ELS):

EDIFICIOS DE VARIAS PLANTAS

-Total de la estructura: $u < H/500 = 700/500 = 1,4$ cm

-En cada planta con tabiques, cerramientos o solados frágiles: $u_i < H_i/500$, con $H_i = 3,5$ m para ambas plantas (primera y segunda planta).

ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN ESTRUCTURAL ADOPTADA

La vivienda se compone de cuatro módulos independientes. Solamente uno está formado por dos plantas y a su vez es el de mayores dimensiones en planta. Se ha realizado el cálculo estructural correspondiente al módulo A, que es el más complejo. El resultado se ha hecho extensivo al resto de la estructura (procedimiento muy usual en la práctica ingenieril).

Módulo A

Tal y como se ha comentado, este módulo es el único que dispone de dos plantas y por lo tanto de dos forjados metálicos. La altura de las plantas es de 3,5 m y tiene un hueco en el techo de la planta baja correspondiente a la escalera de acceso a la planta superior. Los pilares son tuberías metálicas circulares cuyas dimensiones se han obtenido con el cálculo. Para las jácenas y vigas de forjado se han escogido perfiles laminados de la serie HEB. Así como en el caso de los pilares, sus dimensiones se han obtenido mediante el programa utilizado para el cálculo (Eswin Estructuras Tridimensionales versión 1.1.4.8).

Los forjados se han considerado mixtos de hormigón y acero. No es objeto de esta monografía el cálculo detallado del sistema mixto chapa colaborante-losa de hormigón, pero dado que no se puede comprobar la estructura resistente sin tener en cuenta las características de estos elementos, se ha recurrido a un catálogo de chapas donde ya vienen especificadas las características de las chapas y de los espesores de hormigón necesarios. La elección de las cargas determina los espesores de chapa y capa de hormigón. En dicho catálogo ya se especifican las dimensiones de los redondos a colocar en la losa de hormigón. La única información que va a ser utilizada en el análisis de la estructura, que se comentará en apartados posteriores, es el peso propio de estos elementos. A su debido tiempo, se comentará cómo se han tenido en cuenta sus efectos en la estructura a estudio.

Las características de la chapa y del forjado mixto se muestran a continuación:

ACERO

Espesor de la chapa: **0,7 mm**

Límite elástico: **240 N/mm²**

HORMIGÓN

Hormigón: **HA- 25**

Espesor de la losa: **4 cm**

Densidad: **25 KN/m³**

MALLAZO: 200 x 300 x 4

NEGATIVOS

Separación de negativos: **250 mm**

Diámetro de negativos: **8 mm**

Recubrimiento de hormigón: **30 mm**

La disposición esquemática de los pilares en planta es la que se muestra a continuación:

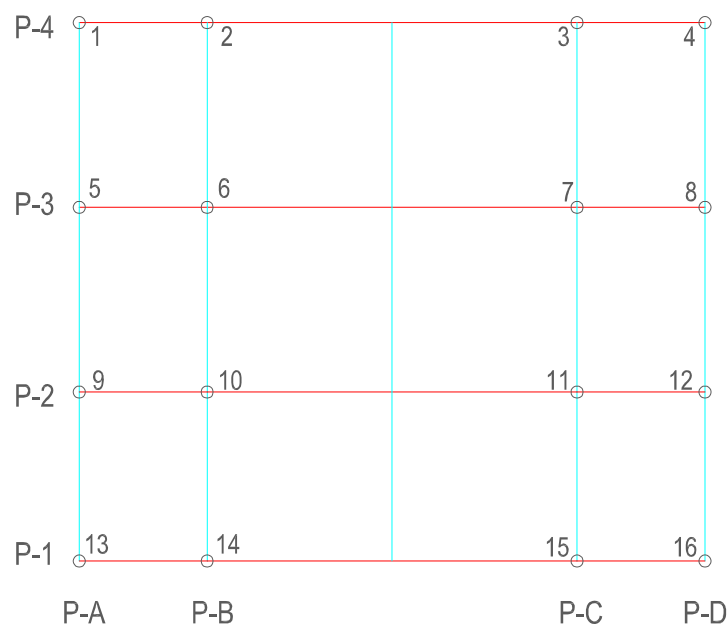


Fig.7: Esquema de la distribución en planta de los pilares.

La estructura puede entenderse como la unión de 8 pórticos: cuatro pórticos en sentido longitudinal P-A, P-B, P-C y P-D, y cuatro en sentido transversal, P-1, P-2, P-3 y P-4. A continuación del pórtico P-1 seguiría el módulo B. Estos últimos están formados por pilares metálicos circulares sobre los cuales se sustentan las jácnas de los forjados de la serie HEB. Estas jácnas son las que soportan las vigas de forjado en la dirección perpendicular, sobre las que descansa la chapa metálica. Estas vigas, también de la serie HEB, junto con los pilares, forman los pórticos P-A, P-B, P-C y P-D en el sentido longitudinal. Se han dispuesto unas vigas adicionales, que no descansan directamente sobre pilares, en el centro de la planta para reducir la luz que debe salvar la chapa, reduciéndola de 6 a 3m. La dirección de los nervios de la chapa es según los pórticos transversales.

En alzado se han dispuesto una serie de arriostramientos con la finalidad de controlar el movimiento horizontal de la estructura. Se han utilizado a tal efecto diagonales formadas por redondos, colocadas de tal manera que no comprometan la entrada de luz a la vivienda ni el paso a través de los distintos módulos. Su disposición es tal y como se muestra a continuación:

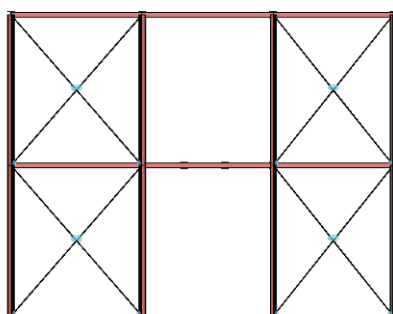


Fig.8: Pórticos A y D

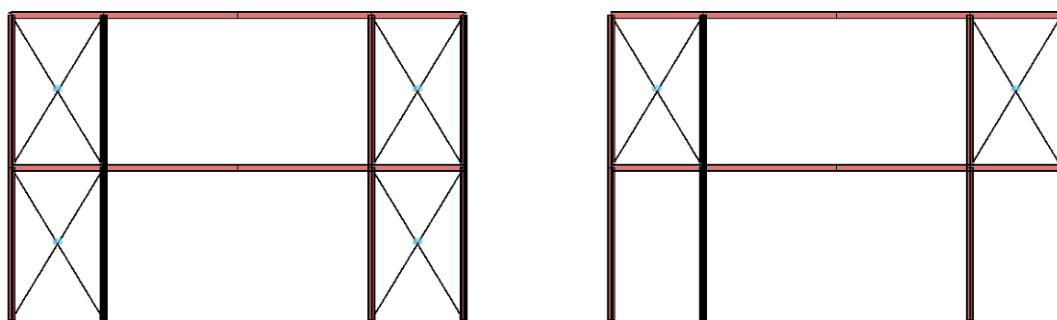


Fig.9: Pórticos P-4. y P-1

El hecho de que el pórtico P-1, no esté arriostrado en su parte inferior introduce una falta de simetría. Este hecho provoca una distribución de tensiones asimétrica, en detrimento de este pórtico, cuyos pilares están más tensionados que los del pórtico P-4.

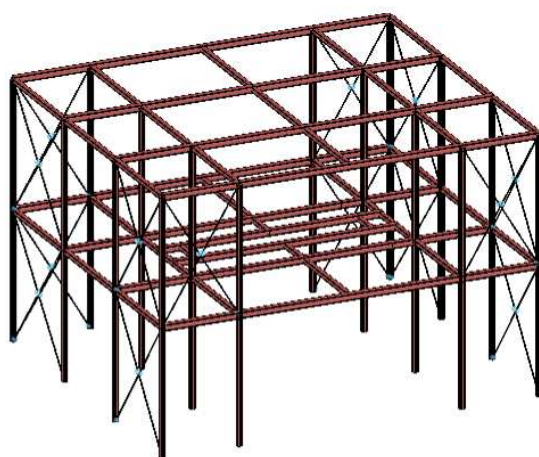


Fig.10: Vista general del módulo calculado

Esquema general del módulo A

Una vez se ha definido la geometría de la estructura, cuyas dimensiones se pueden apreciar en el apartado de planos adjuntos (Tomo II: Planos), se ha procedido a aplicar las cargas consideradas.

Dado que el programa no permite introducir directamente como forjado unidireccional el formado por las chapas metálicas, se ha considerado su efecto sobre las vigas de forjado como una carga permanente. Se ha considerado el ámbito de carga de cada conjunto de vigas (correspondientes a los pórticos A, B, C y D) y se ha aplicado sobre ellas una carga lineal equivalente al peso propio de la chapa y capa de compresión. En este reparto de cargas, a pesar de ser una aproximación, el error cometido no es grave, puesto que las rigideces de los pilares son todas iguales, así como las de vigas y jácenas y se espera un reparto uniforme y proporcional a luces adyacentes. Esto, no obstante, no es exactamente así en los tramos extremos (sin continuidad). Del mismo modo, es decir, teniendo en cuenta las áreas tributarias de cada viga, se han ido aplicando las cargas verticales de tabiquería, solado, sobrecarga de uso, nieve, etc. Para las cargas horizontales de viento, se han tenido en cuenta también las áreas tributarias (en este caso verticales) y se han aplicado sobre las vigas o jácenas, según su caso, como cargas repartidas sobre barras horizontales. Se ha tenido en cuenta la presión y succión simultáneas, adoptando los valores de C_p o C_s según la dirección transversal del viento (x) o la longitudinal (y).

El esquema de las cargas aplicadas es el siguiente:

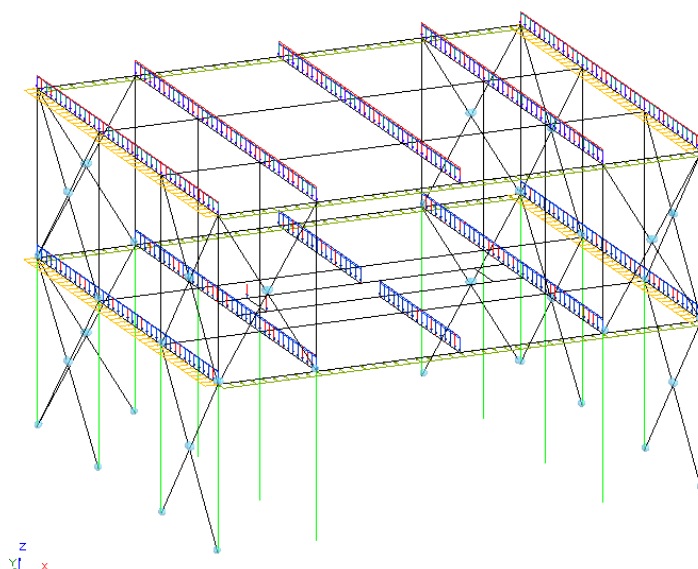


Fig.11: Esquema de cargas aplicadas

Resultados y análisis de los cálculos realizados mediante el programa ESWIN

Una vez introducida la geometría del módulo A y las cargas comentadas anteriormente, se dimensiona la estructura. Se ha realizado el cálculo convencional de la estructura separadamente del cálculo sísmico, con la finalidad de comparar las dimensiones de los elementos estructurales antes y después de tener en cuenta el sismo, y ver así la influencia que dicha situación implica en la estructura. Los elementos que cumplen con las condiciones necesarias para la verificación de los estados límites últimos y de servicio son:

- Vigas de forjado HEB 120
- Jácnas HEB 160
- Pilares $\Phi 155.6$ en la planta baja y $\Phi 155.5$ en la planta superior.

El programa permite obtener rendimientos de los diferentes elementos, mediante los llamados “Índices de utilización” de pilares y vigas. Estos rendimientos atienden tanto a la capacidad resistente de la pieza (ELU, y se obtienen comparando el valor del mayor esfuerzo generado por el elemento, viga o pilar, con el valor límite admisible de dicho esfuerzo) como al estado límite de servicio, ELS. Para este estado, ELS, se procede de forma análoga comparando las deformaciones que experimenta cada elemento, viga o pilar, con el valor de flecha máxima admisible correspondiente. En este sentido, se comprueban movimientos horizontales relativos a la altura del elemento y a la altura total del edificio. En el caso de movimientos verticales, éstos se comparan con la flecha vertical admisible relativa a la longitud del elemento de estudio (movimiento relativo) y también teniendo en cuenta el movimiento de los nudos o extremos de la pieza (movimiento absoluto). Las tablas de resultados, en lo que a rendimiento se refiere, se muestran a continuación:

Índice de utilización PILARES PB				Índice de utilización PILARES P1			
Barra	Agotamiento (%)	Def.H.Tot. (%)	Def.H.Pla. (%)	Barra	Agotamiento (%)	Def.H.Tot. (%)	Def.H.Pla. (%)
05-48	14,6	15,6	9,4	27-05	14,2	13,3	6,6
06-46	29	77,9	46,8	26-06	12,5	48,1	10,9
19-50	30,1	86,8	52,1	24-19	13,4	56,6	15,8
20-51	28,9	85,4	51,2	25-20	11,1	46,1	5,1
18-47	41,8	61,8	37,1	23-18	38,4	36	6,5
17-45	59,8	77,8	46,7	21-17	66	48	10,9
15-49	57,5	86,7	52	22-15	62,6	56,6	15,9
16-52	31,7	85,4	51,2	36-16	31,9	46	6,4
14-44	43	61,8	37,1	35-14	38,4	36	6,2
13-42	77	77,8	46,7	34-13	67,2	47,8	10,8
11-39	77,3	86,7	52	32-11	65,8	56,4	15,7
12-37	48,7	85,7	51,4	33-12	31,8	45,8	6,4
07-43	14,7	15,9	9,5	28-07	14,2	13	6,1
08-41	24,8	77,8	46,7	29-08	10,2	47,9	10,8
09-40	28	86,7	52	30-09	10,2	56,4	15,7
10-38	27,7	85,8	51,5	31-10	11,1	45,8	5,1

Tabla 4: Índices de utilización de pilares

PILARES:

Los pilares de la planta baja presentan un aprovechamiento bastante variable, alcanzando valores que oscilan desde el 14,6% el más bajo al 77,3% el más alto. Como era de esperar, los más solicitados son aquellos próximos al hueco de la escalera, puesto que es en este punto donde el área contributiva es superior. Los menos solicitados son los correspondientes a las esquinas del módulo. Se podría pensar en disponer pilares de diferente espesor, o incluso de diferente diámetro, según el aprovechamiento que presenten, pero por razones relativas a los criterios constructivos frente a acciones sísmicas, a saber, uniformidad de rigideces, etc. se cree oportuno forzar el mismo tipo de perfil para toda la planta, con la finalidad de poder comparar los resultados obtenidos en la hipótesis de sismo. Por otro lado, los altos valores de los rendimientos de flechas horizontales inducen a pensar que la estructura no cumpliría los estados límites de servicio en caso de disminuir el espesor o el diámetro. En el caso de los pilares de la planta superior ocurre algo similar, siendo los aprovechamientos de todo tipo, algo inferiores.

VIGAS:

Los aprovechamientos tensionales de las vigas de la planta baja son también variables y oscilan entre valores bajos del orden del 20%, hasta llegar al 96% en algunos casos. Estas vigas más solicitadas son las que corresponden al hueco de la escalera (en el centro del edificio). En este caso se podrían disminuir las dimensiones del resto de piezas sin que ello comprometiera la simetría del módulo, pero para quedarnos del lado de la seguridad, no se van a realizar más ajustes en este sentido. En el caso de las vigas de cubierta el comportamiento es cualitativamente similar a las de la planta baja, pero cuantitativamente inferior. Esto es debido a que las dimensiones de las piezas son las mismas, pero las solicitaciones a las que están sometidas son menores (véase estado de cargas de la cubierta).

Índice de utilización VIGAS COB				Índice de utilización VIGAS PB			
Barra	Agotamiento (%)	Flecha +N (%)	Flecha -N (%)	Barra	Agotamiento (%)	Flecha +N (%)	Flecha -N (%)
59-60	40,9	71,7	23,7	64-65	26,3	-	2,8
58-59	54,2	67,8	52,4	63-64	70,6	-	94,7
60-62	38,6	62,6	39,1	67-68	56,4	-	69,2
27-26	31,1	22,6	11,4	66-67	27,5	-	2,1
28-29	31,2	22,5	10,4	17-69	96,1	23,5	11
23-21	53,5	23,2	25,4	69-94	42,2	25,6	19,7
21-22	51,3	27,1	12,5	96-11	71,1	22,8	5,8
24-25	30,4	26,7	8,5	95-96	31,8	23,2	14,6
26-24	29,6	27,1	7,7	13-95	84,7	21,7	10
30-31	30,3	26,6	8,4	94-15	82,6	24,8	6,6
29-30	29,6	26,6	6,4	07-08	35,7	18,3	12,5
32-33	49,3	27	18,5	05-06	43	18,4	15,1
34-32	50,8	27	13,3	09-10	36,7	21,7	9,5
35-34	53,9	23,1	24,8	08-09	35,6	21,4	9,3
22-36	48,7	27,1	19,1	11-12	68,3	21,8	20,4
				14-13	69,3	18,6	25,7
				15-16	72,6	21,5	18,3
				18-17	74,7	18,6	23,1
				19-20	36,7	22,7	11,2
				01-06	38,5	22,7	11,9
				01-02	21,4	-	1,5
				04-03	21,3	-	1,5

Tabla 5: Índices de utilización de vigas

Indice de utilización JÁCENAS CUB				Indice de utilización JÁCENAS PB			
Barra	Agotamiento (%)	Flecha +N (%)	Flecha -N (%)	Barra	Agotamiento (%)	Flecha +N (%)	Flecha -N (%)
34-59	79,3	56,8	21	64-54	74,2	49,2	24,2
59-21	79,3	56,8	21	56-64	74,2	49,2	23,6
58-35	33,3	30,7	9,8	18-63	44,1	32	11,5
23-58	33,3	30,7	9,8	63-14	44,2	32	11,5
62-33	29,8	29,7	9,6	16-68	39,3	31	11,5
36-62	29,8	29,7	9,6	68-12	39,3	31	11,5
60-32	74,9	53,9	19,6	55-67	74,5	48,6	23,6
22-60	74,9	53,9	19,7	67-57	74,5	48,6	23,1
21-26	49,5	20	16,4	66-1	37,4	67,5	16,4
29-34	49,7	19,9	16,5	03-66	37,4	67,5	13,5
27-23	20,4	14,7	6,4	02-69	10,9	41,4	1,7
35-28	20,4	14,7	6,7	65-4	28,2	57,6	10,8
25-36	18,3	18,7	5,8	02-65	28,2	57,7	13,8
33-31	18,3	18,6	5,9	15-55	54,7	20,7	10,4
24-22	48,1	23,4	15,4	54-17	55,3	19,3	10,7
32-30	48,2	23,3	15,5	13-56	58,9	18,9	11,2
				57-11	55	20,2	10,9
				01-94	14,4	45,3	2,1
				03-96	8,9	40,9	1,6
				04-95	9,6	37,5	1,3
				08-13	49,5	16	13
				17-06	49,3	16,1	12,9
				14-07	27,2	12,6	8,3
				01-05	27,3	12,6	8,2
				12-10	21,3	17,4	7,4
				20-16	26,5	17,4	7,3
				11-09	48,2	17,8	12,7
				19-15	48,1	17,8	12,6

Tabla 6: Índices de utilización de jácenas

JÁCENAS:

De los valores mostrados en la tabla precedente se pueden distinguir varios resultados. En el caso de la cubierta, existen cuatro vigas que presentan unos rendimientos elevados. Estas vigas corresponden a las vigas interiores que, por un lado, presentan mayor luz y a la vez más área contributiva. Sus rendimientos, tanto en capacidad resistente como deformacional, son cuantitativamente superiores al resto de vigas. En la planta inferior sucede algo parecido. Las vigas que presentan mayor luz y más área contributiva tienen rendimientos más altos, siendo algo menores que en la cubierta debido a que el hueco de la escalera disminuye la carga en esta zona.

Visto este análisis, a continuación se adjuntan algunos gráficos obtenidos con el programa, y la nomenclatura de los nudos que, sin duda, ayudará a la comprensión de los resultados anteriores.

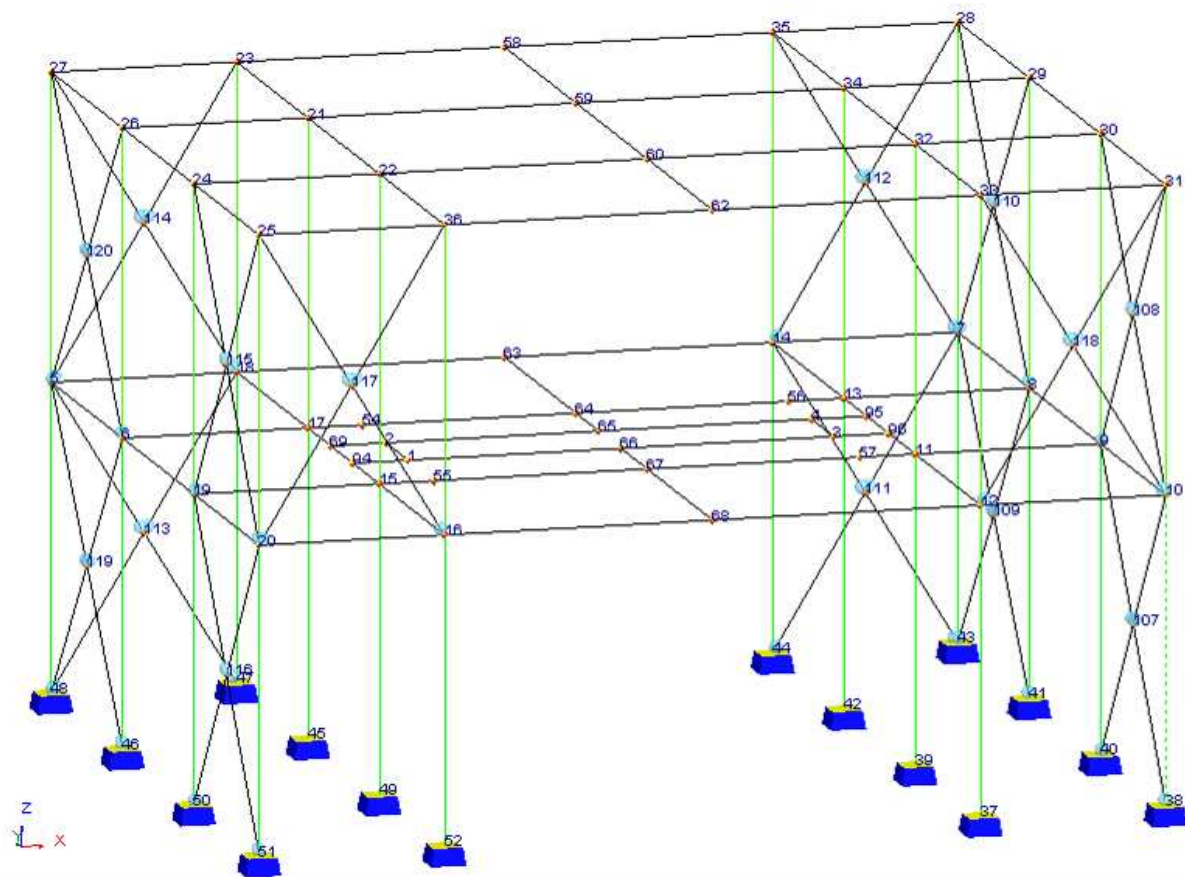


Fig.12: Esquema de nudos y barras del módulo A

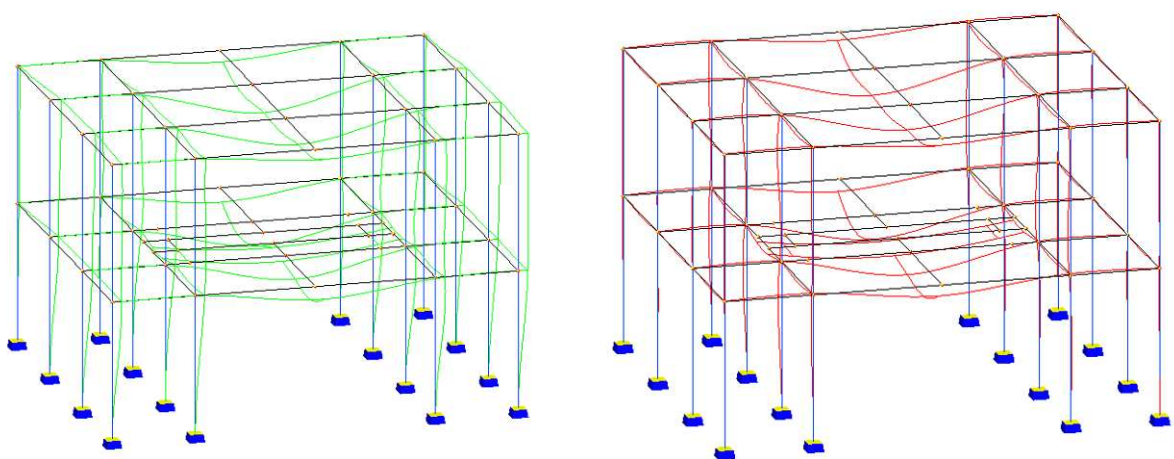


Fig.13: Deformada en ELS con viento en dir.x y deformada en ELS con viento en dir. y

Como puede observarse, la falta de arriostramientos en la planta baja en dirección x del pórtico P-1 provoca un movimiento en cabeza superior de este pórtico respecto al P-4 que se halla arriostrado en toda su altura. En la deformada en dirección y este hecho no provoca ningún efecto, puesto que el arriostramiento sólo es eficiente en la dirección del viento, y en este caso los pórticos P-A y P-B son idénticos.

ANÁLISIS SÍSMICO

A partir de las consideraciones establecidas por la norma NCSE-02, se van a realizar los cálculos correspondientes para tener en cuenta el efecto de las acciones sísmicas. Para la comprobación definitiva se partirá de los resultados obtenidos anteriormente y se introducirán las acciones sísmicas a tener en cuenta. Posteriormente, se realizará un análisis de los resultados obtenidos y se compararán con los que se acaban de comentar.

El objeto del cálculo sismo-resistente es verificar la seguridad de las construcciones ante las acciones sísmicas que puedan actuar sobre ellas durante su período de vida útil. A tal efecto, se comprobarán los estados límite últimos con las combinaciones de acciones, incluyendo la acción sísmica, que fijen las diferentes instrucciones.

APLICACIÓN DE LA NORMA

Nuestra estructura está situada en la ciudad de Granada (provincia de Granada). Al ser un edificio tal que su probabilidad de destrucción debida al terremoto y causa de víctimas es despreciable, o que pueda interrumpir un servicio primario o producir daños económicos significativos a terceros, se clasifica como "de importancia moderada" (Artículo 1.2.2. NCSE-02). Sin embargo, y dada que esta consideración exime del cálculo sísmico, se va a considerar de "importancia normal" en lo que sigue, con el fin de poder realizar el cálculo sísmico.

INFORMACIÓN SÍSMICA

Según el mapa de peligrosidad sísmica y visto el lugar donde se ubicará la estructura, se elige una aceleración sísmica básica igual a $a_b=0,23g$ (y un coeficiente de contribución $k=1$).

La aceleración sísmica de cálculo a_c se define como:

$$a_c = S \cdot r \cdot a_b = 1,34 \cdot 1 \cdot 0,23g = 3,02 \text{ m/s}^2$$

siendo

- r el coeficiente adimensional de riesgo que para una construcción de importancia normal se toma $r=1,0$.

- S : el coeficiente de amplificación del terreno que para $0,1g < r \cdot a_b < 0,4g$, resulta:

$$S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right)$$

donde C es el coeficiente del terreno que se considera $C=2$ dado que el terreno es de tipo IV (suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando)

- a_b la aceleración sísmica básica

Se calculan además los períodos característicos del espectro de respuesta como:

$$T_A = k \cdot C / 10 = 0,2$$

$$T_B = k \cdot C / 2,5 = 0,8$$

Masas que intervienen en el cálculo

A efectos de los cálculos de las solicitaciones debidas al sismo, se considerarán las masas correspondientes a la propia estructura, las masas permanentes y una fracción de las restantes masas, siempre que éstas tengan un efecto desfavorable sobre la estructura. Para sobrecargas de uso para viviendas se considerará un factor 0,5; para la nieve, puesto que ésta no permanecerá más de 30 días al año, se tomará 0.

El cálculo de las masas a tener en cuenta en el cálculo se muestra a continuación:

	Pp (kg)		Tabiquería (kg)		Solado (kg)		Sobrecarga (kg)		Nieve (kg)		Superficie	Masa total (kg)
	valor	f	valor	f	valor	f	valor	f		f		
Cubierta	199,80	1		1	101,94	1	101,94	0,5	50,97	0	92,32	32561,39
PB	199,80	1	101,94	1	101,94	1	203,87	0,5		0	87,70	44341,69

Tabla 7: Masas que intervienen en el cálculo

En el capítulo 4 de la citada normativa, relativa a las reglas de diseño y prescripciones constructivas en edificaciones, en su apartado referente a las masas del edificio, se establece que en aquellos casos en que $a_c > 0,12g$, la masa total de una planta no debe exceder en más del 15% a la masa de las plantas contiguas, ni en más del 50% a la masa media de todas ellas. Tal y como puede observarse en el cuadro superior, la masa de la cubierta es inferior en más de un 15% a la masa de la planta inferior. Dado que no se puede controlar el uso que se va a dar a la cubierta ni reducir las masas de la planta inferior, y dado que la normativa no establece qué hacer en estos casos, se ha considerado oportuno obviar esta consideración, puesto que se entiende que los daños producidos en un fallo de la cubierta no comprometerán la seguridad de la estructura.

Método simplificado de cálculo

Dado que la estructura cumple todas las condiciones del epígrafe 3.5.1 de la norma, se puede asimilar a un modelo unidimensional constituido por un oscilador múltiple con un solo grado de libertad de desplazamiento por planta. El análisis se realiza en este caso a partir de un sistema de fuerzas horizontales equivalente al de los terremotos, que se calcula como se muestra a continuación.

MODOS DE VIBRACIÓN:

Con la finalidad de saber los modos de vibración a considerar, es necesario saber el período fundamental de la construcción, T_F . En edificios de pórticos de acero laminado con planos triangulados resistentes, como es nuestro caso, T_F se calcula como sigue:

$$T_F = 0,085 \cdot n \sqrt{H / (B + H)}$$

Siendo

H la altura de la edificación, sobre rasante, en metros $H=7m$

n el número de plantas sobre rasante $n=2$

B dimensión de las pantallas rigidizadoras, o de los planos triangulados, en el sentido de la oscilación

Es necesario calcular, entonces, el valor de T_F en las dos direcciones principales del módulo, **x** e **y**

$$(T_F)_x = 0,134s \quad (T_F)_y = 0,127s$$

En ambos casos estos períodos fundamentales son inferiores a 0,75s, motivo por el cual solamente es necesario considerar el primer modo de vibración.

Cálculo de las fuerzas sísmicas:

La fuerza sísmica estática equivalente se calcula según la siguiente expresión:

$$F_{ik} = s_{ik} \cdot P_k$$

donde:

P_k = peso correspondiente a la masa m_k de la planta k

s_{ik} = coeficiente sísmico adimensional correspondiente a la planta k en el modo i, de valor:

$$s_{ik} = (a_c / g) \cdot \alpha_i \cdot \beta \cdot \eta_{ik}$$

siendo:

β = coeficiente de respuesta

$\alpha_i = 2,5$ (porque $T_1 = 0,134s$ y $T_1 = 0,127s$ es inferior a $T_B = 0,8s$)

η_{ik} = factor de distribución correspondiente a la planta k, en el modo i, igual a:

$$\eta_{ik} = \phi_{ik} \frac{\sum_{k=1}^n m_k \phi_{ik}}{\sum_{k=1}^n m_k \phi_{ik}^2}$$

donde: n = numero de plantas

m_k = masa de la planta k

ϕ_{ik} = coeficiente de forma de la planta k en el modo i : $\phi_{ik} = \sin[(2i-1)\pi \cdot h_k / 2H]$, donde h_k = altura sobre rasante de la planta k , H = altura total de la estructura del edificio.

El cálculo del coeficiente β se lleva a cabo según lo estipulado en el artículo 3.7.3.1; sin embargo, en el capítulo 4.6 sobre el tratamiento de las estructuras de acero, se establece que en el caso de plantearse el proyecto de la estructura en el rango lineal deberá considerarse la estructura sin ductilidad ($\eta=1$), lo que implica para un valor del amortiguamiento del 5%, $\beta=1$. Nótese que en el caso de considerar mecanismos plásticos de disipación o rangos no lineales, este coeficiente, según la tabla 3.1, podría reducirse a 0,33. Dado que el valor de la fuerza provocada por el sismo depende lineal y directamente del factor β , este hecho conduce a multiplicar por tres el valor de la fuerza ejercida por el sismo, haciendo un tratamiento lineal de la estructura en vez de uno plástico. Más consideraciones sobre este punto se realizarán más adelante.

Se muestran, a continuación, los valores de cálculo para las dos direcciones de los factores anteriormente comentados (no hay diferenciación entre las direcciones x e y , puesto que los valores son iguales en los dos sentidos):

Factor de distribución:

n	m_k (kg)	ϕ_{ik}	h_k	H	η_{ik}
1	44389,80	0,707	3,5	7	0,824
2	33226,53	1,000	7	7	1,166

Tabla 8: Cálculo del factor de utilización

Coeficiente sísmico adimensional:

n	a_c	α_i	β	η_{ik}	S_{ik}
1	3,02	2,5	1	0,824	0,635
2				1,166	0,898

Tabla 9: Cálculo de los coeficientes sísmicos S_{ik}

Fuerza sísmica estática equivalente:

n	P_{ik} (kN)	F_{ik} (kN)
1	435,02	276,22
2	325,62	292,51

Tabla 10: Cálculo de las fuerzas sísmicas estáticas equivalentes

SISTEMA DE FUERZAS ESTÁTICAS EQUIVALENTE:

Llegado este punto, queda pendiente repartir las fuerzas sísmicas entre los diferentes pórticos según la dirección considerada. Este reparto se hace en función de las rigideces de los elementos resistentes frente a la acción sísmica: los pilares que, en nuestro caso, son los únicos resistentes. Según las disposiciones de proyecto de la norma en su punto 4.2.3, se establece que “debe procurarse una distribución uniforme y simétrica de rigideces en planta y una variación gradual de rigideces a lo largo de la altura. Ningún elemento estructural debe cambiar bruscamente de rigidez.” Por este motivo y por simplicidad en el cálculo* se decide disponer pilares idénticos y por consiguiente el reparto de la fuerza, en lo que a rigideces se refiere, se reduce a dividir la fuerza por planta entre 4, que es el número de pórticos en cada dirección.

*En el caso de considerar diferentes rigideces en los pilares, ésta sólo dependería de la inercia de los mismos, ya que E (módulo de elasticidad) y h (altura del elemento) serían los mismos, lo cual no resultaría muy complicado.

Además del reparto según las rigideces, hay que tener en cuenta también los efectos de la rotación la cual, en el caso de edificios con una distribución homogénea de soportes y masas, se puede tener en cuenta multiplicando la fuerza en cada pórtico por una excentricidad adicional que se calcula como:

$$\gamma_a = 1 + 0,6 \frac{x}{L_e}$$

Siendo x la distancia del elemento que se considera al centro del edificio, medida perpendicularmente a la dirección de la acción sísmica considerada.

L_e es la distancia entre los dos elementos resistentes más extremos, medida de la misma forma.

Los valores de las excentricidades obtenidos para cada dirección se detallan a continuación:

x	Pórtico 1	Pórtico 2	Pórtico 3	Pórtico 4
L_e	8,92	8,92	8,92	8,92
x	4,46	1,66	1,40	4,46
g	1,30	1,11	1,09	1,30

Tabla 11: Cálculo de las excentricidades en dirección x

y	Pórtico A	Pórtico B	Pórtico C	Pórtico D
L_e	10,35	10,35	10,35	10,35
x	5,18	3,06	3,06	5,18
g	1,30	1,18	1,18	1,30

Tabla 12: Cálculo de las excentricidades en dirección y

Finalmente, las fuerzas a aplicar en cada pórtico son como siguen:

En dirección x

n	F_{ik} (kN)	F/pórtico1 (kN)	F/pórtico2 (kN)	F/pórtico3 (kN)	F/pórtico4 (kN)
1	276,218	89,77	76,76	75,56	89,77
2	292,510	95,07	81,29	80,01	95,07

Tabla 13: Fuerzas a aplicar en dirección x

En dirección y

n	F_{ik} (kN)	F/pórtico A (kN)	F/pórtico B (kN)	F/pórtico C (kN)	F/pórtico D (kN)
1	276,218	89,77	81,30	81,30	89,77
2	292,510	95,07	86,10	86,10	95,07

Tabla 14: Fuerzas a aplicar en dirección y

COMPROBACIÓN FRENTE A SISMO

Con los resultados del cálculo de las acciones que a efectos del sismo deben considerarse, se ha realizado, finalmente, el ajuste de las dimensiones de los perfiles necesarios para que la vivienda tenga un comportamiento correcto frente al sismo. Se han aplicado las cargas arriba justificadas en la cabeza del pilar de cada pórtico, representadas por una fuerza estática equivalente horizontal. En cada dirección donde se ha analizado el efecto del sismo se ha tenido en cuenta simultáneamente el 30% de la fuerza sísmica de la otra dirección. La hipótesis de cálculo empleada para la consideración del sismo es tal como sigue:

$$\Sigma \gamma_G \cdot G_k + \Sigma 0,8 \cdot \gamma_Q \cdot Q_k + \gamma_A \cdot A$$

donde:

γ_G = Coeficiente de acciones permanentes ($\gamma_G = 1$)

γ_Q = Coeficiente de acciones variables ($\gamma_Q = 1$)

γ_A = Coeficiente de acciones sísmicas ($\gamma_A = 1$)

G_k = Valor característico de las acciones permanentes

Q_k = Valor característico de las acciones variables

A = Valor característico de las acciones sísmicas horizontales encontradas en el apartado anterior

Los perfiles obtenidos se muestran tabulados a continuación, junto a los anteriormente calculados (sin la acción sísmica):

	Pilares		Jácnas		Vigas	
	normal	sismo	normal	sismo	normal	sismo
CUB	CIR 155.5	CIR 200.6	HEB 160	HEB 180	HEB 120	HEB 140
PB	CIR 155.6	CIR 250.11	HEB 160	HEB 180	HEB 120	HEB 140

Tabla 15: Perfiles obtenidos para pilares, jácnas y vigas

5.4. RED DE SANEAMIENTO

A continuación, se adjuntan el diseño y cálculo de la instalación de saneamiento de la vivienda:

DESCRIPCIÓN:

La red de distribución se desarrolla a través de columnas verticales, de las cuales se ramifican las derivaciones de los dos pisos.

La red de saneamiento del edificio empieza con su conexión con la red pública, desde la cual recibe agua fría con presión igual a 3-4 bares. El conducto de conexión con la red pública se ubicará a una profundidad de 1 m.

Para el agua caliente está previsto un sistema de alimentación con una caldera colocada en el cuarto de baño del segundo piso; en lo que concierne a la conexión con la red pública, para proteger el sistema hídrico es necesario colocar unas puertas metálicas de intercepción arriba y abajo.

La conexión en particular prevé:

- primera puerta metálica de inspección que interrumpe corrientes parásitas
- válvula de recorrido para evitar que una depresión en el conducto público, respecto a la presión normal en el implante, produzca retornos de agua eventualmente impura del implante del edificio hacia la red pública.
- contador
- segunda puerta de inspección
- grifo para eventual toma de muestras de análisis de la calidad del agua colocado entre dos puertas de inspección
- alimentación directa a la presión del conducto público.

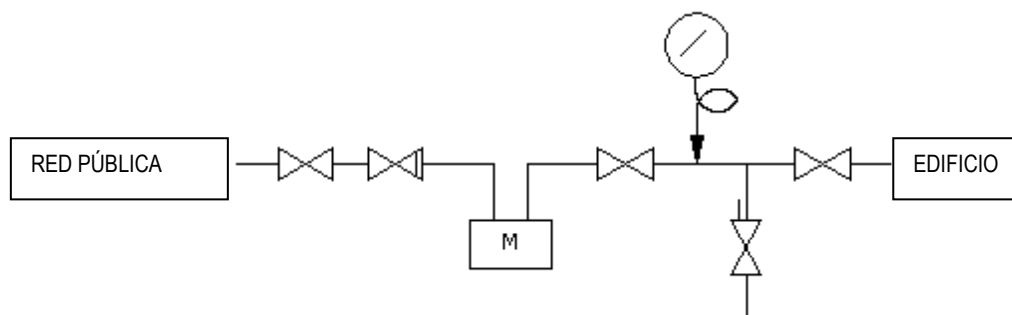


Fig.21: Esquema de la red de saneamiento propuesta

Una vez que el agua ha recorrido el tramo hasta la zona del edificio, es enviada a las diferentes partes del sistema. En particular, el agua fría que proviene de la red puede tener diferentes ramificaciones:

- Autoclave: es un dispositivo que tiene como función elevar la presión del agua que proviene del colector principal (3-4 bares). En nuestro caso no se necesita este dispositivo porque ya el conducto es suficiente para garantizar la presión requerida.
- Unidades tecnológicas: una parte del agua fría es destinada a las unidades tecnológicas, es decir, el sistema antiincendio, sistema de riego y central térmica (calefacción).
- Terminales: una parte del agua es destinada a las redes de distribución de agua sanitaria, a las diferentes terminales (grifo de lavabo, bidet, bañera, etc.)

El agua destinada a uso sanitario (tercera posible derivación del agua que proviene de la red), pasa inicialmente a través de una puerta metálica de inspección y una válvula de retención, para recorrer después dos posibles redes diferentes según su destino: agua fría sanitaria o agua caliente sanitaria.

- En el primer caso, el agua fría a 10°C es enviada directamente a la puerta metálica de intercepción a tres vías, a través de la cual se une con el circuito de recirculación y se mezcla con el agua caliente.
- En el caso del agua caliente sanitaria, el recorrido es más complejo. Al principio, el agua encuentra una válvula reductora de presión, que tiene por objeto disminuir la presión del agua a su entrada en la caldera. Luego, la parte de agua destinada a agua caliente sanitaria pasa a través de la caldera, que tiene la misión de calentar el

agua necesaria a los usuarios. Después de que el agua ha sido calentada, es enviada hacia la válvula de regulación, donde será mezclada con el agua fría.

La red de distribución de agua caliente está siempre unida, a través de una conexión en paralelo, a una red de recirculación, para mantener caliente el sistema en cualquier momento del día. Esta, además, está dotada de una sonda de temperatura que controla la temperatura del agua caliente que llega a los usuarios (cerca de 40°C); cuando el agua ha de estar más caliente, la puerta metálica del circuito de recirculación se cierra y se anula la conexión con la red del agua fría, manteniendo sólo la caliente de recirculación. Esta red de recirculación se vuelve a conectar con la caldera (es dimensionada con el caudal de recirculación).

Por último, hacer notar que las puertas metálicas de intercepción, comparables a grifos, y que tienen la capacidad de interrumpir el paso del agua en el implante cada vez que sea necesario, son siempre posicionadas antes y después de cada aparato susceptible a daño. Esto es así para permitir la reparación y la manutención en caso de daño localizado, sin comprometer el sistema en su totalidad.

Dimensionamiento

El dimensionamiento del implante ha sido efectuado según el “Método de las unidades de carga” previsto de la norma “UNE 9182 – Ap. F”, método similar al recogido en el CTE. Este método prevé la asignación a cada punto agua de un valor adimensional convencional (unidad de carga UC), el cual tiene en cuenta el caudal necesario, las características dimensionales y funcionales de los elementos que lo hacen posible y su frecuencia de uso. Del valor de la UC se extrae el valor del caudal de agua.

- DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO CONTINUO MEDIANTE EL METODO DE LA UNIDAD DE CARGA, O DE CONSUMO, AGUA CALIENTE Y AGUA FRÍA:

COLUMNAS

Para el dimensionamiento de las columnas del implante, se hace referencia a los valores de UC provistos en tablas de la norma UNE 9182 Ap. F, considerando los valores relativos a cada aparato o terminal o valores que se refieren a la de sus combinaciones, según el número y la tipología de la unidad a que se destina cada columna. Se ha elegido mantener constante el diámetro de las columnas en toda su altura por razones constructivas.

En general, los valores han sido obtenidos sumando las combinaciones presentes en las tablas de los relativos aparatos servidos por cada columna y reduciendo esa suma al 25% para tener en cuenta la no-continuidad de utilización de los aparatos.

Se resumen, a continuación, las principales unidades de carga de los diferentes aparatos o terminales:

Aparato	Agua Fría	Agua Caliente
Grifo baño	0,75	0,75
Bidet	0,75	0,75
Ducha	1,50	1,50
Bañera	1,50	1,50
WC con caja	3,00	-
Grifo cocina	1,50	1,50
Lavadora	2,00	-
Lavavajillas	2,00	-

Tabla 16: Unidades de consumo para las terminales

UNIDADES DE CARGA O DE CONSUMO:

Columna agua fría:

Sirve dos grifos baño, un grifo cocina, dos duchas, una bañera, tres WC, tres bidets, una lavadora; se obtiene por lo tanto:

$$UC = 2 \cdot 0,75 + 1,5 + 2 \cdot 1,5 + 1,5 + 3 \cdot 3 + 3 \cdot 1,75 + 2 = 23,75$$

$$\text{Por la continuidad: } UC = 23,75 \cdot 0,75 = 17,81$$

Columna agua caliente:

Sirve dos grifos baño, un grifo cocina, dos duchas, una bañera, tres bidets; se obtiene por lo tanto:

$$UC = 2 \cdot 0,75 + 1,5 + 2 \cdot 1,5 + 1,5 + 3 \cdot 1,75 = 12,75$$

$$\text{Por la continuidad: } UC = 12,75 \cdot 0,75 = 9,56$$

CAUDALES Y DIAMETROS:

Determinadas la UC, de los gráficos se recogen los valores de los caudales y los diámetros con los siguientes gráficos:

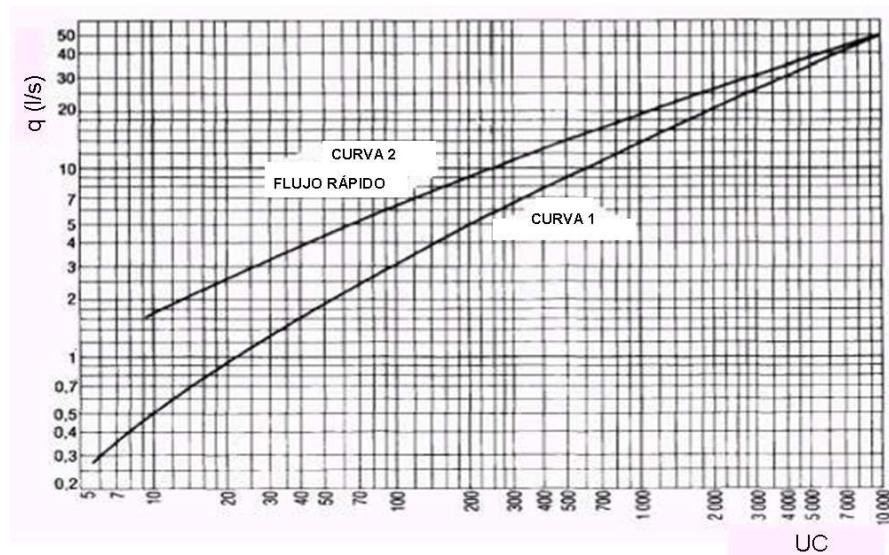


Fig.22: Gráfico UC - caudal

Se obtiene, entonces:

Columna agua fría: $q = 0,86 \text{ l/s}$

$D = 40 \text{ mm}$

Columna agua caliente: $q = 0,48 \text{ l/s}$

$D = 32 \text{ mm}$

VELOCIDAD:

Se calculan las velocidades en las diferentes columnas y se verifica que sean inferiores a los límites de la norma:

	Sección tubería	Caudal		Verifica velocidad
Agua fría:	$A = 12,56 \text{ cm}^2$	$q = 0,86 \text{ l/s}$	$V = 0,68 \text{ m/s}$	Verificada
Agua caliente:	$A = 8,04 \text{ cm}^2$	$q = 0,48 \text{ l/s}$	$V = 0,60 \text{ m/s}$	Verificada

TRAMOS

Para el siguiente cálculo de las pérdidas de carga es necesario conocer los tamaños de las tuberías de todo el implante (ver nomenclatura de los diferentes tramos en el plano de saneamiento, en el apartado de Planos del Tomo II):

TRAMO 1 AGUA FRÍA:

En este tramo se han conectado un grifo del baño, un bidet, un WC y una ducha; por lo tanto:

$$UC = 0,75 + 0,75 + 3,00 + 1,5 = 6,00$$

$$\text{Por la continuidad: } UC = 6,00 \cdot 0,75 = 4,50$$

Características:

$$q = 0,2 \text{ l/s} \Rightarrow D = 25 \text{ mm} \Rightarrow A = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)} \Rightarrow V = 0,41 \text{ m/s} \text{ velocidad verificada}$$

TRAMO 1 AGUA CALIENTE

En este tramo se han conectado un grifo del baño, un bidet y una ducha; por lo tanto:

$$UC = 0,75 + 0,75 + 1,5 = 3,00$$

Por la continuidad: $UC = 3,00 \cdot 0,75 = 2,25$

Características:

$q = 0,1 \text{ l/s} \Rightarrow D = 20 \text{ mm} \Rightarrow A = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)} \Rightarrow V = 0,32 \text{ m/s}$ velocidad verificada

TRAMO 2 AGUA FRÍA

En este tramo se han conectado un grifo del baño, un bidet, un WC, una ducha y una bañera; por lo tanto:

$UC = 0,75 + 0,75 + 3,00 + 1,5 + 1,5 = 7,50$

Por la continuidad: $UC = 7,50 \cdot 0,75 = 5,63$

Características:

$q = 0,28 \text{ l/s} \Rightarrow D = 25 \text{ mm} \Rightarrow A = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)} \Rightarrow V = 0,57 \text{ m/s}$ velocidad verificada

TRAMO 2 AGUA CALIENTE

En este tramo se han conectado un grifo del baño, un bidet, una ducha y una bañera; por lo tanto:

$UC = 0,75 + 0,75 + 1,5 + 1,5 = 4,50$

Por la continuidad: $UC = 4,50 \cdot 0,75 = 3,38$

Características:

$q = 0,15 \text{ l/s} \Rightarrow D = 20 \text{ mm} \Rightarrow A = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)} \Rightarrow V = 0,48 \text{ m/s}$ velocidad verificada

TRAMO 3 AGUA FRÍA

En este tramo se han conectado un grifo de cocina, un grifo de baño, un bidet, un WC, una ducha y una lavadora; por lo tanto:

$UC = 1,5 + 0,75 + 0,75 + 3,00 + 1,5 + 2 = 9,50$

Por la continuidad: $UC = 9,50 \cdot 0,75 = 7,13$

Características:

$q = 0,36 \text{ l/s} \Rightarrow D = 32 \text{ mm} \Rightarrow A = 8,04 \cdot 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)} \Rightarrow V = 0,48 \text{ m/s}$ velocidad verificada

TRAMO 3 AGUA CALIENTE

En este tramo se han conectado un grifo de cocina, un grifo de baño, un bidet y una ducha; por lo tanto:

$UC = 1,5 + 0,75 + 0,75 + 1,5 = 4,50$

Por la continuidad: $UC = 4,50 \cdot 0,75 = 3,38$

Características:

$q = 0,15 \text{ l/s} \Rightarrow D = 20 \text{ mm} \Rightarrow A = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)} \Rightarrow V = 0,48 \text{ m/s}$ velocidad verificada

DIMENSIONAMIENTO DEL TRAMO QUE CONECTA LA CALDERA AL CONDUCTO PÚBLICO (TRAMO 4):

Para verificar la velocidad en este tramo, es suficiente considerar la suma de la columna de agua fría y de agua caliente, tomando los valores de UC que ya tienen en cuenta la continuidad; por lo tanto:

$UC = 17,81 + 9,56 = 27,37$

Características:

$q = 1,2 \text{ l/s} \Rightarrow D = 50 \text{ mm} \Rightarrow A = 19,63 \cdot 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)} \Rightarrow V = 0,61 \text{ m/s}$ velocidad verificada.

DIMENSIONAMIENTO DE LAS DIFERENTES RAMIFICACIONES DE CADA APARATO O TERMINAL:

Para determinar el diámetro de las diferentes tuberías, sería necesario calcular, para cada aparato, la UC y elegir la sección adecuada. Por simplicidad, se elige un diámetro de 16 mm para los aparatos que producen menor caudal (grifos, bidet, ducha) y de 20 mm para los aparatos mayores (lavadora, WC).

Cálculo de las pérdidas de carga:

La presión de servicio ha de estar comprendida entre un valor mínimo y un valor máximo; en este caso se considera que la presión de alimentación viene dada por un conducto a presión constante, cerca de 3-4 bares.

El valor mínimo de la presión de servicio representa el valor más pequeño de presión estática a mantener en la distribución para asegurar la disponibilidad de los caudales máximos continuos.

Para determinar su valor se tiene que considerar la suma de las siguientes contribuciones:

- Diferencia de nivel entre el terminal más alto de la distribución y la fuente de alimentación

H = altura del nivel del terminal más alto respecto del conducto (5,6 m)

La presión es entonces: $9,8 \times 5,6 \text{ kPa} = 54,88 \text{ kPa}$

- Valor de la presión dinámica más alta a garantizar = 50 kPa
- Pérdida de presión en la red en correspondencia con el caudal máximo simultáneo:

En el caso considerado, el terminal más desfavorable es la ducha del baño de la habitación más alta (se considera el del agua fría porque es de tamaño mayor):

$L = (0.6 + 6.2 + 1.3 + 2) + 3.7 + (1.5 + 0.2 + 1.5) + (20),$

Donde:

- En el primer paréntesis se ha indicado la longitud de la tubería desde la columna hasta la ducha
- 3.7 representa la longitud de la columna considerando la altura del edificio y su trayectoria aérea (0.5 m).
- El segundo paréntesis se refiere a la longitud de la tubería hasta el contador
- El tercer paréntesis representa la longitud de la tubería que, desde el contador, llega hasta el conducto público (se hace una hipótesis porque no se sabe dónde estará colocado en realidad el conducto; estos cálculos se revisarán y adaptarán a la realidad en fase de proyecto constructivo).

Es, no obstante, necesario considerar las pérdidas de presión debidas a la presencia de curvas y de su longitud equivalente:

- Ángulo de 90° de la tubería de 16 mm, que equivale a 0.48 m
- Ángulo de 90° de la tubería de 16 mm, que equivale a 0.48 m
- Cambio de sección de 90° de la tubería de 25 mm, que equivale a 2.4 m
- Colocación directa, sin reducción, de la tubería de 25 mm, que equivale a 0,8 m
- Colocación directa, sin reducción, de la tubería de 25 mm, que equivale a 0,8 m
- Colocación directa, sin reducción, de la tubería de 25 mm, que equivale a 0,8 m
- Ángulo de 90° de la tubería de 25 mm, que equivale a 0.8 m
- Cambio de sección de 90° de la columna de 40 mm, que equivale a 4.6 m
- Colocación directa, sin reducción, de la tubería de 40 mm, que equivale a 1.6 m
- Ángulo de 90° de la tubería de 40 mm, que equivale a 2.3 m
- Válvula de la tubería de 40 mm, que equivale a 10,7 m
- Ángulo de 90° de la tubería de 40 mm, que equivale a 2.3 m
- Válvula de interceptación de la tubería de 40 mm, que equivale a 0.98 m
- Cambio de dirección de 90° de la tubería de 40 mm, que equivale a 4.6 m

La longitud equivalente de la tubería para acceder al terminal más desfavorable será, por lo tanto, igual a 71.44 m y las pérdidas se pueden cuantificar como $(71.44 \times 150) = 10.72 \text{ kPa}$

$$P_{\min} = P_{\text{geod}} + P_{\text{dinamica}} + \sum \text{perdidas}(\text{distribuidas} - y - \text{localizadas})$$

Considerando una presión de la unión con la red pública igual a 400 kPa, resulta:

$$P_{geod} + P_{dinamica} + \sum \text{perdidas}(\text{distribuidas} - y - \text{localizadas}) = 55,86 + 50 + 10,72 = 116,58 \text{ kPa}$$

$$p_s - (\Delta pL + p_m + 9,8H) \geq p_f$$

$$400 - 116,58 = 283,42 \text{ kPa} > 50 \text{ kPa}$$

La presión del aparato más desfavorable resulta suficiente para garantizar un correcto funcionamiento de la red.

5.5. RED DE AGUAS PLUVIALES

A continuación, se calculan los elementos del implante de la red de recogida de aguas pluviales de la vivienda.

Este implante está formado por una red de tuberías, de aguas pluviales y colectores, que recogen las aguas de la cubierta y del aparcamiento cubierto (se adopta la hipótesis de existencia de un garaje futuro) y las conducen hasta el conducto del alcantarillado. Las tuberías de recogida de aguas pluviales del edificio son de PVC y están en el exterior, bajando aéreamente a conectar con tuberías principales.

DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS DE RECOGIDA DE AGUAS PLUVIALES:

El diámetro de las tuberías de aguas pluviales viene dado en función de la superficie servida y de la intensidad de la lluvia, en mm/h, existente en esas zonas.

Se considera, como dato de partida, una intensidad de lluvia igual a 60 mm/h, es decir, 21,6 l/s/ha (media datos históricos tres últimos años). La superficie útil de recogida de las aguas es igual a la superficie de la cobertura plana del edificio, es decir, 240 m², más la superficie de una eventual apertura (se toma como hipótesis 2 m²) para un total de 242 m². Teniendo en cuenta que las conducciones de aguas pluviales tienen que estar colocadas a una distancia entre ellas no superior a 8-9 metros, el número de tuberías de aguas pluviales necesario para la captación de aguas de lluvia del edificio resulta ser de 12 y cada una de ellas cubre una superficie de, aproximadamente, 20 m².

Refiriéndose a la siguiente tabla y considerando la superficie servida de cada tubería de la red de pluviales, se toma un diámetro de 50 mm.

Área del techo, m ²	Diámetro del canal, mm	Diámetro de la tubería de pluviales, mm
< 8	80	40
9 - 25	100	50
26 - 75	100	70
76 - 170	125	80
171 - 335	150	100
336 - 500	200	125
501 - 1000	250	150

Tabla 17: Diámetros de canalizaciones necesarios para red de recogida de aguas pluviales

DIÁMETRO DEL COLECTOR HORIZONTAL:

Se tiene, por tanto, el diámetro del colector horizontal de recogida de las aguas de cobertura. Ese diámetro, teniendo en cuenta que se ha elegido utilizar las tuberías de aguas pluviales de PVC, resulta ser igual a 110 mm. Se elige, además, una pendiente mínima para garantizar que no se acumulen depósitos en el fondo de la tubería.

Dado el diámetro nominal del colector de descarga de las aguas pluviales de 100 mm se adopta una pendiente de 0,96%.

Caudal y velocidad en el colector horizontal

Considerando ahora una capacidad hidráulica de los conductos de descarga igual al 50%, con la siguiente fórmula de Colebrook- White se encuentran la velocidad y el caudal en el colector:

$$u = -2 \cdot \lg \left(\frac{K/3,71 \cdot D + (2,51 \cdot \nu)}{(D \cdot (2gJD)^{0,5}) \cdot (2gJD)^{0,5}} \right)$$

$$Q_{ww} = \frac{\pi D^2}{4} \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \sqrt{2gJD}$$

k= rugosidad absoluta de la conducción

J= pendiente de la tubería

D = diámetro de la conducción

Caudal = 3,8 l/s
Velocidad = 1,2 m/s

λ = coeficiente de pérdidas total

ν = viscosidad cinemática

Filtro de aceite estático:



Fig.23: Sistema de filtración de aceites y grasas

El sistema prevé, además, la presencia futura de un pozo conectado a una conexión de descarga de líquidos ubicado en el futuro aparcamiento, capaz de depurar el agua de los aceites, grasas presentes antes de su llegada al alcantarillado.

El diámetro de la tubería a la salida del pozo es de 50 mm, habiendo tomado como hipótesis un flujo de agua reducido de cerca 50% respecto del de las aguas que discurren a través de la superficie.

El diámetro del colector que recoge las aguas que provienen del forjado, así como las provenientes del aparcamiento, ha de ser entonces igual a 150 mm, es decir, igual a la suma de los diámetros de las tuberías que confluyen en él.

Pozo de primera lluvia:

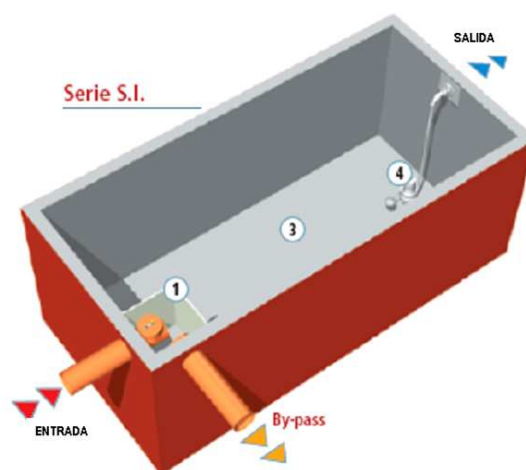


Fig.24: Esquema de pozo de primera lluvia

Está previsto, además, un sistema de limitación del volumen de las aguas que confluyen en el alcantarillado gracias a un pozo de primera lluvia. Este sistema permite, además de limitar el caudal de agua de entrada en el alcantarillado, controlar el grado de contaminación de las aguas que entran, separando los primeros 5 mm de agua de lluvia contaminada del resto, que confluirá en los “pozos de pérdidas”.

Depósito de laminación:

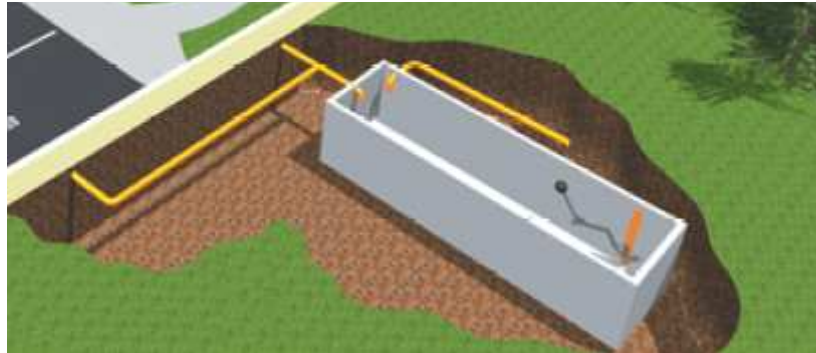


Fig.25: Esquema de depósito de laminación

Para evitar una sobrecarga del alcantarillado en caso de lluvias breves pero intensas, se prevé la posibilidad de instalar un depósito de acumulación. En dicho “depósito de laminación” se acumula el agua pluvial, la cual se descarga en el alcantarillado mediante un lento vaciado del depósito de laminación, el cual dispone de una salida de pequeño diámetro.

5.6. DISEÑO DE LOS CERRAMIENTOS

CERRAMIENTO EXTERIOR

Para el cerramiento exterior se ha elegido una solución de doble ladrillo hueco y guarnecido de yeso, de económica y sencilla instalación.

Se muestra, a continuación, la sección utilizada en fachada :

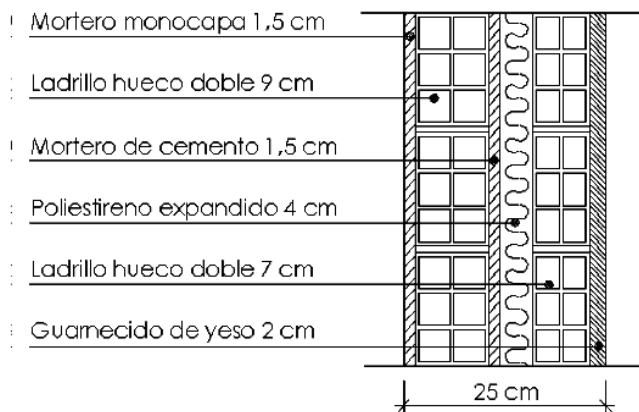


Fig.26: Esquema de cerramiento de fachada

Por otra parte, para verificar un correcto comportamiento del cerramiento, es necesaria una comprobación del mismo mediante la norma NBE CT-79:

$$1/K = 0,20 + 0,015/1,20 + 0,09/0,42 + 0,015/1,20 + 0,04/0,028 + 0,07/0,42 + 0,02/0,26 = 2,1115$$

$$R_t = 1/K = 1/2,1115 = 0,47 < 1,38 \text{ kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(Valores parciales tomados de tablas normalizadas).

Por otra parte, el forjado escogido se compone de las siguientes capas:

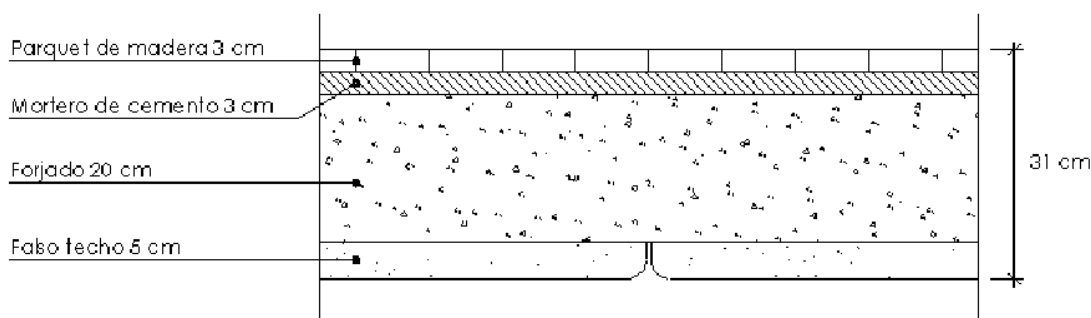


Fig.27: Esquema de cerramiento de forjado

Con ayuda de las correspondientes tablas normalizadas para los materiales del forjado, realizamos igualmente la comprobación:

$$1/K = 0,26 + 0,03/0,12 + 0,03/1,20 + 0,27 + 0,83 = 1,635$$

$$R_t = 1/K = 1/1,635 = 0,61 < 0,77 \text{ kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

En épocas calurosas, la reflexión térmica del cerramiento, la ventilación de los huecos de ladrillos y el aislamiento térmico, minimizan la transmisión de la carga térmica solar incidente sobre el muro.

En la temporada fría, el aislamiento exterior, con bastante espesor, homogéneo y continuo, minimiza las dispersiones de calor; el recorrido de las temperaturas en la temporada caliente y fría es favorable.

5.7. RED DE SUMINISTRO DE GAS NATURAL

El dimensionado de la instalación receptora de gas natural se realiza en base a los criterios de diseño de la normativa vigente, disposiciones del CTE. A continuación, se dimensiona la instalación receptora de gas natural, proporcionando unos valores mínimos de los diámetros de las conducciones.

RED INTERIOR

Las expresiones que se han utilizado para el cálculo de las tuberías, las válvulas y los coeficientes de simultaneidad, así como las características del gas suministrado son:

TUBERÍAS Y VÁLVULAS

$P_a^2 - P_b^2 = 48,6 \times d_c \times L \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$ (1) y para presiones relativas inferiores a 1500 mmca:

$P_a - P_b = 232000 \times d_c \times L \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$ (2)

$v = (360,86 \times Q) / (P_m \times D^2)$, siendo:

P_a y P_b = Presiones absolutas en origen y extremo del conducto respectivamente, en Kg/cm² en (1) y en mmca en (2).

d_c = Densidad corregida del gas.

L = Longitud equivalente de tubería o válvula (m).

Q = Caudal simultáneo o probable (m³/h).

D = Diámetro de tubería (mm).

v = Velocidad del gas (m/s).

P_m = Presión absoluta media en el tramo (Kg/cm²): $(P_a + P_b) / 2$.

Coeficientes de simultaneidad:

Instalaciones individuales, Viviendas:

$Q_S = Q_1 + Q_2 + Q_3/2 + \dots + Q_n/2$, siendo:

Q_S = Caudal simultáneo o probable (m³/h).

Q_1, Q_2 = Caudales mayores alimentados por el tramo (m³/h).

Q_3, \dots, Q_n = Resto de caudales alimentados por el tramo (m³/h).

Datos Generales:

- Tipo de gas: Gas natural.

- Densidad relativa aire: 0,56.

- Densidad corregida: 0,62.

- PCS (MJ/m³ (s)): 37,78.

Tipo de instalación: Local.

Velocidad máxima (m/s): 20.

Pérdidas secundarias: 20%.

Presión relativa mín. aparato (mmca): 200.

Pérdidas de carga máximas:

- Desde acometida hasta estación regulación (ER) (mmca) : 250.

- Desde estación regulación (ER) hasta regulador abonado (mmca) : 250.

- Desde salida regulador hasta último aparato (mmca) : 25.

Tras aplicar las fórmulas, se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Lreal(m)	Func.Tramo	Material	Pot. inst. (kW)	Pot. dis. (kW)	Qs(m³/h)	Dn(mm)	Dint(mm)	Pa-Pb (mmca)	Pa²-Pb² (Kg/cm²)	V(m/s)
1	1	2		LLP		123,26	135,586	12,9198	40	41,9			
2	2	3	1,89	Ramal interior	Polietil.	123,26	135,586	12,9198	50	40,8		0,0001	1,4
3	4	5	3,64	Ramal interior	Acero	123,26	135,586	12,9198	32	36		0,0004	1,8
4	3	4	4,44	Montante	Acero	123,26	135,586	12,9198	32	36		0,0005	1,8
5	6	7	0,52	Ramal interior	Acero	123,26	135,586	12,9198	32	36		0,0001	1,8
6	7	8		LLP		123,26	135,586	12,9198	32	36			
7	8	9		RP		123,26	135,586	12,9198					
8	9	10		LP		123,26	135,586	12,9198					
9	10	11		Contador		123,26	135,586	12,9198			5		
10	11	12		LLP		123,26	135,586	12,9198	32	36	0,1433		
11	5	6	7,3	Montante	Acero	123,26	135,586	12,9198	32	36		0,0009	1,8
12	12	13	2,98	Ramal interior	Acero	123,26	135,586	12,9198	32	36	1,7076		3,43
13	13	14	5,42	Ramal interior	Acero	123,26	135,586	12,9198	32	36	3,1058		3,43
14	14	15		LLP		100	110	10,4817	32	36	0,0979		
15	14	16	10,6	Ramal interior	Acero	23,26	25,586	2,4381	20	21,7	3,35		1,78
16	16	17		LLP		23,26	25,586	2,4381	20	21,7	0,079		
17	17	18	1,48	Ramal interior	Acero	23,26	25,586	2,4381	10	12,6	6,4262		5,29
18	15	19	1,41	Ramal interior	Acero	100	110	10,4817	20	21,7	6,3348		7,66*

Tabla 18: Diámetros de canalizaciones necesarios

NUDO	TERMINAL	COTA	COTA TOTAL	Pr (mmca)	Pab	CAUDAL	POTENCIA
		planta(m)	(m)		(Kg/cm²)	(m³/h)	(kW)
1	CRED	0	3,88	10,000	2	0	
2		0	3,88	9,999,964	2	0	
3		0	3,88	9,999,654	1,99997	0	
4		0	8,32	9,998,321	1,99983	0	
5		0	8,32	9,997,229	1,99972	0	
6		0	15,62	9,995,038	1,9995	0	
7		0	15,62	9,994,881	1,99949	0	
8		0	15,62	9,994,806	1,99948	0	
9		0	15,62	500	1,05	0	
10		0	15,62	500	1,05	0	
11		0	15,62	495	1,0495	0	
12		0	15,62	494,857	1,04949	0	
13		0	15,62	493,149	1,04931	0	
14		0	15,62	490,043	1,049	0	
15		0	15,62	489,945	1,04899	0	
16		0	15,62	486,693	1,04867	0	
17		0	15,62	486,614	1,04866	0	
18	Calentador acumulador	0	15,62	480,188*	1,04802	2,438	23,26
19	Caldera calefacción	0	15,62	483,611	1,04836	10,482	100

Tabla 19: Caudal y potencia del calentador y caldera

NOTA:

- * Rama de mayor velocidad o nudo de menor presión dinámica.

CUADRO RESUMEN DE DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

En el siguiente cuadro se resumen las conducciones de la instalación interior de gas natural:

RED INTERIOR DE GAS NATURAL			
Material	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Longitud (m)
Polietileno 100	40	32,6	3
Acero negro DIN 2440		36	25
Acero negro DIN 2440		21,7	18
Acero negro DIN 2440		12,6	2

Tabla 20: Diámetros de canalizaciones necesarios y tipo de material

Las válvulas de corte son de diámetro acorde a los diámetros de las conducciones en las que se instalan.

5.8. RED DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

PREVISIÓN DE POTENCIA

Según la ITC-BT-25, el valor de la intensidad de corriente prevista en cada circuito se calculará según la siguiente fórmula:

$$I = N \cdot I_a \cdot F_s \cdot F_u$$

N = número de tomas o receptores

I_a = Intensidad prevista por toma o receptor (A)

F_s = Factor de simultaneidad (receptores colocados simultáneamente sobre el total)

F_u = Factor de utilización (factor medio de utilización de la potencia máxima del receptor).

Los circuitos a tener en cuenta son los siguientes:

- C1 2: Circuito alumbrado planta baja
- C1 3: Circuito alumbrado planta primera
- C2 2: Circuito tomas de corriente uso general, planta baja
- C2 3: Circuito tomas de corriente uso general, planta primera
- C3 2: Circuito cocina y horno, planta baja
- C4 2: Circuito lavadora, lavavajillas y termo, planta baja
- C5 2: Circuito tomas de corriente cocina, planta baja
- C5 3: Circuito tomas de corriente baño, planta primera
- C7: Circuito motor y punto de luz entrada a parcela
- C8: Circuito alumbrado exterior

La potencia a prever para los circuitos será:

Circuito	Nº de tomas	Potencia. por toma	Factor simultaneidad F _s	Factor de utilización F _u	TOTAL
C ₁ 2	12	200	0,75	0,5	1.125
C ₁ 3	13	200	0,75	0,5	900
C ₂ 2	16	3450	0,2	0,25	2.760
C ₂ 3	18	3450	0,2	0,25	3.105
C ₃ 2	1	5400	0,5	0,75	2.025
C ₄ 2	2	3450	0,66	0,75	3.415
C ₅ 2	4	3450	0,4	0,5	2.760
C ₅ 3	3	3450	0,4	0,5	2.070
C ₇	2	250	0,75	0,3	112,5
C ₈	16	75	0,75	0,3	270
TOTAL					18.543 W

Tabla 21: Potencias parciales de los circuitos

La potencia total a prever en la instalación será de 18.543 W.

Cálculo de secciones y caídas de tensión

FÓRMULAS A EMPLEAR

Las formulas a emplear son:

$$S = \frac{P \cdot L \cdot \rho}{V_3 \cdot \Delta V} \qquad S = \frac{2 \cdot P \cdot L \cdot \rho}{V_1 \cdot \Delta V}$$

ΔV = Caída de tensión (V)

P = Potencia en el tramo considerado (W)

L = Longitud del tramo considerado (m)

ρ = Conductividad del conductor (1/56 Cu, 1/35 Al) (m/ Ω mm²)

V₃ = Tensión en voltios: 400V

V₁ = Tensión en voltios: 230V

S = Sección del conductor (mm²)

Para el cálculo de las caídas de tensión se emplearán las mismas formulas:

$$\Delta V = \frac{P \cdot L \cdot \rho}{V_3 \cdot S} \qquad \Delta V = \frac{2 \cdot P \cdot L \cdot \rho}{V_1 \cdot S}$$

Sección y caída de tensión de la línea general de alimentación

De acuerdo con la ICT-BT-14 la sección de los cables deberá ser uniforme en todo su recorrido y sin empalmes. La sección mínima será de 10mm² en cobre ó 16mm² en aluminio.

Para el cálculo de la sección de los cables se tendrá en cuenta, tanto la máxima caída de tensión permitida, como la intensidad máxima admisible.

La caída de tensión máxima permitida será la correspondiente a líneas generales de alimentación destinadas a centralizaciones parciales de contadores, es decir:

$$\Delta V_{\max} = 1\%$$

La intensidad máxima admisible a considerar será la fijada en la UNE 20.460-5-523.

Para la sección de conductor neutro se tendrá en cuenta el máximo desequilibrio que puede preverse, las corrientes armónicas y su comportamiento, en función de las protecciones establecidas ante las sobrecargas y cortocircuitos que pudieran presentarse, no siendo inferior la sección del neutro a los valores que especifica la tabla de la ITC-BT-14.

Así, con los siguientes datos se tendrá:

P = 18.543 W

L = 18m

ρ = Conductividad del conductor (1/56 Cu,) (m/ Ω mm²)

V = 400V

ΔV_{\max} permitida = 400 · 0,01 = 4V

$$S = \frac{18543 \cdot 18}{56 \cdot 400 \cdot 4} = 3,73 \text{ mm}^2$$

De aquí se tomara una sección normalizada de 35mm² para los tres conductores de fase y de acuerdo con la ITC-BT-14, un conductor de 16mm² de sección para el neutro para que, de esta forma, sea la misma sección de conductor la que va de la línea hasta el contador, así como del contador al cuadro general.

Para esta sección de los conductores la Intensidad máxima admisible según la ITC-BT-07 será de 190A, al encontrarnos en el caso de 3 conductores unipolares de XLPE agrupados a una profundidad de 0,7m.

La intensidad será:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

$$I = \frac{18543}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 33,45 A$$

de donde se ve que la intensidad que circula es menor que la máxima.

La caída de tensión, de acuerdo a la formula correspondiente será 0,74V, que es menor a los 4 V de caída máxima permitida.

Sección y caída de tensión en la derivación

Siguiendo las especificaciones de la ITC-BT-15, el número de conductores vendrá fijado por el número de fases necesarias, en este caso será de 3 fases, y según su potencia, llevando la línea su correspondiente conductor neutro así como el conductor de protección. El punto de conexión del conductor de protección se realizará en una arqueta asignada para esta función (según viene indicado en planos).

La derivación además incluirá el hilo de mando (de 1,5 mm² y color rojo) para posibilitar la aplicación de diferentes tarifas.

Los cables no presentaran empalmes y su sección será uniforme.

A efectos de las intensidades admisibles por cada sección, se tendrá en cuenta lo que se indica en la ITC-BT 07, al tratarse de conductores enterrados.

La caída de tensión máxima admisible será la correspondiente a derivaciones individuales en suministros para un único usuario:

$$\Delta V_{\max} = 1,5\%$$

Datos de partida:

$$P = 32.316 \text{ W}$$

$$L = 140\text{m}$$

$$\rho = \text{Conductividad del conductor (1/56 Cu.) (m}/\Omega\text{mm}^2)$$

$$V = 400\text{V}$$

$$\Delta V_{\max} \text{ permitida} = 400 \cdot 0,015 = 6\text{V}$$

$$S = \frac{18543 \cdot 140}{56 \cdot 400 \cdot 6} = 19,32\text{mm}^2$$

De aquí se tomará una sección normalizada de 35mm² para los tres conductores de fase y de acuerdo con la ITC-BT-14, un conductor de 16mm² de sección para el neutro.

Para esta sección, la intensidad máxima será de 190A, al encontrarnos en el caso de 3 conductores unipolares agrupados a una profundidad de 0,7m., según la ITC-BT-07 la intensidad será:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

$$I = \frac{18543}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 33,45 A$$

de donde se ve que la intensidad que circula es menor que la máxima.

La caída de tensión, de acuerdo a la fórmula correspondiente será 5,77V, que es menor a los 6 V de caída máxima permitida.

Sección y caída de tensión en los circuitos de la vivienda

De acuerdo con la ITC-BT-19 la sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Las intensidades máximas admisibles para cada sección serán las que aparecen en la tabla 1 de la ITC-BT-19.

Teniendo en cuenta los diferentes circuitos:

- C1 2: Circuito alumbrado planta baja
- C1 3: Circuito alumbrado planta primera
- C2 2: Circuito tomas de corriente uso general, planta baja
- C2 3: Circuito tomas de corriente uso general, planta primera
- C3 2: Circuito cocina, planta baja
- C4 2: Circuito lavadora, lavavajillas y termo, planta baja
- C5 2: Circuito tomas de corriente cocina, planta baja
- C5 3: Circuito tomas de corriente baños, planta primera
- C7: Circuito punto de luz entrada a parcela
- C8: Circuito alumbrado exterior

Se presentan tabuladas las caídas de tensión de los circuitos, así como los diámetros asociados de los tubos:

Circuito	Potencia (W)	Longitud (m)	sección (mm ²)	Tubo (mm Ø)	caída de tensión (V)
C ₁ 2	1.125	66	2 x 2,5 + T	20	4,61
C ₁ 3	900	40	2 x 1,5 + T	20	3,72
C ₂ 2	2.760	41	2 x 4 + T	20	4,39
C ₂ 3	3.105	29	2 x 2,5 + T	20	5,59
C ₃ 2	2.025	6	2 x 6 + T	25	0,31
C ₄ 2	3.415	6	2 x 4 + T	20	0,79
C ₅ 2	2.760	7	2 x 2,5 + T	20	1,2
C ₅ 3	2.070	14	2 x 2,5 + T	20	1,8
C ₇	112,5	140	2 x 2,5 + T	110	0,97
C ₈	270	170	2 x 2,5 + T	50	2,85

Tabla 22: Caídas de tensión en los circuitos

La máxima caída de tensión admisible para cada uno de los circuitos interiores de la vivienda será:

$$230 \times 0,03 = 6,9V$$

C1 2: Circuito alumbrado planta baja

$$S = \frac{2 \cdot 66 \cdot 1125}{56 \cdot 230 \cdot 6,9} = 1,67 mm^2$$

Tomaremos una sección de 2,5mm².

La Intensidad máxima admisible según la ICT-BT-19, tabla 1, correspondiente a 2 conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes, para cable de cobre de 2,5mm², la intensidad máxima admisible será de: 17,5A

La intensidad que circula será:

$$I = \frac{1125}{230 \cdot 0,8} = 6,11 A$$

de donde se ve que la intensidad que circula es menor que la máxima.

La caída de tensión, de acuerdo a la formula correspondiente será 4,61V, que es menor a los 6,9 V de caída máxima permitida.

C1 3: Circuito alumbrado planta primera

$$S = \frac{2 \cdot 40 \cdot 900}{56 \cdot 230 \cdot 6,9} = 0,81 mm^2$$

Tomaremos una sección de 1,5mm².

La Intensidad máxima admisible según la ICT-BT-19, tabla 1, correspondiente a 2 conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes, para cable de cobre de 1,5mm², la intensidad máxima admisible será de: 13A

La intensidad que circula será:

$$I = \frac{900}{230 \cdot 0,8} = 4,89 A$$

de donde se ve que la intensidad que circula es menor que la máxima.

La caída de tensión, de acuerdo a la formula correspondiente será 3,72V, que es menor a los 6,9 V de caída máxima permitida.

C2 2: Circuito tomas de corriente uso general, planta baja

$$S = \frac{2 \cdot 41 \cdot 2760}{56 \cdot 230 \cdot 6,9} = 2,54 mm^2$$

Tomaremos una sección de 4mm².

La Intensidad máxima admisible según la ICT-BT-19, tabla 1, correspondiente a 2 conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes, para cable de cobre de 4mm², la intensidad máxima admisible será de: 23A

La intensidad que circula será:

$$I = \frac{2760}{230 \cdot 0,8} = 15 A$$

de donde se ve que la intensidad que circula es menor que la máxima.

La caída de tensión, de acuerdo a la formula correspondiente será 4,39V, que es menor a los 6,9 V de caída máxima permitida.

C2 3: Circuito tomas de corriente uso general, planta primera

$$S = \frac{2 \cdot 29 \cdot 3105}{56 \cdot 230 \cdot 6,9} = 2,02 mm^2$$

Tomaremos una sección de 2,5mm².

La Intensidad máxima admisible según la ICT-BT-19, tabla 1, correspondiente a 2 conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes, para cable de cobre de 2,5mm², la intensidad máxima admisible será de: 17,5A

La intensidad que circula será:

$$I = \frac{3105}{230 \cdot 0,8} = 16,87 A$$

de donde se ve que la intensidad que circula es menor que la máxima.

La caída de tensión, de acuerdo a la formula correspondiente será 5,59V, que es menor a los 6,9 V de caída máxima permitida.

C3 2: Circuito cocina y horno, planta baja

$$S = \frac{2 \cdot 6 \cdot 2025}{56 \cdot 230 \cdot 6,9} = 0,27 mm^2$$

Tomaremos una sección de 6mm².

La Intensidad máxima admisible según la ICT-BT-19, tabla 1, correspondiente a 2 conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes, para cable de cobre de 6mm², la intensidad máxima admisible será de: 30A

La intensidad que circula será:

$$I = \frac{2025}{230 \cdot 0,8} = 11 A$$

De donde se ve que la intensidad que circula es menor que la máxima.

La caída de tensión, de acuerdo a la formula correspondiente será 0,31V, que es menor a los 6,9 V de caída máxima permitida

C4 2: Circuito lavadora, lavavajillas y termo, planta baja

$$S = \frac{2 \cdot 6 \cdot 3415}{56 \cdot 230 \cdot 6,9} = 0,46 mm^2$$

Tomaremos una sección de 4mm².

La Intensidad máxima admisible según la ICT-BT-19, tabla 1, correspondiente a 2 conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes, para cable de cobre de 4mm², la intensidad máxima admisible será de: 23A

La intensidad que circula será:

$$I = \frac{3415}{230 \cdot 0,8} = 18,55 A$$

de donde se ve que la intensidad que circula es menor que la máxima.

La caída de tensión, de acuerdo a la formula correspondiente será 0,79V, que es menor a los 6,9 V de caída máxima permitida

C5 2: Circuito toma de corriente cocina, planta baja

$$S = \frac{2 \cdot 7 \cdot 2760}{56 \cdot 230 \cdot 6,9} = 0,43 mm^2$$

Tomaremos una sección de 2,5mm².

La Intensidad máxima admisible según la ICT-BT-19, tabla 1, correspondiente a 2 conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes, para cable de cobre de 2,5mm², la intensidad máxima admisible será de: 17,5A

La intensidad que circula será:

$$I = \frac{2760}{230 \cdot 0,8} = 15 A$$

de donde se ve que la intensidad que circula es menor que la máxima.

La caída de tensión, de acuerdo a la formula correspondiente será 1,2V, que es menor a los 6,9 V de caída máxima permitida

C5 3: Circuito tomas de corriente baño, planta primera

$$S = \frac{2 \cdot 14 \cdot 2070}{56 \cdot 230 \cdot 6,9} = 0,65 mm^2$$

Tomaremos una sección de 2,5mm².

La Intensidad máxima admisible según la ICT-BT-19, tabla 1, correspondiente a 2 conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes, para cable de cobre de 2,5mm², la intensidad máxima admisible será de: 17,5A

La intensidad que circula será:

$$I = 2070 / (230 \cdot 0,8) = 11,25 A,$$

de donde se ve que la intensidad que circula es menor que la máxima.

La caída de tensión, de acuerdo a la formula correspondiente será 1,8V, que es menor a los 6,9 V de caída máxima permitida

C7: Circuito motor y punto de luz entrada a parcela

$$S = \frac{2 \cdot 140 \cdot 112,5}{56 \cdot 230 \cdot 6,9} = 0,35 mm^2$$

Tomaremos una sección de 2,5mm².

La Intensidad máxima admisible según la ICT-BT-19, tabla 1, correspondiente a 2 conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes, para cable de cobre de 2,5mm², la intensidad máxima admisible será de: 17,5A

La intensidad que circula será:

$$I = \frac{112,5}{230 \cdot 0,8} = 0,61 A$$

de donde se ve que la intensidad que circula es menor que la máxima.

La caída de tensión, de acuerdo a la formula correspondiente será 0,97V, que es menor a los 6,9 V de caída máxima permitida

C8: Circuito alumbrado exterior

$$S = \frac{2 \cdot 170 \cdot 270}{56 \cdot 230 \cdot 6,9} = 1,03 mm^2$$

Tomaremos una sección de 2,5mm².

La Intensidad máxima admisible según la ICT-BT-19, tabla 1, correspondiente a 2 conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes, para cable de cobre de 2,5mm², la intensidad máxima admisible será de: 17,5A

La intensidad que circula será:

$$I = \frac{270}{230 \cdot 0,8} = 1,46 A$$

de donde se ve que la intensidad que circula es menor que la máxima.

La caída de tensión, de acuerdo a la formula correspondiente será 2,85V, que es menor a los 6,9 V de caída máxima permitida

CALCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

MÉTODO DE CÁLCULO

El objeto del cálculo de las intensidades de cortocircuito en los diferentes puntos de la instalación, es determinar el poder de corte y la curva de disparo de los dispositivos de protección en los puntos considerados. Al final se escogen dispositivos magnetotérmicos de prevención ante posibles cortocircuitos.

Los puntos a considerar elegirán teniendo en cuenta lo estipulado en la norma ITC-BT-13 y ITC-BT-22 del reglamento electrotécnico para baja tensión. En este caso, se tendrán en cuenta la salida de las líneas del cuadro de contadores y la salida de las líneas que alimentan los distintos circuitos de la instalación.

El método de cálculo consistirá en descomponer la red en sus componentes y sustituir todo el sistema por estas impedancias equivalentes, alimentadas por una fuente de cortocircuito.

Este cálculo se deja pendiente para realizar en fase de proyecto constructivo, ya que se dispondrá de mayor información sobre las preferencias del usuario en cuanto a la instalación de aparatos que necesiten consumo eléctrico. Se considerarán, entonces, todas las impedancias de los aparatos o terminales para tenerlos en cuenta en el cálculo.

PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

Este tipo de protección se llevará a cabo mediante el sistema de puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte. Las características de estos serán: interruptores diferenciales bipolares de alta sensibilidad 30mA, adecuados para los circuitos de las viviendas, con una intensidad nominal de 40A, aptos para la protección de las personas y animales contra los contactos directos e indirectos en ambiente buen conductor.

PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS DIRECTOS

Este tipo de protección se llevará a cabo mediante alejamiento de las partes activas del alcance de las personas e instalaciones de los conductores en el interior de los tubos.

Todos los elementos de mando y protección, se ubicaran en el interior de armarios o cajas, que estarán puestos a tierra en el caso de ser metálicos.

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

DEFINICIÓN

Comprende toda la ligazón metálica directa sin fusible ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo, o grupo de electrodos, enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes generadas.

OBJETO

Las puestas a tierra se establecen con objeto, principalmente, de limitar la tensión que con respecto a tierra puedan presentar en un momento dado las masa metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

CÁLCULO DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

Dependiendo de la naturaleza y de la profundidad del terreno variará la resistencia de tierra. Para obtener la resistividad del terreno se acudirá a la tabla I de la instrucción MIE BT 039.

Dada la naturaleza del terreno (eminentemente granular) se hallará su resistividad de una forma aproximada.

$$\rho = 200\Omega \times m$$

Calculo de resistencia de tierra de la pica

Según la tabla III de la instrucción MIE BT 039 tenemos que

$$L = \text{longitud de la pica} = 1,5m$$
$$R_{pica} = \rho / L = 200/1,5 = 133,33\Omega \quad D = \text{diámetro de la pica} = 14mm$$

$\rho =$ Resistividad del terreno

Resistencia equivalente de las picas

Se sabe que la resistencia equivalente a un grupo de picas es inversamente proporcional al número de estas, aunque esto en la práctica no sea rigurosamente cierto, se considerara así.

$$R_{equivalente} = R_{pica} / N \quad N = \text{numero de picas}$$

En nuestro caso se colocarán 4 picas situadas conforme a la MIE BT 023 situadas en los vértices del perímetro formado por el conductor enterrado que se dispondrá en los cimientos del edificio.

$$R_{equivalente} = R_{pica} / N = 133,33 / 4 = 33,33\Omega$$

Resistencia de tierra del conductor de Cu enterrado

En el fondo de las zanjas de cimentación del edificio y de las zanjas de canalizaciones se enterraran un conductor de cobre desnudo de 35mm² de sección, el conductor se conectará a la estructura metálica de la losa de hormigón del edificio e irá enterrado a una profundidad mínima de 50cm (MIE BT 023 y MIE BT 039). Por la tabla III se tiene que:

$$R_{\text{puesta a tierra}} = 2 \times \rho / L = 1,48\Omega \quad L = \text{longitud del conductor en metros} = 270\text{m}$$

Resistencia a tierra total de la instalación

$$R_{\text{total}} = (R_{\text{pica}} \times R_{\text{conductor}}) / (R_{\text{pica}} + R_{\text{conductor}}) = 1,46\Omega$$

Dado que la resistencia de tierra lograda es menor que la mínima exigida por el reglamento, se tomará por buena la instalación realizada.

Línea de enlace con tierra

Son las líneas que enlazan la tierra de la casa con las líneas principales de tierra y sus derivaciones, en este caso existirá una línea de enlace, que será la que une el cuadro general con la tierra bajo la vivienda.

El conductor de enlace con tierra será de cobre de 35mm² de sección y deberá poseer un alto poder de fusión.

Punto de puesta a tierra

A el llega la línea de enlace con tierra que partirá desde la línea principal de tierra. Está constituido por una pletina de cobre recubierta de cadmio con apoyos de material aislante y será posible separar el conductor con el fin de realizar la medida de la resistencia de tierra. En este caso habrá un punto de puesta a tierra situado en una arqueta junto a la entrada a la vivienda.

5.9. PLAN DE OBRA

A continuación, se adjunta la programación estimada de los trabajos, en un diagrama de Gannt. Si bien la duración prevista es la que en él se refleja, se incluye en el apartado 4.2.8 de la memoria la correspondiente fórmula de revisión de precios, supuesto un retraso, debido a circunstancias extraordinarias, que rebasara el año.

ACTIVIDAD		MESES						
		1	2	3	4	5	6	7
A1	TRABAJOS PREVIOS	■						
A-2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	■	■					
A-3	EVACUACIÓN DE AGUAS		■					
A-4	CIMENTACIÓN		■	■	■			
A-5	ESTRUCTURA		■	■	■	■		
A-6	ALBAÑILERÍA				■	■	■	
A-7	INSTALACIÓN ELÉCTRICA				■	■	■	■
A-8	INSTALACIÓN DE AGUA POTABLE					■		■
A-9	CARPINTERÍA METÁLICA Y CERRAJERÍA						■	■
A-10	REVESTIMIENTOS DE PAREDES Y TECHOS					■	■	■
A-11	PAVIMENTOS					■	■	■
A-12	PINTURAS						■	■
A-13	ACABADOS							■
A-14	SEGURIDAD Y SALUD	■	■	■	■	■	■	■
A-15	CONTROL DE CALIDAD	■	■	■	■	■	■	■

6. CUMPLIMIENTO DEL CTE

6.1. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

A continuación se describen, en base a las condiciones establecidas en el documento básico del CTE titulado "Seguridad frente al fuego" las condiciones mínimas a disponer en la casa que es objeto de este proyecto básico, a fin de garantizar su seguridad frente al fuego. Se incluyen tanto las condiciones relativas a la distribución de las secciones como las exigencias a los materiales. Se comprueba a continuación que la vivienda objeto de este documento cumple las prescripciones del documento básico del CTE "Seguridad frente al fuego".

Laboratorios de ensayo

Los materiales usados en los acabados de la casa dispondrán del marcado CE.

1. Propagación interior del fuego:

Compartimentación en sectores de incendio

- Para uso Residencial Vivienda - La superficie construida de todo sector de incendio no debe exceder de 2.500 m².
- Los elementos que separan viviendas entre sí deben ser al menos EI 60 (*tabla 1.1. Condiciones de compartimentación en sectores de incendio*).

La vivienda que es objeto del presente proyecto básico tiene una superficie total de 374 m² < 2500 m². Se considera, por tanto, un único sector de incendio.

Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio

Según la tabla 1.2 del documento básico, como $h \leq 15$ m y el uso es residencial-vivienda, las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio (en este caso la fachada, muros interiores, techos) han de tener una mínima resistencia al fuego, en este caso serán como mínimo EI 120.

Locales y zonas de riesgo especial

Partiendo de la información contenida en la tabla 2.1 de la norma, el riesgo asociado a las divisiones de la casa (zona de cocina, baño, etc) se considera bajo. Así, por ejemplo, la potencia eléctrica total necesaria en la vivienda es de, aproximadamente, 18 kW < 30 kW (límite para pasar a calificar dicha zona como de riesgo medio).

Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario

Los elementos constructivos deben cumplir las condiciones de reacción al fuego que se establecen en la tabla 4.1 de la norma, para la vivienda que se diseña. Concretamente, los criterios que se deben cumplir son los siguientes:

- En espacios ocultos no estancos, tales como patinillos, falsos techos y suelos elevados (excepto los existentes dentro de las viviendas) etc. o que siendo estancos, contengan instalaciones susceptibles de iniciar o de propagar un incendio los revestimientos han de ser de tipo B-s3,d0 para techos y paredes y BFL-s2 para suelos.
- En zonas ocupables los revestimientos han de ser de tipo C-s2 para techos y paredes y d0 EFL para suelos.
- En pasillos y escaleras protegidos los revestimientos han de ser de tipo B-s1 para techos y paredes y d0 CFL-s1 para suelos.

Por otra parte, se ha de tener en cuenta que las condiciones de reacción al fuego de los componentes de las instalaciones eléctricas (cables, tubos, bandejas, regletas, armarios, etc.) se regulan en su reglamentación específica.

3 Espacios ocultos. Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios

2 Se limita a tres plantas y a 10 m el desarrollo vertical de las cámaras no estancas en las que existan elementos cuya clase de reacción al fuego no sea B-s3,d2, BL-s3,d2 ó mejor.

3 La *resistencia al fuego* requerida a los elementos de compartimentación de incendios se debe mantener en los puntos en los que dichos elementos son atravesados por elementos de las instalaciones, tales como cables, tuberías, conducciones, conductos de ventilación, etc., excluidas las penetraciones cuya sección de paso no exceda de 50 cm². Para ello puede optarse por una de las siguientes alternativas:

- a) Disponer un elemento que, en caso de incendio, obture automáticamente la sección de paso y garantice en dicho punto una *resistencia al fuego* al menos igual a la del elemento atravesado, por ejemplo, una compuerta cortafuegos automática EI t (i↔o) siendo t el tiempo de *resistencia al fuego* requerida al elemento de compartimentación atravesado, o un dispositivo intumescente de obturación.
- b) Elementos pasantes que aporten una resistencia al menos igual a la del elemento atravesado, por ejemplo, conductos de ventilación EI t (i↔o) siendo t el tiempo de *resistencia al fuego* requerida al elemento de compartimentación atravesado.

2.Propagación exterior

La cubierta de la segunda planta deberá tener una resistencia al fuego REI 60, como mínimo, en una franja de 1,00 m de anchura situada sobre el encuentro con la cubierta de todo elemento compartimentador de un sector de incendio. En el caso de la vivienda que es objeto del presente proyecto básico, será como mínimo REI 60 toda la cubierta.

3.Evacuación de ocupantes

La densidad de ocupación de la vivienda es de 20 (m²/persona), según tabla 2.1 de la norma.

Por otra parte, según tabla 3.1 de la norma, para plantas o recintos que disponen de más de una salida de planta o salida de recinto (la vivienda dispone de dos accesos) la longitud de los recorridos de evacuación hasta alguna salida de planta no ha de exceder de 50 m.

Según la tabla 4.1 de la norma, se tiene para la vivienda:

La anchura de toda hoja de puerta no debe ser menor que 0,60 m, ni exceder de 1,23 m.

Las puertas y pasos han de cumplir: $A \geq P / 200 \geq 0,80$ m; para la vivienda: $A = 10 / 200 = 0,1 < 0,8$ m, con lo cual las puertas y pasos han de tener un ancho mínimo de 0,8 m, que se cumple para el diseño realizado.

Los pasillos y rampas han de tener un ancho mínimo de $A \geq P / 200 \geq 1,00$ m; para la vivienda $A = 10 / 200 = 0,05 < 1$ m, por lo que $A \geq 1$ m, lo cual se cumple.

Las escaleras no protegidas para evacuación descendente han de tener un ancho $A \geq P / 160$; para la vivienda, se tiene: $A = 10 / 160 = 0,0625 \text{ m} < 0,8$ m, con lo cual $A = 0,8$ m, que se cumple para el diseño planteado.

La altura de evacuación de las escaleras, h, cumple que es menor de 14 m (h= 7 m).

4.Instalaciones de protección contra incendios

En lo que se refiere a equipamiento contra incendios, es necesario disponer un extintor de eficacia 21A - 113B a 15 m de recorrido en cada planta, como máximo, desde todo origen de evacuación. Es fundamental cumplir este requisito, dada la existencia de una amplia zona ajardinada en la segunda planta de la casa, así como del árbol que se plantará en el hueco central de la vivienda.

Los extintores que se dispongan se deben señalar, mediante:

Señales definidas en la norma UNE 23033-1 cuyo tamaño sea:

- a) 210 x 210 mm cuando la distancia de observación de la señal no exceda de 10 m
- b) 420 x 420 mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 10 y 20 m
- c) 594 x 594 mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 20 y 30 m

5. Intervención de los bomberos

Las dimensiones requeridas por los vehículos de bomberos que se explicitan en la norma se cumplen para la parcela de proyecto. Tampoco el acceso a fachada representa problemas, ya que ambas plantas son muy accesibles. Se deberá, únicamente, prestar atención a las dimensiones de los alféizares en fachada para acceder en caso de emergencia.

6. Resistencia al fuego de la estructura

Según tabla 3.1. de la norma, para una vivienda unifamiliar la resistencia al fuego de los elementos estructurales en sótanos ha de ser mayor o igual a R 30.

Por otro lado, la estructura principal de las cubiertas ligeras no previstas para ser utilizadas en la evacuación de los ocupantes y cuya altura respecto de la rasante exterior no exceda de 28 m (es el caso de la cubierta de la casa), así como los elementos que únicamente sustenten dichas cubiertas, podrán ser R 30 cuando su fallo no pueda ocasionar daños graves a los edificios o establecimientos próximos, ni comprometer la estabilidad de otras plantas inferiores o la compartimentación de los sectores de incendio. Para la casa que se diseña, el número de salidas de emergencia es uno, coincidiendo esta con la salida de la vivienda al exterior (puerta de salida ubicada en primera planta, según planos).

El valor de cálculo del tiempo equivalente, en minutos, para elementos estructurales de acero o hormigón armado es de:

$t_{e,d} = k_b \cdot w_f \cdot k_c \cdot q_{f,d}$, siendo:

k_b coeficiente de conversión en función de las propiedades térmicas de la envolvente del sector, que puede tomarse igual a 0,07. El anejo F de la norma UNE EN 1991-1-2:2004 aporta valores más precisos.

w_f coeficiente de ventilación en función de la forma y tamaño del sector.

k_c coeficiente de corrección según el material estructural (Tabla B.1).

$q_{f,d}$ valor de cálculo de la densidad de carga de fuego en función del uso del sector, en MJ/m².

El coeficiente de ventilación w_f se calcula como:

$w_f = (6/H)0,3 \cdot [0,62 + 90(0,4 - v_\alpha)^4 / (1 + b_v h_\alpha)] \geq 0,5$, siendo:

$v_\alpha = A_v/A_f$ relación entre la superficie de las aberturas en fachada y la superficie del suelo del sector, con los límites $0,025 < v_\alpha < 0,25$

$h_\alpha = A_h/A_f$ relación entre la superficie de las aberturas en el techo, A_h , y la superficie construida del suelo del sector

$b_v = 12,5 (1 + 10 v_\alpha - v_\alpha^2) \geq 10$

H altura del sector de incendio, m

En la vivienda, se tiene:

Altura de la planta = 3,5 m.

$k_c = 1$, puesto que los elementos de hormigón y acero se protegerán, a petición del cliente.

$w_f = 1,6$

La densidad de carga de fuego será dada por la fórmula:

$q_{f,d} = q_{f,k} m \delta q_1 \delta q_2 \delta n \delta c$, siendo:

$q_{f,k}$ valor característico de la densidad de carga de fuego

m coeficiente de combustión que tiene en cuenta la fracción del combustible que arde en el incendio.

En los casos en los que el material incendiado sea de tipo celulósico (madera, papel, tejidos, etc.) puede tomarse $m = 0,8$. Cuando se trate de otro tipo de material y no se conozca su coeficiente de combustión puede tomarse $m = 1$ del lado de la seguridad.

δq_1 coeficiente que tiene en cuenta el riesgo de iniciación debido al tamaño del sector

δ_{q2} coeficiente que tiene en cuenta el riesgo de iniciación debido al tipo de uso o actividad
 δ_n coeficiente que tiene en cuenta las medidas activas voluntarias existentes, $n \delta = n_1 \delta n_2 \delta n_3 \delta$
 δ_c coeficiente de corrección según las consecuencias del incendio.

Para la vivienda $\delta_{q1}=1,50$; $\delta_{q2}=1,00$; $\delta n_1=0,87$; $\delta_c=1,0$, $q_{fk}=650$ (MJ/m²)

Resistencia al fuego de estructuras de hormigón armado:

Para las losas de los forjados, son necesarias resistencias mínimas REI 60 (apartado C.2.3.3)

Resistencia al fuego de estructuras de acero:

$0,70 > \mu_{fi} \geq 0,60$; Factor de forma A_m / V (m-1) = 150 \rightarrow R 60

Para mayor detalle y precisión en la comprobación de la resistencia al fuego de los elementos estructurales y no estructurales de la vivienda analizada, se realizará el estudio completo de seguridad frente al fuego en el proyecto constructivo. En esa fase, es donde se precisan los materiales y detalles constructivos que servirán finalmente para la ejecución de la obra.

PROYECTO EJECUTIVO Y DE INSTALACIONES DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR SISMO-RESISTENTE

PARTE II

TOMO IV: OTROS DOCUMENTOS

AUTOR: MARIA LUISA PEREA IBÁÑEZ

**TUTORES: PERE ROCA FABREGAT
VICENC TORRA FERRÉ
ETSECCPB; PFC; FEBR. 2011**

ÍNDICE:

1. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	102
1.1. ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES.....	104
1.1.1. OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	104
1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y DE LA OBRA.....	104
1.1.3. INSTALACIONES PROVISIONALES Y ASISTENCIA SANITARIA.....	105
1.1.4. MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES	105
1.2. RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE	106
1.3. RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE	106
1.4. RIESGOS LABORALES ESPECIALES	110
1.5. PREVISIONES PARA TRABAJOS FUTUROS	110
1.5.1. PREVISIONES PARA LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO	110
1.6. NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES A LA OBRA.....	111
1.7. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD. LIBRO DE INCIDENCIAS	112
1.8. PLANOS.....	113
2. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	141
2.1. INTRODUCCIÓN	143
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA	143
2.2.1. PUNTOS CLAVE DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL.....	143
2.2.2. LA FAUNA Y LA FLORA	143
2.3. MEDIDAS PROTECTORAS.....	143
2.3.1. MEDIDAS PROTECTORAS DE CARÁCTER GENERAL	143
2.3.2. MEDIDAS PROTECTORAS DEL IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DEL MEDIO FÍSICO	144
2.3.3. MEDIDAS PROTECTORAS DEL IMPACTO SOBRE EL MEDIO BIÓTICO.....	144
2.3.4. MEDIDAS PROTECTORAS DEL IMPACTO SOBRE EL MEDIO SOCIOECONÓMICO	144
2.4. MEDIDAS CORRECTORAS.....	145
3. CONCLUSIONES FINALES.....	148
3.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA	150
3.2. CONCLUSIONES.....	151
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	153

1. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

INDICE

1.1. ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES	¡Error! Marcador no definido.
1.1.1. OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	¡Error! Marcador no definido.
1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y DE LA OBRA.....	¡Error! Marcador no definido.
1.1.3. INSTALACIONES PROVISIONALES Y ASISTENCIA SANITARIA.....	¡Error! Marcador no definido.
1.1.4. MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES	¡Error! Marcador no definido.
1.2. RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE	¡Error! Marcador no definido.
1.3. RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE	¡Error! Marcador no definido.
1.4. RIESGOS LABORALES ESPECIALES	¡Error! Marcador no definido.
1.5. PREVISIONES PARA TRABAJOS FUTUROS	¡Error! Marcador no definido.
1.5.1. PREVISIONES PARA LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO	¡Error! Marcador no definido.
1.6. NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES A LA OBRA	¡Error! Marcador no definido.
1.7. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD. LIBRO DE INCIDENCIAS	¡Error! Marcador no definido.
1.8. PLANOS	¡Error! Marcador no definido.

1.1. ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES

1.1.1. OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud está redactado con el objeto de cumplir el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. De acuerdo con el artículo 3 del R.D. 1627/1997, si en la obra interviene más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el Promotor deberá designar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Esta designación deberá ser objeto de un contrato expreso.

De acuerdo con el artículo 7 del citado R.D., el objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud es servir de base para que el contratista elabore el correspondiente Plan de Seguridad y Salud el Trabajo, en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este documento, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se refiere al Proyecto cuyos datos generales son:

	PROYECTO
OBJETO DE LA OBRA:	PROYECTO BÁSICO DE UNA CASA UNIFAMILIAR SISMO-RESISTENTE
AUTOR DEL PROYECTO:	Mª LUISA PEREA IBÁÑEZ
CLIENTE:	PARTICULAR, JORGE LÓPEZ GARCÍA
EMPLAZAMIENTO:	PARCELA EN GRANADA
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL:	350.000 €
PLAZO DE EJECUCIÓN:	7 MESES
Nº MÁXIMO DE OPERARIOS:	<50
TOTAL APROXIMADO DE JORNADAS:	<500

Tabla 1: Datos básicos de la obra

1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y DE LA OBRA

En la tabla siguiente se indican las principales características y condicionantes del emplazamiento donde se realizará la obra:

	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL EMPLAZAMIENTO
ACCESOS A LA OBRA	TIENE ACCESOS RODADO Y PEATONAL
TOPOGRAFÍA DEL TERRENO	LIGERA PENDIENTE EN LA PARCELA
EDIFICACIONES COLINDANTES	NO
SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	DISPONE DE ELLA, COMO PARCELA
SUMINISTRO DE AGUA	RED MUNICIPAL
SISTEMA DE SANEAMIENTO	AL ALCANTARILLADO, PERO PENDIENTES UNIONES CON COLECTOR PRINCIPAL
SERVIDUMBRES Y CONDICIONANTES	NO TIENE

Tabla 2: Características básicas del emplazamiento de la obra

A continuación, se adjunta una tabla indicativa de las características generales de la obra que es objeto del presente estudio, así como las fases de que consta:

	DESCRIPCIÓN DE LA OBRA Y SUS FASES
MOVIMIENTO DE TIERRAS	DESMONTE PARA ALCANZAR NUEVA RASANTE

CIMENTACIONES Y ESTRUCTURAS	EJECUCIÓN DE LOSA
CUBIERTAS	CUBIERTA LIGERA DE CHAPA GRECADA CON HORMIGÓN COLABORANTE
ALBAÑILERÍA / CERRAMIENTOS	LADRILLO / LADRILLO + POLIESTIRENO EXPANDIDO/YESO
ACABADOS	PINTURA EXTERIOR
INSTALACIONES	AGUA, SANEAMIENTO, ELECTRICIDAD, GAS NATURAL

Tabla 3: Características básicas del emplazamiento de la obra

1.1.3. INSTALACIONES PROVISIONALES Y ASISTENCIA SANITARIA

Acorde con el apartado 15 del anejo 4 del R.D. 1627/97, se dispondrá en obra de los siguientes servicios higiénicos:

SERVICIOS HIGIENICOS	
x	Vestuarios con asientos y taquillas individuales, provistas de llave.
X	Lavabos con agua fría, agua caliente, y espejo.
X	Duchas con agua fría y caliente.
X	Retretes.
OBSERVACIONES: 1.- La utilización de los servicios higiénicos será no simultánea en caso de haber operarios de distintos sexos. 2.- se trata de una obra interior con suficientes zonas para ubicar estos espacios.	

Tabla 4: Dotaciones mínimas de servicios higiénicos, según R.D. 1627/97

De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se indica en la tabla siguiente, en la que se incluye, además, la identificación y las distancias a los centros de asistencia sanitaria mas cercanos:

PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA		
NIVEL DE ASISTENCIA	NOMBRE Y UBICACION	DISTANCIA APROX. (Km)
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia Primaria (Urgencias)	Centro de Salud	2
Asistencia Especializada (Hospital)	Hospital de la Sta. Cruz	15

Tabla 5: Dotaciones de asistencia sanitaria

1.1.4. MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES

La maquinaria que se prevé emplear en la ejecución de la obra se indica en la tabla adjunta:

MAQUINARIA PREVISTA			
X	Grúas-torre	X	Hormigoneras
X	Montacargas	X	Camiones
X	Pala retroexcavadora	X	Cabrestantes mecánicos
x	Pequeñas maquinarias manuales (radiales)		

Tabla 6: Previsión de maquinaria en obra

En la tabla siguiente, se relacionan los medios auxiliares que van a ser empleados en la obra y sus características más importantes:

MEDIOS AUXILIARES	
MEDIOS	CARACTERISTICAS
<input type="checkbox"/> Andamios colgados móviles	Deben someterse a una prueba de carga previa. Correcta colocación de los pestillos de seguridad de los ganchos. Los pescantes serán preferiblemente metálicos. Los cabrestantes se revisarán trimestralmente. Correcta disposición de barandilla de segur., barra intermedia y rodapié. Obligatoriedad permanente del uso de cinturón de seguridad.
<input checked="" type="checkbox"/> Andamios tubulares apoyados	Deberán montarse bajo la supervisión de persona competente. Se apoyarán sobre una base sólida y preparada adecuadamente. Se dispondrán anclajes adecuados a las fachadas. Las cruces de San Andrés se colocarán por ambos lados. Correcta disposición de las plataformas de trabajo. Correcta disposición de barandilla de segur., barra intermedia y rodapié. Correcta disposición de los accesos a los distintos niveles de trabajo. Uso de cinturón de seguridad de sujeción Clase A, Tipo I durante el montaje y el desmontaje.
<input checked="" type="checkbox"/> Andamios sobre borriquetas	La distancia entre apoyos no debe sobrepasar los 3,5 m.
<input checked="" type="checkbox"/> Escaleras de mano	Zapatillas antideslizantes. Deben sobrepasar en 1 m la altura a salvar. Separación de la pared en la base = $\frac{1}{4}$ de la altura total.
<input checked="" type="checkbox"/> Instalación eléctrica	Cuadro general en caja estanca de doble aislamiento, situado a $h > 1$ m: I. diferenciales de 0,3A en líneas de máquinas y fuerza. I. diferenciales de 0,03A en líneas de alumbrado a tensión > 24 V. I. magnetotérmico general omnipolar accesible desde el exterior. I. magnetotérmicos en líneas de máquinas, tomas de cte. y alumbrado. La instalación de cables será aérea desde la salida del cuadro. La puesta a tierra (caso de no utilizar la del edificio) será $\leq 80 \Omega$.

Tabla 7: Relación de medios auxiliares a utilizar en obra

1.2. RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE

La tabla siguiente contiene la relación de los riesgos laborales que, pudiendo presentarse en la obra, van a ser totalmente evitados mediante la adopción de las medidas técnicas indicadas en la tabla:

RIESGOS EVITABLES	MEDIDAS TECNICAS ADOPTADAS
<input checked="" type="checkbox"/> Derivados de la rotura de instalaciones existentes	<input checked="" type="checkbox"/> Neutralización de las instalaciones existentes
<input type="checkbox"/> Presencia de líneas eléctricas de alta tensión aéreas o subterráneas	<input checked="" type="checkbox"/> Corte del fluido, puesta a tierra y cortocircuito de los cables

Tabla 8: Riesgos evitables y medidas técnicas adoptadas para ello

1.3. RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados, sí como las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la minimización de este tipo de riesgos. La primera tabla se refiere a aspectos generales que afectan a la totalidad de la obra y las restantes a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que ésta puede dividirse.

TODA LA OBRA

RIESGOS	
X	Caidas de operarios al mismo nivel
X	Caidas de operarios a distinto nivel
X	Caidas de objetos sobre operarios
X	Caidas de objetos sobre terceros
X	Choques o golpes contra objetos
X	Fuertes vientos
X	Trabajos en condiciones de humedad
X	Contactos eléctricos directos e indirectos
X	Cuerpos extraños en los ojos
X	Sobreesfuerzos
MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	
X	Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra
X	Orden y limpieza de los lugares de trabajo
X	Recubrimiento, o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de B.T.
X	Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra)
X	No permanecer en el radio de acción de las máquinas
X	Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento
X	Señalización de la obra (señales y carteles)
X	Cintas de señalización y balizamiento a 10 m de distancia
X	Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de altura $\geq 2m$
X	Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra
X	Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o ed. colindantes
X	Extintor de polvo seco, de eficacia 21A - 113B
X	Evacuación de escombros
X	Escaleras auxiliares
X	Información específica
X	Cursos y charlas de formación
X	Grúa parada y en posición veleta
X	Grúa parada y en posición veleta
EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL (EPIs)	
X	Cascos de seguridad
X	Calzado protector
X	Ropa de trabajo
X	Ropa impermeable o de protección
X	Gafas de seguridad
X	Cinturones de protección del tronco
GRADO DE ADOPCION	
	permanente
	permanente
	permanente
	permanente
	permanente
	permanente
	permanente
	alternativa al vallado
	permanente
	permanente
	permanente
	frecuente
	ocasional
	para riesgos concretos
	frecuente
	con viento fuerte
	final de cada jornada
EMPLEO	
	permanente
	permanente
	permanente
	con mal tiempo
	frecuente
	ocasional

Tabla 9: Relación de riesgos generales en la obra, no eliminables completamente

FASE: MOVIMIENTO DE TIERRAS		
RIESGOS		
X	Desplomes, hundimientos y desprendimientos del terreno	
X	Desplomes en edificios colindantes	
X	Caidas de materiales transportados	
X	Atrapamientos y aplastamientos	
X	Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de máquinas	
X	Contagios por lugares insalubres	
X	Ruidos	
X	Vibraciones	
X	Ambiente pulvigeno	
X	Interferencia con instalaciones enterradas	
	Electrocuciones	
X	Condiciones meteorológicas adversas	
MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS		GRADO DE ADOPCION
X	Observación y vigilancia del terreno	diaria
X	Talud natural del terreno	permanente
	Entibaciones	frecuente
	Limpieza de bolos y viseras	frecuente
X	Observación y vigilancia de los edificios colindantes	diaria
	Apuntalamientos y apeos	ocasional
	Achique de aguas	frecuente
	Pasos o pasarelas	permanente
	Separación de tránsito de vehículos y operarios	permanente
	Cabinas o pórtillos de seguridad en máquinas (Rops y Fops)	permanente
X	No acoplar junto al borde de la excavación	permanente
	Plataformas para paso de personas, en bordes de excavación	ocasional
X	No permanecer bajo el frente de excavación	permanente
X	Barandillas en bordes de excavación (0,9 m)	permanente
X	Rampas con pendientes y anchuras adecuadas	permanente
X	Acotar las zonas de acción de las máquinas	permanente
X	Topes de retroceso para vertido y carga de vehículos	permanente
EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL (EPIs)		EMPLEO
X	Botas de seguridad	permanente
X	Botas de goma	ocasional
X	Guantes de cuero	ocasional
X	Guantes de goma	ocasional

Tabla 10: Relación de riesgos debidos a movimiento de tierras

FASE: CIMENTACION Y ESTRUCTURAS	
RIESGOS	
X Desplomes y hundimientos del terreno	
X Desplomes en edificios colindantes	
X Caídas de operarios al vacío	
X Caídas de materiales transportados	
X Atrapamientos y aplastamientos	
X Atropellos, colisiones y vuelcos	
X Contagios por lugares insalubres	
X Lesiones y cortes en brazos y manos	
X Lesiones, pinchazos y cortes en pies	
X Dermatitis por contacto con hormigones y morteros	
X Ruidos	
X Vibraciones	
X Quemaduras producidas por soldadura	
X Radiaciones y derivados de la soldadura	
X Ambiente pulvígeno	
X Electrocutaciones	
MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	
Apuntalamientos y apeos	permanente
Achique de aguas	frecuente
Pasos o pasarelas	permanente
X Separación de tránsito de vehículos y operarios	ocasional
X Cabinas o pórticos de seguridad en máquinas (Rops y Fops)	permanente
X No acopiar junto al borde de la excavación	permanente
X Observación y vigilancia de los edificios colindantes	diaria
X No permanecer bajo el frente de excavación	permanente
X Redes verticales perimetrales (correcta colocación y estado)	permanente
X Redes horizontales (interiores y bajo los forjados)	frecuente
X Andamios y plataformas para encofrados	permanente
X Plataformas de carga y descarga de material	permanente
X Barandillas resistentes (0.9 m de altura, con listón intermedio y rodapié)	permanente
X Tableros o planchas rígidas en huecos horizontales	permanente
X Escaleras peldañeadas y protegidas, y escaleras de mano	permanente
EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL (EPIs)	
X Gafas de seguridad	ocasional
X Guantes de cuero o goma	frecuente
X Botas de seguridad	permanente
X Botas de goma o P.V.C. de seguridad	ocasional
X Pantallas faciales, guantes, manguitos, mandiles y polainas para soldar	en estructura metálica
X Cinturones y ameses de seguridad	frecuente
X Mástiles y cables fijadores	frecuente

Tabla 11: Relación de riesgos debidos a la ejecución de cimentación y estructuras

FASE: CUBIERTAS	
RIESGOS	
X Caídas de operarios al vacío, o por el plano inclinado de la cubierta	
X Caídas de materiales transportados, a nivel y a niveles inferiores	
X Lesiones y cortes en manos	
X Lesiones, pinchazos y cortes en pies	
X Dermatitis por contacto con materiales	
X Inhalación de sustancias tóxicas	
X Quemaduras producidas por soldadura de materiales	
X Vientos fuertes	
Incendio por almacenamiento de productos combustibles	
Derrame de productos	
Electrocutaciones	
Hundimientos o roturas en cubiertas de materiales ligeros	
Proyecciones de partículas	
X Condiciones meteorológicas adversas	
MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	
X Redes verticales perimetrales (correcta colocación y estado)	permanente
X Redes de seguridad (interiores y/o exteriores)	permanente
X Andamios perimetrales en aleros	permanente
X Plataformas de carga y descarga de material	permanente
X Barandillas rígidas y resistentes (con listón intermedio y rodapié)	permanente
Tableros o planchas rígidas en huecos horizontales	permanente
X Escaleras peldañeadas y protegidas	permanente
Escaleras de tejador, o pasarelas	permanente
Parapetos rígidos	permanente
X Acopio adecuado de materiales	permanente
X Señalizar obstáculos	permanente
X Plataforma adecuada para grúa	permanente
X Ganchos de servicio	permanente
X Accesos adecuados a las cubiertas	permanente
X Paralización de los trabajos en condiciones meteorológicas adversas	ocasional
EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL (EPIs)	
X Guantes de cuero o goma	ocasional
X Botas de seguridad	permanente
X Cinturones y ameses de seguridad	permanente
X Mástiles y cables fijadores	permanente

Tabla 12: Relación de riesgos debidos a la ejecución de cubiertas

FASE: ALBANILERIA Y CERRAMIENTOS		
RIESGOS		
X	Caidas de operarios al vacío	
X	Caidas de materiales transportados, a nivel y a niveles inferiores	
	Atrapamientos y aplastamientos en manos durante el montaje de andamios	
X	Atrapamientos por los medios de elevación y transporte	
X	Lesiones y cortes en manos	
X	Lesiones, pinchazos y cortes en pies	
X	Dermatitis por contacto con hormigones, morteros y otros materiales	
	Incendios por almacenamiento de productos combustibles	
X	Golpes o cortes con herramientas	
	Electrocuciones	
X	Proyecciones de partículas al cortar materiales	
MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS		
GRADO DE ADOPCION		
	Apuntalamientos y apeos	permanente
	Pasos o pasarelas	permanente
	Redes verticales	permanente
	Redes horizontales	frecuente
	Andamios (constitución, arriostramiento y accesos correctos)	permanente
	Plataformas de carga y descarga de material en cada planta	permanente
X	Barandillas rígidas (0,9 m de altura, con listón intermedio y rodapié)	permanente
X	Tableros o planchas rígidas en huecos horizontales	permanente
X	Escaleras peldañeadas y protegidas	permanente
X	Evitar trabajos superpuestos	permanente
X	Bajante de escombros adecuadamente sujetas	permanente
X	Protección de huecos de entrada de material en plantas	permanente
EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL (EPIs)		
EMPLEO		
X	Gafas de seguridad	frecuente
X	Gautes de cuero o goma	frecuente
X	Botas de seguridad	permanente
X	Cinturones y arneses de seguridad	frecuente
X	Mástiles y cables fiadores	frecuente

Tabla 13: Relación de riesgos debidos a la ejecución de albañilería y cerramientos

FASE: ACABADOS	
RIESGOS	
X	Caidas de operarios al vacío
X	Caidas de materiales transportados
X	Ambiente pulverígeno
X	Lesiones y cortes en manos
X	Lesiones, pinchazos y cortes en pies
X	Dermatitis por contacto con materiales
	Incendio por almacenamiento de productos combustibles
X	Inhalación de sustancias tóxicas
	Quemaduras
X	Electrocución
X	Atrapamientos con o entre objetos o herramientas
	Deflagraciones, explosiones e incendios
MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	
GRADO DE ADOPCIÓN	
X	Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada)
X	Andamios
X	Plataformas de carga y descarga de material
X	Barandillas
	Escaleras peldañeadas y protegidas
	Evitar focos de inflamación
	Equipos autónomos de ventilación
X	Almacenamiento correcto de los productos
EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)	
EMPLEO	
X	Gafas de seguridad
X	Guantes de cuero o goma
X	Botas de seguridad
X	Cinturones y arneses de seguridad
X	Mástiles y cables fijadores
X	Mascarilla filtrante
X	Equipos autónomos de respiración

Tabla 14: Relación de riesgos debidos a la ejecución de acabados

FASE: INSTALACIONES	
RIESGOS	
X	Caidas a distinto nivel por el hueco del ascensor
X	Lesiones y cortes en manos y brazos
X	Dermatitis por contacto con materiales
X	Inhalación de sustancias tóxicas
X	Quemaduras
X	Golpes y aplastamientos de pies
X	Incendio por almacenamiento de productos combustibles
X	Electrocuciones
X	Contactos eléctricos directos e indirectos
X	Ambiente pulvígeno
MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	
X	Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada)
X	Escalera portátil de tijera con calzos de goma y tirantes
	Protección del hueco del ascensor
	Plataforma provisional para ascensoristas
	Realizar las conexiones eléctricas sin tensión
EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL (EPIs)	
X	Gafas de seguridad
X	Guantes de cuero o goma
X	Botas de seguridad
X	Cinturones y arneses de seguridad
	Mástiles y cables fijadores
	Mascarilla filtrante
GRADO DE ADOPCION	
	permanente
	frecuente
	permanente
	permanente
	permanente
EMPLEO	
	ocasional
	frecuente
	frecuente
	ocasional
	ocasional
	ocasional

Tabla 15: Relación de riesgos debidos a la ejecución de las instalaciones

1.4. RIESGOS LABORALES ESPECIALES

En la siguiente tabla se relacionan aquellos trabajos que, siendo necesarios para el desarrollo de la obra definida en este proyecto, implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores y están, por ello, incluidos en el Anexo II del R.D. 1627/97. También se indican las medidas específicas que deben adoptarse para controlar y reducir los riesgos derivados de este tipo de trabajos.

TRABAJOS CON RIESGOS ESPECIALES	MEDIDAS ESPECIFICAS PREVISTAS
Especialmente graves de caídas de altura, sepultamientos y hundimientos	
En proximidad de líneas eléctricas de alta tensión	Señalizar y respetar la distancia de seguridad (5m). Pórticos protectores de 5 m de altura. Calzado de seguridad.
Con exposición a riesgo de ahogamiento por inmersión	
Que impliquen el uso de explosivos	
Que requieran el montaje y desmontaje de elementos prefabricados pesados	

Tabla 16: Relación de los posibles riesgos especiales que pueden darse en esta obra

1.5. PREVISIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

1.5.1. PREVISIONES PARA LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

En el Proyecto de Ejecución a que se refiere el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, se han especificado una serie de elementos que han sido previstos para facilitar las futuras labores de mantenimiento y reparación de la casa en condiciones de seguridad y salud y que, una vez colocados, también servirán para la seguridad durante el desarrollo de las obras. Estos elementos son los que se relacionan en la tabla siguiente:

UBICACION	ELEMENTOS	PREVISION
Cubiertas	Ganchos de servicio	Permanente
	Elementos de acceso a cubierta (puertas, trampillas)	
	Barandillas en cubiertas planas	Permanente
Fachadas	Grúas desplazables para limpieza de fachadas	
	Ganchos en ménsula (pescantes)	Permanente
	Pasarelas de limpieza	Permanente

Tabla 17: Relación de los elementos de seguridad de cara a llevar a cabo labores de mantenimiento de la casa

1.6. NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES A LA OBRA

GENERAL

□ Ley de Prevención de Riesgos Laborales.	Ley 31/95	08-11-95	J.Estado	10-11-95
□ Reglamento de los Servicios de Prevención.	RD 39/97	17-01-97	M.Trab.	31-01-97
□ Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción. (transposición Directiva 92/57/CEE)	RD 1627/97	24-10-97	Varios	25-10-97
□ Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud.	RD 485/97	14-04-97	M.Trab.	23-04-97
□ Modelo de libro de incidencias.	Orden	20-09-88	M.Trab.	13-10-88
Corrección de errores.	--	--	--	31-10-88
□ Modelo de notificación de accidentes de trabajo.	Orden	16-12-87		29-12-87
□ Reglamento Seguridad e Higiene en el Trabajo de la Construcción.	Orden	20-05-82	M.Trab.	15-06-82
Modificación.	Orden	19-12-83	M.Trab.	22-12-83
Complementario.	Orden	02-09-88	M.Trab.	01-10-88
□ Cuadro de enfermedades profesionales.	RD 1995/78	--	--	25-08-78
□ Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo.	Orden	09-03-71	M.Trab.	16-03-71
Corrección de errores.	--	--	--	06-04-71
(derogados Títulos I y III. Título II: cap: I a V, VII, XIII)				
□ Ordenanza trabajo industrias construcción, vidrio y cerámica.	Orden	28-08-79	M.Trab.	--
Anterior no derogada.	Orden	28-08-70	M.Trab.	05-09-70
Corrección de errores.	--	--	--	17-10-70
Modificación (no derogada). Orden 28-08-70.	Orden	27-07-73	M.Trab.	
Interpretación de varios artículos.	Orden	21-11-70	M.Trab.	28-11-70
Interpretación de varios artículos.	Resolución	24-11-70	DGT	05-12-70
□ Señalización y otras medidas en obras fijas en vías fuera de poblaciones.	Orden	31-08-87	M.Trab.	--
□ Protección de riesgos derivados de exposición a ruidos.	RD 1316/89	27-10-89	--	02-11-89
□ Disposiciones mín. seg. y salud sobre manipulación manual de cargas (Directiva 90/269/CEE)	RD 487/97	23-04-97	M.Trab.	23-04-97
□ Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto.	Orden	31-10-84	M.Trab.	07-11-84
Corrección de errores.	--	--	--	22-11-84
Normas complementarias.	Orden	07-01-87	M.Trab.	15-01-87
Modelo libro de registro.	Orden	22-12-87	M.Trab.	29-12-87
□ Estatuto de los trabajadores.	Ley 8/80	01-03-80	M.Trab.	-- 80
Regulación de la jornada laboral.	RD 2001/83	28-07-83	--	03-08-83
Formación de comités de seguridad.	D. 423/71	11-03-71	M.Trab.	16-03-71

EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL (EPI)

□ Condiciones comerc. y libre circulación de EPI (Directiva 89/686/CEE).	RD 1407/92	20-11-92	MRCor.	28-12-92
Modificación: Marcado "CE" de conformidad y año de colocación.	RD 159/95	03-02-95		08-03-95
Modificación RD 159/95.	Orden	20-03-97		06-03-97
□ Disp. mínimas de seg. y salud de equipos de protección individual. (transposición Directiva 89/656/CEE).	RD 773/97	30-05-97	M.Presid.	12-06-97
□ EPI contra caída de altura. Disp. de desenso.	UNEEN341	22-05-97	AENOR	23-06-97
□ Requisitos y métodos de ensayo: calzado seguridad/protección/trabajo.	UNEEN344/A1	20-10-97	AENOR	07-11-97
□ Especificaciones calzado seguridad uso profesional.	UNEEN345/A1	20-10-97	AENOR	07-11-97
□ Especificaciones calzado protección uso profesional.	UNEEN346/A1	20-10-97	AENOR	07-11-97
□ Especificaciones calzado trabajo uso profesional.	UNEEN347/A1	20-10-97	AENOR	07-11-97

INSTALACIONES Y EQUIPOS DE OBRA

□ Disp. mín. de seg. y salud para utilización de los equipos de trabajo (transposición Directiva 89/656/CEE).	RD 1215/97	18-07-97	M.Trab.	18-07-97
□ MIE-BT-028 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión	Orden	31-10-73	MI	27-31-12-73
□ ITC MIE-AEM 3 Carretilas automotoras de manutención.	Orden	26-05-89	MIE	09-06-89
□ Reglamento de aparatos elevadores para obras.	Orden	23-05-77	MI	14-06-77
Corrección de errores.	--	--	--	18-07-77
Modificación.	Orden	07-03-81	MIE	14-03-81
Modificación.	Orden	16-11-81	--	--
□ Reglamento Seguridad en las Máquinas.	RD 1495/86	23-05-86	P.Gob.	21-07-86
Corrección de errores.	--	--	--	04-10-86
Modificación.	RD 590/89	19-05-89	M.R.Cor.	19-05-89
Modificaciones en la ITC MSG-SM-1.	Orden	08-04-91	M.R.Cor.	11-04-91
Modificación (Adaptación a directivas de la CEE).	RD 830/91	24-05-91	M.R.Cor.	31-05-91
Regulación potencia acústica de maquinarias. (Directiva 84/532/CEE).	RD 245/89	27-02-89	MIE	11-03-89
Ampliación y nuevas especificaciones.	RD 71/92	31-01-92	MIE	06-02-92
□ Requisitos de seguridad y salud en máquinas. (Directiva 89/392/CEE).	RD 1435/92	27-11-92	MRCor.	11-12-92
□ ITC-MIE-AEM2. Grúas-Torre desmontables para obra.	Orden	28-06-88	MIE	07-07-88
Corrección de errores. Orden 28-06-88	--	--	--	05-10-88
□ ITC-MIE-AEM4. Grúas móviles autopropulsadas usadas	RD 2370/96	18-11-96	MIE	24-12-96

Por otra parte, se implanta la obligatoriedad de un libro de incidencias con toda la funcionalidad que el citado Real Decreto 1627/1997 le concede, siendo el Coordinador en materia de seguridad y salud el responsable del envío de las reproducciones de las notas, que en él se escriban, a los diferentes destinatarios.

1.7. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD. LIBRO DE INCIDENCIAS

Plan de Seguridad y Salud.

De acuerdo con el R.D. 1627/97 de 24 de Octubre, en su artículo 7 establece la obligatoriedad de que cada contratista elabore un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio de seguridad y salud en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio.

Este Plan, debe ser revisado y aprobado, en su caso, por la Administración. Se incluirá en el mismo la periodicidad de las revisiones que han de hacerse a los vehículos y maquinaria.

Libro de Incidencias.

El libro de incidencias será facilitado por la Oficina de Supervisión de Proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las Administraciones públicas. El libro de incidencias deberá mantenerse siempre en la obra, estará en poder del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no fuera necesaria la designación de coordinador, en poder de la dirección facultativa. Tendrán acceso al mismo:

- La dirección facultativa de la obra.
- Los contratistas y subcontratistas
- Trabajadores autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra.
- Representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las Administraciones públicas competentes Únicamente se podrán hacer anotaciones relacionadas con la inobservancia de las instrucciones y recomendaciones preventivas recogidas en el Plan de Seguridad y Salud.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no sea necesaria la designación de coordinador, la dirección facultativa, estarán obligados a remitir, en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente deberán notificar las anotaciones en el libro al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste. Antes del inicio de la obra se presentará un Programa de Necesidades de Agentes que cuantificará el número de pilotos de vía para el cumplimiento de la normativa vigente en lo que afecta a Seguridad en la Circulación y acorde con el Plan de Obra que registrará todo el proceso de ejecución.

ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE LABORAL

En caso de accidente laboral, se emitirá el PARTE DE ACCIDENTE DE TRABAJO DE LA MUTUA DE ACCIDENTES DE TRABAJO). Posteriormente, se enviará cumplimentado el INFORME TECNICO DE ACCIDENTE/INCIDENTE de la empresa, al DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD E HIGIENE de la Empresa Constructora, quien se encargará de la investigación del mismo y establecerá las medidas correctoras para evitar su repetición.

1.8. PLANOS

PRENDAS PARA LA LLUVIA



TRAJE IMPERMEABLE
COMPUERTO POR CHACQUETA CON CAPUCHA,
BOLSILLOS DE SEGURIDAD Y PANTALÓN.

MONO DE TRABAJO



BOTA PARA ELECTRICISTA



PUNTERA DE PLÁSTICO
TRABAJO PARA B.T. Y MANOBRAS FINES.T

GUANTES PROTECTORES



GUANTES GOMA FINA



GUANTES DIELECTRICO



GUANTES DE USO GENERAL



CHALECOS



CORREAJE



MANGUITOS



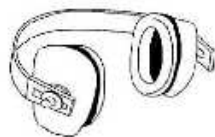
POLAINAS

ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN PERSONAL

PROTECCIONES DE OIDOS



CLASE "A"
ARNÉS EN LA CABEZA



CLASE "B"
ARNÉS EN LA NUCA

PANTALLA DE SEGURIDAD

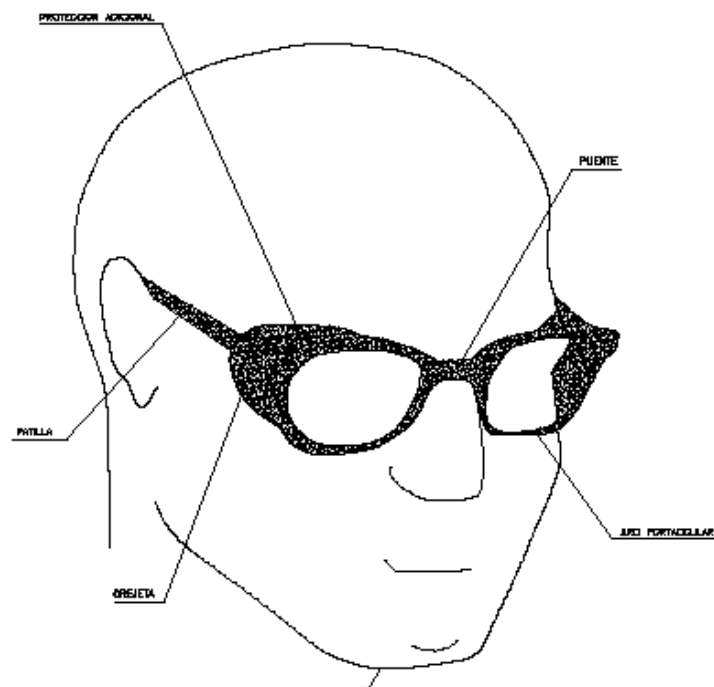


PANTALLA DE ACETATO TRANSPARENTE
CON ADAPTADOR A CASCO Y VISOR AJUSTABLE

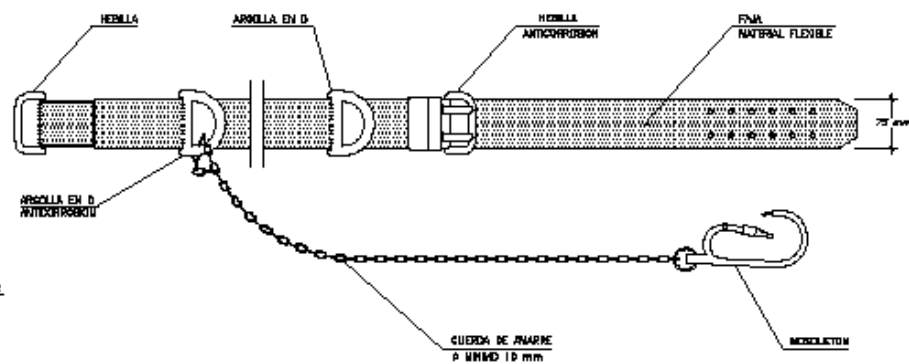
PROTECCIÓN CRANEAL



CASCO DE SEGURIDAD
CON PANTALLA ANTIPROYECCIONES Y VISOR AJUSTABLE

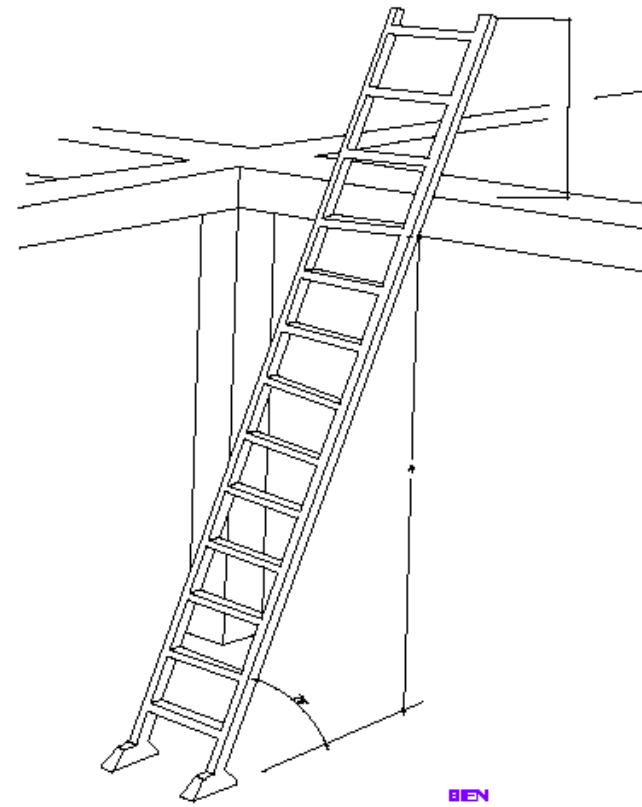
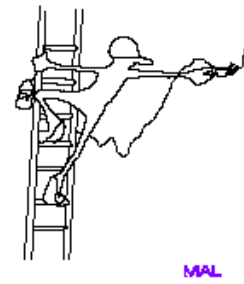
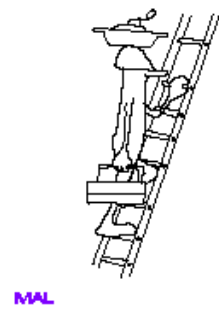


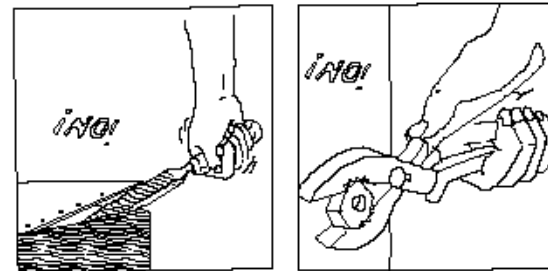
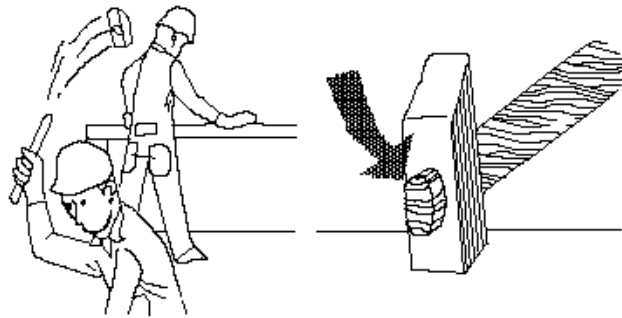
GAFAS DE MONTURA TIPO UNIVERSAL CONTRAINFACTOS



CINTURON DE SEGURIDAD, CLASE A, TIPO 2

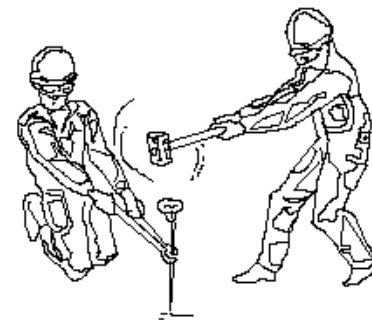
USO CORRECTO DE LA ESCALERA





¡ ATENCIÓN !

REVISAR Y UTILIZAR CORRECTAMENTE LAS HERRAMIENTAS

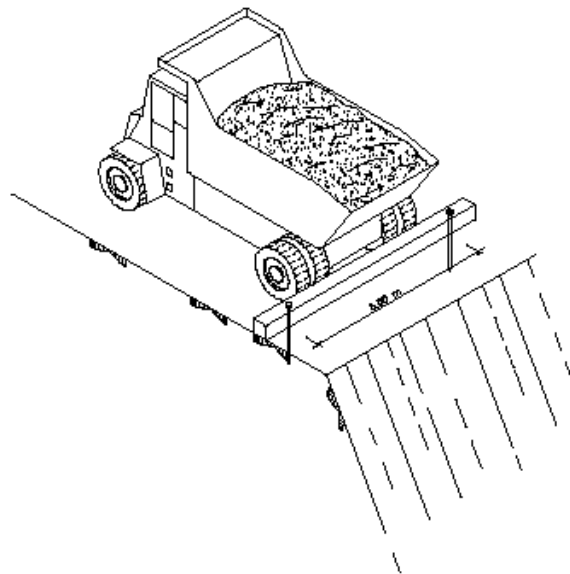
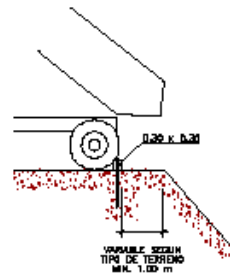


¡ ATENCIÓN !

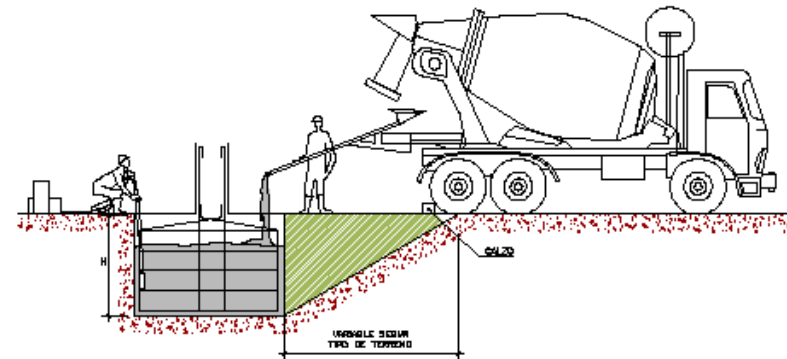
REVISAR Y UTILIZAR CORRECTAMENTE LAS HERRAMIENTAS

PLANOS DE PROTECCIONES COLECTIVAS

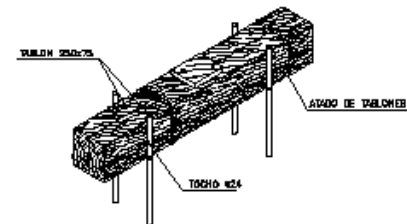
TOPE PARA VEHICULOS AUTOMOVILES



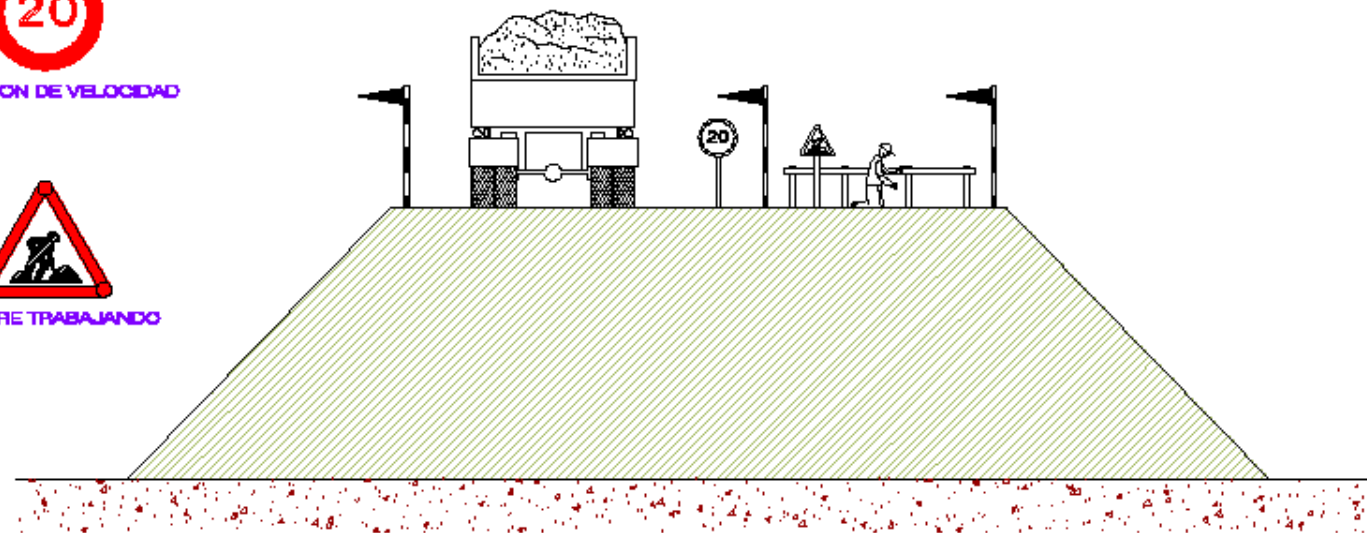
HORMIGONADO POR VERTIDO DIRECTO EN ZANJAS O CIMENTACIONES

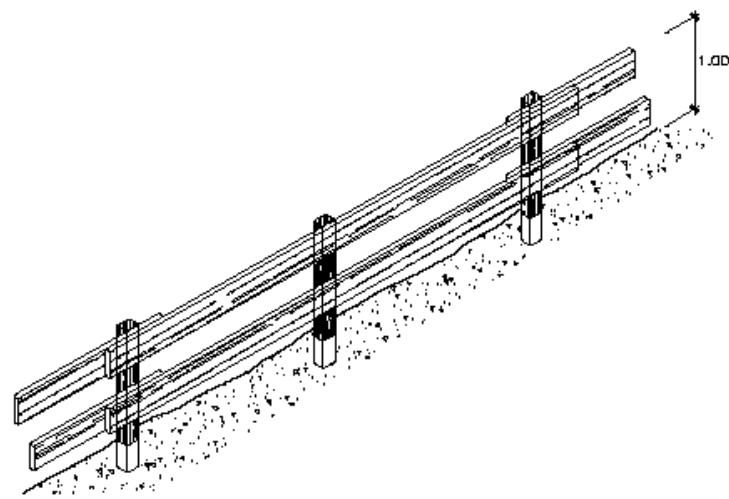


DETALLE DEL CALZO



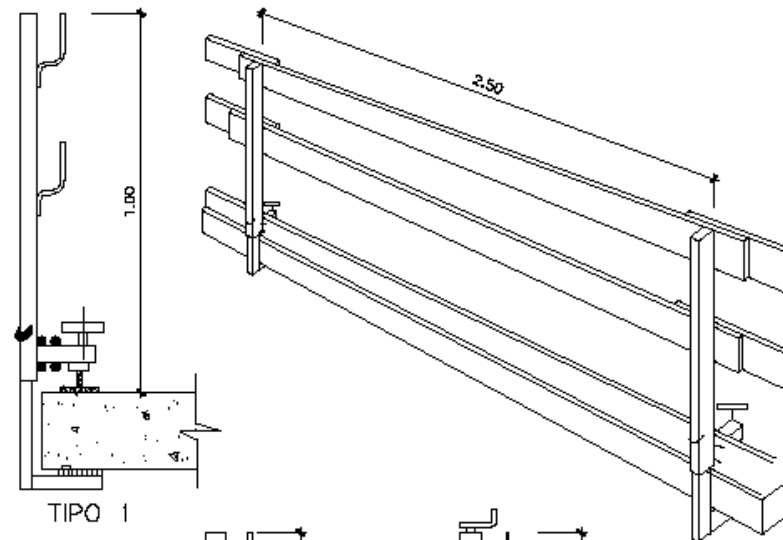
EJECUCION DE TERRAPLENES Y DE AFIRMADOS EN CAMINOS



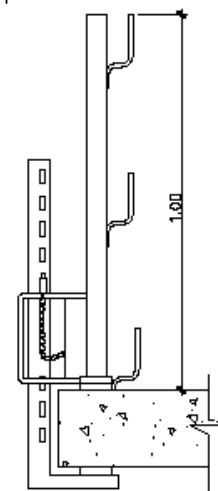


BARANDILLA DE PROTECCION

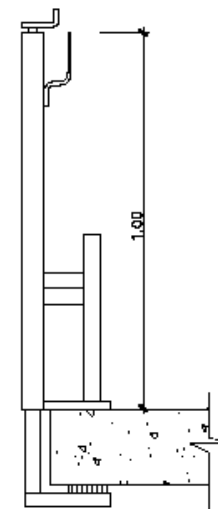
BARANDILLA CON SOPORTE TIPO "SARGENTO"



TIPO 1

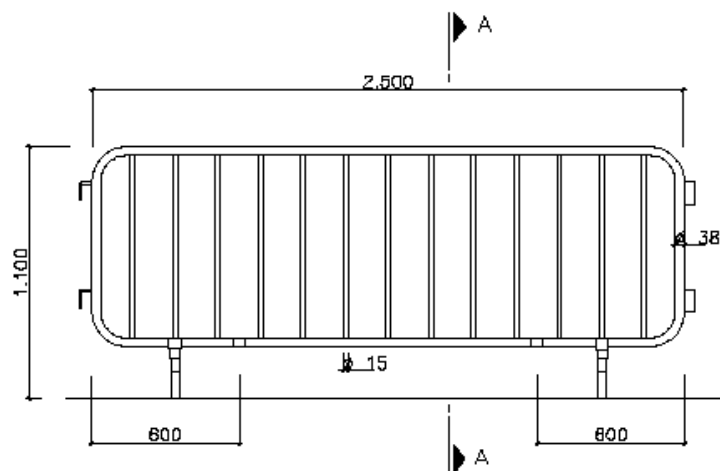


TIPO 2



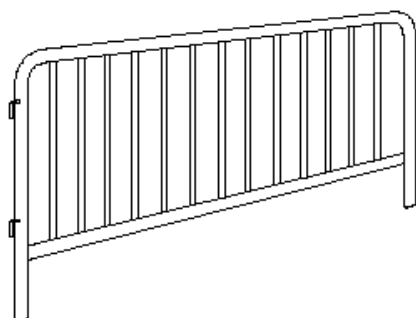
TIPO 3

VALLAS METÁLICAS



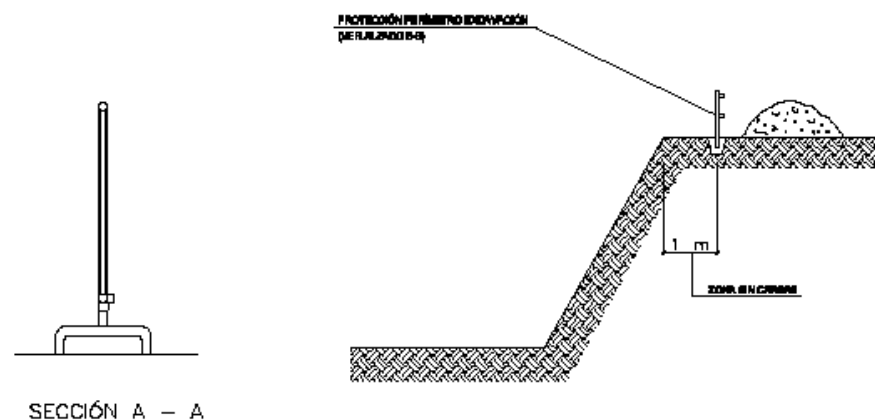
NOTA:

LOS ELEMENTOS DE APOYO DEBERÁN ASEGURAR LA COMPLETA ESTABILIDAD DEL PASEQUE

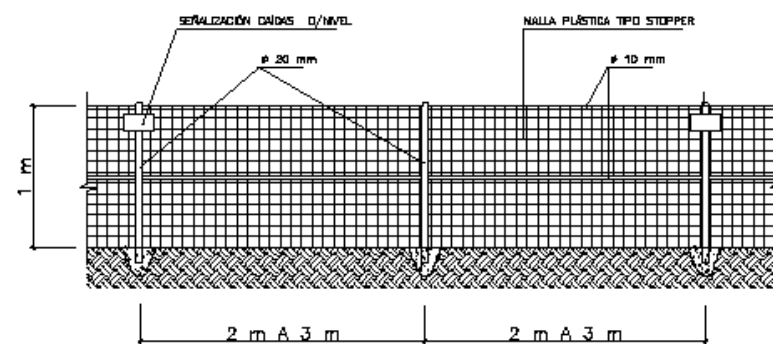


DE 2,45 m. DE LONGITUD Y 1,10 m. DE ALTURA, PROMETA DE ENGANCHES LATERALES CON EL FIN DE ALINEARSE ENTRE CON OTRAS

PROTECCIÓN EXCAVACIÓN

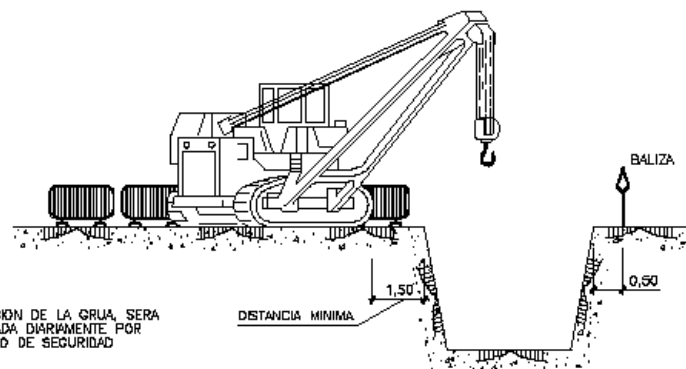
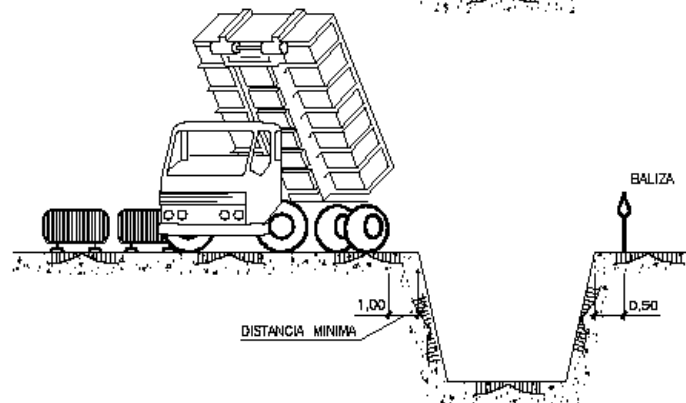
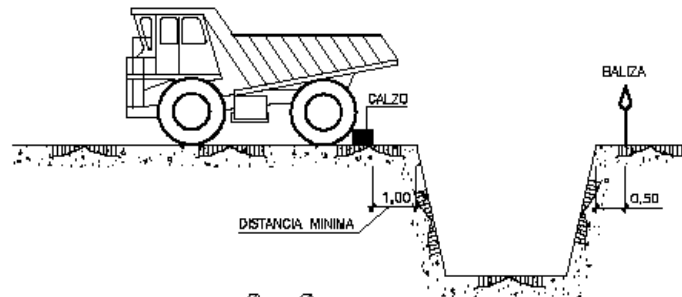


SECCIÓN A - A



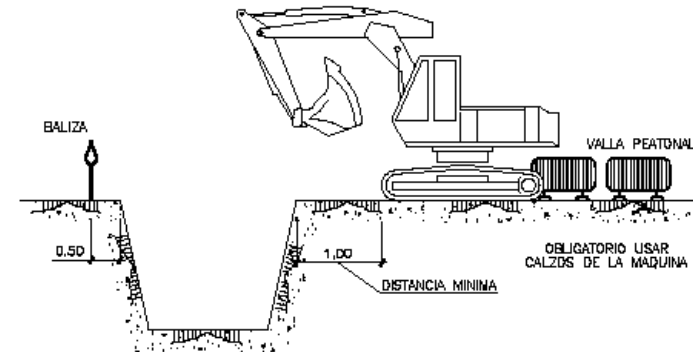
ALZADO B-B

CARGA Y DESCARGA

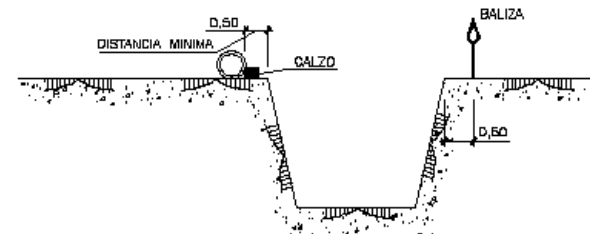
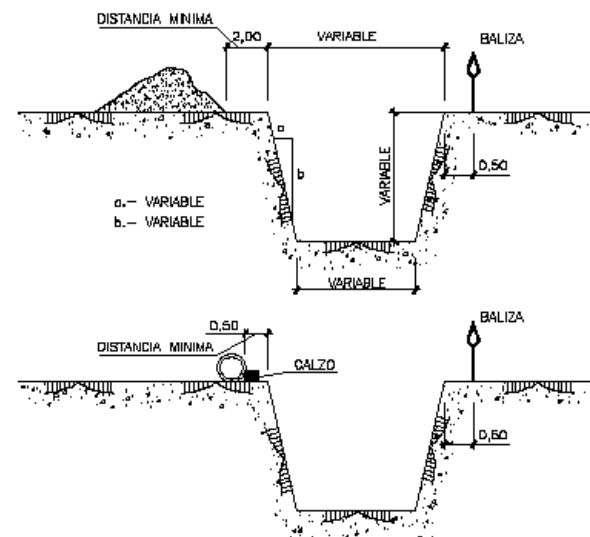


NOTA:
LA UBICACIÓN DE LA GRUA, SERÁ
DETERMINADA DIARIAMENTE POR
EL TÉCNICO DE SEGURIDAD

EXCAVACION



ACOPIOS



TÍTULO
PROYECTO SIERRA BLANCA Y ADICIÓN
ENTORNO URBANO, TRAMO 2

AUTOR
RAÚL BANESES BANESES

ESCALA
S/E
Numérica

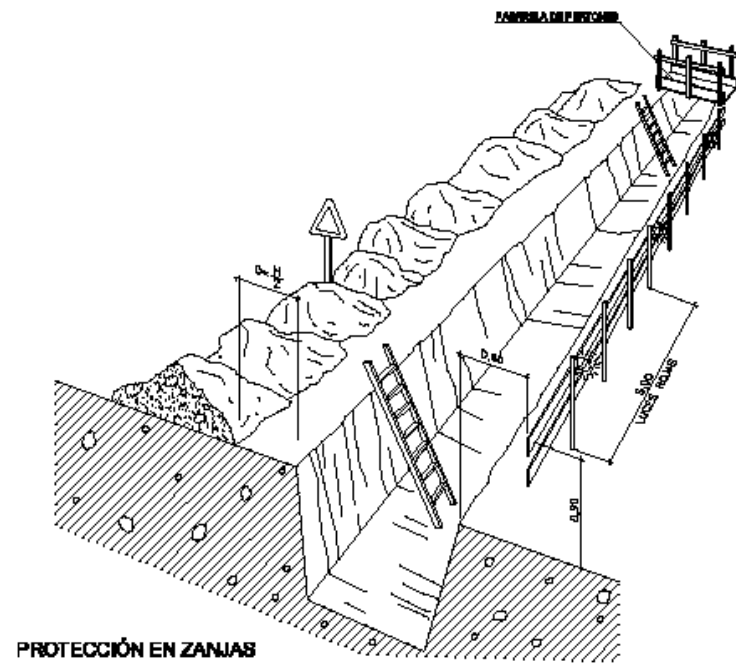
Gráfica

FECHA
DICIEMBRE 2007

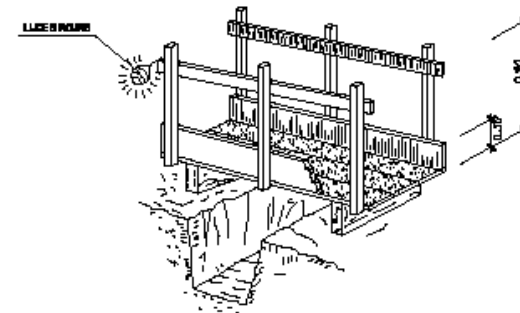
TÍTULO DEL PLANO
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD
PROTECCIONES COLECTIVAS

Nº DE PLANO
A.6.3
Hoja 5 de 11

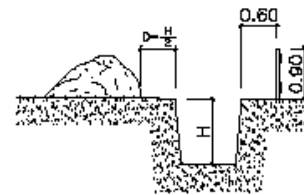
BARANDILLA DE PROTECCIÓN



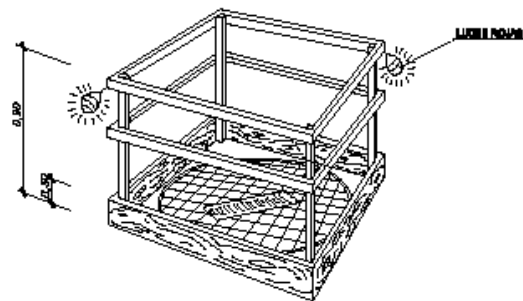
PROTECCIÓN EN ZANJAS



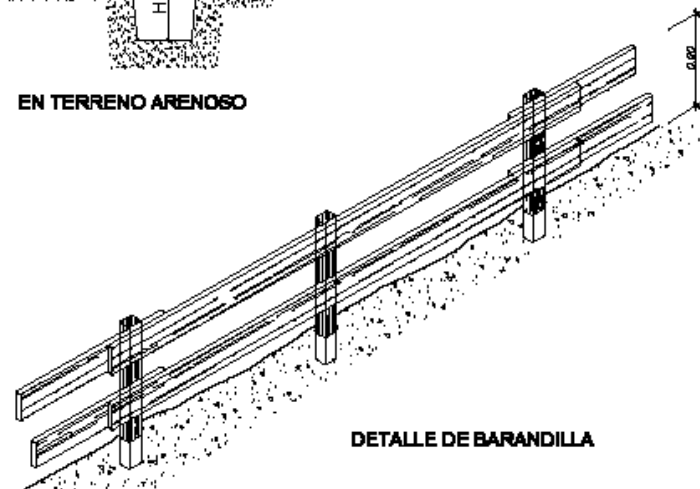
DETALLE DE PASARELA DE PEATONES



EN TERRENO ARENOSO

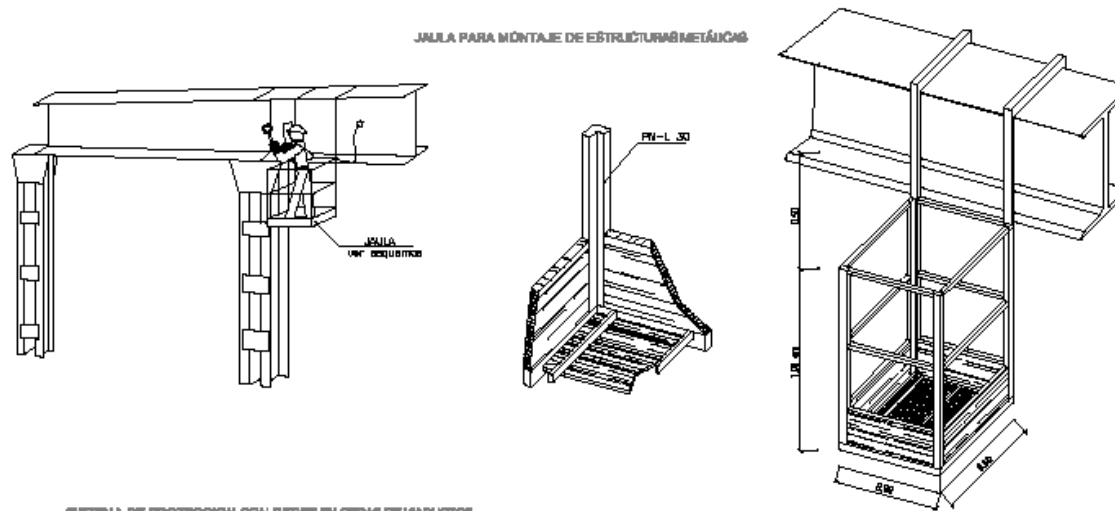


PROTECCIÓN EN HUECOS Y ABERTURAS

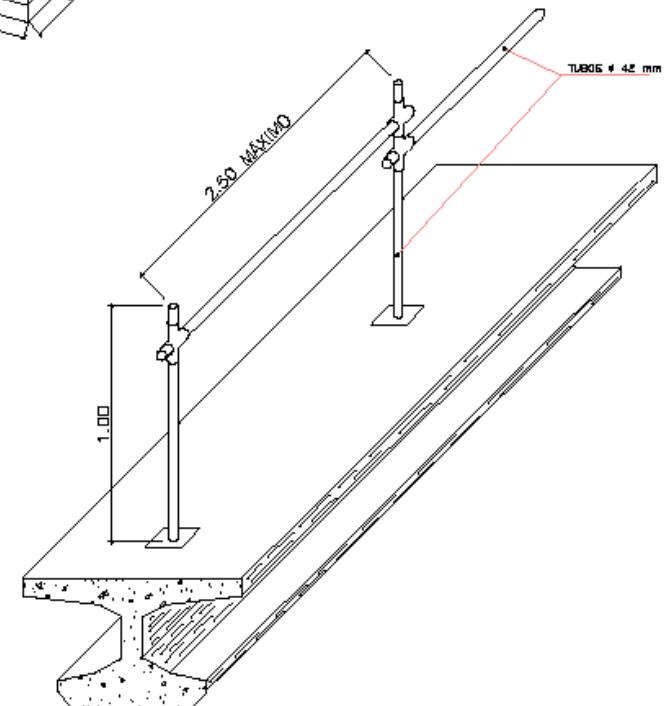


DETALLE DE BARANDILLA

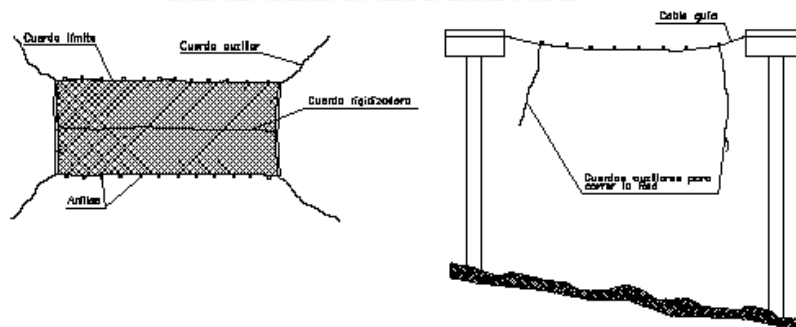
JALUA PARA MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS



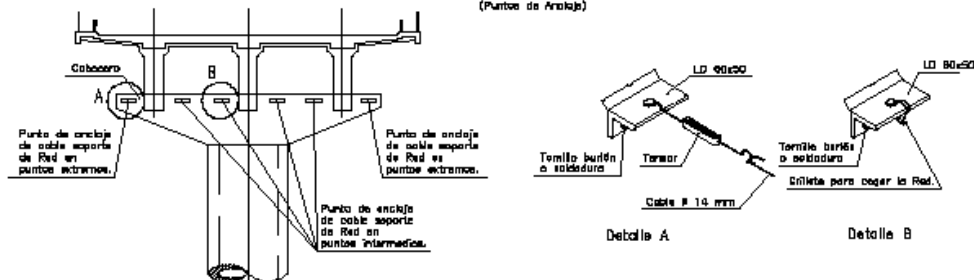
LÍNEA DE ANCLAJE DE CINTURONES DE SEGURIDAD PARA TRABAJAR SOBRE VIGAS DE PUENTES



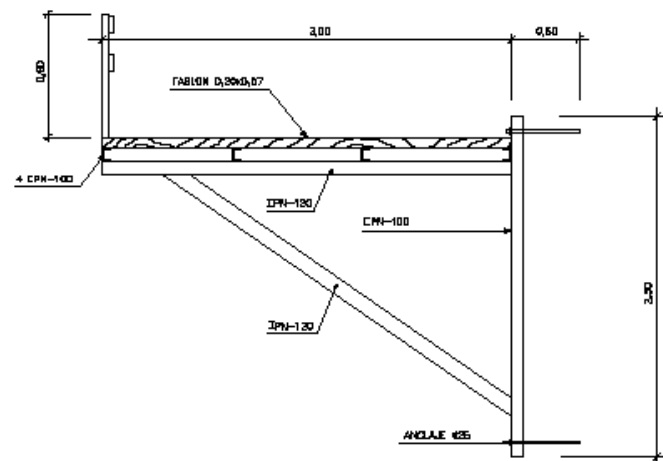
SISTEMA DE PROTECCIÓN CON REDES EN OBRAS DE VADUCOS



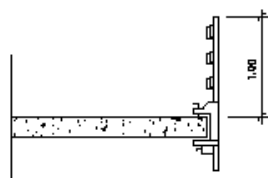
SISTEMA DE PROTECCIÓN CON REDES EN OBRAS DE VADUCOS
(Puntos de Anclaje)



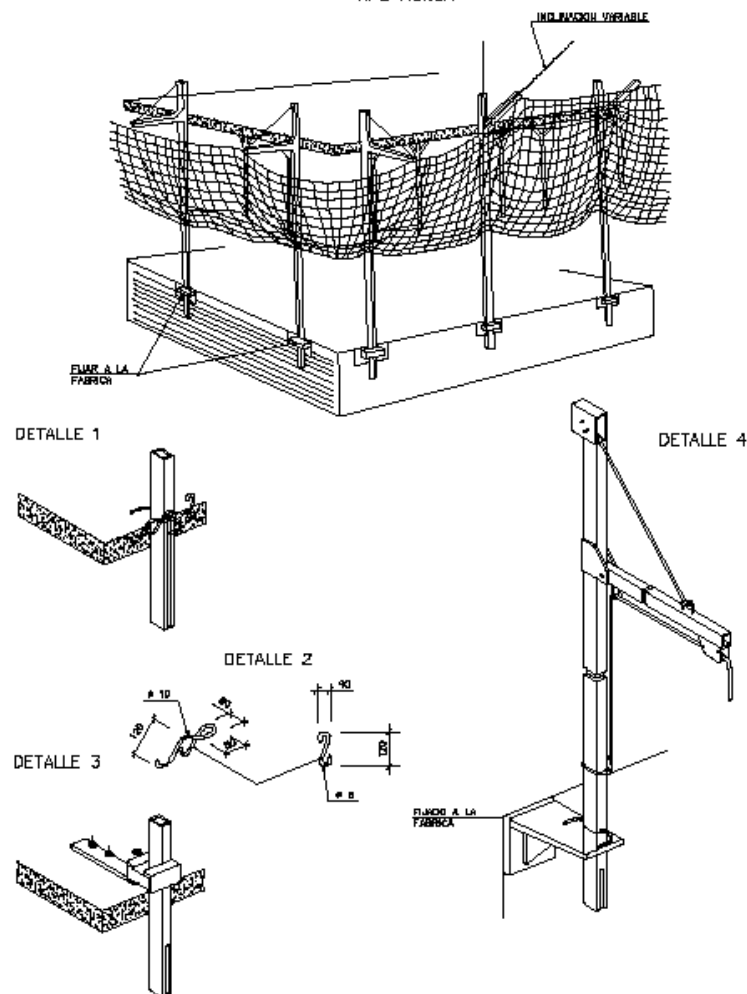
PLATAFORMA DE TRABAJO



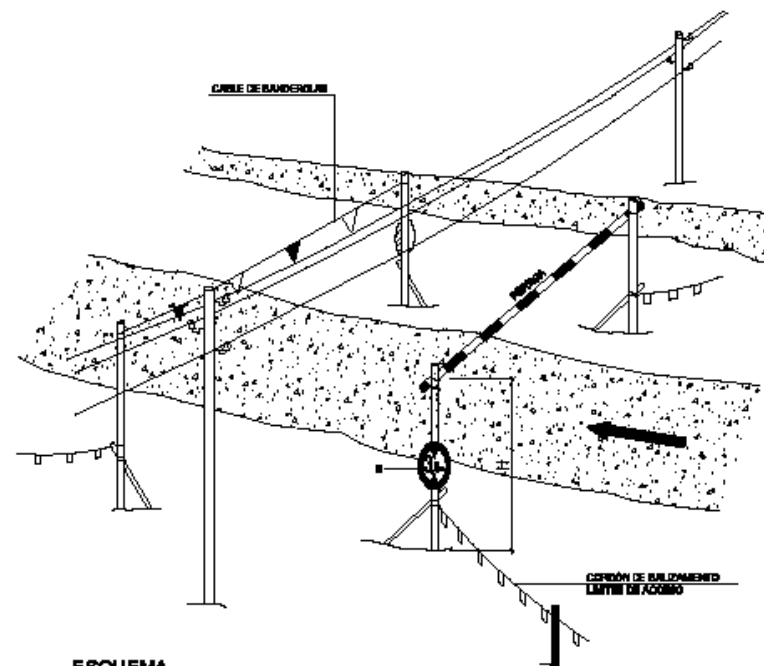
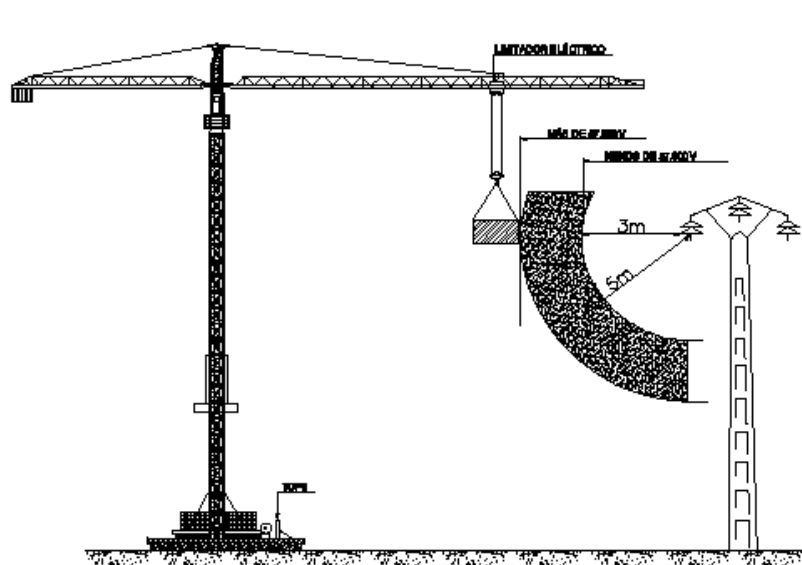
BARANDILLA PARA LOSAS Y TABLEROS



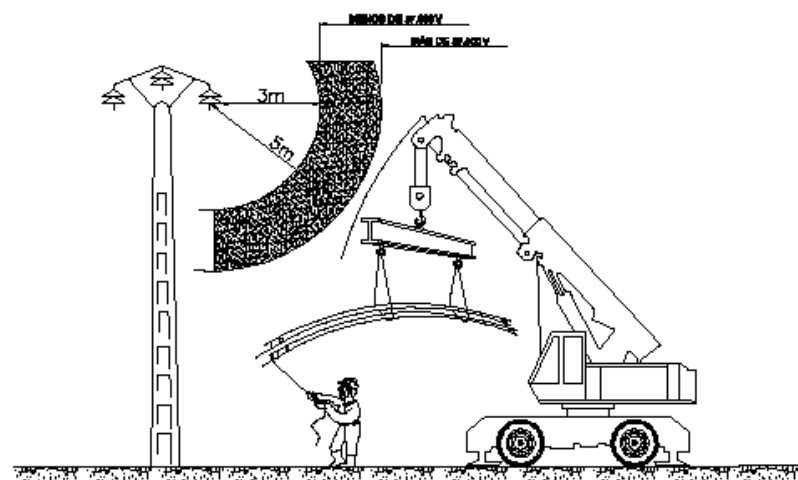
REDES PERIMETRALES CON SOPORTE METALICO
- TIPO HORCA -



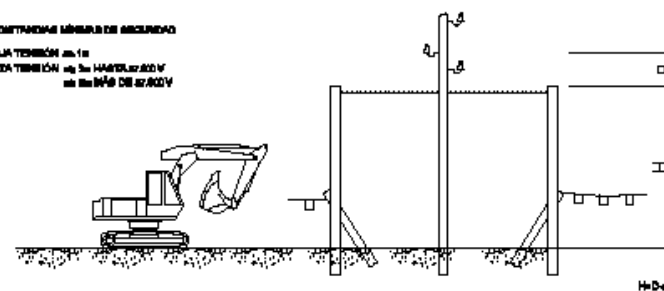
PROTECCIÓN EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS



ESQUEMA



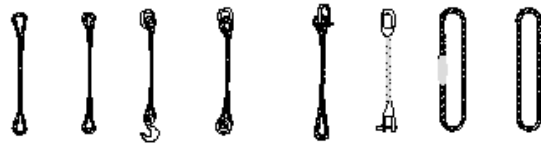
— DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD
 PARA TENSIONES de 10 kV
 PARA TENSIONES de 30 kV
 PARA TENSIONES de 110 kV



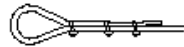
ALZADO LATERAL

— ALTURA MÍNIMA DE LA LÍNEA AL CABLE
 — ALTURA MÍNIMA DE LA LÍNEA AL CABLE
 — ALTURA MÍNIMA DE LA LÍNEA AL CABLE

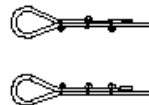
TIPOS DE ESLINGAS



GAZAS



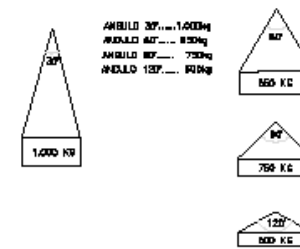
METODO CORRECTO



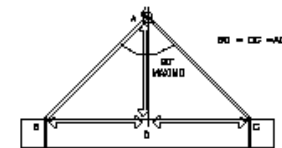
METODOS INCORRECTOS

DIAMETRO DEL	NÚMERO DE	DISTANCIA ENTRE
	PULGAS	PULGAS
Huerto 12 mm	3	8 DIAMETRO
12 mm a 20 mm	4	8 DIAMETRO
20 mm a 28 mm	5	8 DIAMETRO
28 mm a 38 mm	6	8 DIAMETRO

MANEJO DE MATERIALES LA MISMA ESLINGA



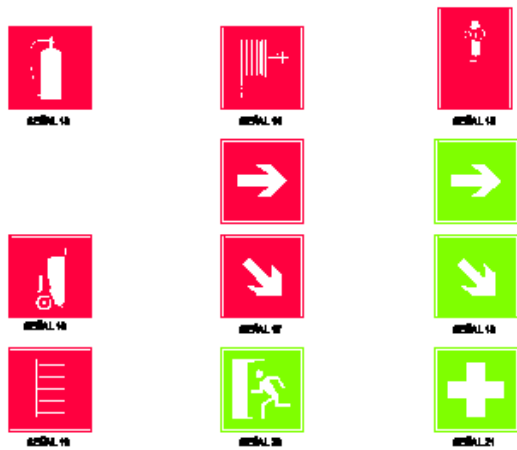
RELACION ENTRE EL ANGULO DE LA ESLINGA
Y SU CAPACIDAD DE CARGA



LA CARGA DEBE IR BIEN CENTRADA Y LA ESLINGA NO DEBE TRABAJAR
CON ANGULOS SUPERIORES A NOVENA GRADOS

PLANOS DE SEÑALIZACIÓN

SEÑALES FIJAS DE EQUIPOS CONTRAINCENDIOS, VÍAS DE EVACUACIÓN E INFORMATIVAS

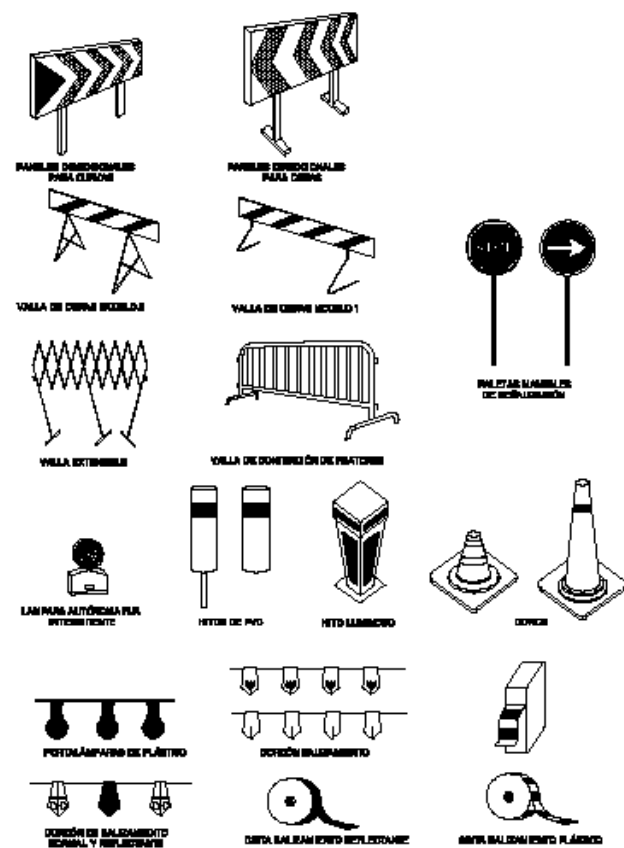


NOTA:
LAS UNIDADES DE LA 15 A LA 21 DESCRIBEN LAS UNIDADES DE ARMAMENTO QUE EMPLEABA LOS TERRORISTAS PARA REALIZAR LA OFENSIVA DE JORNAL DE MANANERA, INCLUIDO CONTRA PERSONAS, UNIDADES DE LAS FUERZAS DE SEGURIDAD Y DE LOS VECINOS.

SEÑALES MÓVILES

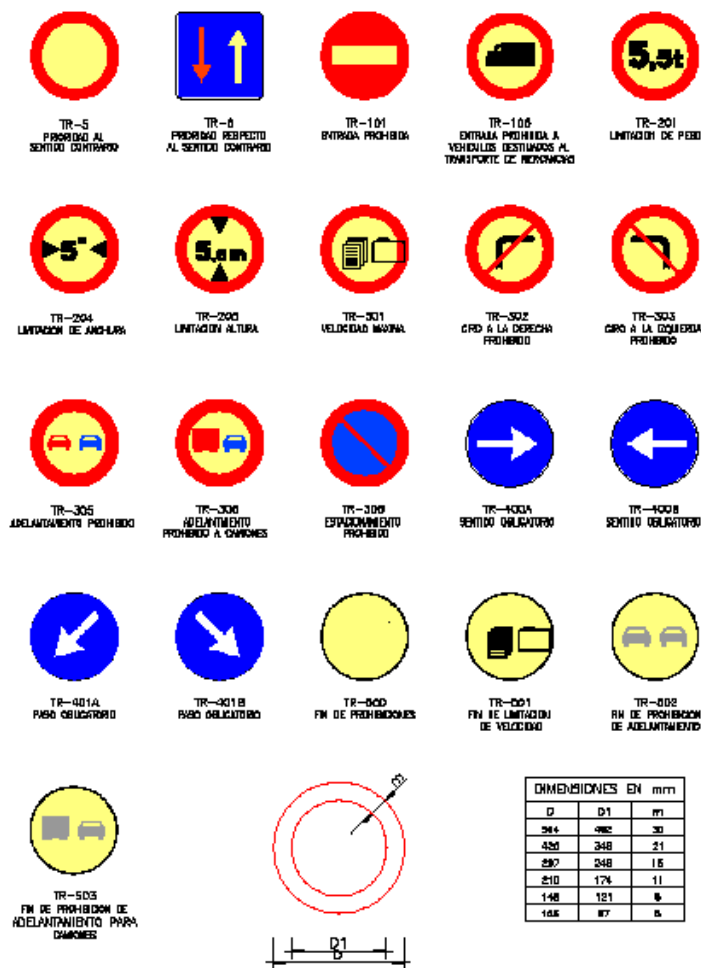


BALIZAMENTO



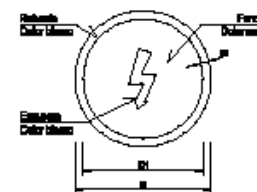
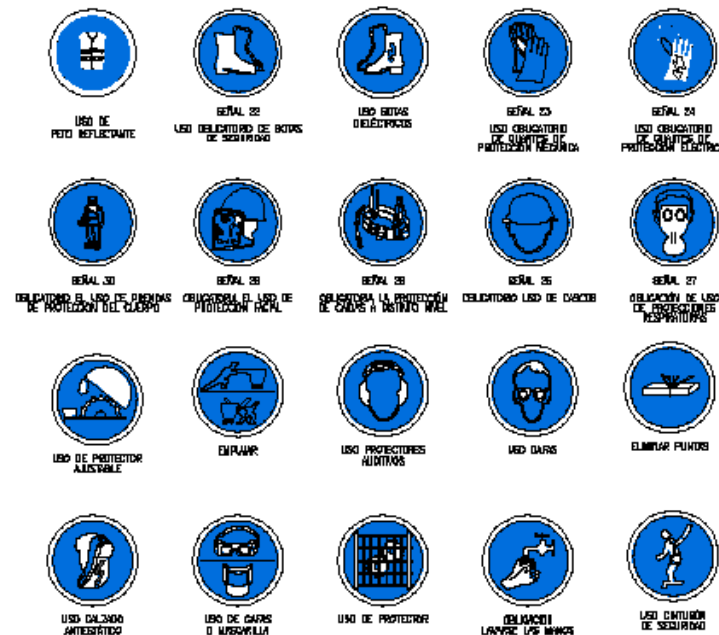
SEÑALES DE REGLAMENTACIÓN, PRIORIDAD Y DE OBLIGACIÓN

SEGUN LA INSTRUCCION DE CARRETERAS 8.3-1C (SEÑALIZACION DE OBRAS)



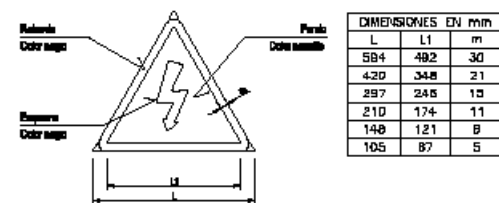
DIMENSIONES EN mm		
D	D1	m
364	282	30
420	348	21
480	348	16
610	474	11
740	600	6
105	87	5

SEÑALES DE OBLIGACIÓN



DIMENSIONES EN mm		
D	D1	m
584	534	30
420	378	21
297	257	16
210	188	11
140	132	6
105	85	5

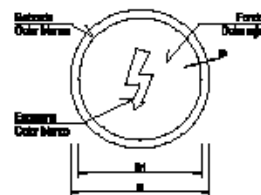
SEÑALES DE ADVERTENCIA DE PELIGRO



DIMENSIONES EN mm			
L	L1	m	
584	492	30	
420	348	21	
297	246	15	
210	174	11	
148	121	8	
105	87	5	

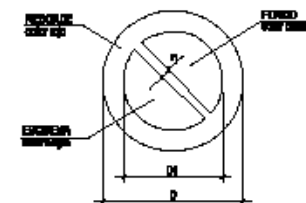
SEÑALES DE PROHIBICIÓN E IMPERATIVAS DE PELIGRO

SEÑALES DE PRESCRIPCIÓN IMPERATIVA DE PELIGRO



DIMENSIONES EN mm			
D	D1	m	
584	534	30	
420	378	21	
297	267	15	
210	188	11	
148	132	8	
105	85	5	

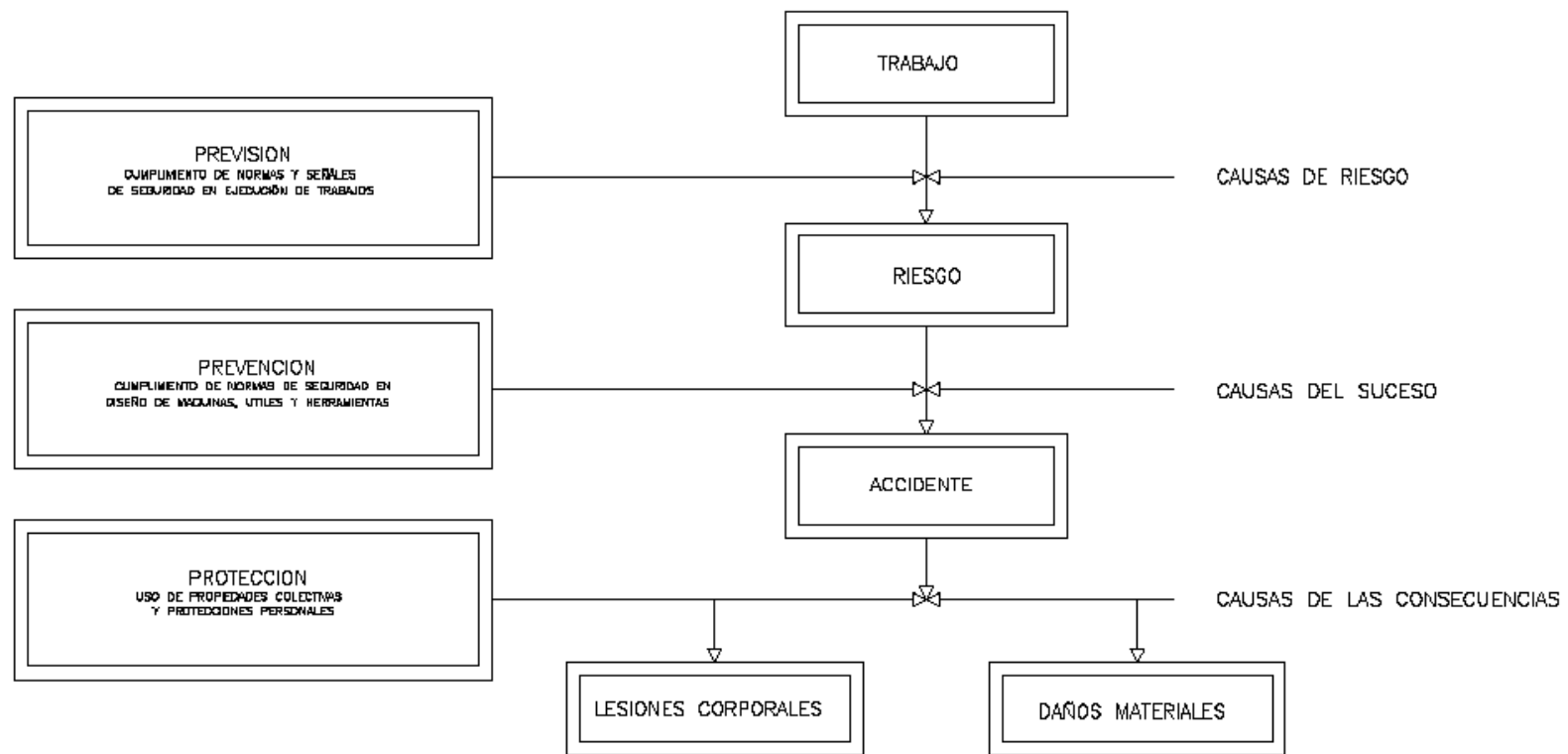
SEÑALES DE PROHIBICIÓN



DIMENSIONES EN mm			
D	D1	m	
584	420	44	
420	297	31	
297	210	17	
210	148	16	
148	105	11	
105	74	8	

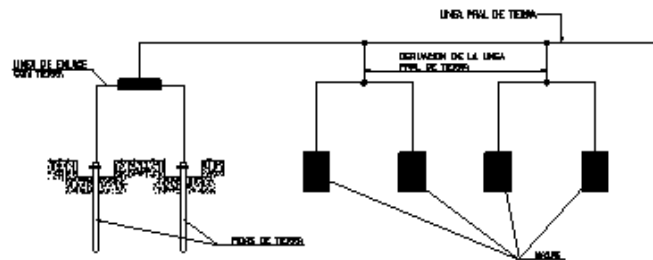
ESQUEMAS DE MEDIDAS DE SEGURIDAD

MEDIDAS DE SEGURIDAD



MEDIDAS DE SEGURIDAD SEGUN LA
CRONOLOGIA DE UN SINIESTRO LABORAL

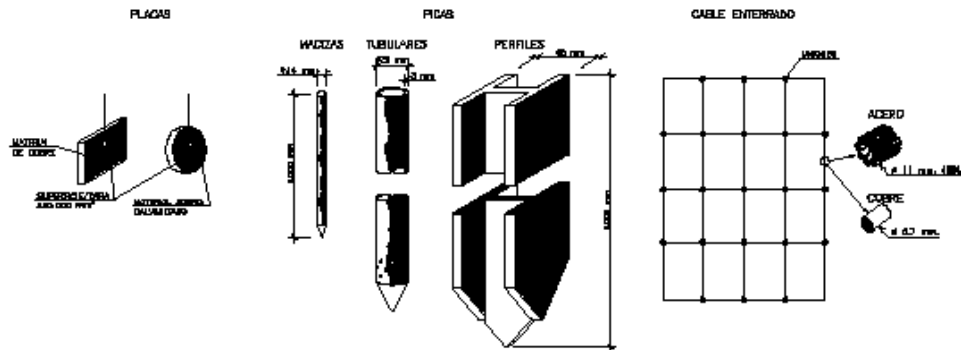
ESQUEMA DE UN CIRCUITO DE PUESTA A TIERRA



RESISTENCIA EN OHMS ESPERADA SEGUN TIPO ELECTRODO-TERRENO

Tipo de Electrodo	Separación entre electrodos (m)	Número de electrodos	A	B	C	D	E	F	G	H
Pala de 2.5 m de longitud	1 m.	1	250	180	80	64	64	14	8	2
	3 m.	2	380	194	72	81	22	10.8	4.8	1.8
	5 m.	3	520	128	66	48	30	13	9.8	1.7
	8 m.	5	230	123	61	44	18	10	3.7	1.5
	3 m.	10	180	104	53	38	15	8	3.3	1.3
	10 m.	8	252	150	51	43	18	10	3.8	1.5
	10 m.	3	192	104	58	34	15	8.8	3.8	1.3
	10 m.	5	144	84	42	28	12	7.8	2.8	1
	10 m.	10	138	78	38	28	11	6.8	2.8	0.8
	30 m.	2	180	83	41	29	12	7.1	2.8	1
Placa de 1 m ² por cara	30 m.	3	110	50	20	21	8	8.2	1.8	0.7
	30 m.	5	80	40	30	10	8	3.4	1.3	0.4
	30 m.	10	80	34	18	8.6	3.8	2.1	0.7	0.3
	1 m.	1	212	102	53	35	15	8.7	3.3	1
	3 m.	2	193	82	48	32	14	8	2.8	1
	3 m.	3	180	68	48	30	13	7.5	2.7	0.8
	10 m.	2	180	78	40	28	12	8.8	2.4	0.8
	10 m.	3	128	68	34	23	10	9	2	0.7
	30 m.	2	110	53	27	16	8	9	1.7	0.6
	30 m.	3	78	38	28	13	8	3.3	1.2	0.4

ELECTRODOS



TIPOS DE TERRENO

A	DIAMANTE MEDIOGRAN, TIPO BICO
B	DIAMANTE MEDIOGRAN, ANILLO MEDIOGRAN
C	DIAMANTE MEDIOGRAN, TIPO BICO, ANILLO MEDIOGRAN
D	DIAMANTE MEDIOGRAN EN AGUA CALIENTE, ANILLO MEDIOGRAN
E	DIAMANTE MEDIOGRAN, ANILLO MEDIOGRAN
F	DIAMANTE MEDIOGRAN, ANILLO MEDIOGRAN
G	DIAMANTE MEDIOGRAN, ANILLO MEDIOGRAN
H	DIAMANTE MEDIOGRAN, ANILLO MEDIOGRAN

TABLA I

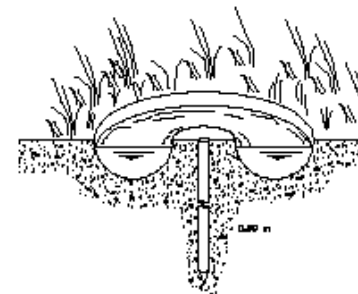
ELECTRODO	RESISTENCIA DE TIERRA EN OHMS
PLACA ENTERRADA	$R = \frac{\rho}{L}$
PALA VERTICAL	$R = \frac{\rho}{L}$
CONDUCTOR ENTERRADO HORIZONTALMENTE	$R = \frac{\rho}{L}$

ρ : RESISTIVIDAD DEL TIPO DE TIERRA (ohm-cm)
 L : PERIMETRO DE LA PLACA (m)
 L : LONGITUD DE LA PALA O DEL CONDUCTOR (m)

NOTA:

LA RESISTENCIA DE TIERRA DEBE SER DE TAL MANERA QUE LA CORRIENTE DE FUGA NO PRECISE DAR LUGAR A TENSIONES DE CONTACTO SUPERIORES A:

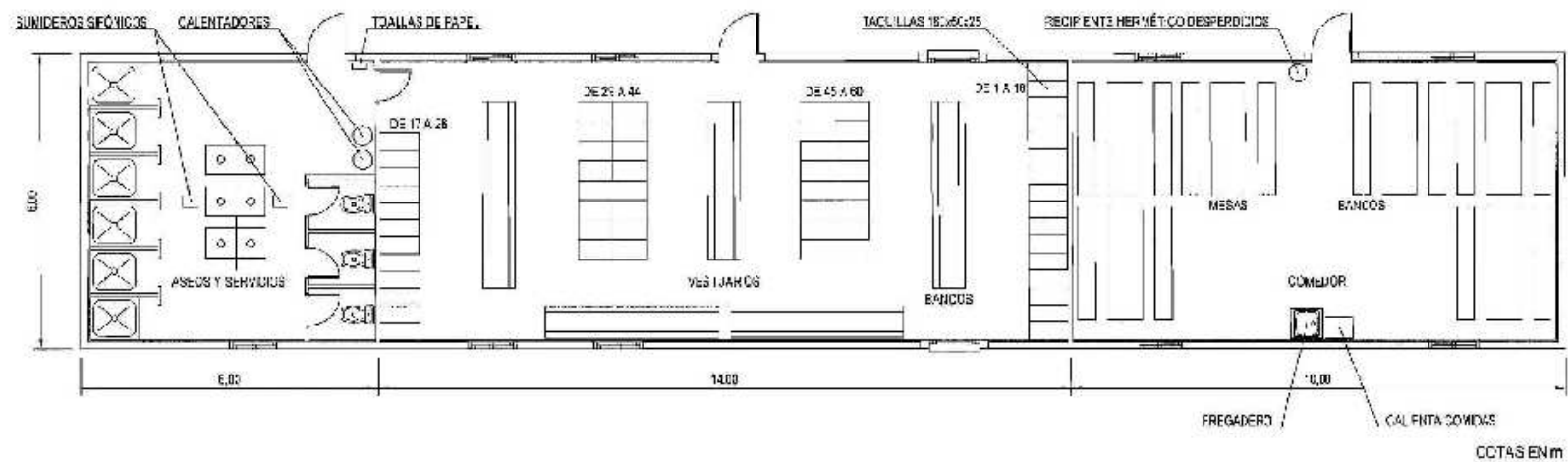
250 V PARA LOCALLES CONDUCTORES
 500 V PARA LOCALLES AISLANTES



REDUCCION DE LA RESISTENCIA DE UNA TOMA DE TIERRA POR IRRIGACION DE AGUA

PLANOS DE INSTALACIONES DE SALUD Y BIENESTAR

MODELOS DE INSTALACIONES PARA COMEDOR, VESTUARIOS Y SERVICIOS HIGIÉNICOS DE OBRA



2. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ÍNDICE:

2.1. INTRODUCCIÓN..... ¡Error! Marcador no definido.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA..... ¡Error! Marcador no definido.

2.2.1. PUNTOS CLAVE DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL..... ¡Error! Marcador no definido.

2.2.2. LA FAUNA Y LA FLORA ¡Error! Marcador no definido.

2.3. MEDIDAS PROTECTORAS ¡Error! Marcador no definido.

2.3.1. MEDIDAS PROTECTORAS DE CARÁCTER GENERAL ¡Error! Marcador no definido.

2.3.2. MEDIDAS PROTECTORAS DEL IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DEL MEDIO FÍSICO ¡Error! Marcador no definido.

2.3.3. MEDIDAS PROTECTORAS DEL IMPACTO SOBRE EL MEDIO BIÓTICO..... ¡Error! Marcador no definido.

2.3.4. MEDIDAS PROTECTORAS DEL IMPACTO SOBRE EL MEDIO SOCIOECONÓMICO ¡Error! Marcador no definido.

2.4. MEDIDAS CORRECTORAS..... ¡Error! Marcador no definido.

2.1. INTRODUCCIÓN

La obra de la que se ocupa el presente proyecto está realizada en un ambiente eminentemente urbano, por lo que el impacto de la obra es mínimo.

El presente Estudio de Impacto Ambiental pretende acotar todos los impactos causados en el medio y también poner solución y corregirlos en caso de ser necesario. Con este apartado se pretenden cumplir las directrices marcadas por la Legislación de Evaluación de Impacto Ambiental vigente, RDL 1302/1986 y RD 1131/1988.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

La actuación consiste en la construcción de una casa unifamiliar de dos plantas, construida teniendo en cuenta la norma sismo-resistente del país donde se sitúa (España).

2.2.1. PUNTOS CLAVE DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL

La casa objeto de estudio está ubicada en una zona urbana con más viviendas situadas alrededor de la parcela donde se construye, por lo que la afección al medio ambiente no es mayor que la que se generó durante la urbanización de las fincas existentes. La afección principal consiste en la necesidad de retirar las especies arbóreas existentes, para su posterior trasplante en la misma ubicación, tras la construcción de la casa.

2.2.2. LA FAUNA Y LA FLORA

No existe afección a la fauna debida a las obras. La flora supone una actuación de trasplante provisional de las especies existentes, para su definitivo traslado posterior al lugar de ubicación inicial de las mismas.

2.3. MEDIDAS PROTECTORAS

A continuación se resumen las medidas protectoras a tener en cuenta para minimizar el impacto ambiental de la obra.

2.3.1. MEDIDAS PROTECTORAS DE CARÁCTER GENERAL

Se han de tomar las precauciones propias de cualquier obra civil ejecutada en medio urbano y que pasan a describirse a continuación:

- Delimitación de la zona de instalación:

Durante las obras la zona de trabajo estará debidamente señalizada y las actividades en la zona quedaran marcadas visiblemente para evitar posibles daños a personas de paso o a terceros.

Se informará de las actuaciones que se estén llevando a cabo en cada momento, a todo aquel que lo requiera o que realice algún tipo de actividad en la zona afectada.

- Uso de medios mecánicos respetuosos con el entorno

En los trabajos se procurará utilizar los equipos más modernos disponibles. La maquinaria deberá cumplir los requerimientos para evitar la contaminación del medio (tanto fluvial como terrestre) a causa de ruidos, vertidos de combustibles o lubricantes y otros productos de desecho. En caso de utilizar maquinaria que produzca un ruido que pueda ser molesto para la población, las actividades asociadas a su uso se realizarán en horas en que no se perturbe el sueño de los habitantes de la población, ni durante las comidas, ni tampoco en horario de clase en caso de encontrarse en las proximidades de la escuela.

- Planificación de un calendario adecuado Se realizará una planificación de la obra muy controlada de manera que se reduzca, en la medida de lo posible, el tiempo de intervención de esta maquinaria en el medio natural.

- Aplicación de buenas prácticas

La obra se planificará y desarrollará de manera que, a causa del tratamiento de los materiales y de los elementos que intervienen en la obra, no se produzcan impactos negativos innecesarios o no contemplados en este estudio.

2.3.2. MEDIDAS PROTECTORAS DEL IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DEL MEDIO FÍSICO

Estas medidas sobre la calidad del medio físico (agua, atmósfera y suelos) tienen como objetivo disminuir la intensidad de las perturbaciones producidas en el entorno y, al mismo tiempo, procurar que sean lo más transitorias posible. A continuación se resumen estas medidas en función del medio sobre el que reducen el impacto de la obra:

- Moderación de los impactos sobre la atmósfera:

Las medidas relacionadas con la reducción del impacto sobre el medio atmosférico consisten en la utilización de equipos poco contaminantes, una correcta puesta a punto de los motores de la maquinaria y que ésta lleve a cabo movimientos controlados y no innecesarios. Asimismo es necesaria una conducta correcta y un respeto del entorno por parte del personal. Con el fin de verificar el cumplimiento de estas medidas se realizarán revisiones periódicas de la puesta a punto de los diferentes elementos mecánicos.

- Moderación de los impactos sobre los suelos

En este aspecto el principal objetivo de las medidas protectoras es conseguir que no se afecte más terreno del estrictamente necesario. Con esta finalidad las medidas que se proponen son las siguientes:

- Disponer y localizar adecuadamente un parque para la maquinaria, que constituya el lugar donde se deje la maquinaria siempre que ésta no se está utilizando.
- Señalizar adecuadamente los caminos y zonas de obra así como el parque de maquinaria.
- Gestionar adecuadamente los materiales sobrantes de las obras, de forma que sean destinados, según su naturaleza, a vertederos controlados.
- Los cambios de aceite y el suministro de combustible y las reparaciones de la maquinaria se realizarán en el parque, que deberá estar impermeabilizado.
- Moderación de los impactos sobre el medio fluvial.
- Realizar las actuaciones de forma que no se altere el flujo del río y cuidando especialmente el vertido al mismo de contaminantes.

2.3.3. MEDIDAS PROTECTORAS DEL IMPACTO SOBRE EL MEDIO BIÓTICO

Su objetivo es disminuir la intensidad de los impactos directos (por destrucción de las comunidades naturales) e indirectas (a través de la alteración de las condiciones del medio) procurando, además que se reduzca el tiempo necesario para la recuperación de las condiciones iniciales. Su alcance se describe a continuación:

- Moderación del impacto sobre los sistemas naturales

Para los sistemas naturales son de aplicación las mismas medidas especificadas para los impactos sobre la atmósfera o sobre los suelos.

- Moderación de los impactos sobre el paisaje

Se potenciará el uso de materiales naturales en los acabados de las obras, en las restauraciones y construcciones para realizar la perfecta integración con el entorno natural y disminuir así su impacto visual.

2.3.4. MEDIDAS PROTECTORAS DEL IMPACTO SOBRE EL MEDIO SOCIOECONÓMICO

La reducción del impacto sobre el medio socio-económico se debe considerar desde los siguientes puntos de vista.

- Moderación del impacto sobre la calidad de vida y el bienestar social

Además de todas las medidas descritas anteriormente, se intentará reducir al máximo el plazo de ejecución de las obras, principalmente el de aquellas que afecten en mayor medida a la población y se realizarán preferentemente en épocas de mínima afluencia turística.

- Moderación del impacto sobre recursos turísticos y de ocio

Las medidas procuran la buena gestión del plan de obra y la mínima ocupación del terreno y mínimo periodo de obras.

2.4. MEDIDAS CORRECTORAS

El objetivo de las medidas correctoras es disminuir el impacto que la obra genera en el entorno y que no puede minimizarse en la fase de proyecto, de acuerdo con la discusión realizada anteriormente. No se prevé la necesidad de aplicar medidas correctoras debido a que las mismas medidas protectoras aplicadas durante la fase de obras minimizan el impacto que la obra genera en el entorno, a no ser que se produzcan vertidos accidentales. En este caso se tendría que limpiar o restituir los terrenos alterados.

Respecto a la revegetación de la zona afectada por el mínimo movimiento de tierras En el entorno de la casa, no se contempla ninguna actuación especial ya que, gracias al clima existente con abundantes lluvias, la vegetación existente es capaz de regenerarse por ella misma porque se encuentra en un entorno muy natural y con condiciones climáticas muy adecuadas. Por lo tanto el desbroce realizado o el impacto serán mínimos, pero además no será necesario aplicar medidas correctoras de este tipo porque por sí misma la naturaleza ya se autorregulará.

TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE RESIDUOS

Los vertidos de aceites, combustibles, cementos y otros sólidos procedentes de las zonas de instalaciones no serán en ningún caso vertidos a los cursos de agua. La gestión de esos productos residuales deberá estar de acuerdo con la normativa aplicable en cada caso (residuos sólidos urbanos, residuos tóxicos y peligrosos, residuos inertes, etc.). En este sentido el Contratista incorporará a su cargo las medidas para la adecuada gestión y tratamiento en cada caso.

Los parques de maquinaria incorporarán plataformas completamente impermeabilizadas -y con sistemas de recogida de residuos y específicamente de aceites usados- para las operaciones de repostaje, cambio de lubricantes y lavado.

De manera específica se deberán definir los lugares y sistemas de tratamiento de las aguas procedentes del lavado de hormigoneras.

DESARROLLO DE LA VIGILANCIA AMBIENTAL

La vigilancia ambiental de las obras tiene como objetivos básicos:

- a) Velar para que, en relación con el medio ambiente, las obras se realicen según el proyecto y las condiciones de su aprobación;
- b) Determinar la eficacia de las medidas de protección ambiental contenidas en la Declaración de Impacto;
- c) Verificar la exactitud y corrección de la Evaluación de Impacto Ambiental realizada.

El Contratista deberá nombrar un Responsable Técnico de Medio Ambiente que será el responsable de la realización de las medidas correctoras, en las condiciones de ejecución, medición y abono previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas del proyecto, y de proporcionar al CLIENTE la información y los medios necesarios para el correcto cumplimiento del Programa de Vigilancia Ambiental que se implante.

A estos efectos, el Contratista está obligado a:

- 1º) Presentar a la aprobación de la Dirección Ambiental de Obra, al comienzo de los trabajos, un Manual de buenas prácticas ambientales, que tenga amplia difusión entre todo el personal que intervenga en la construcción.
- 2º) Mantener a disposición del cliente un Diario Ambiental de Obra, actualizado mediante el registro en el mismo de la información que se detalle en el PVA.

SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA AMBIENTAL DE LAS OBRAS

DEFINICIÓN

Durante la fase de construcción se llevará a cabo un seguimiento por parte del Contratista de los aspectos medioambientales de las obras.

El seguimiento ambiental estará realizado por un equipo de técnicos superiores, con especialidades relacionadas con los trabajos a supervisar (botánica, zoología, hidrología, edafología, acústica, etc.).

Dicho equipo técnico servirá de interlocutor con la Dirección Ambiental de Obra, estando encargado de llevar a efecto la coordinación de la vigilancia y de la realización de estudios e informes reflejados en el Programa de Vigilancia Ambiental.

Este seguimiento ambiental de las obras comenzará inmediatamente después de la firma del acta de replanteo, con el objeto de poder introducir criterios medioambientales en esta fase previa a las obras.

EJECUCIÓN

Para la ejecución de los trabajos de seguimiento ambiental será de aplicación lo preceptuado en el Programa de Vigilancia Ambiental. Para cada una de las actuaciones de supervisión se redactarán informes de los trabajos y controles llevados a cabo, los cuales se emitirán periódicamente para el conjunto de las actividades en curso, y a la finalización de cada una de las actuaciones puntuales que se ejecuten. Además, se emitirán informes especiales siempre que surjan situaciones anómalas, riesgos de afecciones al entorno o cambios notables en el normal desarrollo de los trabajos de las obras.

MEDICIÓN Y ABONO

El coste de las operaciones indicadas en el presente artículo, así como el coste del Responsable Técnico de Medio Ambiente para la correcta supervisión del programa de vigilancia ambiental correrán a cargo del Contratista.

AFECCIÓN POR RUIDOS Y VIBRACIONES

El contratista ha de localizar las zonas sensibles a dichos efectos y proponer las posibles medidas preventivas y correctoras.

MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA INCENDIOS EN LAS OBRAS

El contratista ha de planificar las medidas encaminadas a minimizar el riesgo de que se produzcan incendios forestales durante la construcción y explotación de la nueva infraestructura:

- Regular y controlar las actividades que puedan generar incendios forestales durante las obras.
- Definir los procedimientos para llevar a cabo aquellas operaciones con riesgo de inicio de fuegos, en especial en condiciones de viento de intensidad considerable (p.ej, empleo de pantallas de protección para la realización de trabajos de corte y soldadura).
- Dificultar la propagación del fuego en caso de que se inicie un incendio (p. e. disponiendo de un camión-cisterna de agua durante la ejecución de aquellos trabajos que pudieran generar peligro de incendio).

El contratista deberá garantizar el cumplimiento de todas estas medidas y sus cláusulas con todo rigor, pudiendo incluso aplicar medidas adicionales para aquellos tramos clasificados de “alta prioridad de prevención” en aquellas zonas que están catalogadas como “montes” por las Comunidades Autónomas en su Normativa, fundamentalmente en tiempos de sequía y períodos estivales. Se señalarán mediante carteles al efecto dispuestos cada 200 m las zonas de “alta prioridad de prevención”.

El contratista tendrá la obligación de realizar una reunión con el personal asignado a la obra para poner en conocimiento de todos los trabajadores estas medidas, debiendo entregar a la Dirección Ambiental de la Obra el acta firmada por parte del Jefe de Obra y de todas las empresas subcontratistas que realicen trabajos de riesgo.

MEDIDAS CORRECTORAS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LAS OBRAS

DEFINICIÓN

Estas actuaciones tienen por objeto impedir la aparición de afecciones, por emisiones de polvo, durante la construcción de la casa, sobre las poblaciones, zonas agrícolas o áreas de interés ambiental próximas a las obras, así como por el transporte de tierras por las carreteras y caminos de la zona.

EJECUCIÓN

Las medidas a llevar a cabo para evitar emisiones de polvo que puedan generar molestias a la población o deterioros a los cultivos de la zona son las siguientes:

- Se efectuarán riegos de todas las superficies afectadas por intensos movimientos de maquinaria durante las obras, entre las que se incluirán obligatoriamente todos los caminos de obra, los parques de maquinaria, las instalaciones de obra, los vertederos y las zonas de acopio temporal de tierras vegetales. Quedarán excluidas de estos riegos únicamente aquellas áreas que, por motivos constructivos, no admitan la alteración de sus condiciones de humedad, como explanaciones o terraplenes. La periodicidad de los riegos dependerá de las condiciones climáticas y de humedad del terreno.

- Se cubrirán con mallas especiales o lonas todas las cajas de los camiones de transporte de tierras una vez llenas, las cuales deberán estar correctamente fijadas, y mantenerse colocadas en todos los camiones fuera de la zona estricta de obras, especialmente cuando transiten por las carreteras del entorno.

Asimismo, se realizarán riegos sobre las cajas de los camiones, una vez cargadas con las tierras, que deban circular por caminos o carreteras exteriores a la zona de obra.

3. CONCLUSIONES FINALES

ÍNDICE:

3.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2. CONCLUSIONES.....	¡Error! Marcador no definido.

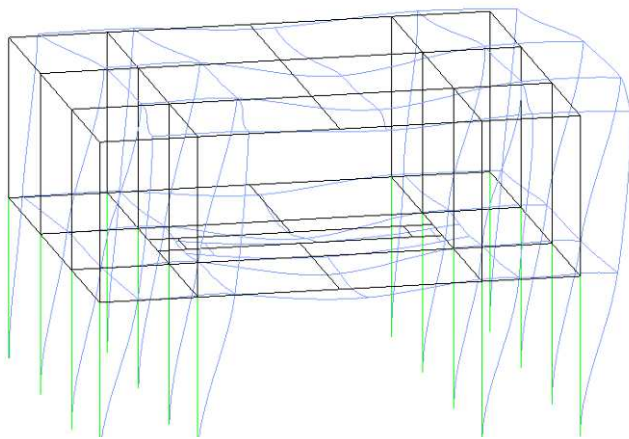
3.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

Una vez aplicadas las fuerzas equivalentes de sismo, se ajustaron las dimensiones de los perfiles de partida para que la estructura cumpliera los ELS y ELU. El método seguido para llevar a cabo este ajuste ha sido parecido al que se ha detallado anteriormente cuando se hablaba del cálculo normal. Se han conservado las mismas dimensiones para cada tipo de elemento estructural, con la finalidad de poder comparar los resultados con los obtenidos con el cálculo normal.

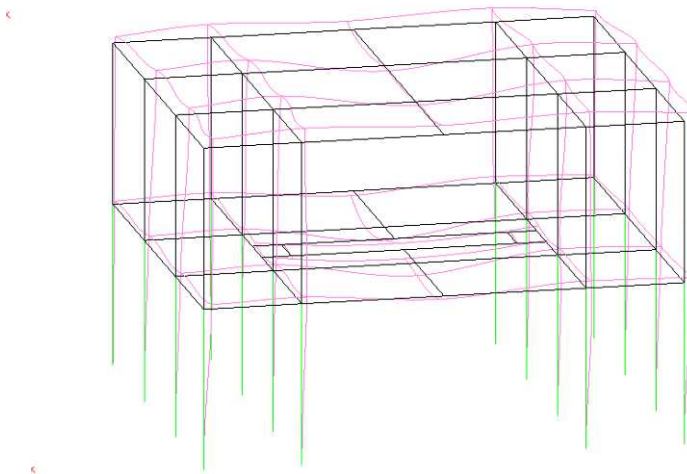
Los cambios en los perfiles obtenidos, en comparación con los obtenidos con el cálculo no sísmico, son los siguientes:

	Pilares		Jácnas		Vigas	
	normal	sismo	normal	sismo	normal	sismo
CUB	CIR 155.5	CIR 200.6	HEB 160	HEB 180	HEB 120	HEB 140
PB	CIR 155.6	CIR 250.11	HEB 160	HEB 180	HEB 120	HEB 140

Como puede verse, los cambios en los perfiles necesarios para que se cumplan los estados límites son muy significativos, en especial los correspondientes a los pilares, que al fin y al cabo son los únicos elementos que se han considerado resistentes ante los esfuerzos horizontales (recuérdese que no se ha tenido en cuenta la contribución de la pieza mixta de chapa grecada y hormigón en la resistencia a estos esfuerzos). A continuación, se muestran las gráficas de la deformada con la inclusión de la hipótesis de sismo.



Deformada en ELU debido a sismo y viento en dir. x



Deformada en ELU debido a sismo y viento en dir. y

Las gráficas aquí presentadas muestran la deformada en direcciones **x** e **y** teniendo en cuenta el viento y el sismo en cada dirección, además del resto de cargas. Esta deformada se ha obtenido para ELU, pues es el estado para el que hay que considerar el sismo. Esta deformada no es real, ya que debería obtenerse en ELS, a efectos prácticos, con acciones sin mayorar. Aún así, cualitativamente es significativo el aumento de los desplazamientos en ambas direcciones si se compara con las obtenidas sin considerar el sismo mostradas en el capítulo de análisis de resultados del cálculo normal (allí, estas gráficas se obtuvieron en ELS). Se puede observar como el aumento en desplazamientos es muy significativo (todas las gráficas de deformadas se han mostrado a la misma escala). De hecho, no hay más que observar el cambio de perfiles obtenido en la consideración del sismo. Los pilares de la cubierta han experimentado un aumento de casi 5 cm diámetro y un ligero aumento de espesor. Mucho más significativo es el aumento de los pilares de la PB, con un aumento de diámetro de casi 10cm y un aumento de espesor cercano al 100%. Estos hechos dan idea de la importancia de la magnitud de las cargas de sismo aplicadas y justifican una revisión de las mismas.

3.2. CONCLUSIONES

Tal y como se comentó anteriormente, la elección del coeficiente β según la norma, para estructuras metálicas calculadas en regímenes elásticos debía tomarse de valor 1. Este hecho aumentaba el valor de las acciones de sismo tres veces si se usaba un cálculo lineal, en vez de uno que no lo fuera. A la vista de los resultados obtenidos, se hace evidente el uso de otro tipo de cálculo que tenga en cuenta algún mecanismo plástico de disipación o realizarlo en el rango no lineal. Esto permitiría reducir el valor de las acciones sísmicas, así como tener en cuenta mayores aprovechamientos del material.

Otra de las conclusiones se refiere a la necesidad de este tipo de cálculos en estructuras de poca importancia. En el caso de disponer los perfiles obtenidos en el cálculo sísmico, el gran aumento de

material a emplear, con el consiguiente aumento de coste, lleva a plantearse la necesidad de realizar este tipo de análisis en estructuras de tan poca envergadura y que, por otra parte, suponen un riesgo tan pequeño.

Se concluye, finalmente, la no necesidad de realizar este análisis en el caso de estructuras como la aquí estudiada (de hecho es esto lo que explicita la normativa), o en caso de querer realizarlo, utilizar un rango no lineal o algún mecanismo de disipación de energía en la metodología de cálculo.

Finalmente, es muy importante tener en cuenta, durante el proceso de ejecución, aspectos constructivos que interfieren directamente en la efectividad sísmica de la estructura, como son:

- 1. Disposición de armadura transversal suficiente en las uniones entre vigas y pilares.
- 2. Respetar la separación entre cercos dada por el cálculo.
- 3. En caso de estructura metálica, materializar las uniones de tal manera que no sean apoyos simples, no soldando únicamente las vigas a través del alma, sino a lo largo de toda la longitud de sección transversal.
- 4. Realizar un control exhaustivo de las soldaduras, con los ensayos y frecuencias de los mismos dictados por la normativa (inspección visual de todas las soldaduras, ensayos de líquidos penetrantes, ultrasonidos, partículas magnéticas).
- 5. Disponer una geometría de la estructura, una distribución, particiones e incluso amueblado lo más simétrica posible, de cara a maximizar la resistencia sísmica en todas las direcciones.
- 6. Utilizar pilares de sección transversal que tengan, como mínimo, dos ejes de simetría.
- 7. Utilizar dispositivos de control estructural como amortiguadores de histéresis a partir de aleaciones de SMA (CuAlBe, NiTi).

En referencia al punto número 3, las uniones en los nudos de la estructura son vitales de cara a la resistencia del conjunto. Las uniones son uno de los elementos principales de resistencia de las estructuras (ante el sismo y ante cualquier otra acción), ya que:

- Han de ser capaces de transmitir los esfuerzos de las vigas a los pilares y de vigas a vigas adyacentes.
- Ante un error en el diseño de las uniones, es preferible que las rótulas se formen en las vigas a que se formen en los pilares.
- Tanto las uniones soldadas como atornilladas son efectivas ante sismo.
- Las soldaduras son susceptibles ante cambios de temperatura (si esta disminuye mucho tienden a fragilizarse). Están controladas por procesos químicos.
- Los tornillos se rigen, fundamentalmente, por procesos mecánicos.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] K. Otsuka and C.M. Wayman, Shape Memory Materials, Cambridge University Press, 1998.
- [2] A. Isalgué, F.C.Lovey, P.Terriault, F. Martorell, R.M. Torra, V.Torra. SMA for dampers in civil engineering. Mater, Trans., 2006, 47, 682-690.
- [3] G.Hirsch. Adaptronics in Civil Engineering Structures (Adaptronics and Smart Structures), H. Janocha Editor, Springer 1999, pp. 334-350.
- [4] Krniov, B. (1992). History of Earthquake Resistant Construction. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.
- [5] Skinner, L, Robinson W.,H. & Mcveerryg., H.(1993). An Introduction to Seismic Isolation. Jhon Wiley & Sons.
- [6] Soong,T. (1990). Active Structural Control. Inglaterra: Longman Scientific & Technical, Burnt Mill, Harlow.
- [7] Rodellar J., & Ryan,E. P. (1993). Adaptative Control of Uncertain Coupled Mechanical Systems, 12th IFAC World Congress. Sydney - Australia.
- [8] Reinhorna, M. (1987). Hybrid Systems - Combined Passive and Active Control, Forum on Structural Applications of Protective Systems for Earthquake. Theory and Applications, Vol. 53, N°2, 159-180.
- [9] Inaudi, J.L, López Almansa, Rodellar, & J. Kelly, J.M. (1992). Control Activo de Estructuras con Aislamiento de Base. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, Vol. 8, N° 2,177-190, Barcelona.
- [10] Molinarens, & Rodellar (1996). Sistemas de aislamiento de base activos para Edificios. Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, Vol. 1, N° 2, 179-200.
- [11] Wen, Y~K.(1976). Method for Random Vibration of Hysteretic Systems. Journal of the Engineering Metallics Division, ASCE,102, 249-263.92.
- [12] Samartín Quiroga, Avelino. Curso de Ingeniería sísmica. Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Puertos y Canales, 2008, Madrid.
- [13] Bazán y Meli. Manual de diseño sísmico de edificios. Ed. Limusa-Wiley, España. 1985.
- [14] Viacheslav M. Zobin, ed. Elsevier. Introduction to Volcanic Seismology [Introducción a la Sismología Volcánica], 2007, Méjico.
- [15] Mario Paz. Dinámica estructural, teoría y cálculo. Ed. Reverté, S.A.1992, España.
- [16] Wootton, L.R. The oscillations of large circular stacks in wind. Proceedings of the institute of Civil Engineers. Agosto 1969.

