

Documento:



Cs-1

UNIDAD CONSTRUCTIVA

CIMENTACIONES SUPERFICIALES:
ZAPATAS

DESCRIPCIÓN

Elementos de cimentación superficial encargadas de transmitir al terreno las cargas a que está sometida la estructura (pesos propios, sobrecargas, etc.).

DAÑO

FISURACIONES, GRIETAS, GIROS, DESPLOMES,
DESNIVELES Y DEFORMACIONES

ZONAS AFECTADAS DAÑADAS

Cerramientos, tabiquerías y acabados (solados, alicatados y carpinterías).

PROBLEMÁTICAS HABITUALES

En la mayoría de los casos, el conocimiento de los fallos en la cimentación se produce cuando ya existen daños en el edificio, a veces de gran importancia, con la aparición de lesiones sintomáticas claramente apreciables.

Las fisuras y grietas son, generalmente, los primeros síntomas de algún fallo o problema en la cimentación. Son las primeras en aparecer seguidas, tarde o temprano, por otras sintomatologías.

Las tensiones transmitidas por las cimentaciones dan lugar a deformaciones del terreno que se traducen en asientos, desplazamientos horizontales y giros de la estructura que, si resultan excesivos, podrán originar una pérdida de la funcionalidad, producir fisuraciones, agrietamientos, u otros daños (véase fig. 2, 5, 6 y 7).

Las principales causas de daños con origen en la cimentación son:

- Asientos uniformes o diferenciales.
- Rellenos estructurales: Deficiente compactación.
- Existencia de arcillas expansivas.
- Terrenos distintos del previsto.
- Materiales o soluciones constructivas inadecuadas.
- Causas extrínsecas de fallos de cimentación

❖ Asientos uniformes o diferenciales

Las principales causas que pueden provocar la aparición de fisuraciones y/o grietas son debido a la interrelación entre la cimentación y estructura, debido a los movimientos diferenciales que pueden estar provocados por apoyos de la cimentación sobre materiales con distintas características geotécnicas, por filtraciones de agua que altere las condiciones de humedad del terreno, por vegetación próxima, por cambios climáticos (por ejemplo, periodos largos de sequía), por excavaciones cercanas, etc., provocando distorsiones entre los elementos más sensibles a deformaciones.



Figura 1: Ejecución de cimentación por zapatas



Figura 2: Lesiones por asientos de la cimentación

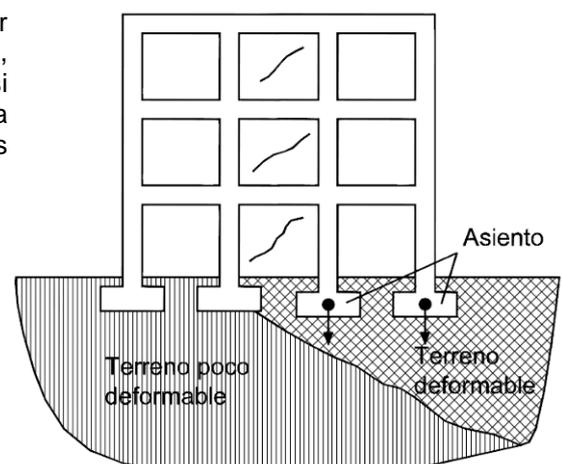


Figura 3: Asientos diferenciales.
Fisuras en paramentos verticales

Los asientos uniformes (o totales) se producen cuando todos los puntos de la cimentación ceden por igual, al tener la capa compresible del suelo espesor constante y la construcción cuente con cargas similares, asentará uniformemente sin que el edificio pierda su verticalidad.

Los **asientos diferenciales**, se refiere a un fenómeno de hundimiento o desplazamiento no uniforme de las zapatas de cimentación de una edificación, se manifiestan cuando en unas se producen más asientos que en otras, lo que puede generar problemas no solo estéticos, al aparecer los daños (fisuras y grietas, desplomes, giros y deformaciones excesivas), sino repercutir en la funcionalidad del inmueble, incluso en algunos casos, verse amenazada la integridad estructural del edificio.

❖ Rellenos estructurales: Deficiente compactación

Las causas de aparición de patologías en edificaciones en donde se han utilizado rellenos estructurales son muy variadas, pudiendo hacer una clasificación atendiendo al origen de la causa, teniendo por lo tanto causas intrínsecas y causas extrínsecas.

Causas intrínsecas, debido a los defectos en el proyecto o en la puesta en obra:

- Derivados del proyecto podremos tener patologías que se deben a la falta de idoneidad de los materiales, ensayos de reconocimiento insuficientes, falta de definición de los materiales de relleno, falta de definición de los valores de compactación, etc.
- Derivados de la puesta en obra: podremos tener patologías que se deben a la disposición de materiales no adecuados, errores en la compactación de los rellenos, errores en la instalación de la red de saneamiento (fugas), etc.



Figura 4: Cimentación en relleno. Asientos: Fisuras/grietas

Causas extrínsecas, debido a variaciones producidas en el edificio o en su entorno que modifican las características existentes, por ejemplo, las construcciones en las inmediaciones no previstas que provoquen descalces de la cimentación por desconfinamiento del relleno, vibraciones, variaciones en el nivel freático, fugas o escapes de agua, etc.

❖ Existencia de arcillas expansivas

La principal característica de los suelos arcillosos expansivos es la de producir movimientos como consecuencia de hinchamientos y retracciones del subsuelo sobre el cual apoya la cimentación, debidos a cambios de humedad en el suelo y que provocan en la mayoría de los casos daños estructurales importantes.

El origen de las patologías por arcillas expansivas depende directamente de tres factores que pueden interactuar entre sí y que son:

- La naturaleza geológica y geotécnica del suelo y en concreto el porcentaje de contenido en finos para su caracterización.
- El grado de expansividad a determinar en función de los diferentes ensayos.
- Cambios de humedad. Los cambios estacionales generan ciclos de humectación y desecación, o por otros factores externos tales como rotura de tuberías de abastecimiento de agua, de saneamiento, zonas de riego abundante, existencia de árboles de crecimiento rápido y hoja caduca próximos al edificio, etc., se produce la hidratación y deshidratación del terreno.



Figura 5: Cimentación en arcillas expansivas. Fisuras/grietas

La cimentación sobre arcillas expansivas es posible siempre y cuando se disponga de un completo estudio geotécnico, que permita al redactor del proyecto tomar las medidas adecuadas para cada situación y prever los sistemas necesarios para evitar o minimizar cualquier cambio de humedad en el terreno. Todo ello claro está, debe complementarse con la correcta ejecución y por supuesto con un mantenimiento adecuado.

❖ Terreno distinto del previsto

Se debe comprobar siempre que el suelo situado debajo de la cimentación directa se corresponde con el descrito en la investigación geotécnica que se realizó para estudiarlo. Si el suelo presenta divergencia con el que se caracterizó en dichos reconocimientos, se varía su composición durante la excavación, o su profundidad, el director de obra, tendrá que evaluar la validez de la cimentación inicialmente prevista en el proyecto o proceder a su recalcuro.

❖ Materiales o soluciones constructivas inadecuadas

- Mala calidad de los materiales, en especial hormigones. Deterioro de zapatas: fisuras y/o grietas de retracción por mala dosificación del hormigón, materiales con resistencia inferior a la requerida en proyecto, etc.
- Degradación del material, suele ir unido al anterior: hormigón no resistente a la agresividad del terreno, recubrimientos insuficientes, etc.
- Lavado del hormigón en cimentaciones superficiales, colocado en presencia de aguas en movimiento.
- Errores en la colocación de armaduras, confusión de diámetros de armado, recubrimientos inadecuados, principalmente por la ausencia de separadores, etc...
- Problemas de fraguado, unidos a errores de vertido, de dosificación, de curado...

❖ Causas extrínsecas de fallos de cimentación

Son las derivadas de la actividad humana a lo largo del tiempo, por lo que son variables difícilmente previsibles.

Se engloban tanto los cambios en el propio edificio como en el entorno y, en cualquier caso, modifican sustancialmente las condiciones para las que se diseñó la cimentación.

➤ Variaciones en las hipótesis de proyecto.

Se trata de las modificaciones al proyecto del propio edificio que pueden afectar a la cimentación. Y esto puede ocurrir de varias formas, entre ellas:

- Aumento del número de plantas sobre rasante.
- Necesidad de profundizar la cimentación en toda o parte de la estructura, para sótanos, fosos, etc.
- Incrementos de sobrecargas de uso.
- Rehabilitación o adecuación al uso sobre todo en plantas bajas.

➤ Variaciones en las condiciones del entorno.

Es el caso de excavaciones, túneles o edificios de nueva construcción en las proximidades de edificios existentes. Entre las posibles variaciones del entorno se encuentran:

- **Cargas adyacentes:** alteración general producida por construcción en las inmediaciones.

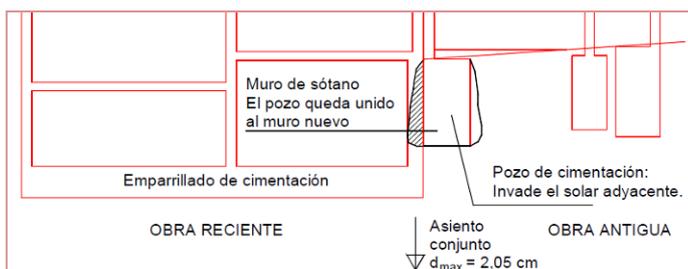


Figura 6: Invasión de cimentaciones próximas. Fisuras y/o grietas

- Inducción de movimientos complementarios: asentos, desplazamientos y giros.
- Fenómenos de inestabilidad y deslizamiento: por socavaciones, arrastres, erosiones ...
- Inestabilidades y deslizamientos inducidos:
 - Excavación y desmonte al pie de laderas
 - Excavaciones en la base de muros
 - Socavación
 - Supresión de la vegetación
 - Modificación de la escorrentía superficial
- Excavaciones próximas al aire libre o subterráneas. Produciendo una disminución de la capacidad de carga de la cimentación, excesiva deformación del suelo, asentos superficiales junto a zanjas y taludes, descalce de cimentación, afección al bulbo de presiones, etc.

LESIONES Y DEFICIENCIAS

❖ Fisuraciones en elementos constructivos (Tabiquería, cerramientos y/o acabados)

Los sistemas estructurales y los elementos de una construcción se diseñan considerando una deformabilidad admisible. Es decir, un cierto grado de adaptación a movimientos o distorsiones, sin superar el límite de resistencia de los materiales que lo componen. Si la suma de esfuerzos es tal que agota la resistencia de los materiales, éstos se fisuran o agrietan.

Dicho de otro modo, los elementos menos deformables (más rígidos) y los menos resistentes serán los primeros en manifestar patologías debidas a movimientos diferenciales. Por esto **los tabiques suelen ser lo primero en fisurarse**, ya que tienen una gran rigidez en su plano y absorben todas las tensiones, siendo poco deformables.

El asiento de una zapata produce unos esfuerzos excepcionales en la estructura que, por su continuidad, repercuten en toda ella, dando lugar a tensiones en determinadas secciones que no las toleran, lo que origina la aparición de fisuras.

También pueden aparecer grietas de aplastamiento del hormigón en la zona comprimida de la viga o producirse en una columna o pilares la rotura frágil por pandeo o excesivo esfuerzo de corte.

Cuando en las estructuras de hormigón armado aparecen las grietas, los daños en cerramientos y tabiques son importantes, ya que, por su propio diseño, las estructuras son mucho más flexibles, y los materiales que las forman mucho más resistentes.

De todo, las zonas más susceptibles de presentar agrietamientos son las de apertura de huecos (dinteles de puertas y ventanas) o bien las zonas de contacto entre tabiques, o uniones de tabiques y pilares.

En un sentido general, los asentos en edificios de gran esbeltez suelen producir movimientos monolíticos, con pocos asentos diferenciales o puntuales. Mientras que las grietas por asentos diferenciales son más probables en edificios de poca esbeltez, que frecuentemente presentan daños en su tabiquería.

Las fisuraciones y/o grietas debidas a fallos de la cimentación son el resultado de la interacción terreno-estructura. Un **asiento diferencial** entre partes de la cimentación producirá esfuerzos superiores a los previstos en la estructura, normalmente son esfuerzos de tracción y tangenciales.

Estos agrietamientos suelen presentar un patrón característico. Así, si una misma familia de grietas se repite en plantas sucesivas, lo normal es que tengan su origen en un movimiento de la cimentación como puede ser el asiento puntual de una zapata o de una parte de la cimentación, al ser el terreno de apoyo más deformable que en el resto o bien ha cedido por fenómenos de desecación u otras causas enumeradas con anterioridad.

Como consecuencia del asiento diferencial, en general, se produce una **fisura y/o grieta inclinada**. Lo normal es que la fábrica se agriete en el sentido de su mayor resistencia, esto es en el sentido de la isostática de compresión, generando esa fisuración y/p grieta inclinada descendiendo hacia la zona de terreno menos deformable, o lo que es lo mismo, ascendiendo en dirección a la zona donde se produce el asiento de cimentación.



Figura 7: Fisuraciones por asentos de la cimentación

❖ Giros y desplomes

Estas lesiones son muy claramente apreciables. Consisten en la pérdida de verticalidad de estructuras como muros o soportes, produciéndose un giro respecto un eje vertical previo. Este tipo de lesiones puede afectar a solo una parte del edificio o bien a todo el conjunto. Si se da este último caso, puede que no sufran daños apreciables los elementos constructivos, sin embargo, en el caso de torres, donde es más apreciable, el asiento de alguna zona de la cimentación puede provocar giros de la estructura que pueden mantenerse estables o provocar la ruina estructural.

RECOMENDACIONES TÉCNICO-CONSTRUCTIVAS

❖ Excavaciones en el terreno

Una vez iniciadas las excavaciones, a la vista del terreno excavado y para la situación precisa de los elementos de la cimentación, el director de obra comprobará la validez y suficiencia de los datos aportados por el estudio geotécnico, adoptando en casos de discrepancia las medidas oportunas para la adecuación de la cimentación y del resto de la estructura a las características geotécnicas del terreno. (Punto 3.4 CTE DB/SE-C).

El vertido de hormigón de limpieza o relleno debe ser inmediato tras la excavación de los elementos de cimentación para evitar la humectación o desecación del terreno, especialmente en caso de terrenos arcillosos.

El fondo de la excavación debe estar siempre limpio y nivelado. Todos los elementos encontrados en el fondo de las excavaciones, tales como rocas, restos de cimentaciones antiguas y, de una manera general, todos los lentejones resistentes susceptibles de formar puntos duros locales serán retirados y se rebajará lo suficiente el nivel del fondo de la excavación para que las zapatas apoyen en condiciones homogéneas.

De la misma manera, todos los lentejones o bolsadas más compresibles que el terreno en conjunto serán excavados y sustituidos por un suelo de compresibilidad sensiblemente equivalente a la del suelo general, o por hormigón en masa. El suelo de relleno debe compactarse convenientemente, pues una simple colocación por vertido no puede asegurar el grado de compresibilidad requerido.

La excavación debe hacerse cuidadosamente para que la alteración de las características mecánicas del suelo sea la mínima inevitable.

Una vez hecha la excavación hasta la profundidad necesaria y antes de constituir la solera de asiento, se nivelará bien el fondo para que la superficie quede sensiblemente de acuerdo con el proyecto, y se limpiará y apisonará ligeramente.

La inclinación de los taludes de separación entre zapatas a diferentes niveles debe ajustarse a las características del terreno. A efectos indicativos y salvo justificación en contra, la línea de unión de los bordes inferiores entre dos zapatas situadas a diferente nivel no debe superar una inclinación 1H:1V en el caso de rocas y suelos duros, debiendo reducirse dicha inclinación a 2H:1V para suelos flojos a medios. (Siendo H: la distancia horizontal de un talud y V la altura del talud).

Aunque el terreno firme se encuentre muy superficial, es conveniente profundizar de 0,5 a 0,8 m por debajo de la rasante.

Si los cimientos son muy largos es conveniente también disponer llaves o anclajes verticales más profundos, por lo menos cada 10 m.

➤ Excavaciones en presencia de agua

En el caso de suelos permeables que requieran el agotamiento o achique del agua para realizar las excavaciones de las zapatas, se mantendrá durante toda la ejecución de los trabajos de cimentación.

El agotamiento debe realizarse de tal forma que no comprometa la estabilidad de los taludes o de las obras vecinas.

En el caso de excavaciones ejecutadas sin achique del agua, en suelos arcillosos y con un contenido de humedad próximo al límite líquido, se procederá a un saneamiento del fondo de la excavación previo a la ejecución de las zapatas.

Cuando haya que efectuar un saneamiento temporal del fondo de las excavaciones por absorción capilar del agua del suelo, para permitir la ejecución en seco, en los suelos arcillosos, se emplearán materiales secos permeables.

En el caso de excavaciones ejecutadas con agotamiento en los suelos cuyo fondo sea suficientemente impermeable como para que el contenido de humedad no disminuya sensiblemente con los agotamientos, debe comprobarse, según las características del suelo, si es necesario proceder a un saneamiento previo de la capa inferior permeable, por agotamiento o por drenaje.

Evitar achicar el agua del recinto de una zapata con una bomba a la vez que se hormigona, dado que lo que se consigue es achicar la lechada del hormigón alterando sustancialmente sus propiedades.

❖ Solera de asiento (Hormigón de limpieza o de relleno)

Si las zapatas son de hormigón en masa o armado, sobre la superficie de la excavación debe extenderse una capa de hormigón, de regularización, que recibe el nombre de solera de asiento u hormigón de limpieza o de relleno.

La solera de asiento tiene por misión crear una superficie plana y horizontal de apoyo de la zapata y, en suelos permeables, evitar que penetre la lechada del hormigón estructural en el terreno y queden los áridos de la parte inferior mal recubiertos.

El espesor mínimo de la solera de asiento será de 10 cm. El nivel de enrase de la solera de asiento será el previsto en el proyecto para la base de las zapatas y las vigas riostras. El perfil superior tendrá una terminación adecuada a la continuación de la obra.

❖ Ejecución de zapatas de hormigón armado

Como se ha comentado, bajo la zapata debe disponerse siempre de una solera de asiento de, al menos, 10 cm de hormigón.

El canto mínimo en el borde de las zapatas de hormigón en masa no será inferior a 35 cm. En el borde de los elementos de cimentación de hormigón armado no será inferior a 25 cm si se apoyan sobre el terreno, ni a 40 cm si se trata de encepados sobre pilotes.

Se recomienda que el diámetro mínimo de las armaduras a disponer en un elemento de cimentación no sea inferior a 12 mm (Apartado 9.8.2 del anexo 19 del Código Estructural).

La armadura principal debe anclarse de acuerdo con los requisitos establecidos en el punto 8.4 y 8.5 del anexo 19 del Código Estructural,

La separación máxima entre armaduras dispuestas en las caras superiores, inferiores y laterales no distará más de 30 ni menos de 10 cm. Si es necesario se dispondrán en grupo de barras.

Los recubrimientos nominales indicados en el apartado 43.4.1 del Código Estructural, deberán garantizarse mediante la disposición de los correspondientes elementos -separadores o calzos-, según el apartado 43.4.2 del Código Estructural, debiéndose disponer de acuerdo con las prescripciones de la tabla 49.8.2 del Código Estructural.

En el caso de piezas hormigonadas contra el terreno, el recubrimiento mínimo será de 70 mm salvo que se haya preparado el terreno y dispuesto de solera de asiento que podrá ser de 40 mm.

El recubrimiento lateral de las puntas de las barras no será inferior a 70 mm.



Figura 8: Inadecuado recubrimiento lateral de las armaduras con el terreno (Mínimo 7 cm).

Figura 9: Recubrimiento de las armaduras. Colocación separadores

Hay que tener presente que un recubrimiento insuficiente puede ser la causa de entrada de agentes agresivos que corroen la armadura produciendo una pérdida progresiva de sección y la consiguiente reducción de la seguridad.

Las zapatas se deberán hormigonar a sección completa, después de la limpieza de fondo, si las paredes de la excavación presentan una cohesión suficiente. De no ser así, el hormigonado se realizará con encofrados con la finalidad de evitar desprendimientos.

El hormigonado se realizará comenzando en el eje de pilares y desplazando el vertido hacia las riostras según se va llenando la zapata. Se prohíbe ejecutar por capas, siendo obligatorio llenar completamente el elemento que se está hormigonando antes de desplazar el vertido a otro elemento de la cimentación

Se vibrará introduciendo en vertical la aguja del vibrador, manteniéndolo durante 3 segundos, sacándolo y volviendo a introducirlo en zona adyacente. Es preferible vibrar menos tiempo, pero en muchos puntos.

Cuando el hormigonado se efectúe en tiempo frío, la temperatura de la masa de hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5°C, prohibiéndose verter el hormigón sobre elementos (armaduras, moldes, etc.) cuya temperatura sea inferior a cero grados centígrados, o que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los cero grados centígrados (Apartado 52.3.1 del Código Estructural).

Cuando el hormigonado se efectúe en tiempo caluroso, se adoptarán las medidas oportunas para evitar la evaporación del agua del amasado. Si la temperatura ambiente es superior a 40°C o hay un viento excesivo, se suspenderá el hormigonado, salvo que, previa autorización expresa de la dirección facultativa, se adopten medidas especiales. (Apartado 52.3.2 del Código Estructural).

Una vez ejecutado el hormigonado, durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo mediante un adecuado curado. Este se prolongará durante un plazo necesario en función del tipo y clase de cemento, de la temperatura y grado de humedad del ambiente, etc. El curado podrá realizarse manteniendo húmeda las superficies de los elementos de hormigón, mediante riego directo que no produzca deslavado.

El curado por aportación de humedad podrá sustituirse por la protección de la superficie, siempre que garanticen la retención de humedad de la masa, pudiéndose emplear otras técnicas especiales, previa autorización de la dirección facultativa. (Apartado 52.5 del Código Estructural).

❖ Pruebas y mantenimiento de esta unidad constructiva

En el proyecto de todo tipo de estructuras, será obligatorio incluir un Plan de Inspección y Mantenimiento, que defina las actuaciones a desarrollar durante toda la vida útil. (Artículo 24.3 de CE).

La frecuencia de realización de inspecciones será definida por el autor del proyecto, en el correspondiente plan de mantenimiento y no será inferior a la establecida por la propiedad, en su caso. (Artículo 24.3 del Código Estructural).

El plan de inspección y mantenimiento redactado tras el fin de obra deberá ser puesto a disposición del responsable de la explotación de la estructura. A partir de este plan de mantenimiento, que sustituye al del proyecto, la propiedad, recogiendo lo indicado por la dirección facultativa, será responsable de elaborar el programa de mantenimiento. (Artículo 24.4 del Código Estructural).

Al menos, se solicitará, por parte de la propiedad, a un técnico una revisión inmediata siempre que aparezcan lesiones en el edificio (fisuras, grietas, desplomes, etc.), y cada 5 años una inspección general, observando si aparecen fisuras o cualquier otro tipo de lesión, nuevas construcciones adyacentes o cargas incompatibles con las hipótesis iniciales del proyecto.

REFERENCIAS

FUNDACIÓN MUSAAT	
AUTOR ● Alberto Moreno Cansado	Calle del Jazmín, 66 28033 Madrid www.fundacionmusaat.musaat.es

IMÁGENES

- Moreno Cansado, Alberto (Fig.: 1, 2, 5, 7, 8 y 9).
- Pérez Valcárcel, Juan (Fig.: 6).

BIBLIOGRAFÍA y NORMATIVA ● Juan Pérez Valcárcel: "Inspecciones y validación de cimentaciones". E.T.S.A. A Coruña. ● Luis Sopena Mañas: "Patología y recalces de cimentaciones. CEDEX.2006). ● Manuel Muñoz Hidalgo: "Diagnosis y causas en patología de la edificación. ● Francisco Serrano Alcudia: "Patología de la edificación. Lenguaje de las grietas". ● CTE/DB-SE-C. ● Código Estructural. ● Normas UNE.

CONTROL:	ISSN: 2340-7573	Data: 13/2	Ord.: 1	Vol.: C	Nº: Cs-1	Ver.: 2	Mod: 11/24
-----------------	------------------------	-------------------	----------------	----------------	-----------------	----------------	-------------------

NOTA: Los conceptos, datos y recomendaciones incluidas en este documento son de carácter orientativo y están pensados para ser ilustrativos desde el punto de vista divulgativo, fundamentados desde una perspectiva teórica, así como redactados desde la experiencia propia en procesos patológicos.

© del Autor

© de esta publicación, Fundación MUSAAT

Observación:

En este documento se incluyen textos de la normativa vigente