

Nuevo procedimiento de re-nivelación de edificios

Alberto S. Menache Varela & Jorge J. Alonso Romo
Grupo INGEOMEX, México



2011 Pan-Am CGS
Geotechnical Conference

ABSTRACT

This article shows a new procedure for re-leveling buildings supported on friction piles. This method consists on removing slices from the top of the pile, in a controlled way, by using a diamond wire. By the time this procedure is carried on, the structure is being supported by hydraulic jacks, previously installed on steel beams which are connected to the same piles that are being cut. After all the piles have being cut, the pressure on the hydraulic jacks is released until the building reaches its desired level and piles are connected back to the foundation of the building.

RESUMEN

En este artículo se presenta un nuevo procedimiento para la renivelación de edificios cimentados sobre pilotes de fricción. El método consiste en ir retirando, de forma controlada, rebanadas del fuste del pilote, las cuales se van cortando con el auxilio de un hilo diamantado. En el lapso de tiempo mientras se cortan y se extraen las dovelas, el inmueble se sostiene por unos puentes metálicos apoyados en los propios pilotes. Posteriormente con el auxilio de gatos hidráulicos sincronizados se baja el edificio hasta que se recupera su verticalidad y se vuelve a fijar a los pilotes.

1 INTRODUCCIÓN

La renivelación de un edificio se vuelve más compleja cuando éste se haya cimentado sobre pilotes, dada la restricción que estos elementos oponen al movimiento. Una de las soluciones tradicionales ha sido la de introducir pilotes de control, fijando el lado más hundido y haciendo descender el extremo que se encuentra más arriba. En el proceso se cortan los pilotes existentes y se transmiten las cargas a los nuevos pilotes.

Que los pilotes originales se encuentren bajo las contratrabes impide muchas veces convertir estos elementos en pilotes de control.

En este artículo se presenta un procedimiento que permite aprovechar los pilotes existentes sin la introducción de nuevos elementos. Puede considerarse como una opción más dentro del abanico de posibilidades para solucionar este tipo de problemas.

En sí el plan general es el mismo: Renivelar el edificio bajando el extremo que se encuentra más alto. En otros casos el problema se encuentra en que el edificio se ha quedado más arriba en relación a sus vecinos y está causando asentamientos diferenciales de importancia que implican daños colaterales.

La secuencia de renivelación con este nuevo procedimiento se describe a continuación:

- a. Construcción de una cámara de acceso a las cabezas de los pilotes.
- b. Instalación de los puentes de acero, alineados con los ejes de las contratrabes, ligados a los pilotes originales.
- c. Instalación de gatos hidráulicos.
- d. Corte de los fustes de los pilotes, en varias rebanadas, empleando un hilo diamantado que permita hacer el trabajo en forma rápida y precisa, sin dañar al concreto del pilote que permanecerá.

- e. Descenso controlado del inmueble. Es la parte del proceso más delicada e importante. Requiere de toda una planeación de cómo se van a ir verificando los descensos así como de los controles a implementar. Debe cuidarse sobre todo que los hundimientos diferenciales entre ejes no sean superiores a los permitidos en los reglamentos, con el fin de no causar más daños a la estructura. Durante este proceso el ingeniero debe auxiliarse de equipo de nivelación topográfica de precisión o de niveles con rayo Laser, ya que este es el instrumento de control de que dispondrá el ingeniero para ir verificación la buena ejecución del proceso. En muchas ocasiones los cortes deben hacerse en varias etapas y el equipo debe moverse de una sección a otra y regresar, ya que debido a las limitaciones mencionadas, no siempre es posible generar el desplazamiento deseado en un solo movimiento.
- f. Fijación estructura-pilote. Una vez recuperado el asentamiento diferencial y el desplome, debe restituirse la conexión pilote-contratrabes para que se puedan transmitirse las cargas de compresión y tensión a la cimentación profunda, durante un evento telúrico.

Con el fin de ilustrar el proceso, a continuación se describe el caso de la renivelación de un edificio de tipo industrial.

El edificio en cuestión data de principios de los años 80's y se encuentra situado en el Fraccionamiento Industrial Xalostoc, Edo. De México, emplazado sobre suelos muy blandos, de muy alta compresibilidad, donde además existe una transición abrupta entre la Zona de Lago con la Sierra de Guadalupe. Por ello en todo el fraccionamiento aparecen fuertes agrietamientos por tensión en el subsuelo originados por asentamientos diferenciales, así como ondulaciones de la superficie.

Se trata de una estructura metálica de tipo industrial, con fuertes cargas vivas, ya que en su piso intermedio existen silos donde se almacena el jabón en polvo.

El sistema de cimentación está formado por zapatas aisladas apoyadas sobre pilotes de fricción de sección circular, de 60 cm de diámetro y 18 m de longitud, sin trabes de liga. Los pilotes son de tipo "MEGA", seccionados a cada metro y solo con armado al centro.

El edificio pertenece a la fábrica de jabón "LA CORONA" y surgió de la necesidad de incrementar la producción de detergentes en polvo. Su ubicación quedó determinada en ese tiempo por los espacios disponibles y las cadenas de producción de la planta. De este modo se emplazó en medio de dos construcciones ya existentes que datan de finales de los años 50's. En contraste, estos dos primeros edificios cuentan con estructuras mixtas de muros de carga y marcos metálicos, que se cimentaron superficialmente empleando zapatas corridas y solo, en zonas específicas donde se encuentran equipos pesados tales como calderas, torres de enfriamiento, bandas principales, etc., se introdujeron además pilotes de fricción cortos de cinco a seis metros colados "in situ".

Con el transcurso de los años las estructuras vecinas se fueron hundiendo y el Edificio Central bajó con menor velocidad, generándose asentamientos diferenciales de importancia. La problemática se fue manifestando en los pisos de las plantas bajas y siguientes niveles, surgiendo problemas operativos y en las mismas instalaciones (tuberías de gas, ácido sulfúrico, sosa, etc.), lo que llevó a la necesidad de tener que pensar en la renivelación del Edificio Central, haciéndolo descender.



Figura 1. Al fondo, vista de la fachada sur del Edificio Central

2 PROCESO DE RENIVELACIÓN

2.1 Trabajos Preliminares

Como punto de inicio se recopilaron los planos estructurales originales y se efectuó una visita al sitio para ver qué condiciones habían cambiado desde su construcción. Se encontró que en algunos puntos ya se habían ligado las estructuras vecinas a la central, con el

fin de hacer puentes que permitieran salvar los desniveles entre las distintas áreas. Asimismo se le habían adosado nuevas estructuras de bandas que vienen del exterior.

Con esta información se procedió a preparar un modelo estructural tridimensional, que permitió hacer una revisión de los esfuerzos en los distintos elementos estructurales involucrados, donde se incluyeron los hundimientos diferenciales medidos. De este modelo se identificaron los elementos sobreesforzados. Se realizó un proyecto de desligue de los distintos cuerpos y el mismo modelo sirvió para planificar los movimientos que se llevarían a cabo para renivelar el Edificio Central sin lastimar sus elementos.

2.2 Nivelación Inicial

Paralelamente se llevó a cabo una nivelación topográfica minucioso y detallado de toda la estructura del Edificio Central junto con los dos edificios vecinos, y de esta forma determinar la magnitud del movimiento que deberían de realizarse en cada una de las columnas, sin dejar de tomar en cuenta puntos críticos tales como: condiciones de servicio (bandas transportadoras, tuberías, instalaciones eléctricas, etc.) y de seguridad de todas las estructuras que intervendrían en el proceso.

Cabe mencionar que una de las condiciones del contrato que marcó el cliente fue la de no interrumpir en absoluto la fabricación del detergente en polvo. A este respecto es importante mencionar que en la planta baja, lugar donde se realizarían los trabajos, existe un tránsito intenso de camiones y montacargas, ya que es la zona de empaque y carga.

A continuación se muestra la nivelación realizada y la magnitud total del desnivel entre las columnas de los dos ejes que forman el Edificio Central.

La nivelación topográfica mostró que el Edificio Central en el lado Norte requería de un corte de pilotes de 40cm y en el lado Sur de 10cm. Además se contaba con una inclinación lateral hacia el lado Oriente debido a la presencia de la banda transportadora principal de detergente en polvo que abarcaba los ejes 7 y 8 en H1.

2.3 Construcción de las celdas de acceso y trabajo bajo las zapatas.

Una vez terminada la nivelación inicial, se trazaron sobre los pisos los cuadros a excavar sobre y bajo las zapatas para descubrir los pilotes. El corte del piso de concreto armado se realizó con una sierra hidráulica debido a su versatilidad en la zona y a su rapidez.

2.4 Construcción de las cajas de concreto

Una vez terminadas las excavaciones se procedió a construir las cajas de concreto bajo las zapatas con el objeto de contener los empujes del suelo, dar seguridad al tránsito de vehículos pesados en superficie, y tener una zona de trabajo segura, limpia y ordenada para las maniobras de corte de pilotes y la operación de equipos hidráulicos bajo las zapatas.

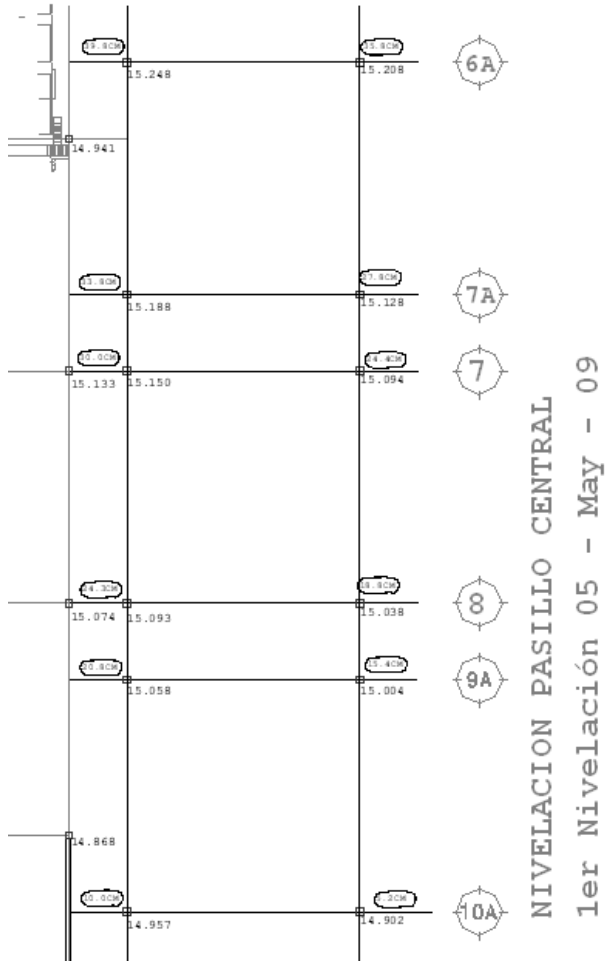


Figura 2. Planta de Columnas por renivelar



Figura 4. Excavación sobre las zapatas



Figura 5. Excavación bajo las zapatas



Figura 3. Corte con disco en pisos



Figura 6. Proceso de construcción del cajón



Figura 7. Vista bajo zapata tipo z-2 con el cajón terminado

2.5 Desligue de Edificios

Esta actividad fue imprescindible para liberar las uniones que existían entre los dos edificios adyacentes al Edificio Central, que a su vez comparten determinados equipos, tuberías y bandas transportadoras.

Esta actividad no solo fue necesaria antes del proceso de renovación, sino que se mantuvo personal de tiempo completo llevando a cabo la inspección minuciosa de tuberías, bandas transportadoras y el cambio de tornillerías en las uniones de elementos estructurales, ya que debido al reacondicionamiento algunos tornillos se desgollaban.

Se implementaron diversos apoyos guiados que permitieron continuar con el procedimiento de renovación mientras que la planta proseguía con su producción rutinaria.

Una vez teniendo la estructura metálica montada bajo las zapatas y alineada con las contratrabes, se procedió a la colocación de los gatos hidráulicos en los puntos estratégicamente posicionados, para su posterior operación de descenso.



Figura 8. Conexión de Edificio Central en 1er nivel lado Poniente



Figura 9. Desligue de elevador del Pasillo Central

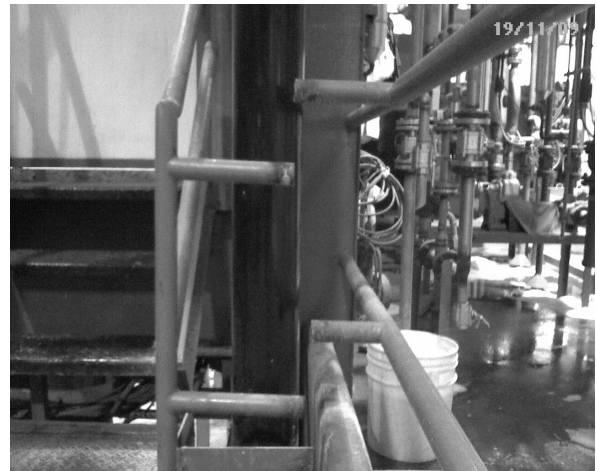


Figura 10. Desligue de Pasillo Central primer nivel lado Oriente



Figura 11. Zona de descarga de Silos de Detergente en polvo se aprecia el asentamiento generado durante un ciclo de nivelación

2.6 Montaje de cinturones, vigas de acero y gatos hidráulicos

Una vez terminado la construcción de cajas de concreto se iniciaron los trabajos del montaje de la estructura metálica que tomaría las descargas en las columnas durante los trabajos de corte de pilotes y nivelación.

La estructuración empleada consistió en cinturones metálicos que abrazaban a cada pilote y quedaban empotrados al mismo, de donde se soldaban ménsulas cortas con la función de recibir posteriormente a las vigas largas donde finalmente se alojarían los gatos hidráulicos.



Figura 12. Montaje de anillos y ménsulas en pilotes, por debajo de la zona de pilote a cortar.



Figura 13. Se aprecia las vigas de acero soportando las cargas del edificio a través de los gatos hidráulicos

2.7 Corte de pilotes con hilo diamantado

El hilo diamantado tiene un espesor de 3/8" y permite hacer cortes con bastante precisión sin dañar al concreto o acero remanente. Además la operación se realiza en

pocos minutos. Así se procedió al corte de las cabezas de los pilotes. La nivelación se planeó de la siguiente forma: Se retirarían rebanadas de 10cm de espesor por cada etapa cuidando que el diferencial entre columnas, en las dos direcciones, no sobrepasará el límite permisible y estratégicamente se iniciaron de norte a sur debido a que a las magnitudes conciliadas fueron de 40 cm en el marco Norte en eje 6A y 10cm para el marco Sur 10cm eje 10A.

Asimismo primero se cortaba y nivelaba el lado poniente y después el oriente, de forma de primero nivelar en el sentido transversal y posteriormente en el longitudinal.

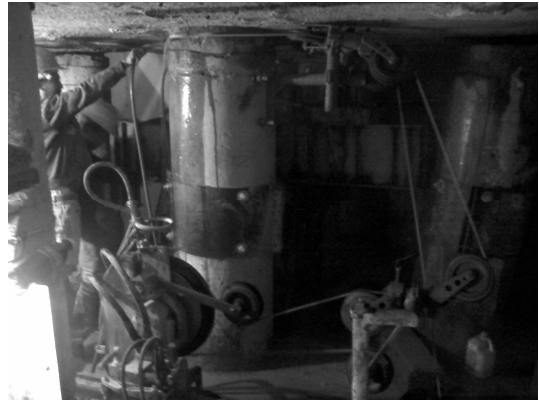


Figura 14. Se muestra el proceso de corte de pilotes bajo las zapatas de cimentación



Figura 15. En esta imagen se aprecia la extracción del segmento de pilote cortado



Figura 16. Ejecución de corte de pilotes en zapatas tipo Z-1

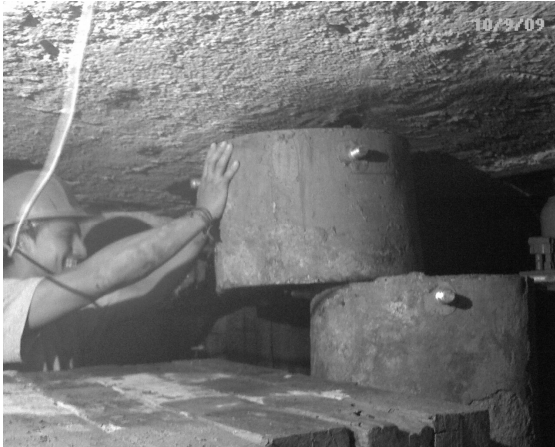


Figura 17. Extracción de un segmento de pilote en zapatas tipo Z-1. Obsérvese como no hay daño en las piezas y una sola persona la puede mover.



Figura 19. Trabajos de corte en pilotes en zapata tipo Z-3

Cabe señalar que antes de iniciar los trabajos el asentamiento entre ejes ya estaba fuera de los valores permisibles y sin embargo el edificio presentaba una buena apariencia estructural.

2.8 Renivelación

Una vez definida la secuencia de cortes se procedió a bajar el edificio por ejes, primero en sentido poniente-orientado y después de norte a sur, siempre llevando un control minucioso de los desplazamientos ayudados de un nivel Laser. Cabe mencionar que aunque el corte de un pilote haya sido mayor a 10 cm, cada movimiento nunca fue superior a 2.50 cm por vez. Una vez verificado que todo iba de acuerdo a lo planeado se seguía bajando y en una misma maniobra se llevaban a bajar hasta 10 cm. Como actividad previa al descenso se pasaba un nivel dentro del cajón de concreto para referenciar los cilindros de todos los gatos hidráulicos de la zapata y así llevar un control preciso de lo que iba descendiendo el edificio. Se contaba con referencias las cuales acusaban el asentamiento planeado. Todos los gatos hidráulicos de una misma zapata se movían al unísono.

El sistema empleado fue todo un éxito debido al control tan preciso que se logró en un lapso de tiempo de 4 meses, desde el inicio hasta la conclusión de los trabajos con el colado de las tapas de las cajas. En sí el proceso pudo haberse hecho en un tiempo menor, pero la gran actividad que existía en superficie obligó a tomar medidas de seguridad especiales que retrasaron algo el proyecto.

FUERZA TECTÓNICA, S.A. DE C.V.
 OBRA: RENIVELACIÓN DE EDIFICIO DE DETERGENTES (PABILLO CENTRAL)
 UBICACIÓN: CAROLINA B. ZETINA AR. COL. FRANC. INDUSTRIAL, NAUAYUITO, EDO DE MÉXICO
 CLIENTE: FABRICA DE JABÓN LA CORONA, S.A. DE C.V. PROYECTO: 20720107

PROCESO DE RENIVELACIÓN

NIVEL ORIGINAL	x corte costa		y corte costa		z corte costa		x corte costa		y corte costa		z corte costa	
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
100	14.967	14.967	14.967	14.967	14.967	14.967	14.967	14.967	14.967	14.967	14.967	
100 CORTE 0.1	15.7	14.967	20.8	15.090	24.3	15.090	35.2	15.150	37.7	15.150	3.8	
200 CORTE 0.1	15.7	14.967	20.8	15.090	24.3	15.090	35.2	15.150	37.7	15.150	3.8	
300 CORTE 0.1	15.7	14.967	20.8	15.090	24.3	15.090	35.2	15.150	37.7	15.150	3.8	
400 CORTE 0.1	15.7	14.967	20.8	15.090	24.3	15.090	35.2	15.150	37.7	15.150	3.8	
500 CORTE 0.1	15.7	14.967	20.8	15.090	24.3	15.090	35.2	15.150	37.7	15.150	3.8	
600 CORTE 0.1	15.7	14.967	20.8	15.090	24.3	15.090	35.2	15.150	37.7	15.150	3.8	
700 CORTE 0.1	15.7	14.967	20.8	15.090	24.3	15.090	35.2	15.150	37.7	15.150	3.8	
800 CORTE 0.1	15.7	14.967	20.8	15.090	24.3	15.090	35.2	15.150	37.7	15.150	3.8	
900 CORTE 0.1	15.7	14.967	20.8	15.090	24.3	15.090	35.2	15.150	37.7	15.150	3.8	
1000 CORTE 0.1	15.7	14.967	20.8	15.090	24.3	15.090	35.2	15.150	37.7	15.150	3.8	

NIVEL DE PROYECTO: 14.850

NOTA 01: LOS NIVELES EMPLEADOS FUERON LOS TOMADOS EN EL LUGAR DEL ESPESO DE DETERGENTES A PARTIR DEL BANCO DE NIVEL +0.000

NOTA 02: EL NIVEL POR RENIVELAR EL EDIFICIO ES +14.850 Y FUE DEFINIDO POR LA FABRICA DE JABÓN LA CORONA.

Figura 18. Programa de Ciclos de renivelación por zapatas



Figura 20. Se aprecia como los pisos del primer nivel se renivelaban .

Como punto de comparación, el edificio administrativo de dicha empresa está siendo renivelando por otra compañía donde se decidió implementar el sistema de pilotes de control. Este otro trabajo lleva más de dos años y a la fecha apenas se empiezan a ver resultados.



Figura 21. Nuevamente se pueden apreciar los trabajos de corte muy preciso bajo zapatas.

2.9 Conexión de los pilotes con las Zapatas

Una vez renivelado el edificio se prosiguió a ligar nuevamente los pilotes a las zapatas para reintegrar su capacidad de tomar tanto fuerzas de compresión como de tensión.

La secuencia fue la siguiente: En el último corte del pilote se colocó una capa de grout antes de hacer descender la estructura para asegurar su contacto y con ello la transmisión de las fuerzas de compresión. Para tomar las tensiones aprovecharon los anillos metálicos colocados en todos los pilotes para recibir unas grapas de acero que abrazaban las contratraves de cimentación

de las zapatas y que quedaron unidas mediante un sistema de tornillería.

Esta solución permite que en un futuro se pueda hacer una nueva renivelación simplemente desatornillando la conexión y volviendo a cortar una rebanada de pilote.



Figura 22. Se muestra la colocación del grout sobre la superficie superior del pilote para recibir nuevamente a la zapata de cimentación.

3 CONCLUSIONES

A través de este escrito se ha presentado un sistema bastante simple y efectivo para renivelar edificios cimentados en pilotes, siempre y cuando se haga una planeación muy cuidadosa de los pasos a seguir.

La comunión entre la ingeniería geotécnica y estructural es fundamental, acompañada de una ejecución segura, limpia y ordenada, que cuente con los equipos requeridos de tecnología de punta.

La restitución de la unión pilote zapata permite que en el futuro inmediato la estructura trabaje como fue diseñada originalmente.

En cuanto a las renivelaciones posteriores, si ello fuera necesario, sobre todo en una zona sujeta al fenómeno de la Consolidación Regional se puede decir lo siguiente:

Las celdas de cimentación quedan accesibles para su utilización posterior.

Los cinturones de acero quedaron como parte del sistema de fijación.

El retiro del sistema de fijación a tensión solo requiere de remover las tuercas.

Las vigas y los gatos hidráulicos no requieren mayor trabajo, ya que van simplemente apoyados.

El corte de una nueva rebanada lleva solo unos minutos.

El equipo de corte es pequeño y muy versátil.

Si requiere que el proceso lo haga una empresa especializada.

En comparación a otros métodos es más rápido y económico.

Es importante mencionar que este procedimiento puede ser perfeccionado y adaptarse a otros tipos de estructuras que requieran ser niveladas.

AGRADECIMIENTO

Hacemos un reconocimiento al equipo técnico de INGEOMEX: estructuristas, geotécnicos, dibujantes, ingenieros de campo y al personal de construcción, que contribuyeron con gran entusiasmo y valiosas ideas para el desarrollo de este procedimiento.

Asimismo queremos hacer patente nuestro agradecimiento al personal de la Fabrica de Jabón "La Corona" por la confianza y apoyo que siempre nos han brindado.