

Método para el descenso o ascenso de un edificio de cuatro plantas. Aplicaciones derivadas

Method for the descent or rise of a four floors building. Derivative applications

Antonio Roldán^a, Jorge Aparicio García^b, Abraham Hidalgo Olea^c

^aIngeniero técnico agrónomo. D.C.V. SLU (Zaragoza).

^bDr. ingeniero de caminos. INGETURARTE, S.L. (Madrid).

^cIngeniero geólogo y civil. VSL Construction Systems S.A. (Barcelona).

Recibido el 27 de marzo de 2019; aceptado el 27 de junio de 2020

RESUMEN

Se presenta la aplicación práctica del descenso de 1400 mm de un edificio de cuatro plantas de hormigón armado recortando altura del edificio entre planta cimentación y planta baja. Se describe el modelo mecánico empleado, así como cuestiones de diseño constructivo fundamentales para llevar a cabo la operación. Tras la descripción del mismo se enumeran sucintamente aplicaciones que pueden darse de la técnica descrita, tales como el ascenso de edificios por crecida del nivel de agua circundante, la ampliación de hangares de aviones o recrecidos de gálibo de instalaciones industriales evitando demoliciones.

© 2020 Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE). Publicado por Cinter Divulgación Técnica S.L.L. Todos los derechos reservados.

PALABRAS CLAVE: ascenso edificio; descenso edificio; gatos; central sincronizada.

ABSTRACT

The practical application of the 1400 mm descent of a four-story reinforced concrete building cut between the foundation and the ground floor is presented. The mechanical model used is described, as well as fundamental constructive design issues to carry out the operation. After the description thereof, some applications for this technique are listed, such as the ascent of buildings by flooding the surrounding water level, the expansion of aircraft hangars or the gauging of industrial installations avoiding demolitions.

© 2020 Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE). Published by Cinter Divulgación Técnica S.L.L. All rights reserved.

KEYWORDS: building rise; building descent; jacks; synchronized central.

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo presenta la maniobra de descenso de 1400 mm que se ejecutó en la estructura sobre rasante de un edificio de cuatro plantas, con pilares y pantallas de ascensor de hormigón armado, con losas también de hormigón armado de 25 cm de espesor y con la mayoría de los cerramientos exteriores e interiores ejecutados.

2. ALGUNOS ANTECEDENTES

La elevación o descenso de grandes cargas en la obra civil o en la naval es habitual. Menos habitual es el hacerlo en edificios.

En la búsqueda de antecedentes se han encontrado las siguientes referencias.

En edificio industrial en Asturias (figura 1), perteneciente a la central de generación hidroeléctrica de Arbón, se levanta un edificio 320 mm en 1983. El artículo publicado en la ROP en 1990, describe la operación llevada a cabo por D. Fernando Muzás Labad. (MUZÁS LABAD, 1990). Esta aplicación es la

* Persona de contacto / Corresponding author.
Correo-e / email: ingeturarte@telefonica.net (Jorge Aparicio García).



Figura 1. Elevación de edificio de Asturias 650 toneladas (MUZÁS LABAD, 1990).

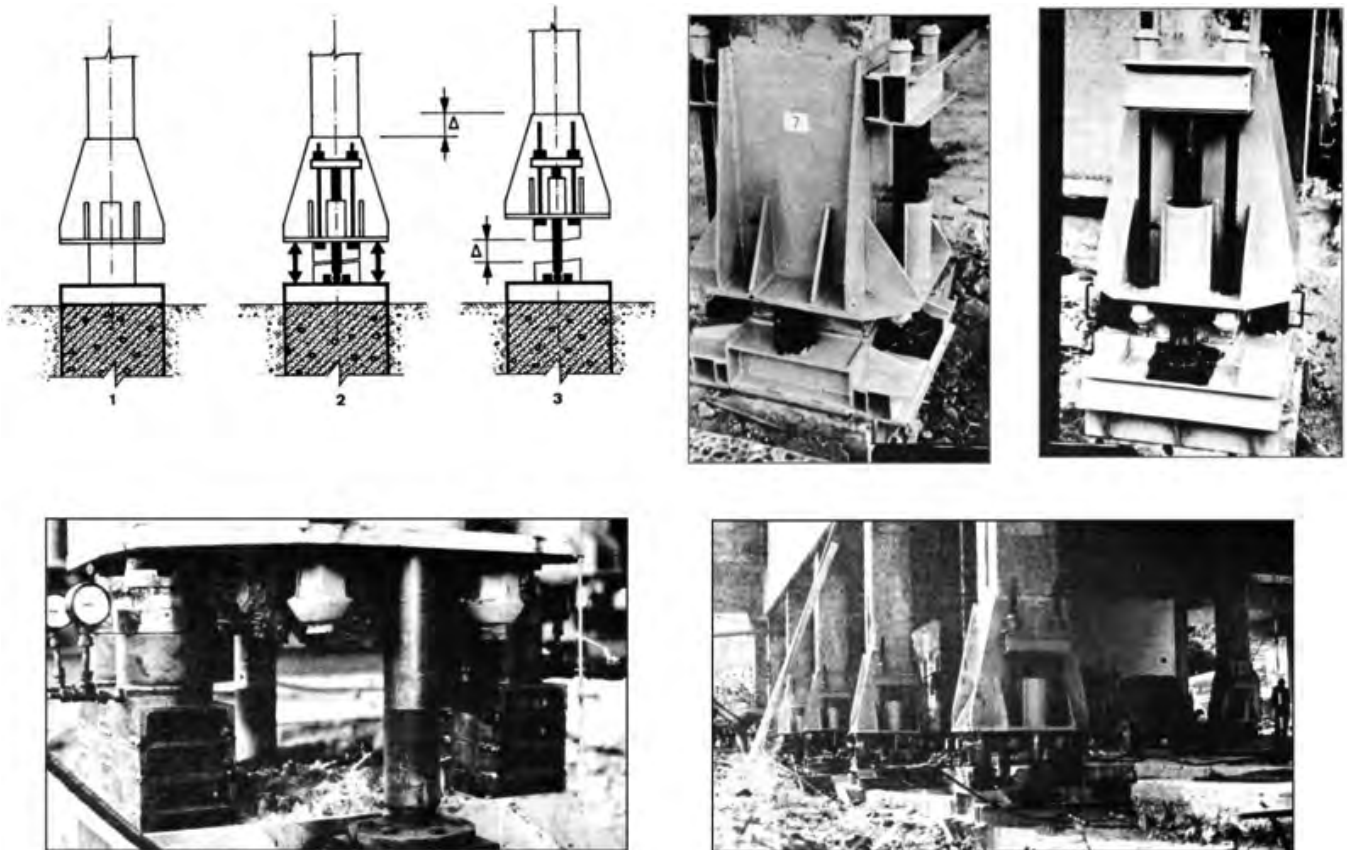


Figura 2. Elevación de edificio de Asturias. Detalle de armazón de elevación. (MUZÁS LABAD, 1990).

más cercana a la solución que se presenta, aunque los autores encontraron la referencia después de haber realizado el descenso que se presenta.

Como características técnicas destacables, indicar que se realiza el corte de soportes respecto de cimentación a la altura de planta de cimentación, aunque no queda claro en el detalle cómo se realiza la transferencia entre camisa metálica y sopor-

te a cortar (figura 2). No se aprecian pernos de transferencia, así que puede que se confiase el rasante a una resina epoxi entre camisa metálica y hormigón de soporte.

En el edificio de la calle Diagonal 414 (Ossó & Yeray, 2019) en Barcelona (figura 3) se desarrolla una operación de descenso de dos forjados. Las operaciones son dos. Primero descenso de un forjado y luego el siguiente. Se hace notar que el apoyo su-



Figura 3. Edificio de la calle Diagonal 414 en Barcelona. Ménsulas y estructura auxiliar previas al descenso.



Figura 4. Edificio de la calle Diagonal 414 en Barcelona. Detalles varios.

perior se realiza sobre el mismo forjado, por lo que la resistencia a punzonamiento de la losa ha demostrado ser suficiente. Las ménsulas del apoyo inferior son ejecutadas a posteriori, con barras pasivas pasantes. (BAC Engineering Consultancy Group, 2018). Los calzos son de hormigón (figura 4).

Los movimientos de edificios (figura 5) durante la sistematización (wikipedia, 2019) urbanística promovida por Nicolae Ceaușescu en Rumanía (GIZMODO, 2019), es el precedente por excelencia internacional de movimientos de edificios. Pero las motivaciones de estas actuaciones no obedecían a criterios de economía.

De entre las aplicaciones anteriores hay que resaltar que corresponden al descenso de uno o dos forjados. La traslación de los edificios en Rumanía necesitaba de grandes subestructuras auxiliares ejecutadas a nivel de cimentación para realizar las operaciones mediante carriles.



Figura 5. Edificio cortado, elevado y trasladado en Rumanía durante la sistematización urbanística de Ceaușescu.



Figura 6. Descenso de edificio.

No obstante, el interés técnico de la solución es ejemplar y el de mayor mérito técnico de entre los indicados que han encontrado los autores.

También se han encontrado más referencias que se añaden (Palomino Infante, 2017). De especial relevancia es la realización de descenso de forjado de telecabina de Tovièrre en el lago de Tignes (Muller, 2016).

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La cota superior del edificio, ejecutado hasta nivel de estructura y cerramiento exterior parcial, superaba la permitida en las normas urbanísticas de la ciudad.

La interpretación de normativa urbanística para definir la cota del terreno sobre la que se debería poder definir la cota máxima de la edificación fue el detonante del problema que hubo que resolver. Esta cota delimitaba la altura máxima permitida. Este problema afectaba a uno de los nueve elementos de estructura independiente que componía el edificio.

3.1. Estudio de soluciones

La solución al problema pasa por la elección de entre las siguientes soluciones

- Demolición y reconstrucción del edificio a las cotas previstas.
- Demolición de última planta y renuncia a una planta.
- Descenso del edificio.

La solución económicamente más favorable fue la que se llevó a cabo.

4. CONDICIONES DE PARTIDA

A continuación, se describen las condiciones de partida fundamentales a tener en cuenta para el trabajo de la maniobra de descenso de la estructura.



Figura 7. Descenso de edificio.

4.1. Descripción de la estructura a descender

La estructura del edificio (figura 8) a descender es de hormigón armado. La superficie en planta es sensiblemente cuadrada de dimensiones 23.5 m x 25.0 m. En altura sobre cimentación desarrolla una planta sótano, una planta baja, tres plantas y altillo adicional.

La cimentación es superficial de zapatas independientes. Como una de las nueve fases del edificio, tiene muros perimetrales de hormigón entre sótano y baja en tres de los cuatro lados de la planta.

Las plantas son forjados de losa armada de 0.25 m de canto. Los soportes son de hormigón armado de escuadrías varias, desde 0.25 x 0.25 hasta 0.30 x 0.50.

Entre planta baja y primera hay dos soportes metálicos que requieren solución singular. Existe un núcleo interior de hormigón armado resistente a las acciones horizontales en cotas sobre baja con paredes de 0.20 m de espesor.

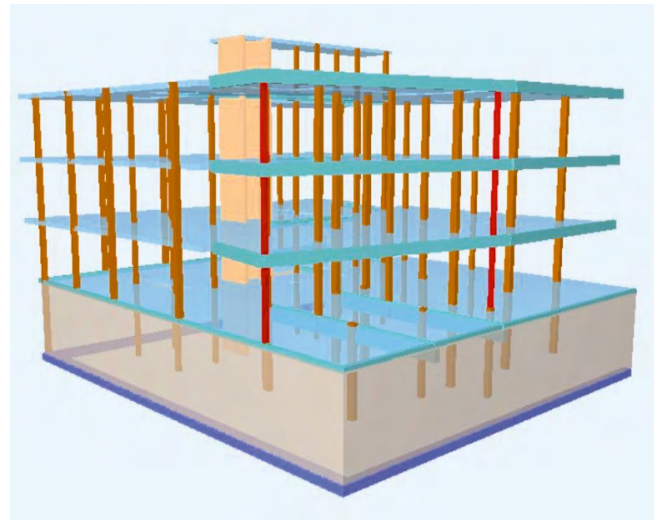


Figura 8. 3D de estructura de edificio.

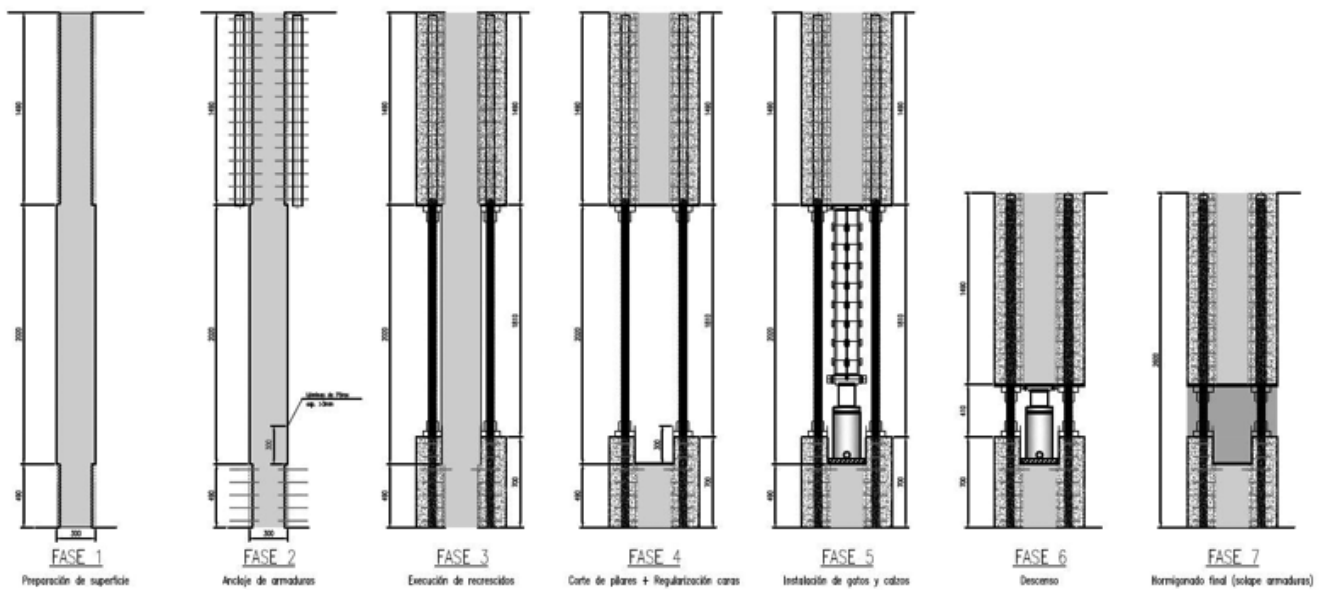


Figura 9. Solución a base de recrecio de soportes.

4.2. Condiciones específicas de la maniobra de descenso

Una vez tomada la decisión de descender el edificio se plantean dos soluciones, una a base de recrecidos de los pilares de hormigón armado y otra a base de estructura auxiliar.

La solución a base de hormigón armado (figura 9) planteaba el corte de todos los muros perimetrales y el posterior descenso.

La solución de estructura metálica auxiliar finalmente adoptada versiona las soluciones habituales en cambio de apoyos en puentes, pero dispone, además, de espacios para la correcta ejecución de la colocación y apoyo de los gatos, zonas específicas de apeo provisional.

La solución que se presenta tiene los siguientes valores añadidos:

- La preservación de las escuadrías de diseño arquitectónico original.

- La nula demolición de muros salvo por el núcleo central.
- La modulación estructural tal que permite la industrialización del sistema de descenso, lo cual llevará a mínimos errores.
- La utilización del pretensado transversal a hueso para no dañar los soportes en la conexión, como así sucedería si se resolviera con ménsulas ancladas a los soportes.
- Minimización del número de operaciones necesarias para la realización de las operaciones de descenso.

5.

DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA DE LA SOLUCIÓN

La solución finalmente ejecutada tiene los siguientes elementos fundamentales:

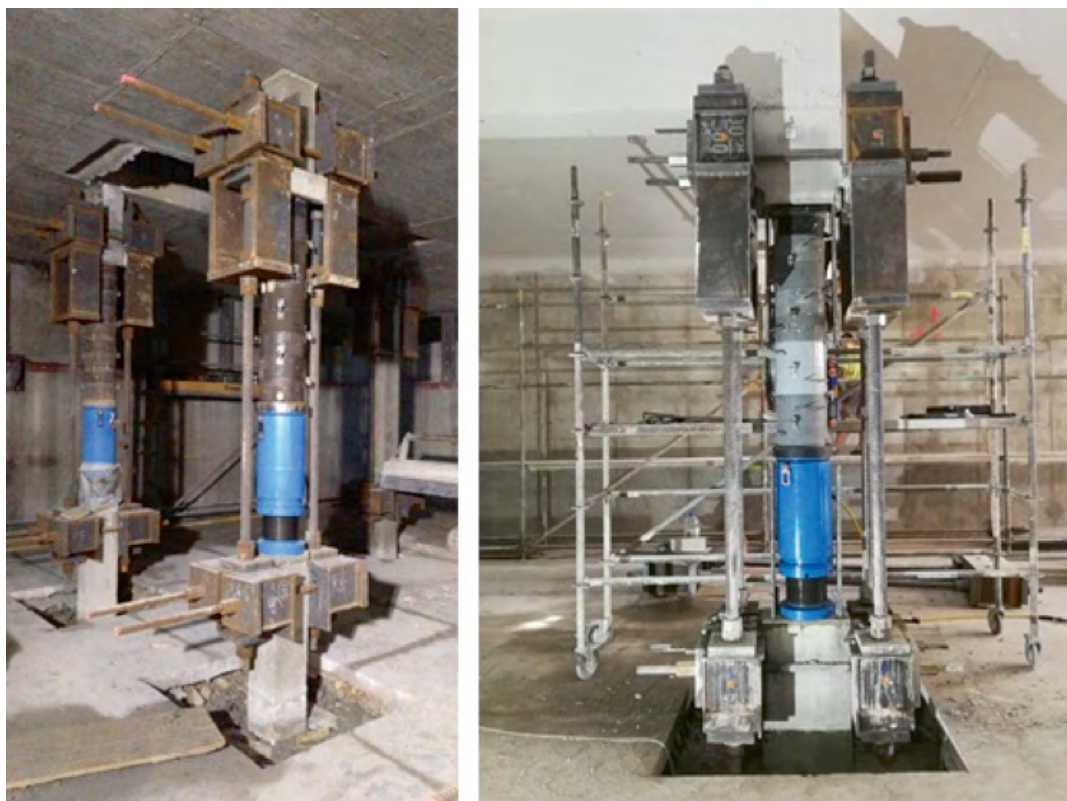


Figura 10. Estructura metálica auxiliar con gatos colocados en soportes tipo de cimentación.

- Estructura metálica auxiliar de punteo provisional de cada pilar
 - Soporte tipo de cimentación.
 - Soporte de junta en cimentación.
 - Soporte metálico en baja.
 - Soporte sobre muro en baja.
- Estructura metálica auxiliar para el núcleo.
- Tirantes de cuelgue de baja desde planta primera.
- Guías para recogida de esfuerzos horizontales provocados por las acciones de viento.

5.1. La estructura metálica auxiliar en soportes

La estructura metálica de apeo de cada soporte, necesaria para realizar la demolición parcial del mismo y la adaptación para la disposición de los gatos, está configurada a modo de esqueleto del soporte.

La estructura consta de cuatro pinzas metálicas que se colocan a hueso sobre las caras de los soportes. Se pretensan dos a dos, entre pinzas superiores y entre pinzas inferiores. Entre la pinza inferior y superior, de un mismo lado, se conectan las pinzas mediante barras roscadas de acero B500S de diámetro D63.5 mm. Según las cargas se tienen entre 2 y cuatro barras. El postesado transversal se realiza con barras de diámetro D40 mm de acero Y1050.

Los cajones anti-pandeo se dimensionan con el criterio de D. Francisco Millanes de garantizar una fuerza transversal del orden del 2% de la fuerza vertical para impedir el pandeo.

En la primera demolición del primer soporte, se realizó un ensayo para acotar la deformación geométrica del pandeo de



Figura 11. Estructura puente del núcleo.

las barras con la Universitat de les Illes Balears bajo la dirección de D. Antoni Cladera Bohigas. (Grupo de investigación Construct UIB., 2019)

El dimensionamiento de todas las formas y barras estructurales, además de los criterios resistentes se basan en invariantes constructivos necesarios para poder ejecutar la demolición con espacios y tolerancias suficientes.

5.2. La estructura metálica auxiliar en núcleo

El núcleo central de escalera, de hormigón armado, con sección en forma de C, se necesita apea de forma análoga (figura 11), lo cual se realiza formalizando un auténtico modelo de bielas y tirantes (figura 12) a escala real:

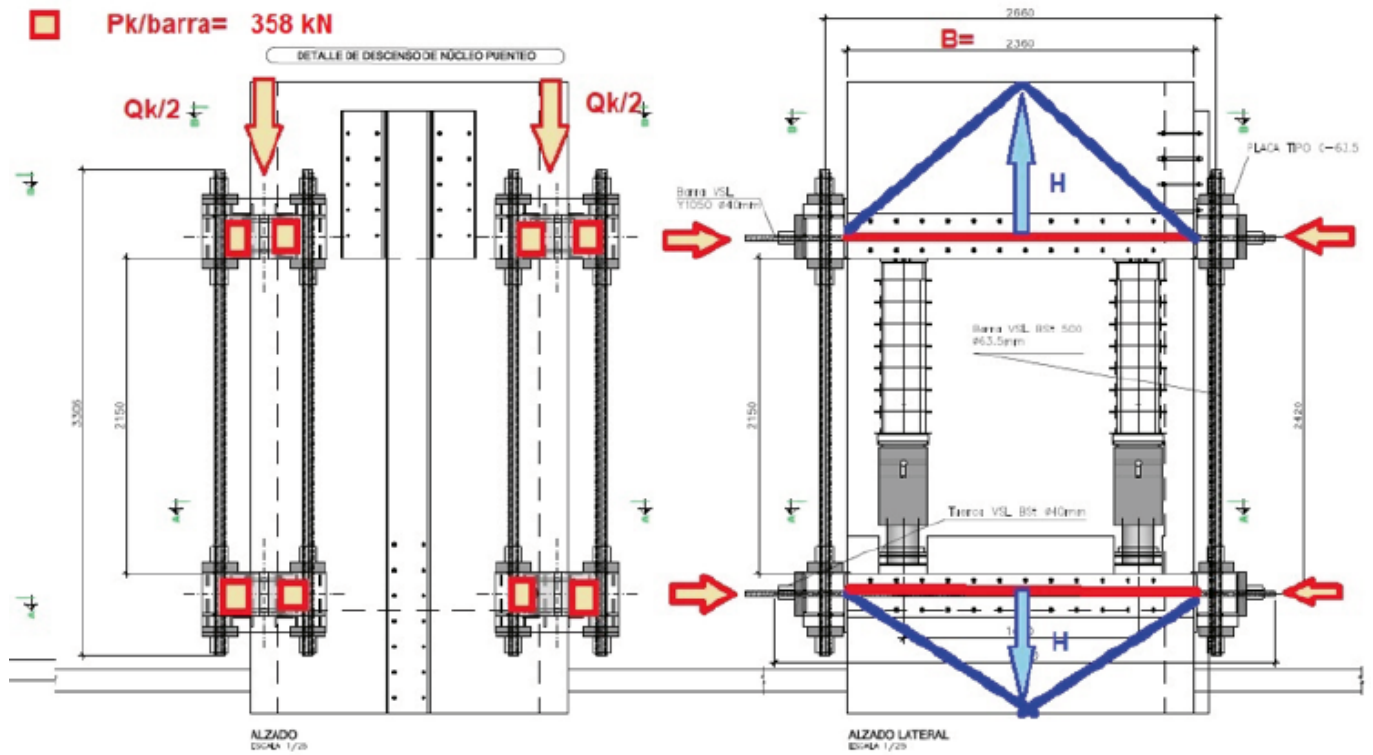


Figura 12. Esquema del modelo de dimensionamiento de bielas y tirantes.

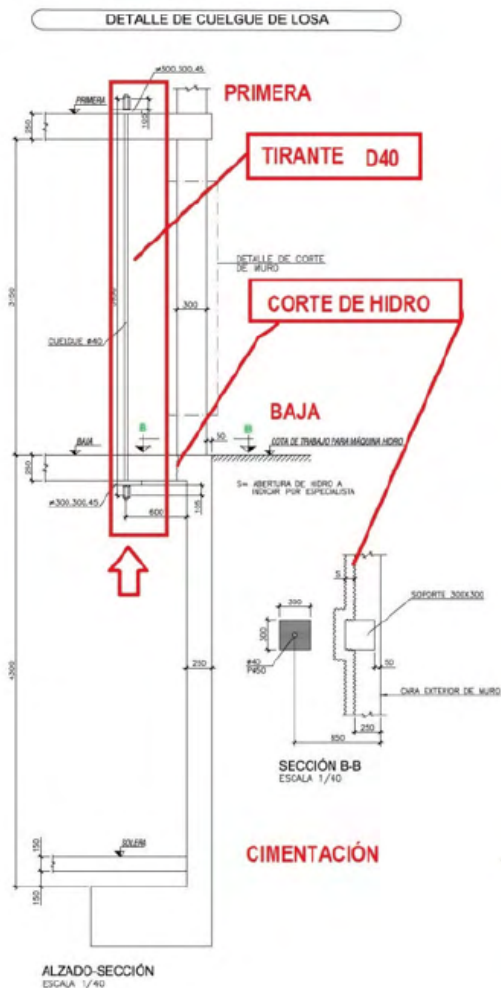


Figura 13. Esquema de tirantes de cuelgue en losa de baja cortada en muro. Apeo metálico en soporte sobre muro.

5.3. Tirantes de cuelgue de baja desde planta primera

Cuando se desconecta la losa de baja del muro perimetral por el plano vertical del interior de los muros, se procede al cuelgue mediante tirantes de la parte de losa de hormigón volada. El siguiente esquema y fotografía (figura 13) muestra la solución de cuelgue proyectada según idea de D. Juan Lima de VSL.

5.4. Guías para recogida de esfuerzos transversales

Para guiar la estructura en su descenso y para absorber los esfuerzos horizontales se dispuso de guías metálicas (figura 14) al efecto entre los muros de sótano y la planta baja trabajando como un diafragma horizontal.

5.5. La hidrodemolición de los soportes

Una vez dispuesta la estructura metálica de un pilar hay que proceder a su demolición. De entre las diferentes soluciones constructivas se estudiaron económicamente:

- Corte con hilo.
- Corte con taladros sucesivos.
- Hidrodemolición.

Finalmente se combinaron la rotura mediante taladros y la hidrodemolición, según necesidades.

Es importante en la hidrodemolición definir el orden en que debe realizarse. En la figura se indican las tres fases (figura 15) de forma que se conjugue la rapidez constructiva con el corte de la armadura que aparece en la primera fase, dado que plastifica dada la corta distancia de barra desnuda entre zonas



Figura 14. detalle de guía metálica ante esfuerzos horizontales.

de hormigón con área insuficiente para resistir elásticamente la transferencia puntual de cargas.

6. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO Y LA MANIOBRA

El procedimiento constructivo es fundamental. Se distinguen las siguientes fases fundamentales:

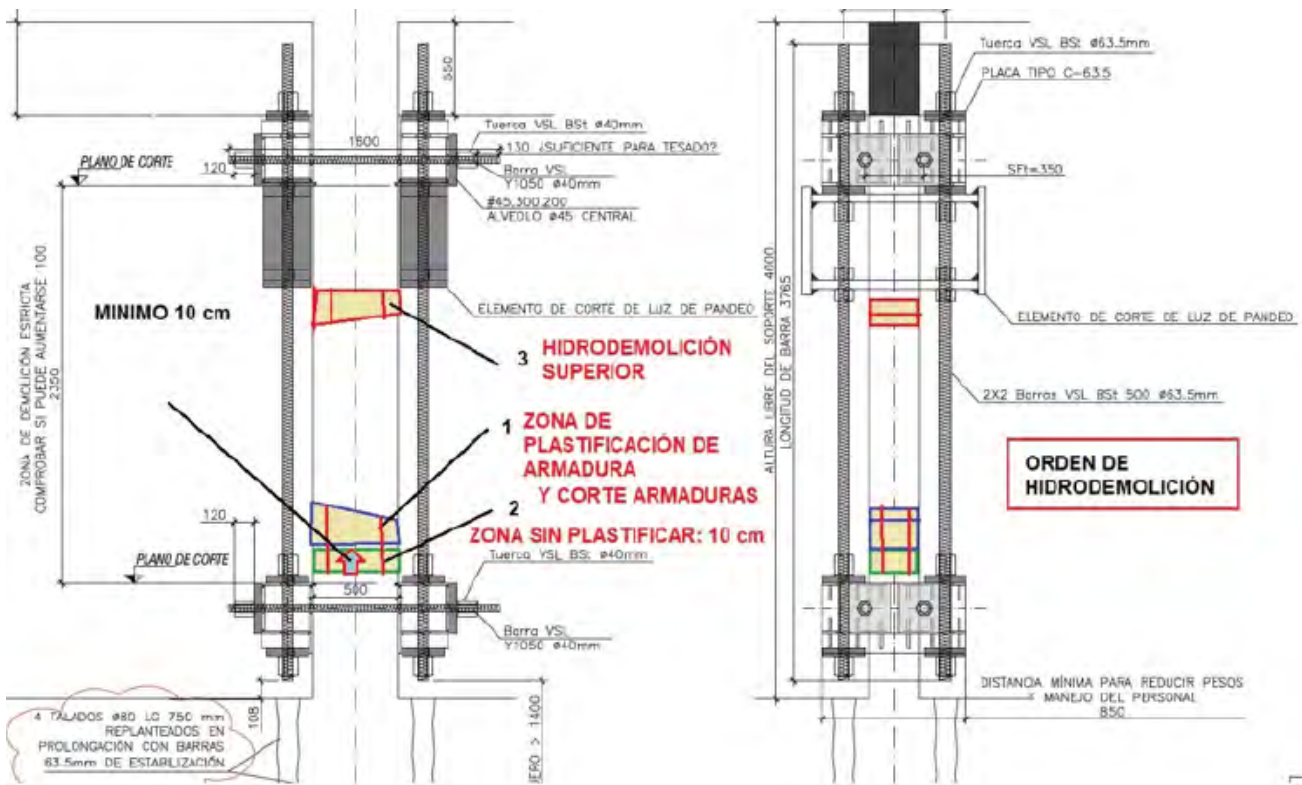


Figura 15. Detalle de la hidrodemolición de soportes.

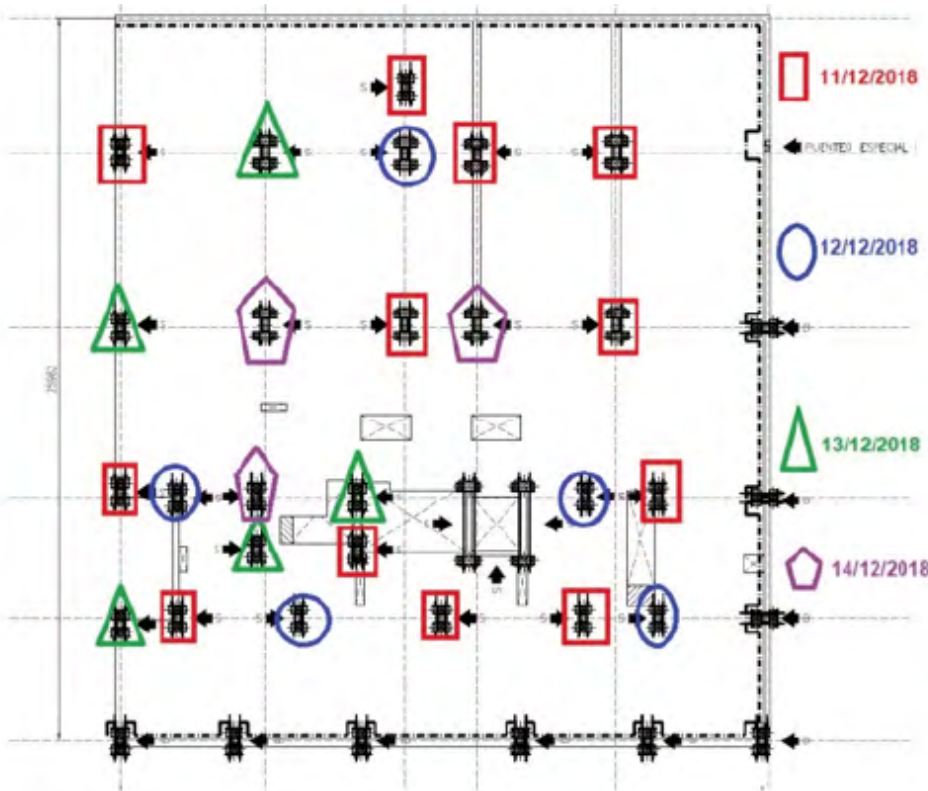


Figura 16. Orden de hidrodemolición.

- Orden de demolición y puesta en posición de gato en un soporte.
- Orden de hidrodemolición de los soportes.
- Orden de desapeo y restitución de soportes.

6.1. Orden de demolición y puesta en posición de gato en un soporte

El orden de trabajos de puenteo de un soporte ha de ser:

- Presentación de estructura metálica de apeo del soporte.
- Postesado transversal.
- Importante previo a la hidrodemolición de cada soporte: Control sónico de que las cuatro barras de postesado de pinzas están en carga, para poder evitar operación en caso de que alguna se haya destesado. Para ello se ha de realizar el apriete a tope con llave manual de tuercas en estructura puente en el siguiente orden:
 - Tuercas interiores inferiores.
 - Tuercas interiores superiores.
 - Tuercas exteriores superiores.
 - Tuercas exteriores inferiores.
 - Contratuercas de cajón anti-pandeo.
- Hidrodemolición de soportes siguiendo la secuencia indicada en la figura anterior (figura 15):
 - Hidrodemolición de parte inferior (empezando por la parte de arriba del corte inferior).
 - Corte de barras inferiores.
 - Continuación de hidro en parte inferior.
 - Corte de parte plastificada y preservación de tramo sano.
 - Hidrodemolición de parte superior.

- Presentación de toro para recogida de tramo de soporte demolido.
- Corte de barras superiores.
- Ejecución de base de gatos con mortero.
- Presentación de gato y sus calzos sobre meseta inferior.
- Ejecución regularización de mortero en cabeza.
- Tras endurecimiento de mesetas, puesta en carga de gato vertical a un porcentaje de la carga esperada.

6.2. Orden de hidrodemolición de los soportes

Se prueba la demolición de soportes con hidrodemolición y con butrones secantes eligiéndose la hidrodemolición.

Como criterio fundamental se determina no ejecutar más de 4 hidrodemoliciones de soportes al día según orden de tesado descrito al paso del movimiento del caballo de ajedrez (figura 16).

Es decir: nunca habrá más de cuatro soportes puenteados por estructura de pinzas y barras sin la presentación de gato correspondiente.

Se minimiza el tiempo de hidrodemolición más el de ejecución de meseta inferior más el de presentación de gato más el de ejecución de meseta superior, mediante el dimensionamiento del adecuado mortero, que se debe elegir de acuerdo a las características necesarias de tiempo de fraguado necesario para optimizar el rendimiento de obra.

El orden genérico de los trabajos de hidrodemolición debe ser:

- Hidrodemolición de soportes de cimentación.
- Hidrodemolición de losa sin corte de barras.
- Hidrodemolición de soportes de baja.



Figura 17. Maniobra. Central de sincronización de gatos.

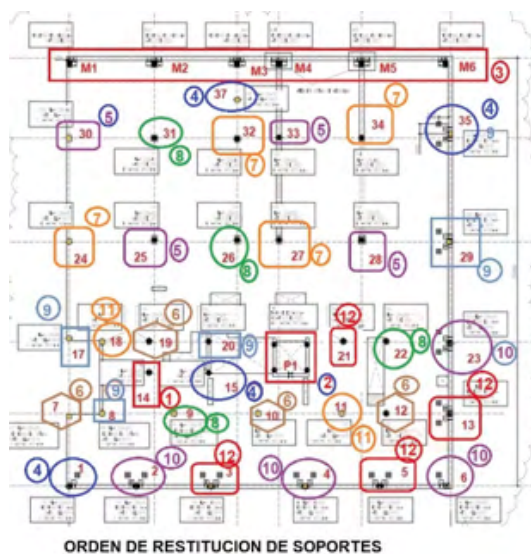


Figura 18. Restitución de soportes.

- Hidrodemolición de núcleo.
- Hidrodemolición de losa restante.
- Corte de barras de conexión entre losa y cabeza de muro.

La desconexión por hidrodemolición de la losa se hace en dos fases, por motivos de seguridad, es decir, por dejar seguridad ante acciones horizontales al ser necesarios dos días para su hidrodemolición.

6.3. Maniobra

Una vez emplazados todos los gatos se procedió a colocar la central de control de gatos hidráulicos. La central se utilizó en trabajos tan singulares como la elevación de la cubierta del estadio de Río de Janeiro.

6.4. Orden de desapeo y restitución de soportes

El orden de desapeo es el mismo seguido que para el apeo. La restitución de armado de soportes es convencional.

7. CONCLUSIONES

En el presente documento se presenta sucintamente una metodología para el descenso o el ascenso de edificios. Como aplicaciones derivadas se encuentran las siguientes: el ascenso de edificios susceptibles de verse afectados por aumento del nivel del agua, la intercalación de plantas en edificios que así lo pudieran soportar, o el aumento de gálibos en hangares, de aviones por ejemplo, sin interrumpir en los trabajos industriales de explotación.

Referencias

- [1] BAC Engineering Consultancy Group. (2018, Octubre 31). <http://bacecg.com>. Retrieved from <http://bacecg.com/empequeneciendo-edificio-descenso-forjados-diagonal-414/>
- [2] GIZMODO. (2019, Febrero). Como un pueblo de Rumania logro mover un edificio de 7000 toneladas. Retrieved from <https://es.gizmodo.com/como-un-pueblo-de-rumania-logro-mover-un-edificio-de-7-1826861464>
- [3] Grupo de investigación Construct UIB. (2019, febrero 18). Descenso de edificio completo. Retrieved from Ingenia: canal de ingeniería estructural: <https://www.youtube.com/watch?v=ntRCOAhoEzQ>
- [4] Historydaily. (2017, Febrero 19). Moving a 7600 ton apartment building. Retrieved from historydaily.org: <http://historydaily.org/moving-a-7600-ton-apartment-building>
- [5] Muller, X. (2016, Noviembre 25). Télécabine de Tovièrre - Tignes - Été 2013. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=VEIB-S2jE-8>
- [6] MUZÁS LABAD, F. (1990, Julio-Agosto). LEVANTAMIENTO DE UN EDIFICIO. Revista de Obras Públicas, 19-26.
- [7] Ossó, P., & Yeray, G. (2019). Descenso de forjados con gatos hidráulicos. Edificio en Avda. Diagonal 414 de Barcelona. In A. d. d'estructures (Ed.), Congreso Consultores de Estructuras, (pp. 591-602). Barcelona.
- [8] Palomino Infante, A. (2017). Estabilización y recuperación de verticalidad de un edificio. Anales de Ingeniería(938), 28-31.
- [9] wikipedia. (2019, febrero 26). wikipedia.org. Retrieved from Systematization_(Romania): [https://en.wikipedia.org/wiki/Systematization_\(Romania\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Systematization_(Romania))